



НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ім. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО  
«ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»



# ISM-2019

**II МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»  
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ім. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО «ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»**

Українська Асоціація «Комп'ютерна Медицина»  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем  
НАН України і МОН України  
Північно-Східний науковий центр НАН України і МОН України  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
Вінницький національний технічний університет  
ДУ «Національний інститут терапії ім. Л. Т. Малої НАМН України»  
Харківська медична академія післядипломної освіти  
Харківський національний медичний університет  
Wyższa Szkoła Humanitas  
School of Economics and Management of Public Administration in Bratislava „VŠEMvs“  
University Information Technology and Communications

**II МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**  
**«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ**  
**ТА ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»**  
**(ISM–2019)**

**28–29 листопада 2019 р.**  
**Харків, Україна**

Збірник наукових праць

**2 INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE**  
**«INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN MEDICINE»**  
**(ISM–2019)**

**November 28–29, 2019**  
**Kharkiv, Ukraine**

Collection of scientific articles

УДК 004.9:61 (063)

Редакційна колегія: О. В. Висоцька, А. П. Порван, А. І. Печерська.

II Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ICM–2019) [Текст] : зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 220 с.

ISBN 978-966-6612-711-0

До збірника включено матеріали наукових доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» (ICM–2019).

Наведено основні науково-технічні досягнення, упровадження й досвід використання медичних інформаційних систем і технологій. Розглянуто питання розвитку електронної охорони здоров'я і доказової медицини; упровадження e-Health і m-Health, медичних інформаційних діагностичних технологій та інтелектуальних систем; отримання, оброблення, аналізу, зберігання, передачі й захисту медико-біологічної інформації; розроблення сучасних апаратно-програмних комплексів і телекомунікаційних технологій в медицині, біології, психології, екології. Висвітлено біоетичні аспекти впровадження медичних інформаційних систем і технологій.

Для спеціалістів медичних, науково-дослідних і промислових організацій, викладачів, аспірантів, студентів.

Видання підготовлено кафедрою радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

61070, Україна, Харків, вул. Чкалова, 17.  
Тел.: +38 (057) 788-45-02

**УДК 004.9:61 (063)**

ISBN 978-966-6612-711-0

© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2019

**Голова конференції** – ректор Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", професор, д. т. н., Нечипорук М.В.

Співголови конференції: професор, д. т. н. Висоцька О. В., професор, д. мед. н. Майоров О. Ю.,  
с.н.с., д. т. н. Павліков В.В., професор, д.т.н. Семенець В.В.

### **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Азархов О. Ю., професор, д. мед. н., Маріуполь, Україна;  
Алексєєнко А. П., професор, д. філос. н., Харків, Україна;  
Белозьоров І. В., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Бодяньський Є. В., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Бих А. І., професор, д. ф.-м. н., Харків, Україна;  
Георгіянц М. А., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Годлевський Л. С., д. мед. н., Одеса, Україна;  
Дьомін Д. О., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Килівник В. С., к. мед. н., Вінниця, Україна;  
Клименко В. А., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Коваленко О. С., професор, д. мед. н., Київ, Україна;  
Колеснікова О. В., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Корж М. О., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Коростій В. І., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Левикін В. М., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Лукін В. В., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Максименко В. Б., професор, д. мед. н., Київ, Україна;  
Малєєва О. В., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Мінцер О. П., професор, д. мед. н., Київ, Україна;  
Морозов А.О. академік НАНУ, професор, д. т. н., Київ, Україна;  
Настенко Є. А., професор, д.біол.н., к.т.н., Київ Україна;  
Новіков О. О., професор, д. хім. н., Херсон, Україна;  
Новікова І. В., к. мед. н., Харків, Україна;  
Павлов С. В., професор, д. т. н., Вінниця, Україна;  
Панченко О. А., професор, д. мед. н., Київ, Україна;  
Рижов О. А., професор, д. фарм. н., Запоріжжя, Україна;  
Рубан І. В., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Соколов В. М., професор, д. мед. н., Одеса, Україна;  
Стауде В. А., к. мед. н., Харків, Україна;  
Тимчик С. В., доцент, к.т.н., Вінниця, Україна;  
Томашевський Р. С. доцент, к.т.н., Харків, Україна;  
Фадєєнко Г. Д., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Файнзільберг Л. С., професор, д.т.н., Київ, Україна;  
Федак Б. С., професор, д. мед. н., Харків, Україна;  
Федорович О. Є., професор, д.т.н., Харків, Україна;  
Філатов В. О., професор, д. т. н., Харків, Україна;  
Харченко В. С., професор, д.т.н., Харків, Україна;  
Шульгін В. І., професор, к. т. н., Харків, Україна;  
Яворський Б. І., професор, д. т. н., Тернопіль, Україна;  
Andrzej Siwiec, PhD, Director of Jan Pawel II Pediatric Center, Sosnowiec, Poland;  
Georges Dagher, PhD, Director of Biobanques infrastructure, Inserm, Paris, France;  
Gianfranco Raimondi, Prof., Rome, Italy;  
Krasimir Markov, Prof., Sofia, Bulgaria;  
Nadiya Dubrovina, PhD., Bratislava, Slovakia;  
Oleksii Tyshchenko, PhD, Ostrava-City, Czech Republic;  
Zbigniew Sliwinski, Prof., D.Sc., Wroclaw, Poland.

## ЗМІСТ

## ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<b>Effect of Biofeedback on the Pain in Elderly Patients. Vas Scale and HRV Analysis</b> <i>N. Marchitto, A. Martynenko, G. Maragoni, S. Melpignano, P. T. Paparello, G. Raimondi</i> .....	12
<b>Необхідність розгляду питань людського чинника при навчанні біомедичних інженерів</b> <i>Г. В. Мигаль, О. Ф. Протасенко</i> .....	16
<b>Информационная безопасность в эпоху турбулентности</b> <i>О. А. Панченко</i> .....	18
<b>Диффузно-взвешенные изображения и ПЭТ / КТ в диагностике онкологической патологии поджелудочной железы</b> <i>В. Н. Соколов, Е. С. Ситникова, Г. М. Рожковская, В. М. Цвиговский, Т. К. Дорофеева, Л. В. Анищенко, А. А. Корсун, Е. М. Дойкова, О. С. Арбатская, А. В. Мудрова, Е. Н. Диус, Д. В. Соколов</i> .....	19
<b>Методологія розвитку медичних інформаційних систем</b> <i>С. Б. Яворська, Г. Б. Цуприк</i> .....	20

**ЕЛЕКТРОННА ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я.  
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ E-HEALTH.**

<b>A Computational Fluid Dynamics Approach for the Investigation of the Ascending Thoracic Aortic Aneurysm</b> <i>Luca Barsi, Gianfranco Raimondi, Alexander Martynenko</i> .....	24
<b>Cloud-Based Real Time HRV Analysis Model</b> <i>Pistoia Massimo, Martynenko Alexander, Luca Barsi, Nicola Marchitto, Gianfranco Raimondi</i> .....	25
<b>Турбулентность – как угроза надежности системы «человек-машина»</b> <i>В. Г. Антонов, О. А. Панченко</i> .....	28
<b>Технології виділення сигнатур акустичних шумів при патологіях легень</b> <i>М. Ф. Бабаков, В. І. Луценко, І. В. Луценко, Ло Іян</i> .....	30
<b>Информационные технологии в оценке здоровья и реабилитации посттравматического синдрома</b> <i>В. М. Белов, В. А. Козловская, В. М. Ковалев</i> .....	31
<b>Побудова прогностичних моделей на основі логістичної регресії та дискримінантного аналізу для аналізу перебігу епілепсії</b> <i>О. К. Білошицька, С. А. Настенко, Д. Д. Дячук, О. Л. Зюков, В. А. Павлов</i> .....	32
<b>Фармацевтична ефективність впровадження електронних рецептів в охорону здоров'я України</b> <i>А. І. Бойко</i> .....	34
<b>Актуализация реестра измененного множества сервисов эксплуатируемой медицинской сервис-ориентированной системы</b> <i>Н. В. Васильцова</i> .....	35
<b>Применение дискретных моделей динамических систем для дистанционной автоматической регистрации <i>Anas platyrhynchos</i></b> <i>Е. В. Высоцкая, Ю. Г. Беспалов, К. В. Носов, И. В. Гноевой</i> .....	37
<b>Особливості функціонування електронної маршрутизації пацієнта в реабілітаційному центрі</b> <i>В. В. Гуменюк, О. А. Панченко, В. Г. Антонов</i> .....	38
<b>Уменьшение размерности пространства критериев при векторной оптимизации в задачах биологии и медицины</b> <i>А. И. Довнар, И. В. Прасол</i> .....	40
<b>Информатизация процесса психодиагностики</b> <i>А. В. Кабанцева, К. Г. Селиванова</i> .....	41

<b>Дискретное моделирование динамических систем колориметрических параметров микроциркуляции крови</b>	
<i>И. В. Картавцева, Е. В. Высоцкая, Ю. Г. Беспалов, К. В. Носов</i> .....	43
<b>Інформаційна технологія підвищення ефективності глікемічного самоконтролю при діабеті з використанням мобільних пристроїв</b>	
<i>С. І. Кіфоренко, Т. М. Гонтар, Т. А. Обелець</i> .....	44
<b>Контроль ефективності медичної реабілітації методом ЕПДФ</b>	
<i>В. С. Килівник</i> .....	45
<b>Інформаційна модель підсистеми аналізу дотримання лікувально-діагностичних стандартів в медичній інформаційній системі</b>	
<i>О. Ю. Майоров, Т. Д. Нессонова</i> .....	46
<b>Нелинейно-динамический подход к анализу variability сердечного ритма. Локальный индекс фрактальности</b>	
<i>О. Ю. Майоров, В. Н. Фенченко</i> .....	47
<b>Інформаційна технологія для діагностування серцево-судинних захворювань</b>	
<i>Н. С. Мірошніченко, І. Г. Перова</i> .....	49
<b>Розробка індивідуальних мобільних діагностичних систем для використання в телемедичних мережах</b>	
<i>І. М. Огородник, Ю. І. Огородник</i> .....	51
<b>Концептуальная модель информатизации реабилитационного центра</b>	
<i>О. А. Панченко, Н. В. Банчук, В. Г. Антонов, А. П. Жуков</i> .....	52
<b>Інформатизація медичного процесу – це благо чи...</b>	
<i>О. А. Панченко, Н. П. Цапро</i> .....	54
<b>Програмний застосунок для автоматизації нутриціологічних досліджень</b>	
<i>А. І. Печерська, А. В. Матерієва, Д. Е. Домненко, В. А. Клименко, Т. А. Чумаченко</i> .....	56
<b>Адаптивний алгоритм формування нелінійного сценарію навчання на базі онтологічної моделі знань студента</b>	
<i>О. А. Рижов, Н. А. Іванькова</i> .....	57
<b>Анализ и интерпретация пульсовой волны на смартфоне</b>	
<i>Л. С. Файнзильберг, А. Н. Макеенок</i> .....	58
<b>Інформаційна технологія вибору якісних медичних послуг у логістиці обслуговування пацієнтів</b>	
<i>О. Є. Федорович, О. В. Коновалова</i> .....	60
<b>Розвиток математичних моделей та методів аналізу пульсового сигналу для комп'ютерних систем діагностики стану судин людини</b>	
<i>М. О. Хвостівський, Л. В. Хвостівська</i> .....	61
<b>Квантова технологія дистанційної диференційної діагностики</b>	
<i>Б. І. Яворський</i> .....	63

**ПРОБЛЕМИ ОТРИМАННЯ, ОБРОБКИ, АНАЛІЗУ, ЗБЕРІГАННЯ,  
ПЕРЕДАЧІ І ЗАХИСТУ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ  
СИСТЕМИ В МЕДИЦИНІ**

<b>Module of ECG Waves Recognition with Wavelet Transformation</b>	
<i>О. Velychko, K. Kampos</i> .....	66
<b>Сигнатури акустичних шумів при пневмонії</b>	
<i>М. Ф. Бабаков, Д. В. Ішук, В. І. Луценко, І. В. Луценко, Ло Иян</i> .....	68
<b>Математическое моделирование защитной окраски рыб для технологий их дистанционной автоматической регистрации в водоеме</b>	
<i>Ю. Г. Беспалов, К. В. Носов, А. Я. Григорьев, А. В. Левченко</i> .....	69
<b>Підхід до визначення аномалій в псевдоперіодичних часових рядах ЕКГ</b>	
<i>Т. О. Білобородова, І. С. Скарга-Бандурова</i> .....	70

<b>Автоматична класифікація оптичних зображень мікропрепаратів крові</b>	
<i>I. К. Васильєва</i> .....	72
<b>Можливості фрактального аналізу для оцінки скатерограми ритму серця</b>	
<i>О. М. Величко, Ал-Халалмех Садам Еяд Хамед</i> .....	74
<b>Підтримка процесу демаскування загроз епідеміологічній безпеці</b>	
<i>О. В. Висоцька, Є. Ю. Затуліна, А. І. Печерська, А. П. Порван</i> .....	75
<b>Засіб формування електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону з нетепловим ефектом впливу на біологічні об'єкти</b>	
<i>Ю. А. Волошин</i> .....	76
<b>Математическое моделирование значений выравнинности колориметрических параметров ногтя</b>	
<i>Е. В. Высоцкая, Л. И. Рак, Ю. Г. Беспалов, К. В. Носов</i> .....	78
<b>Виявлення та попередження професійного вигорання із застосуванням методів машинного навчання</b>	
<i>П. Є. Жернова, І. Г. Перова, Б. О. Яценко</i> .....	79
<b>Значення медичних бібліотек у створенні спеціалізованого науково-освітнього середовища знань</b>	
<i>Л. В. Ільницька</i> .....	81
<b>Методи аналізу сигналів енцефалографа за допомогою нейронних мереж</b>	
<i>Д. М. Картолапов, О. О. Новіков</i> .....	82
<b>Визначення ризику розвитку ендотеліальної дисфункції у підлітків із серцево-судинними захворюваннями за допомогою методу логістичної регресії на мові програмування SAS</b>	
<i>В. Л. Кашіна-Ярмак, С. В. Кашин, Л. І. Рак</i> .....	84
<b>Методы анализа информативности биологических признаков</b>	
<i>А. А. Киряк, И. Г. Перова</i> .....	86
<b>Математична модель прогнозування гіпертрофії лівого шлуночка серця у хворих на артеріальну гіпертензію</b>	
<i>С. М. Коваль, Є. С. Іванова, А. І. Печерська, І. О. Снігурська, О. В. Мисниченко, М. Ю. Пенькова</i> .....	87
<b>Вплив якості вхідних даних на розробку систем підтримки прийняття клінічних рішень</b>	
<i>П. А. Коляда, П. Є. Жернова, І. Г. Перова</i> .....	88
<b>Стиснення дентальних зображень без візуально помітних спотворень</b>	
<i>С. С. Кривенко, В. В. Лукін, О. В. Крилова</i> .....	89
<b>Дослідження параметрів широкосмугових імпульсних сигналів з використанням фрактального аналізу</b>	
<i>С. М. Куліш, Ю. А. Волошин</i> .....	90
<b>Етап топометричної підготовки в променевої терапії</b>	
<i>І. О. Матвєєва, О. К. Білошицька</i> .....	92
<b>Екологія людини – фактори впливу на здоров'я</b>	
<i>А. Н. Некос, К. К. Мишкін, О. В. Васюха</i> .....	94
<b>Використання методу фотоплетизмографії для обчислення показників варіабельності серцевого ритму</b>	
<i>В. П. Олійник, О. Г. Кулаков</i> .....	95
<b>Разработка функциональной модели маммографических обследований при проектировании медицинских систем поддержки принятия решений</b>	
<i>А. И. Поворознюк, Х. Шехна</i> .....	97
<b>Нелинейная фильтрация негауссовских шумов на медицинских изображениях</b>	
<i>А. В. Попов</i> .....	99
<b>Сучасні підходи до виявлення артефактів з ЕЕГ-сигналів</b>	
<i>І. В. Редька</i> .....	101
<b>Организация защиты информации в информационной системе выявления психоэмоциональных нарушений</b>	
<i>Л. М. Рисованая, Е. В. Высоцкая</i> .....	103

<b>Використання тривимірного моделювання зображень обличчя людей у медичній практиці</b>	
<i>О. Н. Романюк, С. О. Романюк, С. В. Павлов, П. І. Махайлов, Р. Ю. Чехместук, І. В. Перун</i> .....	105
<b>Применение математической модели системы регуляции углеводного обмена для диагностики и инсулинотерапии сахарного диабета</b>	
<i>Е. И. Сокол, С. С. Ланта, О. И. Соловьева, С. И. Ланта</i> .....	106
<b>Имитационное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния кинематической цепи «Поясничный отдел позвоночника – Крестец – Таз»</b>	
<i>В. А. Стауде, А. В. Кондратьев</i> .....	108
<b>Лингвистический подход для оценки тонких изменений электрокардиограммы на основе расстояний Левенштейна</b>	
<i>Л. С. Файнзильберг</i> .....	109
<b>Ієраxічні структури нейромережевого моделювання діагностичних систем в урології</b>	
<i>М. І. Федоренко</i> .....	111
<b>Інформаційна модель ЕКГ-дослідження</b>	
<i>Г. Є. Філатова, М. Фахс</i> .....	113
<b>Безманжетний вимір артеріального тиску з використанням алгоритмів на основі машинного навчання</b>	
<i>В. І. Шульгін, О. Г. В'юницький, О. В. Тоцький, В. Б. Шаронов</i> .....	115
<b>Алгоритм опрацювання фотоплетизмографічного сигналу синфазним методом для визначення змін психоемоційного стану пацієнта у стоматології</b>	
<i>Є. Б. Яворська, О. І. Стрембіцька</i> .....	118

**ДОКАЗОВА МЕДИЦИНА. ІНФОРМАЦІЙНІ ДІАГНОСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ.  
БІОЕТИКА В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ.**

<b>Modern Approaches to Health Problems</b>	
<i>R. V. Alekseienco</i> .....	122
<b>Predicting of Respiratory Complications Development in Children with Cystic Fibrosis</b>	
<i>V. A. Klymenko, O. V. Vysotska, N. M. Drobova, A. I. Pecherska</i> .....	123
<b>Information System for Perioperative Anesthesia Selection in the Endoprosthesis of the Bullets</b>	
<i>V. Kolomachenko, H. Strashnenko, D. Oseledko</i> .....	125
<b>Доказательная медицина в парадигме добра и зла</b>	
<i>А. П. Алексеенко</i> .....	126
<b>Використання мікрохвильової терапії для лікування захворювань і пошкоджень шкіри</b>	
<i>Л. В. Бабій, О. К. Білошицька</i> .....	127
<b>Моніторинг функціонального насичення гемоглобіну крові киснем (rSO<sub>2</sub>) у головному мозку при проведенні лапароскопічної холецистектомії у пацієнтів похилого та старечого віку</b>	
<i>О. В. Белих, М. А. Георгіяни</i> .....	129
<b>Оптимізація діагностики хворих на бронхіальну астму з рефлюкс езофагітом та цукровим діабетом 2-го типу</b>	
<i>Т. В. Бездітко, Г. В. Єрмоменко, А. П. Левченко</i> .....	130
<b>Можливості визначення прогнозу серцевої недостатності впродовж року у хворих на ішемічну хворобу серця у поєднанні із цукровим діабетом 2 типу</b>	
<i>О. В. Більченко, К. Ю. Ліпакова</i> .....	130
<b>Вплив больового синдрому на варіабельність ритму серця</b>	
<i>М. Г. Борейко, М. М. Будник</i> .....	132
<b>Спосіб прогнозування частоти випадків гострого респіраторного захворювання у дітей раннього віку з урахуванням рівнів цинку та магнію</b>	
<i>О. В. Висоцька, А. Г. А маш, Т. В. Фролова</i> .....	133
<b>Прогнозування зниження толерантності до фізичного навантаження у дітей</b>	
<i>О. В. Висоцька, Л. І. Рак, Л. М. Рисована</i> .....	135



<b>Визначення груп людей із дисфункцією тромбоцитів</b>	
<i>Ю. А. Кириленко, О. М. Дацок, І. Г. Перова</i> .....	136
<b>Перспективи підвищення ефективності контролю артеріальної гіпертензії у хворих з ожирінням шляхом впровадження домашнього моніторингу артеріального тиску</b>	
<i>С. М. Коваль, І. О. Снігурська, В. В. Божко, Д. К. Милославський., Т. Г. Старченко, М. Ю. Пенькова, О. В. Мисниченко, К. О. Юшко, М. М. Дунаєвська, В. С. Конькова, О. М. Літвінова</i> .....	138
<b>Математична модель прогнозування кардіоваскулярного ризику у пацієнтів з неалкогольною жировою хворобою печінки в поєднанні з субклінічним гіпотиреозом</b>	
<i>О. В. Колеснікова, А. В. Потапенко</i> .....	139
<b>Критерій вибору методу анестезії при травмах нижніх кінцівок взаємності від емоційного стану пацієнта</b>	
<i>Е. Ю. Коробко, М. А. Георгіяни, В. І. Кривобок</i> .....	141
<b>Класифікаційна модель оцінки тяжкості стану поранених військовослужбовців за даними ЕКГ</b>	
<i>О. А. Кривова, Л. М. Козак, І. А. Чайковський</i> .....	142
<b>Зміни вуглеводного та ліпідного обмінів при різних варіантах несприятливого перебігу серцевої недостатності у хворих ІХС у поєднанні із цукровим діабетом 2-го типу</b>	
<i>К. Ю. Ліпакова</i> .....	144
<b>Вплив замісної терапії на маркери судинного старіння у пацієнтів з коморбідною патологією</b>	
<i>В. Д. Немцова, Г.Е. Семятінко</i> .....	145
<b>Застосування сучасних електронних калькуляторів при визначенні рівня кардіоваскулярного ризику й коморбідності</b>	
<i>А. О. Несен, В. Л. Шапо, І. А. Валентинова, А. А. Несен</i> .....	146
<b>Сучасні підходи до розрахунку невизначеності вимірювань в лабораторіях</b>	
<i>І. В. Новікова, А. П. Порван</i> .....	148
<b>Взаємодія імунної системи людини з інфекційними захворюваннями</b>	
<i>І. Г. Перова, П. Є. Жернова, В. В. Клімов</i> .....	149
<b>Клінічні аспекти плинну серцевої недостатності у хворих з нетоксичним зобом</b>	
<i>С. М. Пивовар</i> .....	151
<b>Використання підходів доказової медицини для визначення ризиків появи сіалоаденіту як побічного ефекту радіоїодтерапії при лікуванні хворих на рак щитоподібної залози</b>	
<i>Є. Б. Радзішевська, Н. О. Гордієнко, С. С. Гранкіна, І. В. Шуба</i> .....	152
<b>Використання методів математичної статистики для оптимізації стандартних схем лікування на прикладі диференційованого раку щитоподібної залози</b>	
<i>Є. Б. Радзішевська, Т. Р. Кочарова, А. С. Солодовников, Т. О. Утицьких</i> .....	154
<b>Поширеність поліморфізму гена <i>Klotho</i> у хворих на цукровий діабет 2 типу з нефропатією</b>	
<i>П. С. Семенових, І. І. Топчій, В. Ю. Гальчинська, К. О. Савічева</i> .....	156
<b>Дослідження рівня гормонів симпато-адреналової системи в залежності від методу анестезіологічного забезпечення при абдомінальному розродженні</b>	
<i>Н. П. Середенко</i> .....	157
<b>Вибір антибактеріальних засобів в лікуванні госпітальних інфекцій респіраторного тракту у хворих відділення інтенсивної терапії</b>	
<i>В. С. Скорик</i> .....	159
<b>Вміст васкулоендотеліального фактору росту в сироватці крові хворих на діабетичну нефропатію</b>	
<i>І. І. Топчій, Т. Д. Щербань, В. Ю. Гальчинська, А. В. Жуліна</i> .....	160
<b>Використання факторного аналізу для визначення предикторів та превенторів самореалізації у жінок з різним станом сімейної взаємодії</b>	
<i>О. Є. Фальова, М. В. Маркова, Л. М. Рисована</i> .....	162
<b>Застосування кістково-пластичних матеріалів для виготовлення імплантів</b>	
<i>Р. М. Федорова, О. К. Білошицька</i> .....	164
<b>Метод визначення циркуляторної дисфункції коронарних судин</b>	
<i>В. В. Шликов, В. А. Данілова</i> .....	165

---

**СУЧАСНІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ, БІОЛОГІЇ, ПСИХОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ, M-HEALTH.**


---

<b>Assessment of Tolerance to the Psychoemotional Tension on the Basis of a New Method for the Analysis of Subtle Changes in the Electrocardiogram</b> <i>Ilyya Chaikovsky, Alexey Ena, Tetyana Romanenko, Vitaliy Vishnevskiy, Anatoly Ena, Vasyly Masluk, Vitalii Budnyk</i> .....	168
<b>Modeling the Targeted Drugs Selection Process using Modern Calculating Tools</b> <i>A. P. Porvan, A. I. Bykh, L. V. Feshchuk</i> .....	169
<b>Device for Displaying Information of the State of Biological Semi-Transparent Objects</b> <i>E. I. Sokol, K. V. Kolesnik, T. V. Bernadskaya</i> .....	171
<b>Measurement and Evaluation of Blood Pressure, Blood Flow Parameters by using Camera</b> <i>V. Shulgin, A. Jadooei, O. Viunytskyi</i> .....	173
<b>Оцінка якості питної води в пластикових пляшках безконтактним методом</b> <i>А. Г. Андреева</i> .....	175
<b>Технологія ультразвукового визначення серцебиття у ракоподібних</b> <i>О. В. Архінов</i> .....	177
<b>Управление состоянием радиоэлектронной биомедицинской аппаратуры при марковском диффузионном определяющем параметре</b> <i>М. Ф. Бабаков, А. С. Албул</i> .....	178
<b>Концепція побудови багатоканальної автоматизованої системи аналізу акустичних шумів для диференціальної діагностики стану легень</b> <i>М. Ф. Бабаков, Д. В. Іщенко, В. І. Луценко</i> .....	179
<b>Апаратний комплекс для дистанційної діагностики запалень та контролю фізіологічного стану людини</b> <i>М. Є. Білов, О. Г. Дудко, К. І. Голунга, О. М. Сорочан, О. Г. Шайко-Шайковський</i> .....	181
<b>Доопрацювання програмного забезпечення ЕКГ-фотометричного комплексу для проведення оцінки відповідності</b> <i>В. М. Будник, Т. М. Риженко, М. І. Мудренко, М. М. Будник</i> .....	182
<b>Формалізоване представлення процесів депонування та витрати енергії в інформаційно-аналітичній системі «Functional Diseases 1.0»</b> <i>Г. С. Доброродня, М. С. Каленіченко</i> .....	184
<b>Мобільні інформаційні системи для задач охорони здоров'я</b> <i>Н. В. Дорош, К. І. Ільканич, І. Й. Ермакова, О. І. Дорош</i> .....	185
<b>Метод обробки електроміографічних сигналів для побудови системи електростимуляції</b> <i>О. А. Єрошенко, І. В. Прасол</i> .....	186
<b>Вплив спотворень на електрокардіографічний сигнал</b> <i>К. О. Караченцева, О. М. Дацок</i> .....	188
<b>Імітаційна модель впливу виробничого шуму на функціональний стан оператора</b> <i>К. М. Кірсанова</i> .....	189
<b>Побудова системи діагностики повторного кровопостачання у акральних ділянках шкіри</b> <i>Є. М. Кісельов, Н. І. Строїтелева, М. О. Галчанський</i> .....	190
<b>Концепция описания артефактов информационной системы на разных стадиях ее жизненного цикла</b> <i>В. М. Левыкин, М. В. Евланов, О. Е. Неумывакина, А. В. Петриченко</i> .....	191
<b>Инструментальное средство установления приоритетов выполнения процессов «Советчик ЛПР»</b> <i>И. В. Левыкин</i> .....	192
<b>Биофизиотон – аппарат комплексной оздоровительной биофизио терапии для личного и домашнего применения</b> <i>В. Е. Лизунов</i> .....	194

<b>Анализ построения технических средств холтеровского мониторинга</b>	
<i>А. В. Ляшенко, В. П. Олейник</i> .....	196
<b>Система позиціонування зразків для сквід-магнітометричних досліджень</b>	
<i>Є. В. Мельник, Ю. Д. Мінов, П. І. Сутковий, М. І. Мудренко</i> .....	197
<b>Ідентифікація функціонального стану людини в режимі реального часу</b>	
<i>В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль</i> .....	199
<b>Доопрацювання та тестування ЕКГ-фотометричного комплексу згідно технологічних регламентів</b>	
<i>М. І. Мудренко, В. І. Дегтярук, М. М. Будник, В. М. Будник, Т. М. Риженко</i> .....	200
<b>Исследование диаграммы направленности в 2-ух полосных аксиальных и коаксиальных акустических системах</b>	
<i>В. Н. Олейник, В. В. Афанасьев</i> .....	202
<b>Використання властивостей газового розряду в технічних засобах фізіотерапії</b>	
<i>В. П. Олійник</i> .....	204
<b>Усовершенствование метода анализа функциональных требований к медицинской информационной системе на непротиворечивость</b>	
<i>И. Ю. Панферова</i> .....	205
<b>Програмно-технічний комплекс для мінімізації міжперіодної нестабільності ритмів серця на основі інструментально-психологічного зворотнього зв'язку</b>	
<i>О. К. Польшин, М. В. Скуріхін</i> .....	207
<b>Технічні аспекти амбулаторного моніторингу електрокардіограми</b>	
<i>С. А. Серік, В. І. Строна</i> .....	209
<b>Розробка телемедичного програмно-технічного комплексу «ПТК Кардіо»</b>	
<i>М. В. Скуріхін, О. К. Польшин, А. І. Печерська, І. Д. Івков, Я. С. Маслов</i> .....	210
<b>Оптимізація діагностики, терапії і профілактики лікарської хвороби і поширених дерматозів з ускладненим алергологічним анамнезом з використанням автоматизованих інформаційних систем</b>	
<i>Е. М. Солошенко</i> .....	211
<b>Застосування 5G мереж у медичних IoT системах</b>	
<i>А. А. Стрелкіна, В. О. Масленникова, Д. Д. Узун</i> .....	213
<b>Дослідження теплового режиму роботи імплантатів типу «Апарат Штучне Серце»</b>	
<i>Д. В. Телічко, В. М. Олійник, В. П. Олійник</i> .....	214
<b>Динамика температурных полей на поверхности кожи при криовоздействии <i>in vivo</i></b>	
<i>Г. В. Шустакова, Г. А. Ковалев, Э. Ю. Гордиенко, Ю. В. Фоменко, П. В. Кипоренко</i> .....	215
<b>АЛФАВИТНИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....	217



**ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ.**

UDC 612.1.08

**EFFECT OF BIOFEEDBACK ON THE PAIN IN ELDERLY PATIENTS. VAS SCALE AND HRV ANALYSIS**

N. Marchitto<sup>\*</sup>, A. Martynenko<sup>\*\*</sup>, G. Maragoni<sup>\*\*\*</sup>, S. Melpignano<sup>\*\*\*</sup>,  
 P. T. Paparello<sup>\*\*\*\*</sup>, G. Raimondi<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>AUSL Latina, <sup>\*\*</sup>Karazine University, Kharkov, <sup>\*\*\*</sup>Psychologist, Latina,  
<sup>\*\*\*\*</sup>UCTO Latina, <sup>\*\*\*\*\*</sup>“Sapienza” University of Rome

Recent studies focusing on autonomic nervous system (ANS) dysfunctions, together with theoretical pathophysiological models of musculoskeletal disorders, indicate the involvement of ANS regulation in development and maintenance of chronic muscle pain. HRV biofeedback is a non-pharmacological treatment that has applications in the amelioration of chronic pain by influencing afferent vagal activity, which is associated with increased HRV and inhibition of pain pathways in the spinal column. The aim of the study is to emphasize the effect of Biofeedback on the control of chronic pain. Our preliminary results underline a statistically significant reduction in the degree of pain measured with the VAS scale (the VAS scale is standardized at the international level for the assessment of the degree of perceived pain) without a statistically significant variation of the neuro-vegetative cardiovascular modulation.

**Background.** Everyone has experienced pain at some time in life. For many people, aches and pains come and go without causing significant distress or impairment in life functioning.

Millions of people suffer from pain; it impacts their quality of life and ability to function at home and at work. People who experience chronic pain have difficulty maintaining productivity in the workplace due to absences or reduced performance on the job related to pain. The American Chronic Pain Association (ACPA) defines chronic or persistent pain as “ongoing or recurrent pain, lasting beyond the usual course of acute illness or injury for more than 3 to 6 months, and which adversely affects the individual’s well being” (2014). Chronic pain is classified by pathophysiology based on the functional changes that cause pain. There are five types of pain: nociceptive, neuropathic, mixed, idiopathic, and psychogenic.

Recent studies focusing on autonomic nervous system (ANS) dysfunctions, together with theoretical pathophysiological models of musculoskeletal disorders, indicate the involvement of ANS regulation in development and maintenance of chronic muscle pain .

Both sympathetic and parasympathetic nervous systems are involved in regulating pain states. The activity of these systems seems to become disturbed in states of chronic pain. This disruption in autonomic balance can be measured through the assessment of heart rate variability.

Lowered heart rate variability (HRV) has recently been found to be associated with increased pain perception in patients suffering from chronic pain conditions. As a measure of the interplay between the excitatory sympathetic and the inhibitory parasympathetic nervous systems, HRV is widely considered an indication of healthy neurocardiac function. It reflects heart-brain interactions and ANS dynamics [7].

The transition from the time- to the frequency domain is accomplished by means of power spectral analysis which allows mathematical decomposition of the RR interval series into components of different frequencies. The two most common approaches to PSA are the fast Fourier transform (FFT) and autoregressive modeling [3]-[4]. We wish to underline that they require stationarity of the time series and that they essentially yield comparable results.

In the last few decades, the increasing availability of commercial ECG devices offering HRV analysis has made HRV a favorite marker for risk stratification in the setting of cardiovascular disease [11], [12], [14]. The rapid aging of the world population and the growing popularity of HRV have also fueled interest for the prognostic value of HRV in the elderly, outside a specific cardiological context [10].

HRV biofeedback is a non-pharmacological treatment that has applications in the amelioration of chronic pain by influencing afferent vagal activity, which is associated with increased HRV and inhibition of pain pathways in the spinal column. Infact some research has demonstrated the effectiveness of HRV biofeedback in increasing HRV and reducing the symptoms of different disorders characterized by ANS aberration [1], [5], [8], [13].

In clinical treatment of psychosomatic diseases breathing-biofeedback has proven to be a suitable method of controlling central nervous processes.

The processes by which HRV biofeedback improves health and well-being are not yet understand. It is suggested that HRV biofeedback produces resonance condition between HR, breathing rate and baroreceptor activity allowing for maximized amplitudes of the HRV

**Aim.** The aim of the study is to emphasize the effect of Biofeedback on the control of chronic pain. Chronic Pain can involve all subject and there are not difference for adult or older people. The aim of our

project is to evaluate the therapeutic effect of Biofeedback on Chronic Pain and the role on Neuro-vegetative cardiovascular system.

**Methods.** We have enrolled 12 patients ( $76,3 \pm 7,5$  years old - max 94 and min 66 years)). All enrolled patient refers chronic pain due to chronic skeletal illness. All enrolled subjects underwent to pain degree evaluation before treatment and after 15 days.

All subjects underwent 5-minute EKG recording pre and post-treatment for HRV assessment. ECG has been recorded from all the subjects included in the study for 5-minute with digital ECG (XAI\_MEDICA ECG - National Aerospace University "KhAI", Kharkov, Ukraine) in the morning in rest condition, after 20 minutes of adaptation in a room at the constant temperature. HRV was analysed with linear and non-linear methods.

The degree of Chronic Pain was measured using the VAS Scale (with values from 0 to 10; with higher values representing a greater painful symptomatology) [9]. The Neuro-vegetative cardiovascular modulation was evaluated by EKG analysis of the Heart Rate Variability (HRV) before and post-treatment. Biofeedback (5 b/min) was performed for 5 minutes, in two daily sessions, for 15 days, recorded with ppg stress flow software (Biomedical Technologies) Fig. 1.

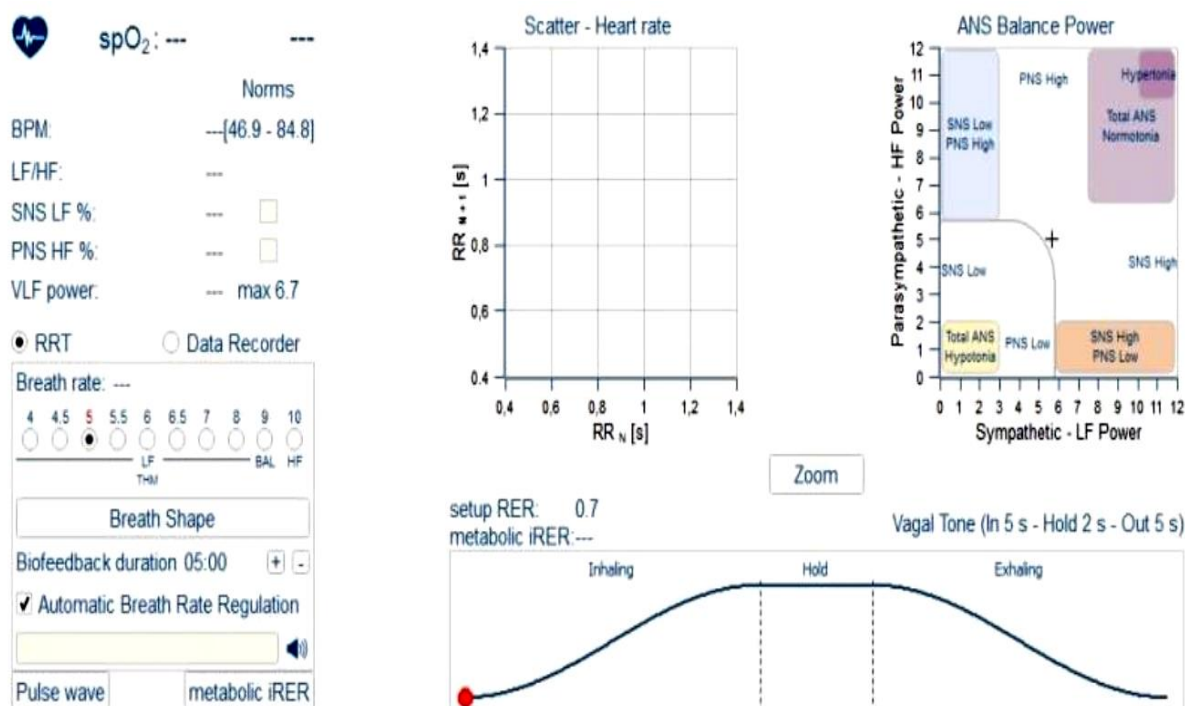


Figure 1. – The figure shows the software for the biofeedback adjusted to 5 breaths / minute

**Data analysis software.** Recorded data were analysed with CARDIOLAB XAI-MEDICA software for HRV linear analysis, and with KUBIOS-HRV software for the HRV non-linear analysis. In this case, in particular we analyzed the Poincarè plot (SD1 and SD2 indexes), the Detrended Fluctuation Analysis ( $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  indexes) and Entropy (Approximate entropy - ApEn, Sample entropy – SampEn, and Shannon Entropy - ShanEn).

**Statistical analysis.** Statistical analysis was performed with SigmaStat 3.5 software for Windows. Paired T-test for quantitative variables were used to compare the effect of the treatment. Statistical significance was fixed at  $P < 0.05$ .

**Results.** Our data underline that Biofeedback treatment appears to be an effective method for the control of Chronic Pain (significant reduction of the VAS scale index). On the contrary there are not statistically significant variation of the neuro-vegetative cardiovascular modulation in elderly patients both in HRV indexes in the time domain, in the frequency domain and in non-linear analysis, even if there appears to be a tendency for a reduction in the parasympathetic tone (Tab.1).

**Discussion.** This pilot study demonstrates that HRV Biofeedback is both feasible and effective in reducing perceived pain, stress, negative emotions, and physical activity limitations in people suffering from chronic physical pain due to chronic skeletal illness.

The pain intensity has been measured with Visual analogue scales (VAS) that represent a psychometric response scales used to measure subjective characteristics or attitudes and have been used in

the past for a multitude of disorders, as well as in market research and social science investigations, among others [9].

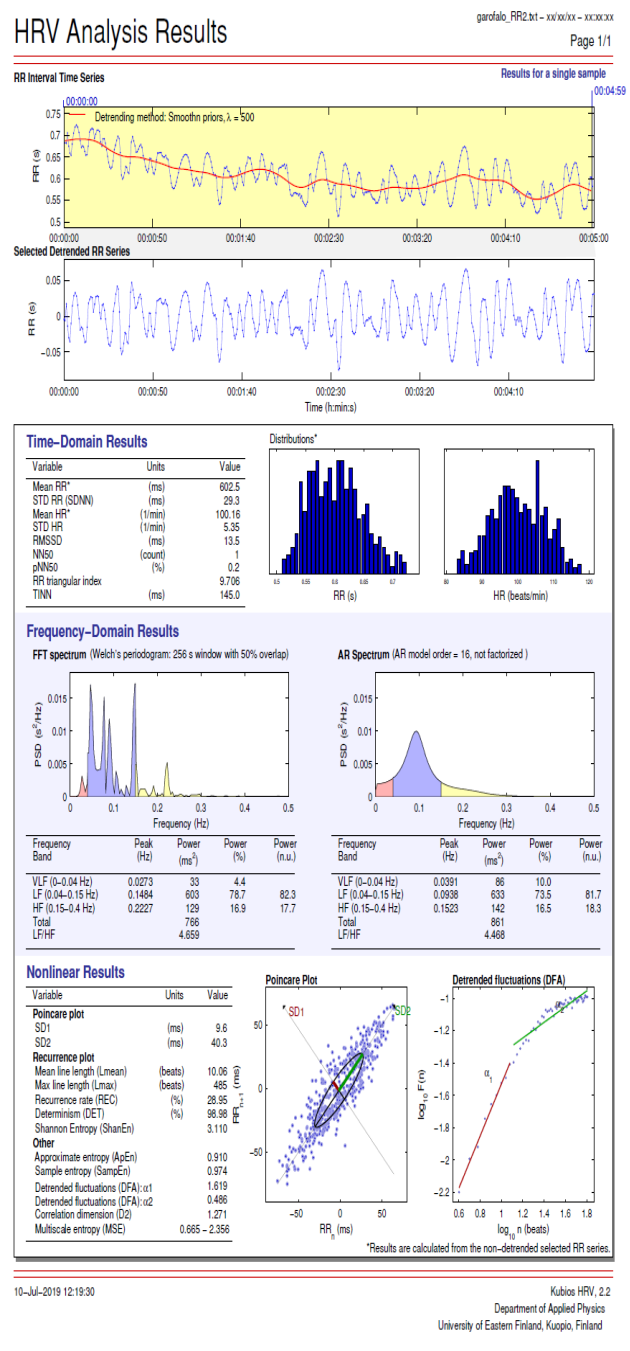
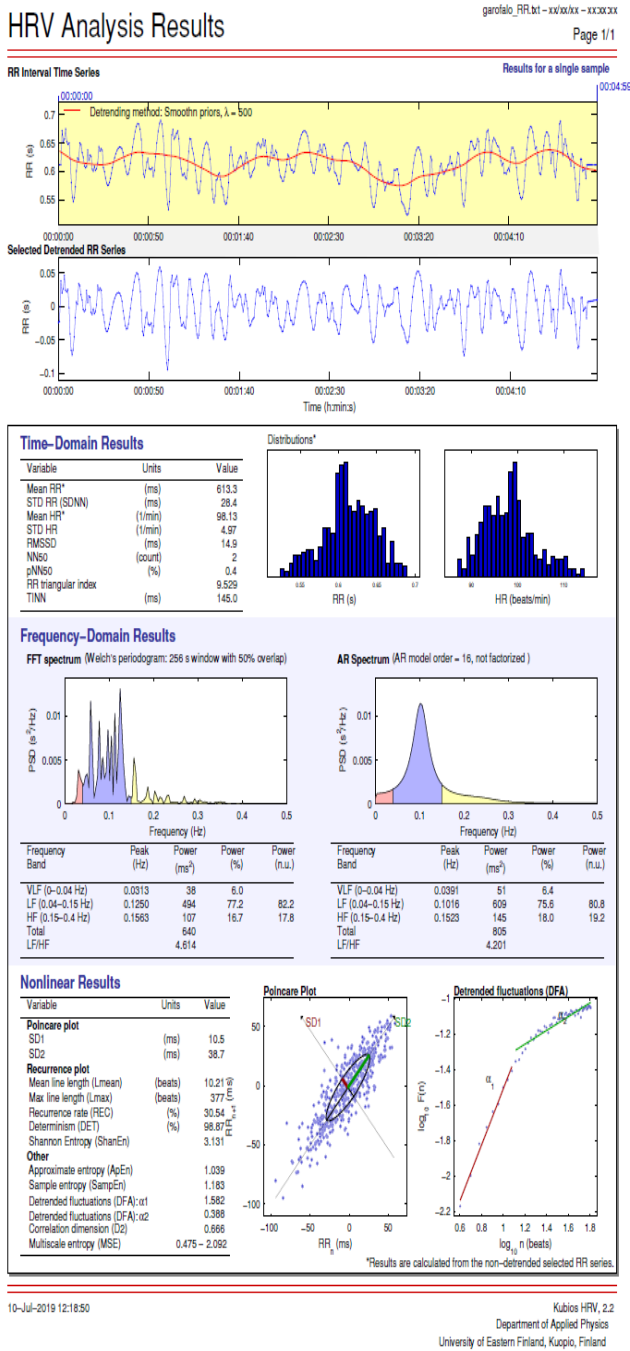


Figure 2. – Example of HRV analysis by Kubios software: a – Control, b – Effect of Biofeedback

VAS permit statistically significant differences in distributions to be readily determined. This type of scale is considered to be more accurate and sensitive and subject to less distortion and bias compared with categorical scales. As it was increasingly acknowledged that HRV is a complex phenomenon arising from the interplay of a myriad of regulatory feedback loops, it also became clear that its complexity could not be fully captured by the traditional time- and frequency-domain measures.

In fact, RR interval series with identical statistical properties (mean and SD) and power spectra can differ profoundly in terms of the “fine texture” of the rhythm. Novel measures were therefore drawn from the field of nonlinear dynamics and applied to HRV analysis [4].

Table 1. – Experiment Results. Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

Attribute	Control	Effect	Probability (P)
VAS SCALE	5,417 $\pm$ 3,85	3,000 $\pm$ 3,43	0,050*
RR, ms	837,08 $\pm$ 130,80	819,28 $\pm$ 125,47	0,021*
NN50, ms	8,00 $\pm$ 13,39	3,17 $\pm$ 2,95	0,172
pNN50	2,53 $\pm$ 4,47	0,93 $\pm$ 0,92	0,173
RMSSD	17,76 $\pm$ 8,38	14,91 $\pm$ 5,29	0,047*
SDNN, ms	18,69 $\pm$ 7,85	19,05 $\pm$ 9,37	0,869
AR-LF, nu	57,87 $\pm$ 18,08	62,17 $\pm$ 16,83	0,449
AR-HF, nu	41,97 $\pm$ 17,97	37,72 $\pm$ 16,77	0,452
AR-TOTAL, ms	378,75 $\pm$ 263,60	445,75 $\pm$ 419,27	0,566
AR LF/HF	2,00 $\pm$ 1,69	2,33 $\pm$ 1,19	0,621
SD1, ms	12,57 $\pm$ 5,95	9,77 $\pm$ 4,53	0,040*
SD2, ms	22,89 $\pm$ 10,30	24,41 $\pm$ 13,21	0,621
DFA ( $\alpha$ 1)	1,05 $\pm$ 0,29	1,15 $\pm$ 0,28	0,172
DFA ( $\alpha$ 2)	0,526 $\pm$ 0,17	0,501 $\pm$ 0,15	0,393
ApEn	1,134 $\pm$ 0,09	1,08 $\pm$ 0,14	0,123
SampEn	1,728 $\pm$ 0,28	1,576 $\pm$ 0,41	0,063
ShanEN	2,829 $\pm$ 0,34	2,921 $\pm$ 0,41	0,459

**Conclusion.** Biofeedback is a valid technique for treating chronic pain. Our preliminary results underline a statistically significant reduction in the degree of pain measured with the VAS scale (the VAS scale is standardized at the international level for the assessment of the degree of perceived pain) without a statistically significant variation of the neuro-vegetative cardiovascular modulation.

There is not statistically significant modification of the HRV therefore Biofeedback can be used in elderly patients.

**Limitations.** The present study is exploratory, and further research is needed to examine the efficacy of HRV BF in the amelioration of pain symptoms in people suffering from chronic pain.

#### References:

1. Alayan N, Eddie D, Eller L, Bates ME, Carmody DP. Substance craving changes in university students receiving heart rate variability biofeedback: A longitudinal multilevel modeling approach. *Addict Behav.* 97: 35-41. 2019
2. Appelhans BM, Luecken LJ. Heart rate variability and pain: associations of two interrelated homeostatic processes. *Biol Psychol.* 77: 174-82. 2008
3. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science.* 213:220–222. 1981
4. Balocchi R, Cantini F, Varanini M, Raimondi G, Legramante JM, Macerata A. Revisiting the potential of time-domain indexes in short-term HRV analysis. *Biomed Tech.* 51: 190-193. 2006.
5. Bornemann B, Kovacs P, Singer T. Voluntary upregulation of heart rate variability through biofeedback is improved by mental contemplative training. *Sci Rep.* 27: 7860. 2019
6. Hallman DM, Olsson EM, von Scheele B, Melin L, Lyskov E. Effects of heart rate variability biofeedback in subjects with stress-related chronic neck pain: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 36:71-80. 2011
7. Hassett AL, Radvanski DC, Vaschillo EG, et al. A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 32(1):1-10. 2007
8. Henriques G, Keffer S, Abrahamson C, Horst SJ. Exploring the effectiveness of a computer-based heart rate variability biofeedback program in reducing anxiety in college students. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 36:101-12, 2011.
9. Joyce CR, Zutshi DW, Hrubes V, Mason RM. Comparison of fixed interval and visual analogue scales for rating chronic pain. *Eur J Clin Pharmacol.*;8:415–420, 1975
10. Nicolini P, Ciulla MM, De Asmundis C, Magrini F, Brugada P. The Prognostic Value of Heart Rate Variability in the Elderly, Changing the Perspective: From Sympathovagal Balance to Chaos Theory *PACE.* 35:621–637, 2012



11. Raimondi G, Legramante JM, Scordamaglia B, Masci I, Montanari G, Pampena R, Skroza N, Potenza MC. Linear and non-linear R-R interval variability analysis in the neurovegetative cardiovascular assessment in Psoriasis and Obesity. Applications of Information Systems in Engineering and Bioscience 61-69, 2014.
12. Raimondi G, Scordamaglia B, Sindona F, Masci I, Ciaramella A, Cuzzo R, Casacci P, Melchiorri G, Sancesario G. Cardiorespiratory and motor assessment evaluated by means remote control in the elderly with cognitive impairment. New device for telessistance. Intern. Emerg. Med. 11, 18-19, 2016.
13. Reiner R. Integrating a portable biofeedback device into clinical practice for patients with anxiety disorders: results of a pilot study. Appl Psychophysiol Biofeedback. 33: 55-61. 2008
14. Scordamaglia B, Masci I, Sindona F, Cuzzo R, Ciaramella A, Raimondi G. Non-linear analysis of the heart rate variability during passive Tilt test. Intern. Emerg. Med. 10, 163, 2016.

УДК\_321.01:14

### НЕОБХІДНІСТЬ РОЗГЛЯДУ ПИТАНЬ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА ПРИ НАВЧАННІ БІОМЕДІНЖЕНЕРІВ

Г. В. Мигаль<sup>1</sup>, О. Ф. Протасенко<sup>2</sup><sup>1</sup> Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ "<sup>2</sup> Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури,

тел.: (050) 636-87-17, e-mail: g.mygal@khai.edu

61000, Харків, проспект Науки, 9-а, кафедри природоохоронних технологій, екології та БЖД, тел.: (050) 976-04-65, e-mail: olha.protasenko@hneu.net

The consequence of the lack of attention of specialists to the human factor in the development of modern biomedical technologies is the ignorance of students-bioengineers with the cognitive aspects of human-technology interaction and equipment, which does not allow properly designing viable medical systems. It is considered the necessity of taking into account the human factor at all stages of the life cycle of medical technologies and the introduction in the programs of training of bioengineers the discipline about the human factor.

Однією з важливіших проблем сучасних медичних інформаційних технологій є проблема біобезпеки, біоетики та біозахисту [1]-[4]. Проблематика біобезпеки та біозахисту ставить дедалі суворіші вимоги до науково-технічних розробок, що в свою чергу спонукає науковців і промисловців розробляти нові, більш безпечні та прогресивні технології. Безпека технологій та обладнання, безпека діяльності людини в цьому середовищі – ознака найвищої кваліфікації людини, що присутня в усіх етапах життєвого циклу будь якої технології. Уміння запобігти ризикам, мінімізувати їх наслідки, пов'язані із людським чинником, це сьогодні є одним з суттєвіших професійних навичок. Відомо, що досягнення абсолютної безпеки є неможливим. Однак медичні технології та обладнання не несуть небезпеки, поки в них не задіяна людина, її діяльність та прийняття нею рішення [5]. При цьому сучасні технології, методи та засоби, медичне обладнання самі по собі не гарантують безпеки без належного функціонування людини – розробників, персоналу, співробітників, їх інформованості і адекватних знань [6]. Безпечне обладнання викликає помилкове відчуття захищеності і безпечності, що підвищує ризик, якщо не враховувати особливості природи людського чинника при проектуванні, встановленні, матеріально-технічному обслуговуванні і експлуатації. Тобто **актуальним** є акцент на питання навчання людини на усіх етапах життєвого циклу біомедичних технологій. Таким чином, сьогодні наслідком стрімкого розвитку біотехнології є очевидна необхідність не тільки менеджменту, їх правового регулювання, але й навчання студентів враховувати людський чинник на усіх етапах життєвого циклу медичних технологій, що і є **метою** даної роботи.

Людина в біотехнологіях виступає і як головна мета, і “засіб” наукового вивчення. Реалізація вимог біоетики та біобезпеки здійснюється спеціалістами, які проводять науково-технічні розробки – створюють нові технології, розробляють біотехнологічну продукцію, здійснюють її реалізацію та обслуговування, експлуатують її. Саме тому невід’ємним складником освітнянської підготовки майбутніх біомедіцинженерів є вивчення та дослідження низки питань біозахисту та біобезпеки, що пов’язані з людським чинником [1], [6] – [9].

Сьогодні в програмі підготовки біомедіцинженерів існує дисципліна, пов’язана з біобезпекою та біоетикою. В її межах розкриваються проблеми і аспекти біобезпеки при розробці, обслуговуванні та експлуатації біотехнології. Біоетика розглядає насамперед філософське знання про права людини і створення нових медичних і біологічних технологій, які породжують безліч проблем, що вимагають вирішення з погляду як права, так і моралі. Тобто студенти навчаються запобігати наслідкам, вивчають потенційну небезпеку біотехнологій на різних етапах – від розроблення технології до промислового впровадження, але при цьому

ігноруються причини, що лежать в основі проблеми біобезпеки біотехнологій. А причина знаходиться в площині людського чинника, тобто особливостей взаємодії людини та техніки у системі «людина – машина», «людина – навчальне середовище», «людина – техніка – середовище». Ця площина – це перетин проблем психологічних особливостей людини, її психофізіологічних обмежень, поінформованості та вмотивованості, бажанні використовувати свої ресурси та знання. При цьому саме від врахування людського чинника залежить безпечність, надійність та ефективність складних біомедичних технологій, що проєктуються та використовуються людиною. Саме цей напрямок когнітивного сприйняття технологій лежить в основі дисципліни, науки, практичного напрямку «Інженерія людського чинника».

Інженерія людського чинника являє собою системну аналітику функціонування динамічних систем та враховує ергономічну інформацію про людські можливості та обмеження щодо машин, робочих місць і середовищ. Така дисципліна вкрай необхідна будь-якому інженеру (розробнику, дизайнеру, менеджеру), який повинен враховувати при проєктуванні особливості взаємодії людини і машини, стиль діяльності, а також вплив стрес-чинників середовища та діяльності [7], [9]. Основна задача дисципліни «Інженерія людського чинника» – забезпечити ефективність діяльності людини в системі «людина – машина» на всіх етапах її життєвого циклу – від проєктування до експлуатації. Діяльність людини напряму залежить від особливостей психофізіологічних, психічних, біомеханічних, антропометричних і інших характеристик, які треба враховувати при проєктуванні біотехнологій.

Міждисциплінарна інженерія людського чинника поєднує когнітивну ергономіку, нейроергономіку, когнітивну психологію, біоінженерію людини і інші науки [5], [10], [11]. Отже, це об'єднання інженерних наук, інформаційних технологій, психології, медичної діагностики, нейро- та когнітивних наук для забезпечення безпеки, надійності і стійкості складних людино-машинних систем, людино-залежних технологій та процесів.

**Висновки.** Незважаючи на спрямованість навчання біоінженерів медичним та біологічним технологіям, сьогодні існують наслідки недостатньої уваги до людського чинника при розгляді проблем біобезпеки та розробці сучасних біомедичних технологій. Це свідчить про необізнаність спеціалістів з когнітивними аспектами взаємодії людини і технологій та обладнання, що не дозволяє належним чином спроектувати життєздатні медичні системи. Тому сьогодні є актуальним впровадження у навчальні програми підготовки спеціалістів із біотехнології, біоінженерів, навчального курсу, присвяченого питанням інженерії людського чинника як обов'язкової світоглядної компоненти. Це дозволить забезпечити більш високу кваліфікацію майбутніх спеціалістів у їх багатогранній діяльності у сфері проєктування та експлуатації біомедичних технологій. «Інженерія людського чинника» – це міждисциплінарний погляд на можливості людини в технічних середовищах, технологіях, машинах, її впровадження дозволить створити необхідне підґрунтя для підвищення якості підготовки спеціалістів інженерного спрямування.

#### Перелік посилань:

1. Korthals M., Bogers R.J. Ethics for Life Scientists. – Berlin: Springer, 2004. – 220 p.
2. Beauchamp T., Childress J. Principles of Biomedical Ethics. – Oxford; New York: Oxford University Press, 2001. – 456 p.
3. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика / А. П. Ермишин, В. Е. Подлиских, Е. В. Воронкова и др.; под ред. А. П. Ермишина. – Минск: Технология, 2005. – 430 с.
4. О. Ю. Галкін, А.А. Григоренко. Біоетика в Україні: від теорії до практики. Нормативно-правові та навчально-наукові аспекти / Проблеми біології та біотехнології // Наукові вісті НТУУ "КПІ" 2011 / 3.
5. Parasuraman, R. Neuroergonomics: research and practice / R. Parasuraman. –Theor. Issues Ergon. Sci., 2003. – vol. 4, no. 1–2. – P. 5–20.
6. Ethical and Regulatory Aspects of Clinical Research // E.J. Emanuel, R.A. Crouch, J.D. Arras et al. – Baltimore; London: Johns Hopkins University Press, 2003. – 490 p.
7. Dul, Jan. A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession / Jan Dul, Ralph Bruder and all. – Ergonomics, 2012. – Vol. 55, No. 4. – P. 377–395.
8. Mygal G., Mygal V. Interdisciplinary approach to informational teaching environment formation. //Праці Одеського політехнічного університету, 2018. Вип. 1(54), с. 92-98. DOI 10.15276/opus.1.54.2018.13.
9. Мигаль В. П., Мигаль Г. В. Аналіз життєздатності університету як складної динамічної системи. // Електротехнічні та комп'ютерні системи. 2018. № 27 (103). С. 264-272. <https://etks.opu.ua/?fetch=articles&with=info&id=1000>
10. Parasuraman, R. Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work / R. Parasuraman, R. Mehta. – Front Hum Neurosci., 2013. – 7: 889.
11. Lee, J. D.; Wickens, C. D.; Liu Y.; Boyle, L. N Designing for People: An introduction to human factors engineering. / Charleston, S C: CreateSpace, 2017.

УДК 004.9:316.48

## ІНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭПОХУ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

О. А. Панченко

Всеукраинская профессиональная психиатрическая лига ГУ «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины»,  
тел.: +380509000007, e-mail: oap@ukr.net

The work is devoted to research of the information security threats in connection with the turbulent phenomena of the modern world. It is noted that ensuring information security from the point of view of the realities of the era of turbulence requires active preventive, adaptive, post-factum measures both from the state and society, as well as from a person.

**Введение.** Информационная безопасность (ИБ) – комплексная система, где одной из компонент является турбулентность во всех аспектах ее проявления [1]-[3]. ИБ личности, общества, государства – неразрывная цепочка составляющих системы, состоящих в причинно-следственной связи. Поэтому турбулентные факторы в одной из них непременно проявляются и в других, создавая совокупность угроз и защит в системе ИБ. По всем характерным признакам настает время долговременных турбулентных явлений, как в политической, так и общественной жизни, что поднимает на новый уровень вопросы обеспечения ИБ.

**Цель исследования:** раскрыть современные тенденции турбулентных угроз информационной безопасности и предложить мероприятия по ее обеспечению.

**Результаты исследования.** Ранее, исследуя понятие «турбулентность информационной среды», мы подчеркнули, что находясь в состоянии турбулентности информационная среда (ИС), является источником факторов угроз информационной безопасности, усложняющих процесс адаптации к происходящим изменениям. ИС – третья (после природной и социальной) среда обитания человека, определяющая глобальные условия общественного развития. Вводя понятие «эпоха турбулентности» мы подразумеваем, что оно распространяется на весь спектр субъектов информационных отношений в системе мир-государство-общество-личность. Кроме того, мы считаем, что в отличие от известных понятий «время турбулентности», «турбулентные времена» [4], именно эпоха (длительный период, выделяемый по характерным явлениям, событиям) более уместна в связке с турбулентностью.

Возникновение критической точки турбулентности на мировом уровне связано с рядом причин, среди которых: – неравномерное распределение экономики; – нарушение принципов системы мировой безопасности; использование политики принуждения силой; нарушение договорных обязательств; – проблема взаимоотношений между человечеством и Биосферой; – культурный кризис; – проблемный характер глобальной информатизации.

В масштабах государства причинами турбулентности могут быть как внутренние процессы, обусловленные, в том числе, факторами мировой турбулентности, так и внешними – целенаправленными информационными воздействиями недружественных стран с целью дестабилизировать общественно-политическую ситуацию, вызвать нестабильность и хаос.

Что касается общества и личности, то здесь турбулентность является следствием как двух предыдущих, так и собственно турбулентности ИС. По поводу влияния турбулентности на общество существуют различные, иногда диаметрально противоположные взгляды. Так, в работе [5] с оптимизмом утверждается, что «в процессах развития турбулентных систем социальной природы потенция, отражающаяся первоначально в энергии хаотических колебаний, или, иначе, пассионарности, трансформируется со временем в полезную работу общества ...». В другом же исследовании, наоборот – «Если «потрясения» происходят слишком часто и их интенсивность с каждым разом возрастает, есть опасность, что все общество будет ввергнуто в состояние массового психоза ... люди будут разобщаться, пытаясь по одиночке бежать от шокирующих реалий, уходить в себя, находить успокоение в отрицании действительности и в популярных развлечениях, но при этом в любой момент будут готовы к вспышке ярости» [6]. Еще в одной работе находим: «...происходит деградация массовой культуры, поскольку информационная турбулентность, хаос не позволяют выжить ни высоким смыслам, ни высоким состояниям, стандартная логика и эмоции просто «не догоняют», они слишком медленны, остается рефлекс, инстинкт и зоопсихология аффекта» [7].

При исследовании турбулентности через призму свойств личности, мы ввели понятие «информационно-психологическая турбулентность» – неустойчивое, непредсказуемое состояние психики человека [1] - [3]. В таком состоянии человек может совершать деструктивные поступки направленные как на других людей, общественные структуры или на общество в целом, на природную среду, различные предметы и т.д.; так и на самого себя – разрушение личности, здоровья, суицид.

Обеспечение ИБ с точки зрения турбулентности требует активных превентивных, адаптационных, постфактумных мероприятий как со стороны государства и общества, так и со стороны личности: обеспечение национальной безопасности и эффективной управляемости государства; повышение

інформаційної культури, впровадження евристичного формування; самосовершенствование, розвиток навичок турбулентного мислення; психотерапевтична допомога (як медична або психологічна, так і ізоісторична або філософсько-геологічна).

**Висновки:**

1. Епоха турбулентності затрагує весь спектр суб'єктів інформаційних відносин в структурі «мир-державство-спільнота-особистість».
2. Інформаційна безпека – комплексна система, де однією з компонентів є турбулентність у всіх аспектах її прояву.
3. Забезпечення інформаційної безпеки з точки зору реалій епохи турбулентності потребує активних превентивних, адаптаційних, постфактумних заходів як з боку держави і спільноти, так і з боку особистості.

**Список посилань:**

1. О. А. Панченко. Психологічні аспекти турбулентності інформаційного середовища. Причорноморські психологічні студії. 2017. Вип.1. С. 3-7.
2. О.А. Панченко. Турбулентність в інформаційній безпеці особистості. Клінічна інформатика і телемедицина. 2017. Т.12. Вип.13. С.124-129.
3. Панченко О. А., Антонов В. Г. Поняття «турбулентність» в системі інформаційно-психологічної безпеки особистості. «Медико-психологічні виклики сучасності»: збірник тезисів доповідей. Під заг. ред. д. м. н., проф., Заслуженого лікаря України О. А. Панченко. – ІПП «Контраст». 2017. С. 70-74.
4. О.Н. Яницький «Турбулентні часи»: слоган або проблема соціології?. 2017. URL: [http://www.ssa-rss.ru/index.php?page\\_id=19&id=508&printmode](http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=19&id=508&printmode) (дата звернення: 07.08.2019).
5. Резеньков Д.Н., Приходько С.С. Поняття «соціальна турбулентність» в сучасному світі в концепції інформаційної безпеки Росії. Культура і суспільство: історія і сучасність. Матеріали ІІ Всеросійської (з міжнародною участю) науково-практичної конференції. Під редакцією Колосової О.Ю і др. Ставрополь. Видавництво ООО «Ветеран».2013. С. 128–130.
6. Даниель Естунін. Тавістокський інститут (переклад П. Смирнов). Мінськ, 2014. URL:<http://coollib.com/b/284081>(дата звернення: 13.08.2019).
7. Буданов В.Г. Метаморфози соціальної реальності епохи змін: онтології і технології. Творчі пошуки вчених Ізраїлю і світу сьогодні. Збірник статей. Міжнародний центр наукових досліджень і практики творчості. Ізраїль – Ашкелон. 2013. С.68-74.

**УДК 616.345-006-072.1**

**ДИФУЗНО-ВЗВЕШЕННІ ІЗОБРАЖЕННЯ І ПЕТ/КТ В ДІАГНОСТИЦІ  
ОНКОЛОГІЧЕСЬКОЇ ПАТОЛОГІЇ ПОДЖЕЛУДОЧНОЇ ЖЕЛЕЗИ**

В. Н. Соколов, Е. С. Ситнікова, Г. М. Рожковська, В. М. Цвіговський, Т. К. Дорофєєва,  
Л. В. Аніщенко, А. А. Корсун, Е. М. Дойкова, О. С. Арбатська, А. В. Мудрова,  
Е. Н. Диус, Д. В. Соколов

Одеський національний медичний університет,  
кафедра лучової діагностики, терапії і радіаційної медицини,  
65082, Одеса, Валіховський пр., 2, тел.: +38 (050) 316-15-46, e-mail: danil Sokolov@ukr.net

The purpose of the work is to study the diagnostic ability of the DWI method and compare it with the diagnostic characteristics of multispiral computed tomography (CT) and PET / CT 18F-FDG in the diagnosis of malignant forms of the abdominal cavity. The results show that DWI is more effective than 18F-FDG PET / CT for preoperative diagnosis. PET / CT is better at diagnosing and monitoring the response to treatment.

**Введення.** Згідно проведеному аналізу літературних джерел, присвячених використанню методів комп'ютерної томографії (КТ), дифузно-взвешених зображень (ДВІ) і позитронно-емісійної томографії (ПЕТ/КТ) в діагностиці злоякісних образень органів брюшної порожнини, висновки про їх застосування мають неоднозначний, а іноді навіть суперечливий характер. Діагностика раку піджелудочної залози, який займає 6 місце в світі за поширеністю, є особливо складною. До нинішнього часу відсутні переконливі дані про залучення в процес регіонарних і віддалених лімфоузлів, а в частині в печінку, а також залучення в процес регіонарних судин.

**Цель работы:** изучить диагностическую возможность метода ДВИ и сравнить ее с диагностической характеристикой мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ в диагностике злокачественных новообразований поджелудочной железы.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на 4-64 срезовых томографах фирмы Тошиба, магнитно-резонансных томографах (МРТ) с напряженностью поля 1,5 Тл. При применении ДВИ измерялась интенсивность сигнала и рассчитывались значения коэффициента диффузии (ИКД). ИКД представляет собой градиент кривой, которая строится при сопоставлении значений  $b$  по оси  $x$  и логарифма относительной интенсивности сигнала ткани по оси  $y$ . Значение ИКД определялись автоматически, обведя на карте область интереса.

ИКД выражается в квадратные микрометры в секунду или  $10^{-3}$  квадратных миллиметров в секунду. Нами использовались значения  $b = 50 \text{ с/мм}^2, 400 \text{ с/мм}^2, 800 \text{ с/мм}^2$ . Для каждого очага определялся коэффициент диффузии (ИКД) на специальных картах ИКД

ПЭТ/КТ проводилась с использованием меченой радиоактивным изотопом фтор-18-дезоксиглюкозы (ФДГ) – метод, который позволяет визуализировать и количественно оценивать метаболизм глюкозы в опухолевой ткани.

**Результаты.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что ДВИ имеет более высокую чувствительность, чем  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и более эффективнее чем  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ для предоперационной постановки диагноза и представляет собой дополнительный метод визуализации. ПЭТ с высокой точностью диагностирует как небольшие опухоли (<2 см), так и метастазы, в том числе и опухолевую диссеминацию по брюшине, ПЭТ позволяет проводить дифференциальную диагностику между раком поджелудочной железы и воспалительным процессом, а также между злокачественными и доброкачественными опухолями поджелудочной железы (чувствительность – 85–100%, специфичность – 67-99%), значительно опережая результаты МСКТ. Недостатками метода является ряд ложнонегативных данных в случае высокодифференцированных опухолей, небольших периампулярных опухолей, а также в случаях гипергликемии. В то же время применение  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ дает существенное преимущество в улучшении диагностики и терапевтического наблюдения за пациентами, осуществляет мониторинг реакций на лечение.

**Выводы.** Рассмотрены относительные преимущества методик ДВИ и ФДГ ПЭТ в постановке стадии заболевания и степени вовлечения лимфатических узлов и регионарных сосудов в злокачественный процесс, что является крайне важным для оценки операбельности опухолей поджелудочной железы.

#### Перечень ссылок:

1. Соколов В. Н., Ситникова Е. С. ДВИ И ПЭТ/КТ в диагностике онкологической патологии брюшной полости. Russian Electronic Journal of Radiology, Москва. 2016, С. 53–54.
2. Кармазановский Г.Г. Компьютерно-томографическая диагностика рака поджелудочной железы: лекция/ Г.Г. Кармазановский //Медицинская визуализация. – 2003., №1., С. 97-105.
3. Pr. Sokolov V. [Использование виртуальной КТ-эндоскопии сосудов головного мозга и брюшной полости/ congresul 11 al medicilor imegisti din Republica Moldova cu participare internationala] 8 noiembrie 2007].
4. А.В. Зубарев, И. А. Каленова, Н. Е. Агафонов// Тезисы докладов VII всероссийского съезда рентгенологов и радиологов. – Челябинск; М., 2001 – 265 с.
5. Ростовцева Т. М., Ананьева Н. И., Кармазановский Г. Г., Васильев С. В., Смирнова Е. В., Ежова Р. В. Предоперационное стадирование рака прямой кишки. Специализированный протокол магнитно-резонансной томографии. Russian Electronic Journal of Radiology, Москва. 2016, С. 61–63.
6. Соколов В. Н., Ситникова Е. С., Рожковская Г. И., Дорофеева Т. К., Цвиговский В. М., Любчак М. А., Анищенко Л. В. Диффузно-взвешенные изображения и ПЭТ/КТ в диагностике онкологической патологии брюшной полости. Ж. Клин. информ. телемед. 2017, Вып. 13, С. 92–103.

УДК 004.04:004.891.3: 616.073.759

#### МЕТОДОЛОГІЯ РОЗВИТКУ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Є. Б. Яворська, Г. Б. Цуприк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

46001, Тернопіль, вул. Руська, 56, кафедра біотехнічних систем,

кафедра програмної інженерії, тел.: (035) 251-97-00

E-mail: yavorska\_eb@yahoo.com, galyna.tsupryk@gmail.com; факс (035) 225-49-83

In this paper presents the main aspects of the development of medical information systems.

**Вступ.** Сфера проектування, розробки та впровадження комплексних (інтегрованих) Інформаційних Систем Охорони Здоров'я (ІСОЗ) медичних установ, регіональних відділів охорони здоров'я, та всієї системи охорони здоров'я привертає до себе останнім часом все більшу увагу вчених, управлінців, лікарів, інженерів та інших спеціалістів. Значна перевага надається застосуванню комп'ютерних технологій, що є складним завданням. Це відбувається в зв'язку з тим, що по-перше – забезпечення організації охорони здоров'я та надання якісних медичних послуг населенню стає однією з найбільш пріоритетних задач держави в світі в цілому: в більшості розвинених країн населення все більше "старішає", а для молодших поколінь освоєння сучасних технологій потребує все більше часу й здоров'я, а по-друге – системи охорони здоров'я розвинених країн стають все більш комплексними, як і сам процес функціонування в них медичних закладів, що потребує максимальної інтеграції їх діяльності між собою [1], [2].

Слід зауважити, що галузь розробки й впровадження інформаційних систем (ІС) медичних закладів в світі пройшла велику еволюцію. Спершу були госпітальні інформаційні системи (Hospital Information Systems – HISs) на початку 1970-х років. Такі ІС працювали на великих комп'ютерах, так званих мейнфреймах, або міні-комп'ютерах (*mainframes and mini-computers*). В 1980-ті роки з'явилися ІС на більш дешевих платформах, так званих робочих станціях (*workstations*), в розподілених (*distributed*) архітектурах, які використовували технології локальних мереж (*Local Area Networks – LANs*) і проектувались у вигляді підсистем або модулів. В 1990-і роки, а особливо з настанням 21 століття, з широким впровадженням персональних комп'ютерів (*Personal Computers – PC*), технологій систем управління базами даних – СУБД (*Database Management Systems – DBMS*) архітектури "клієнт-сервер" (*client-server*), комунікаційних технологій, що використовують, окрім згаданих технологій локальних мереж (*LAN*), також глобальні (*Wide Area Networks – WANs*), і бездротові (*Wireless Networks*), а також Інтернет й так звані веб-технології (*Internet and web-technologies*) – галузь прийшла до сучасних інтегрованих ІСОЗ (*HCIS*), що включають в себе всі вищезгадані підсистеми та модулі, але вже в зовсім іншій парадигмі надання медичної допомоги – у вигляді так званих інтегрованих мереж надання послуг – ІМНП (*Integrated Delivery Networks – IDN*), тобто низки спеціалістів та медичних закладів: від сімейного лікаря, або лікаря загальної практики (*General Practitioner, Physician*), невеличкої амбулаторії чи клініки (*Ambulatory Care Clinic*) – до страхових медичних організацій (*Health Maintenance Organization – HMO*) та великого госпіталю (*Community Hospital*), або медичного центру (*Medical Center*), кожен з яких надає медичні послуги на своєму рівні, але робить все це в координації з іншими [1], [2].

Враховуючи те, що до ІСОЗ фактично входить цілий ряд інформаційних систем, то вона працює через підсистему універсального індексу пацієнта (*Unified or Enterprise Master Patient Index – EMPI*), що уможливує супровід даних пацієнта в електронному вигляді на всіх етапах надання медичної допомоги, незалежно від того в якому закладі, або у якого спеціаліста він\она знаходиться на лікуванні в даний момент часу [1], [2].

Сучасні медичні інформаційні системи в основному реалізовані у вигляді структурованих багатомодульних професійних систем, електронних медичних карток, які можуть бути складовою частиною професійних МІС, або самостійним програмним продуктом, у вигляді простих медичних калькуляторів або інтерактивних систем, а також соціальних мереж різного типу.

У практичній діяльності лікаря особливої уваги заслуговує діагностичний пошук патології. Адже, вчасно і грамотно виставлений діагноз, пришвидшує одужання, сприяє ефективному лікуванню. На сьогоднішній день науковцями ведеться пошук діагностичних систем, які зможуть істотно пришвидшити та спростувати роботу лікаря [3].

**Суть.** У сучасній медицині активно використовуються різноманітні електронні цифрові засоби відбору та зберігання медичної інформації такі як портативні комп'ютерні кардіографи, пульсоксиметри, монітори артеріального тиску тощо. Також в цифровому вигляді зберігається інформація зі стаціонарних діагностичних засобів таких як апарати ультразвукової діагностики, ехо- та електроенцефалографи, рентгени, томографи, лабораторне обладнання та ін. Особливий інтерес представляють консультативні системи, які здатні проводити диференційну діагностику поміж сотень, тисяч нозологій [3].

Ідея створення електронної медичної картки (ЕМК), яка б зберігала результати лабораторних досліджень, біосигнали та зображення, висновки фахівців і навіть інформацію про призначене лікування, існує вже давно. Проте всі спроби створення таких карток та відповідних інформаційних систем є орієнтованими на конкретні медичні заклади, що значно обмежує можливості обміну медичною інформацією між лікувальними закладами та фахівцями.

Для керування діагностично-лікувальними, адміністративно-господарськими, фінансовими та іншими процесами медичних лікувальних закладів використовуються медичні інформаційні системи

(МІС). До професійних медичних інформаційних систем відносять «Доктор Елекс», «Емсїмед», «Медіалог», «TherDer» тощо. Такі системи встановлюються для кожного лікувального закладу в індивідуальному порядку, що в свою чергу передбачає наявність відповідного апаратного (сервери, маршрутизатори) та програмного (серверні ОС, СУБД, антивіруси) забезпечення, а також кваліфікованого персоналу для його обслуговування. З іншого боку, надійність таких систем напряду залежить від надійності встановленого апаратного і програмного забезпечення і не є достатньо високою [3]. Іншим важливим аспектом, який не передбачений в наведених вище системах, є віддалений доступ пацієнтів та лікарів до медичної інформації.

На сьогоднішній день сервіси мережі Інтернет є загальнодоступними, як з допомогою персональних комп'ютерів, так і з допомогою різноманітних мобільних пристроїв на зразок планшетів, смартфонів чи навіть годинників і забезпечують інтерактивний обмін інформацією, а застосування віртуальних серверів та хмарних технологій значно підвищує надійність зберігання інформації та не потребує обслуговування зі сторони кінцевого користувача.

**Висновки.** Отже, враховуючи необхідність віддаленого доступу пацієнтів та лікарів до медичної інформації, необхідність надійного її зберігання та обміну інформацією між різними спеціалістами та медичними закладами актуальним є питання розроблення структурної концепції медичної інформаційно-аналітичної системи, яка б забезпечувала відбір, аналіз, зберігання медичної інформації та доступ до неї через мережу Інтернет.

**Перелік посилань:**

1. Lubchenko K.M. Expert systems in medical practice / К.М. Любченко // Visnyk NTUU «KPI». Informatics, Management and Computing: coll. of scientific papers. – К.: Wek+, – 2008. – № 49, P.3-7. – (ukr.)
2. Expert systems in medicine. Study guide / Prodeus A.N., Zachrabortova E.N. – К.: Wek+, 1998. – 320 p. – (ru).
3. Яворська, Є.Б. Перспективи створення багатофункціональної експертної системи // I Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ISM-2018). Збірник наукових праць. ХНУРЕ. - Харків: "Друкарня Мадрид", 2018. - С. 132-134.



*Секція 1*

**ЕЛЕКТРОННА ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я.  
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ E-HEALTH.**



UDC 616.13-004.6

A COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS APPROACH FOR THE INVESTIGATION OF THE ASCENDING THORACIC AORTIC ANEURYSM

Luca Barsi\*, Gianfranco Raimondi\*, Alexander Martynenko\*\*

\*University “Sapienza”, Roma, Italy

\*\* Karazine University, Kharkov, Ukraine

The Ascending Thoracic Aortic Aneurysm (ATAA) is a cardiovascular disease which is characterised by a high mortality rate. In this paper, an innovative Computational Fluid Dynamics (CFD) approach is proposed in which the blood flow fields and the arterial vessels motion are simulated simultaneously and in a coupled manner. This approach makes it possible to investigate the effects of the dynamic interaction between the blood flow and the arterial vessels on the progress of the ATAA.

**Introduction.** The Ascending Thoracic Aortic Aneurysm (ATAA) is a cardiovascular disease which is characterised by a high mortality rate. The progress of the ATAA is frequently accompanied by fatal complications such as aortic rupture and dissection (Mendez et al., 2018). In many cases, the current clinical criterion based on the aortic size has proved to be a quite acceptable tool in order to assess the risk of an aneurysm failure. Nevertheless, it is evident the need for the development of more effective strategies to evaluate the likelihood of the aortic aneurysm failure. To this aim, the development of an approach which is capable to capture the effects of the dynamic interaction between the blood flow and the arterial vessels in terms of blood pressures and wall shear stresses is required.

Many authors investigate the effect of the dynamic interaction between complex fluid flows and rigid or deformable moving systems (such as bridge decks, aircraft wings, marine turbines) by simulating the fluid fields and the structural motion simultaneously and in a coupled manner. According to this approach, the pressure and velocity fluid fields, that develop around the structure at every instant, are simulated; once the fluid pressures and wall shear stresses acting on the structures are known, the structural displacements are calculated; these displacements, in turn, modify the computational domain and the boundary for numerical integration of the fluid motion equations and, as a consequence, modify the structure of the fluid fields. The above-mentioned approach makes it possible to capture the complex features of those physical phenomena where the mutual interaction between the fluid fields and the structural motion plays a key role and, furthermore, to well predict the magnitude of many key variables (for example, fluid pressures and wall shear stresses) which are of fundamental importance for the evaluation of the phenomenon progress.

In this paper, an innovative approach is proposed in order to investigate the effects of the dynamic interaction between the blood flow and the arterial vessels on the progress of the ATAA: the blood flow fields and the arterial vessels motion will be simulated simultaneously and in a coupled manner. The arterial vessels motion will be prescribed on the basis of literature data (see Xenos, 2017) or, in a successive step, by employing an integrated finite-element model which allows to take into account the structural properties of the aortic wall material. The blood flow fields will be simulated by numerically integrating the three-dimensional form of the Navier-Stokes equations with a finite-volume scheme on moving grids which adapt to the arterial vessels motion.

**Model.** Let  $\rho$  and  $\vec{u}$  be, respectively, the density and the fluid velocity vector. Let  $\Delta V_1(\tau)$  be a time-varying control volume bounded by a surface, of area  $\Delta A_1(\tau)$ , every point of which moves with a velocity  $\vec{v}$  that is different from the fluid velocity  $\vec{u}$ . The integral form of the mass continuity and momentum balance equations over a moving control volume respectively read (Aris, 1989)

$$\frac{d}{d\tau} \int_{\Delta V_1(\tau)} dV + \int_{\Delta A_1(\tau)} (\vec{u} - \vec{v}) \cdot \vec{n} dA = 0 \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} \int_{\Delta V_1(\tau)} \vec{u} dV + \int_{\Delta A_1(\tau)} \vec{u} (\vec{u} - \vec{v}) \cdot \vec{n} dA = & -\frac{1}{\rho} \int_{\Delta V_1(\tau)} \nabla p dV \\ & + \int_{\Delta A_1(\tau)} 2\nu \vec{S} \cdot \vec{n} dA \end{aligned} \tag{2}$$

where  $p$  is the fluid pressure,  $\nu$  is the dynamic fluid viscosity and  $\vec{S}$  is the rate of strain tensor.

Let  $\Delta A(\tau)$  be the area of the surface delimiting the time-varying control volume  $\Delta V(\tau)$  that at instant  $\tau$  coincides with the material volume. The following relation holds valid for an incompressible fluid

$$\int_{\Delta A(\tau)} \vec{u} \cdot \vec{n} dA = 0 \quad (3)$$

By assuming that, at instant  $\tau$ ,  $\Delta V_1(\tau) = \Delta V(\tau)$  and introducing Eq. 3 into Eq. 2, we obtain

$$\frac{d}{d\tau} \int_{\Delta V_1(\tau)} dV + \int_{\Delta A_1(\tau)} \vec{v} \cdot \vec{n} dA = 0 \quad (4)$$

which is known in literature as the so-called Geometric Conservation Law (GCL, see Hertel et al., 2013).

Equations (2), (3) and (4) will be numerically integrated on moving structured grids of collocated type. The solution procedure of the momentum balance equation in implicit form will be of pressure-correction type (Ferziger and Peric, 2012). This procedure consists of gaining, from the velocity and pressure field at the instant  $t$ , the velocity and pressure field at the instant  $t+\Delta t$  by means of the so-called outer iterations and inner iteration. A predictor velocity field is calculated at the outer iteration implicitly (by means of an inner iteration process), where the pressure gradient is assumed to be equal to that of the previous iteration. The predictor velocity field is introduced into the equation of the laplacian of the pressure, from the solution of which the pressure value is obtained. This pressure value is in turn introduced in the momentum balance equation, thus providing the velocity field at the end of the  $m$ -th outer iteration. The outer iteration process ends when the velocity and pressure field at the instant  $t+\Delta t$  satisfies both the continuity equation and the momentum balance equation. The finite-volume method of collocated type implies the reconstruction of both the face velocity and pressure values in the calculation cells which, in this work, will use the Rhie-Chow procedure.

**Conclusion.** In this paper, an innovative Computational Fluid Dynamics (CFD) approach has been proposed in which the blood flow fields and the arterial vessels motion are simulated simultaneously and in a coupled manner. This approach makes it possible to investigate the effects of the dynamic interaction between the blood flow and the arterial vessels on the progress of the ATAA. The arterial vessels motion will be prescribed on the basis of literature data or, in a successive step, by employing an integrated finite-element model which allows to take into account the structural properties of the aortic wall material. The blood flow fields will be simulated by numerically integrating the Navier-Stokes equations with a finite-volume scheme on moving grids which adapt to the arterial vessels motion.

#### References:

1. Mendez, V, Di Giuseppe, M, Pasta, S. Comparison of hemodynamic and structural indices of ascending thoracic aortic aneurysm as predicted by 2-way FSI, CFD rigid wall simulation and patient-specific displacement-based FEA. *Computers in Biology and Medicine* 100 (2018) 221-229.
2. Xenos, M. A. An Euler-Lagrange approach for studying blood flow in an aneurysmal geometry. *Proceedings of the Royal Society A* 473 (2017).
3. Aris, R. *Vectors, tensors, and the basic equations of fluid mechanics*. New York, NY, USA: Dover (1989).
4. Hertel, C, Schumichen, M, Lobig, S, Frohlich, J, Lang, J. Adaptive large eddy simulation with moving grids. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics* 27 (2013) 817-841.
5. Ferziger, J, Peric, M. *Computational methods for fluid mechanics*. Springer Science and Business Media (2012).

UDC 616.71+004.624

#### CLOUD-BASED REAL TIME HRV ANALYSIS MODEL

Massimo Pistoia<sup>\*</sup>, Alexander Martynenko<sup>\*\*</sup>, Luca Barsi<sup>\*\*\*</sup>,  
Nicola Marchitto<sup>\*\*\*\*</sup>, Gianfranco Raimondi<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>eResult S.r.l., <sup>\*\*</sup>Karazine University, <sup>\*\*\*</sup>“Sapienza” University of Rome, <sup>\*\*\*\*</sup>AUSL Latina

Cloud computation offers an answer to the need of modern healthcare to process huge amounts of data in real time and to scale up without performance degradation. A real-time analysis model has been implemented in OMNIACARE platform in order to process ECG data on the cloud in real time. This provide RR patient data slots on the 24 hours ready for HRV analysis by doctors.

The widespread diffusion and availability of wearable devices capable of measuring of physiological parameters is offering new scenarios for telemedicine but at the same time is creating new challenges.

The wearable devices can measure data H24 and transmit them to the internet in real time in the IoT paradigm. This huge amount of data (Big Data) are characterize by the so-called 4V:

*Volume:* large quantities of data are accessed from multiple sources, including streams from Internet of Things (IOT). With the increase of the number of users and devices the collected data increase exponentially

*Velocity:* Data is collected at exceptional speeds and must be handled promptly. ECG data for example can generate up to 1000 sampling/second. The use of electronic health records, smart metering, and sensors create a need for data to be accessed in real-time.

*Variety:* all types of data formats are processed, from structured data found in traditional databases to unstructured data like text files.

*Veracity:* the trustworthiness of the data. How they are representative and the inherent discrepancies in all the data collected.

OMANIACARE is a hardware/software system developed specifically for the social welfare and healthcare sector, providing tools and functionalities for frail people and their caregivers.

The system uses advanced technologies that allow constant monitoring of the health status of the senior or frail users. Thanks to it, caregivers and health professionals are able to provide remote assistance, checking the situation at any time, receiving warnings in case of alert situations and being able to communicate directly with their cared.

In order to manage the 4V challenges, maintaining the quality of service despite an increasing number of users and collected data, an OMNIACARE module for HRV analysis had been developed using cloud computation in order to offer a real-time hearth monitoring service to users.

This architecture is designed to be Cloud-Agnostic, so that it is not related to a specific cloud provider but can be implemented using any cloud vendor or even multi-vendor services. It is also Device Independent, so that it can acquire ECG data from multiple devices, developing specific communication interfaces in order to have a harmonized data structure. The architecture is based on Apache Hadoop [1], a widely used open-source software framework for reliable, scalable, distributed computing of large data sets across clusters of computers, in order to be able to scale up from single servers to thousands of machines. Additional open source software has been orchestrated and integrated with Hadoop components by an abstraction layer developed in Python language on order to create a modular and hierarchical structure of classes.

This allows to operate at a higher software level, and to manage the data pipeline more efficiently and to eventually replace a software component with a different one with minimal impact.

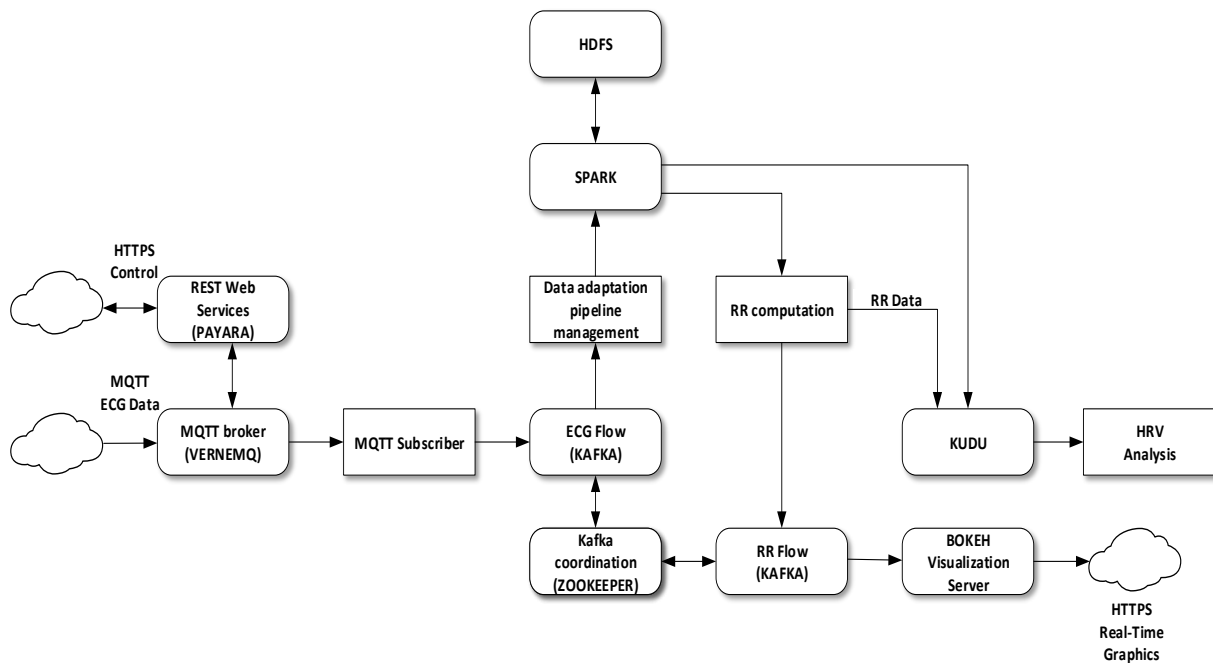


Figure 1. – Data Pipeline Visual representation

Following is the description of the software architecture implemented in the OMNIACARE platform in order to acquire ECG data in real time, ingest and process the data and extract the RR signal for the subsequent analysis.

The first component if the architecture is responsible for Data Acquisition from the wearable devices using *MQTT* [2] protocol and It makes use of *VerneMQ* [3] message broker.

MQTT is an open industry standard (developed by OASIS), specifying a light weight publish-subscribe messaging protocol. It was chosen because is specifically designed for large-scale Internet of Things applications and high-performance mobile messaging.

VerneMQ is a high-performance, distributed MQTT broker. It scales horizontally and vertically in order to support a high number of concurrent publishers and consumers while maintaining low latency and fault tolerance.

In order to interact with the components and monitor data flow, a set of REST web services have been developed. Those services are made available by the use of *Payara Server* [4], an open -source application server cloud-native and optimized for production deployments.

Data arriving to the MQTT Broker are acquired by an MQTT subscriber, made in Python, which forwards the data to *Apache Kafka* [5], a messaging and streaming platform used for building real-time data pipelines and streaming apps. Kafka is horizontally scalable, fault-tolerant, wicked fast and is used to optimize the transmission and processing of data flows that are coming from VerneMQ.

Acting as a messaging instance between sender and receiver is also able to solve the problem of the temporary storage of data or messages, when the recipient (for example due to network problems) is not available.

The system makes use of multiple instances of Kafka nodes, dynamically generated, which are coordinated by *Apache Zookeeper* [6], a distributed, open-source configuration, synchronization service which takes care of discovery, resource allocation, leader election, and high priority notifications between Kafka nodes.



Figure 2. – Omnicare HRV Analysis

Data acquired by Kafka are managed by Python libraries in order to convert the JSON data of the dataframe in a binary format and to create a structured streaming to *Apache Spark* [7]. Spark is an analytics engine for distributed large-scale data processing. The Spark application listens to the Kafka topic, supporting multiple application attempts and is configured for “data locality” for data in Hadoop Distributed File System (HDFS), a distributed file system which is highly fault-tolerant, designed to store data reliably even in the presence of failures.

The data stream is then processed in real time by a Python computation algorithm and both ECG data and computed RR are stored in *Apache Kudu* [8], a column-oriented data store of the Apache Hadoop ecosystem. Kudu provides fast insert and update capabilities and fast searching to allow for faster analytics.

The computed RR is then sent to Kafka in order to create a Data Stream toward a *Bokeh server* [9] in order to create real-time dynamic graphics to provide a visual representation of both ECG and RR data accessible with a Web Browser.

The RR data stored in Kudu are split out in slots of 10 minutes recordings. Each slot is available for further processing by the doctors which can apply filters in order to remove artifacts due to signal spikes and apply the HRV analysis algorithms. This processing can be applied in real time, scheduled or on demand and can be applied to each of the time slots which could potentially cover all the 24 hours of the day.

#### References:

1. Hadoop software library. URL: <https://hadoop.apache.org/> (Accessed on: 07/15/2019)
2. MQTT connectivity protocol. URL: <http://mqtt.org/> (Accessed on: 07/15/2019)
3. VerneMQ distributed MQTT broker. URL: <https://vernemq.com/> (Accessed on: 07/16/2019)
4. Payara Server. URL: <https://www.payara.fish/> (Accessed on: 07/16/2019)
5. Kafka distributed streaming. URL: <https://kafka.apache.org/> (Accessed on: 07/15/2019)
6. Zookeeper distributed synchronization. URL: <https://zookeeper.apache.org/> (Accessed on: 07/15/2019)
7. Spark unified analytics engine. URL: <https://spark.apache.org/> (Accessed on: 07/15/2019)
8. Kudu fast analytics. URL: <https://kudu.apache.org/> (Accessed on: 07/15/2019)
9. Bokeh visualization library. URL: <https://bokeh.pydata.org/> (Accessed on: 07/15/2019)

#### УДК 316.48:004.5

#### ТУРБУЛЕНТНОСТЬ – КАК УГРОЗА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА»

В. Г. Антонов, О. А. Панченко

Государственное учреждение «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины»,

85110, Донецкая обл., Константиновка, ул. А. Невского, 14, тел.: (06272) 2-55-00,

e-mail: rdckonst@ukr.net, факс (06272) 2-55-17

The work is devoted to the study of turbulent phenomena of destructive nature in the human-machine system and ways to overcome them. It is noted that professional and psychological adequacy of a person, his ability to non-standard (turbulent) thinking is the basis for overcoming the problem and the key to solving the set task to the system.

**Введение.** Технический прогресс породил проблему взаимоотношения человека с различными техническими средствами, и, соответственно, задачу грамотного синтеза их возможностей в системе «человек-машина» (СЧМ). В поисках оптимального сочетания функций участников системы следует учитывать то, что некоторые операции, которые выполняются человеком, например, решения, имеющие эвристический, творческий характер, до конца не могут быть автоматизированы и останутся прерогативой человека. Кроме того, какой бы идеальной система не была в исходном состоянии, внешние или внутренние деструктивные факторы могут привести к разбалансировке и нарушению выполняемых нею функций. По всем признакам и явлениям СЧМ можно отнести к хаотичным системам, где турбулентность проявляется в различных ее звеньях и процессах.

**Цель исследования:** выявить турбулентные угрозы в СЧМ и предложить пути повышения надежности ее работы.

**Результаты исследования.** В техническом плане понятие «надежность» подразумевает способность устройства выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. В СЧМ необходимо учитывать и «надежность» человека – его психологические, физиологические и профессиональные возможности. Впервые этот вопрос был рассмотрен В. Д. Небылицыным и Б. Ф. Ломовым, которые предложили рассматривать человека-специалиста частью сложной системы управления, где главным условием надежности является поддержание определенного уровня профессиональной деятельности во время работы, а также способность к сохранению необходимых качеств труда в условиях возможного осложнения обстановки; надежность – это «сохранность» устойчивых оптимальных рабочих параметров индивида [1], [2]. Степень надежности варьируется у различных людей и колеблется у отдельно взятого человека под влиянием меняющихся внешних условий работы и внутренних состояниях самого человека, в том числе и психологических. Профессиональная надежность человека

определяется его работоспособностью, выносливостью к напряжению и перенапряжению, особенностями эмоциональных реакций, темпом и точностью усвоения необходимых навыков, характером поведения в экстремальных и стрессовых ситуациях [3].

На рис. 1. представлено авторское видение СЧМ с точки зрения возникновения нештатных турбулентных явлений. Турбулентные явления в «машинной» подсистеме могут возникать как из-за внешних (среда), так и внутренних причин: возникновение технических неполадок, работа на предельных технических характеристиках (зачастую по вине человека – например, трагедия на ЧАЭС), вмешательство человека в запрограммированный автоматический процесс работы машины и т.п. Турбулентность среды может быть как случайной (например, воздушные потоки на пути самолета), так и прогнозируемой (например, на резких поворотах гоночные автомобили не могут двигаться слишком близко, так как первый формирует турбулентный поток).

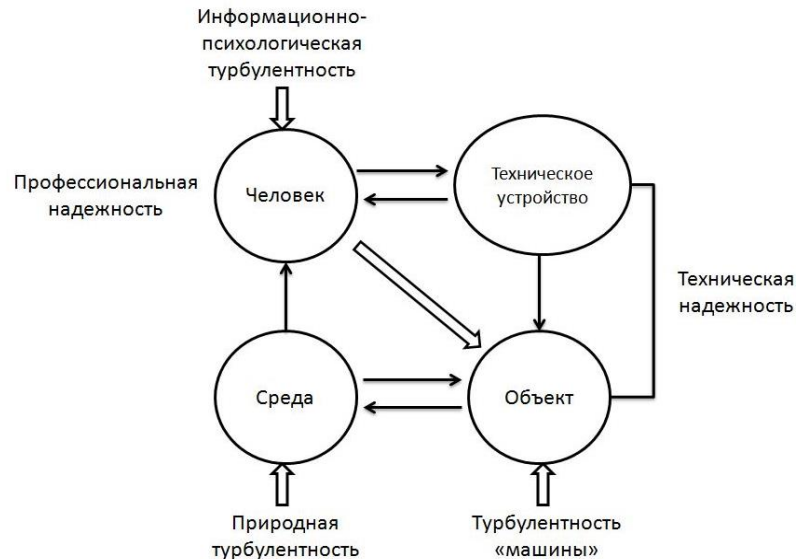


Рисунок 1 – Схема СЧМ с учетом турбулентности

Информационно-психологическая турбулентность – неустойчивое, непредсказуемое состояние психики человека [4], [5], может возникать как по причине внешних по отношению к человеку неблагоприятных факторов (либо внутри системы, либо вне – среда), так и внутренних (личностных), не имеющих отношения к работе СЧМ.

Для того чтобы СЧМ могла противостоять турбулентным вызовам, необходимо, чтобы она наряду с надежностью, как базовым, обладала другими важными свойствами, обеспечивающими живучесть СЧМ [6]: *адекватность* (совокупность свойств системы, характеризующих ее приспособленность к выполнению поставленной задачи); *адаптивность* (приспособление СЧМ к изменяющимся условиям работы, изменение режима функционирования в соответствии с новыми условиями).

СЧМ можно условно отнести к самоорганизующимся системам, т.е. системам, способным к уменьшению энтропии (неопределенности) после вывода их из устойчивого, равновесного состояния под действием различного рода возмущений, но только при условии целенаправленной деятельности человека, его способности планировать свои действия, принимать правильные решения, в том числе имеющие эвристический, творческий характер, и реализовывать их в соответствии с возникшими обстоятельствами. Т.е. он должен обладать свойством, которое мы обозначили как «турбулентное мышление» [4], [5].

**Вывод.** Наличие в составе СЧМ человека, его профессиональная и психологическая адекватность, способность к нестандартному (турбулентному) мышлению – залог преодоления последствий турбулентных явлений в СЧМ и правильного решения поставленной задачи.

**Перечень ссылок:**

1. Небылицын В. Д. К изучению надежности работы оператора в автоматизированных системах. Вопросы психологии. 1961. № 6. С. 9–18.
2. Ломов Б.Ф. Человек и техника. Изд. 3-е. М. : Советское радио. 1966. 463с.

3. Панченко О.А., Банчук Н.В., Кабанцева А.В. и др. Медико-психологический контроль на автомобильном транспорте. Под общ. ред. проф. О.А.Панченко. Харьков: ИПБ «Контраст». 2017. 288с.
4. Панченко О.А. Психологические аспекты турбулентности информационной среды. Причорноморські психологічні студії. 2017. Вип.1. С. 3–7.
5. Панченко О.А. Турбулентность в информационной безопасности личности. Клінічна інформатика і телемедицина. 2017. Т. 12. Вип. 13. С. 124–129.
6. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии. М.: Академический проект, Деловая книга. 2002.576с.

УДК 612.216.1+004.89

### ТЕХНОЛОГІЇ ВИДІЛЕННЯ СИГНАТУР АКУСТИЧНИХ ШУМІВ ПРИ ПАТОЛОГІЇ ЛЕГЕНЬ

М. Ф. Бабаков<sup>1</sup>, В. І. Луценко<sup>1,2</sup>, І. В. Луценко<sup>2</sup>, Ло Иян<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

"Харківський авіаційний інститут", 61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра радіоелектронних і біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій (№ 502),  
тел.: (057) 763-43-45, e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua, факс (057) 315-05-21

<sup>2</sup>Інститут Радиофизики и Электроники ім. О. Я. Усикова НАНУ

The technologies of recognition of lung pathologies by the spectra of acoustic noise of the breathing process are considered. It was shown that the spectra of various phases, respiration (inhalation and exhalation), their moment characteristics, as well as spectrograms are significantly different for a normal lung and with pathology, which can be the basis for the detection of pathologies and recognition of their types.

**Вступ.** Захворювання легень займає одне з чільних місць за втратами працездатності у всіх країнах світу. Дослідження в цій галузі і роботи в даному напрямку еволюціонують у міру розвитку засобів обчислювальної техніки, типів датчиків, методів штучного інтелекту в області діагностики і прийняття рішень, засобів телемедицини. Історично аускультация – була одним з перших методів виявлення захворювань легень. Застосування цифрових методів обробки сигналів та інших інформаційних технологій відкриває нові можливості і дозволяє створювати автоматизовані системи діагностики [1]. Метою роботи є розгляд можливостей різних технологій аналізу акустичних шумів для визначення сигнатур патологій легень.

**Використання усереднених спектрів.** Спектральний склад шумів, що виникають в процесі дихання, може бути інформативною ознакою для визначення патологій. За базу для порівняння можуть використовуватися спектри шумів легень здорового пацієнта. Для врахування індивідуальних особливостей, властивих конкретному пацієнтові можна використовувати порівняння шумів лівого і правого легень, що дозволяє виявити різницю, пов'язану з виникненням патологій. Класичний спектральний аналіз, як повної структури спектра шумів дихання, так і окремих його фаз (вдиху і видиху) дозволяє здійснювати диференціальну діагностику патологій. На рис. 1 (а) наведені спектри шумів різних фаз дихання для здорового і хворого легень, а також різницеві (диференціальні) спектри – рис. 1 (б). Видно, що в спектрах і різницевих спектрах спостерігаються відмінності як в низькочастотній (приблизно до 200 Гц) так і в високочастотній (від 200 до 1500Гц) областях.

**Моментні характеристики.** Для діагностики можна використовувати моментні характеристики спектрів - середнє  $F(t)$  і середньоквадратичне  $\sigma(F)$  значення частоти, отримані за окремим часовим сегментом:

$$F(t) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} F S(t, F) dF}{\int_{-\infty}^{\infty} S(t, F) dF} = \int_{-\infty}^{\infty} F S(t, F) dF; \sigma(F) = \sqrt{\left(\int_{-\infty}^{\infty} F^2 S(t, F) dF - F(t)^2\right)},$$

де  $s(t, F) = \frac{S(t, F)}{\int_{-\infty}^{\infty} S(t, F) dF}$  – нормований поточний спектр шумів, обчислений по сегменту тривалістю  $T$ .

Оскільки процес дихання істотно нестационарний, то зниження рівня акустичного шуму (наприклад при видиху) буде приводити до зростання похибки оцінки нормованого спектру, через зростання впливу шумів апаратури. Для зниження негативного впливу цього ефекту нормування потрібно здійснювати по спектральним компонентів, які лежать в енергійній області спектра, для шумів дихання приблизно 50 ... 400Гц.

Моментні характеристики дозволяють шляхом порівняння середньої частоти і ширини спектра шуму при різних фазах дихання також виявляти патології.

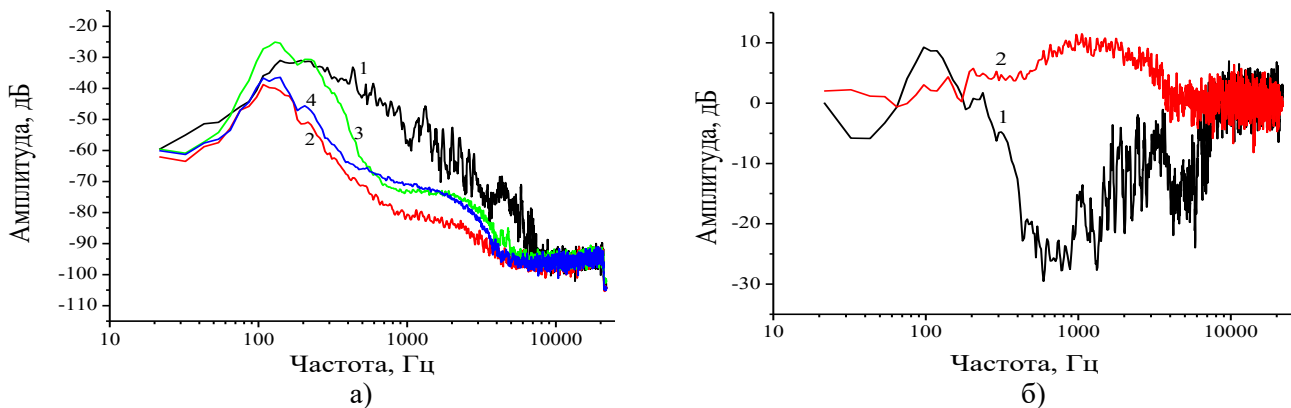


Рисунок 1 – Спектри (а) при вдиху (1, 3) і видихах (2, 4) для хворого (1,2) і здорового легкого (3,4), а також диференціальні спектри (б) при вдиху (1) і видиху (2) між здоровим і хворим легеньми.

**Спектрограми.** Дозволяють вивчати динаміку зміни спектрального складу шумів в часі. При цьому наявність кріпотури або свистів проявляється в спектрограмах. Якщо тривалість різних фаз дихання для здорових легень становить одиниці секунд, то при патологіях тривалість може зменшуватися до часток секунди. Тому для аналізу динаміки зміни поточного спектра акустичних шумів дихання оцінки поточних спектрів потрібно здійснювати за сегментами тривалістю близько 0,1с. Візуальні образи спектрограм здорової легені і з патологією суттєво відрізняються, що може бути покладено в основу діагностики.

**Висновки:**

1. Використання усереднених спектрів шуму кожної з фаз дихання (вдиху, видиху) дозволять виявити патології органів дихання, які проявляються в зміні спектрального складу, як правило, підвищенню рівня спектральної щільності у високочастотній області шумів хворого легень при вдиху.
2. Моментні характеристики поточних спектрів: зміни середньої частоти і її середньоквадратичного значення можуть служити інформативними ознаками для виявлення патологій легень. При оцінюванні моментних характеристик спектрів для зменшення впливу на них шумів апаратури необхідно оцінювання здійснювати в межах інтервалу частот, де компоненти шумів дихання істотно перевищують рівень компонент апаратурних шумів. Інформативним можуть бути відмінності в моментах початку фаз дихання для нормального і хворого легень, які оцінюються за моментними характеристикам, а також часовими змінам інтенсивності шуму.
3. Для диференціальної діагностики можна використовувати порівняння характеристик (середніх спектрів, спектрограм, а також моментних характеристик спектрів для шумів здорових легень і з відомими патологіями (еталони) з досліджуваними шумами пацієнта. Для встановлення факту патології іноді може бути достатнім встановлення відмінностей в шумах і динаміці їх зміни для лівої і правої легенів пацієнта.

**Перелік посилань:**

1. Луценко В.И. Сигнатуры акустических шумов патологий легких./ Луценко В.И., Ло Иян, Бабаков М.Ф // Всероссийская открытая научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн» - Муром 28.05-30.05.2019 г / Электронный ресурс <http://www.mivlgu.ru/conf/armand2019/konspekt-2019/index.html> / Муром. - 2019. - С.671-678

УДК 004.421

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ ЗДОРОВЬЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СИНДРОМА**

В. М. Белов, В. А. Козловская, В. М. Ковалев

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем

НАН Украины и МОН Украины,

03187, Киев-187, проспект Академика Глушкова, 40,

e-mail: dep150@ukr.net

The possibility of using information hardware and software for integrated health self-assessment in the



tasks of improving the effectiveness of rehabilitation of post-traumatic syndrome is being considered.

**Введение.** Принято считать посттравматический синдром (ПТСР) не заболеванием, а тяжелым расстройством психики человека, вызванным сильным стрессовым переживанием. В психике человека изначально заложены защитные механизмы, способные предотвратить развитие психического расстройства, но только до некоторых пределов. При переходе этой границы, в результате тяжелых сверхсильных психических и физических переживаний, катастроф, насилий, физических увечий, участия в военных действиях и иных психогений, развивается особая стойкая картина психотравмирующих переживаний с длительным поддержанием перенесенной стрессовой ситуации, которая выделяется, тем не менее, в собственную нозологическую форму ПТСР. ПТСР – это отсроченная и/или затяжная реакция на экстремальное (травматическое) событие угрожающего или катастрофического характера, которое может обуславливать общий дистресс. Сегодня в Украине отмечено увеличение количества случаев данного синдрома. Медико-социальными последствиями ПТСР являются высокая коморбидность с психическими расстройствами, риск суицида, аддиктивное поведение, формирование личностных расстройств, нарушение социального взаимодействия, ухудшение качества жизни. Проблемными остаются вопросы диагностики и терапии этого состояния, а также медико-психологической реабилитации таких пациентов.

**Основная часть.** Мы располагаем собственным аппаратно-программным комплексом «экспресс-диагностики здоровья» по всем трем его статусам: физическому, психическому и социальному. Пользователь может определить свое состояние здоровья на текущий момент времени, а мы, – оценить его количественный информационный индекс в целом и по отдельным компонентам. Таким образом, удается получить субъективно-объективную картину уровня состояния здоровья пациента. Это важно, поскольку мы опираемся на информационные количественные критерии для более направленного процесса физической и психологической реабилитации, исходя из личностных установок и предпочтений пациента. При этом, мы априори принимаем, что эффект реабилитации зависит от степени включенности самого пациента в оздоровительный процесс, стремления и желания избавиться от нежелательных последствий ПТСР. Для этого, по нашему мнению, необходимо располагать данными, прежде всего об уровне психического здоровья по «силе я» пациента, его способности к личным усилиям, степени оптимизма и иных качествах характера. С этой целью нами разработана компьютерная программа определения силы характера по 20-ти основным качествам, на значении которых ссылаются многие авторы [1].

**Выводы.** В настоящее время мы начинаем пилотную апробацию разработанных нами аппаратно-программных модулей, для задач оценки здоровья при ПТСР и его реабилитации. Мы рассчитываем, что именно здесь скрываются мобилизационные возможности личности с ПТСР, которые могут изменить ее болезненные самоощущения и сделают более стойкой после перенесенных ранее жизнеопасных травм, изменит мировосприятие человека, его приоритеты. Несомненно, что реабилитация должна быть комплексной, с применением рационально-поведенческой, интерперсональной и семейной терапии.

#### Перечень ссылок:

1. Материалы научно-практической конференции с международным участием «Современные подходы к диагностике, терапии и реабилитации посттравматических стрессовых расстройств» (Харьков, 28–29 мая 2015 г.).

УДК 519.7:616.8

### ПОБУДОВА ПРОГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ ТА ДИСКРИМІНАНТНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПЕРЕБІГУ ЕПІЛЕПСІЇ

О. К. Білошицька<sup>1</sup>, Є. А. Настенко<sup>1</sup>, Д. Д. Дячук<sup>2</sup>, О. Л. Зюков<sup>2</sup>, В. А. Павлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

<sup>2</sup>Державна наукова установа «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини»  
Державного управління справами,

03056, Київ, вул. Янгеля, 16/2, факультет біомедичної інженерії,  
e-mail: o.k.biloshytska@gmail.com, nastenko.e@gmail.com

Using nonlinear dynamic characteristics of EEG: prognostic models of the onset of preictal, ictal and postictal periods in patients with epilepsy have been constructed and their comparative analysis has been

carried out. Models based on logistic regression and discriminant analysis make it possible to accurately characterize periods of brain activity with epilepsy.

**Вступ.** Епілепсія – найчастіше серйозне порушення діяльності головного мозку. Розповсюдженість епілепсії в розвинутих країнах складає 5-10 випадків на 1000 населення. В Європі на епілепсію страждає 6 млн. осіб, з них 40 % не отримує належного лікування [1].

Функціонування мозку до недавнього часу вважалось одним із найменш вивчених процесів фізіології людини [2]. Тим не менш, дослідження останніх років показують, що активне використання складних математичних методів аналізу масивів даних та машинного навчання дало значний поштовх цьому напрямку. Потребу в таких дослідженнях визначають два фактори. По-перше, на результатах вивчення мозкової діяльності базується розвиток технологій штучного інтелекту. По-друге, комп'ютерний аналіз медичних даних дозволяє працювати з ними у площині математичних закономірностей, що дає змогу виявити нові причинно-наслідкові зв'язки виникнення та розвитку патологій, дисфункцій тощо.

**Основна частина.** Виділення параметрів, які тим чи іншим чином характеризують певний період електроенцефалограми (ЕЕГ) – процес, що формує базу для будь-якої подальшої комп'ютерної обробки сигналу. Доведено, що сигнали електричної активності мозку, окрім періодичних складових, можуть описуватися й параметрами детермінованого хаосу [2]. Епілептичні напади характеризуються ще більшою вираженістю таких процесів.

Електроенцефалографічне дослідження проводилися у відділенні функціональної діагностики та ультразвукового дослідження серцево-судинної системи Консультативно-діагностичного центру Державної наукової установи «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами. Усі добровольці дали письмову згоду на анонімне використання даних та проведення досліджень на їх основі. Досліджувалися як дорослі особи різного віку та статі, так і діти.

Було досліджено 21 добровольця – 13 дітей віком від 1 до 18 років та 8 дорослих, яким у ході діагностичного дослідження та консультативних заключень за міжнародним класифікатором хвороб було встановлено діагноз G40 Епілепсія [3].

У пацієнтів на основі ЕЕГ було досліджено фокальну епілепсію у лобовій, лобово-тім'яній,тім'яно-потиличній,тім'яній, центральній та скронево-тім'яно-центральної. Також було досліджено генералізований вид епілепсії. З отриманих даних за рекомендаціями лікарів виділено 6 типів генералізованої епілепсії та 15 типів фокальної епілепсії. Для кожної зони головного мозку з патологічними ушкодженнями були виділені інформативні відведення. Кожна ЕЕГ була розділена на 4 періоди: період умовної норми, період перед нападом, період нападу та період після нападу [3].

На основі даних пошукових досліджень, де розглядалися різні нелінійні характеристики, та інформативності отриманих попередніх результатів для досліджень було обрано такі параметри: показник Херста, фрактальна розмірність, алгоритмічна складність за Колмогоровим, логістичне відображення і архівація методом LZW [3]. Ці показники були розраховані для кожного періоду, який відзначив лікар на ЕЕГ.

Побудова сімейства моделей з застосуванням логістичної регресії та покрокового дискримінантного аналізу на основі розрахованих показників складності проводилися з метою отримання результату, який відображає певний період на ЕЕГ пацієнта або його відсутність, і порівняння цього результату з тією ділянкою, яку відзначив лікар функціональної діагностики.

Під час звичайного (лінійного) дослідження періодів епілептичного нападу було отримано високі значення чутливості, специфічності та точності класифікації шуканих періодів епілептичного нападу. Проте для деяких областей ці параметри виявилися низькими, для їх підвищення було вирішено провести побудову моделей не лише з лінійними функціями, а й з нелінійними. Для цього було включено в модель, крім основних показників, узагальнені змінні – попарне множення, попарне ділення та обернені показники.

Побудовані прогностичні моделі з нелінійними функціями за допомогою логістичної регресії та дискримінантного аналізу при порівнянні одного періоду проти трьох інших були набагато важчими для сприйняття, ніж моделі з лінійними функціями. Проте набагато вищими виявилися результати чутливості, специфічності та точності (понад 90%).

За допомогою дискримінантного аналізу оцінювалася можливість класифікації ЕЕГ по різних показникам в певній області головного мозку.

Було використано покроковий дискримінантний аналіз, що дозволило покроково додавати показники, які покращують якість моделі. На кінцевому етапі вдалося здійснити редукцію змінних щонайменше від 48 до 10.

За допомогою покрокового дискримінантного аналізу було отримано математичні моделі, які описують максимальні відмінності між групами періодів на ЕЕГ у хворих на епілепсію.

Точність класифікації для покрокової логістичної регресії та покрового дискримінантного аналізу при порівнянні одного періоду проти трьох інших показала доволі високі результати точності класифікації, що може свідчити про достовірність отриманих результатів за допомогою будь-яких функцій. Але більш перспективним є застосування логістичної регресії, адже вона дозволяє використовувати різноманітні типи даних – безперервні, категоріальні, порядкові тощо.

**Висновки.** Під час порівняння застосування логістичної регресії та покрокового дискримінантного аналізу для класифікації чотирьох періодів епілептичного нападу було визначено, що найбільшу точність класифікації дають методи статистичного аналізу з застосуванням нелінійних функцій.

Побудовано індивідуалізовані математичні моделі на основі покрокової логістичної регресії та покрокового дискримінантного аналізу для виявлення епілептичного нападу на ЕЕГ з використанням характеристик складності та варіабельності поведінки та застосуванням функціональних нелінійних перетворень і формуванням узагальнених змінних, що дозволило істотно підвищити якість моделей. Для покрокової логістичної регресії в середньому чутливість знаходилася в межах від 87% до 100%, специфічність – від 90% до 100%, а точність класифікації склала від 86% до 100%. Для покрокового дискримінантного аналізу в середньому точність класифікації від 80% до 100%.

#### Перелік посилань:

1. Уніфікований клінічний протокол первинної, екстреної, вторинної (спеціалізованої) та третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги епілепсії у дорослих [Електронний ресурс] // Міністерство охорони здоров'я. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [http://mtd.dec.gov.ua/images/dodatki/2014\\_276\\_Epilepsii/2014\\_276\\_YKPMd\\_epilepsiya\\_dorosli.pdf](http://mtd.dec.gov.ua/images/dodatki/2014_276_Epilepsii/2014_276_YKPMd_epilepsiya_dorosli.pdf).

2. Борисова О.С. Исследование и анализ нативных электроэнцефалографических данных методами нелинейной динамики: Дисс. канд. техн. наук: 05.11.17. Таганрог, 2010. 163 с.

3. Білошицька О. К., Настенко Є. А. Оцінка прогностичних можливостей показників складності поведінки ЕЕГ сигналу при епілептичних нападах. Збірник наукових праць I Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» (ISM–2018). 2018. С. 95–97.

УДК: 615.11:681.518:614.27

### ФАРМАЦЕВТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ РЕЦЕПТІВ В ОХОРОНУ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

А. І. Бойко

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького,  
e-mail: abojko71@yahoo.com

The methodology of pharmaceutical diagnostics of electronic prescriptions has been developed, scientific-methodological and informational support of the transition from traditional to electronic prescriptions has been worked out, experimental introduction of electronic prescription circulation has been conducted for the integration of specialized medical and pharmaceutical care for patients.

Теоретичні основи фармацевтичного реформування в Україні шляхом переходу від традиційних до електронних рецептів (ЕР) почали опрацьовуватись нами із застосуванням фармацевтичних комп'ютерних баз даних (БД). Їх побудова, на основі систематизованої нами методології, узагальнена у монографії «Фармацевтична інформатика» (2008).

Метою наших досліджень було вивчення, розробка та впровадження електронного рецептурного обігу з акцентуванням на його фармацевтичних функціях як визначальних факторах ефективності функціонування системи електронних рецептів в Україні.

Нами передбачено, що сучасна фармацевтична практика переходу до ЕР повинна бути експериментально апробована на основі класичних фармацевтичних функцій: аналізу споживання, визначення потреби у лікарських засобах (ЛЗ) та створення єдиної системи медичної та фармацевтичної допомоги. Комплексне опрацювання ЕР є особливо актуальним для аналізу прогнозування споживання ЛЗ специфічної дії. Відповідні експериментальні дослідження були розпочаті нами ще у 2005 р. за допомогою опрацьованої БД «Споживання лікарських засобів хворими на діабет», що на початковому етапі містила сукупність 23 торгових назв препаратів інсуліну та 21 торгових назви інших протидіабетичних ЛЗ. У 2011 р., на основі розробленої методології фармацевтичної діагностики ЕР (авторське свідоцтво № 39404), у співпраці з лікарями, аптеками різної форми власності, громадськими організаціями пацієнтів продовжено наукову експериментальну апробацію впровадження ЕР в практичну охорону здоров'я (ОЗ) з відповідною позитивною оцінкою обласних органів управління ОЗ [1].

При обговоренні одержаних результатів у системі післядипломної підготовки констатована проблема необхідності додаткової спеціалізованої підготовки аптечних працівників до оволодіння методиками оперування з аналітичним вивченням сукупності ЕР. Тому систему планової післядипломної підготовки провізорів розвинуто у напрямку спеціалізації з інформатизації фармацевтичної допомоги при соціально важливих захворюваннях шляхом проведення з 2012 р. циклів тематичного удосконалення (ТУ) для провізорів «Інформатизація рецептурного обігу в Україні» за авторською навчальною програмою та розробкою авторської програми циклу ТУ «Інформатизація фармацевтичної допомоги хворим на діабет» (2015) [2].

Висновки: На основі розробленої методології, опрацьованого науково-методичного та інформаційного забезпечення, проведено експериментальну апробацію впровадження ЕР для аналізу споживання, визначення потреби у ЛЗ та створення єдиної системи медичної та фармацевтичної допомоги.

#### Перелік посилань:

1. Бойко А. І., Парновський Б.Л. Результати експерименту з впровадження електронних рецептів на регіональному рівні. Фармацевтичний часопис. 2014; 1(29): 98 – 102.
2. Бойко А. И. Оптимизация последипломной подготовки провизоров по фармацевтической информатике в Украине. Вестник фармации. 2016; 1 (71): 108 – 13.

#### УДК 004.03

### АКТУАЛИЗАЦИЯ РЕЕСТРА ИЗМЕНЕННОГО МНОЖЕСТВА СЕРВИСОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ МЕДИЦИНСКОЙ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Н. В. Васильцова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

e-mail: nataliia.vasytsova@nure.ua

The given work is devoted to the development of a model for updating the registry of a modified set of relevant services in a medical service-oriented system. It is proposed to establish an unambiguous relationship between descriptions of the input and output signals of the service on the one hand and descriptions of concepts and terms of the subject area, as well as descriptions of service ontologies on the other hand. Such a relationship allows us to describe the operation of updating the registry of a changed set of relevant services with a production rule.

**Введение.** Современные медицинские системы, как и подавляющее большинство информационных систем другого назначения, основаны на положениях сервис-ориентированной архитектуры (SOA). Однако базовое описание сервисов, образующих подобные системы, ориентировано на представление каждого конкретного сервиса как однозначно определяемого множества, состоящего из двух непересекающихся подмножеств – подмножества описаний входных сигналов и подмножества описаний выходных сигналов. Такое представление сервиса приводит к увеличению объема обрабатываемых данных в ходе выполнения целого ряда действий над сервисами эксплуатируемой медицинской системы, основанной на SOA. Примером подобных действий можно указать подбор сервисов под индивидуальные особенности конкретного пользователя медицинских информационных систем, основанных на SOA. Данное действие становится особенно востребованным в процессе интеллектуализации современных телемедицинских систем, который позволил бы автоматизировать подбор сервисов, необходимых для конкретного пользователя, с учетом его возраста, особенностей организма и медицинской карты. Поэтому исследование моделей, методов и способов управления эксплуатацией медицинских информационных систем, основанных на SOA, которые позволили бы сократить затраты на обработку служебных данных, является актуальным с теоретической и прикладной точек зрения.

**Основная часть.** В ходе интеграции разнородных сервисов будет сформирован реестр измененного множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA. Однако в ходе формирования данного реестра могут произойти следующие события:

а) полное дублирование интегрируемого сервиса сервисом, присутствующим в реестре множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA, но не удаленным оттуда в ходе выполнения операций интеграции;

б) переход в реестр измененного множества актуальных сервисов более ранних модификаций интегрируемых сервисов.

В результате данных событий в реестре измененного множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA, будут присутствовать описания сервисов, которые не должны эксплуатироваться в данной системе. Поэтому возникает необходимость выполнения операции актуализации реестра измененного множества актуальных сервисов с целью исключения описаний сервисов, возникающих в результате рассмотренных выше событий. Под актуализацией здесь следует понимать приведение описаний сервисов в реестре измененного множества актуальных сервисов в соответствии с текущей информацией о новом множестве актуальных сервисов.

Рассмотрим общее описание условия необходимости выполнения операции актуализации реестра измененного множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA. Каждый случай происхождения любого из рассмотренных выше событий приведет к тому, что в реестр измененного множества актуальных сервисов перейдет неактуальный сервис  $s_i$  ( $s_i \in M_R, s_i \in M_{R'}$ ), описание которого будет являться подмножеством описания сервиса  $s_z$  ( $s_z \in M_{R'}; s_z \notin M_R$ ). Основываясь на предложенном в [1] формальном описании сервиса, условие необходимости выполнения для сервиса  $s_i$  операции актуализации, исключающей его из реестра измененного множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA, примет вид:

$$\left( (U_{j,k} at_{ijk}^r) \cup (U_{j,p} at_{zjp}^r) \right) + (U_{j,k} at_{ijk}^f) \cup (U_{j,p} at_{zjp}^f) = \left( (U_{j,p} at_{zjp}^r) + (U_{j,p} at_{zjp}^f) \right). \quad (1)$$

Данное условие должно быть выполнено в ходе сравнения описаний понятий и терминов предметной области, а также описаний онтологий интегрируемого и неактуального функциональных сервисов. Тогда условие (1) примет вид:

$$(bE\_description(s_i) \cup bE\_description(s_z)) = (bE\_description(s_z)), \quad (2)$$

$$(bS\_description(s_i) \cup bS\_description(s_z)) = (bS\_description(s_z)). \quad (3)$$

Условия (2) и (3), а также условия принадлежности описаний сервисов  $s_i$  и  $s_z$  множеств хранимых в реестрах описаний  $s_i \in M_R, s_i \in M_{R'}, s_z \in M_{R'}$  и  $s_z \notin M_R$  позволяют представить операцию актуализации реестра измененного множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA, продукционным правилом следующего вида:

$$\begin{aligned} & \text{если } (bE\_description(s_i) \cap bE\_description(M_R)) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bS\_description(s_i) \cap bS\_description(M_R)) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bE\_description(s_i) \cap bE\_description(M_{R'})) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bS\_description(s_i) \cap bS\_description(M_{R'})) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bE\_description(s_z) \cap bE\_description(M_{R'})) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bS\_description(s_z) \cap bS\_description(M_{R'})) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bE\_description(s_z) \cap bE\_description(M_R)) \neq \emptyset \\ & \quad \cup (bE\_description(s_z) \cap bE\_description(M_R)) = \emptyset \\ & \quad \cup (bE\_description(s_i) \cup bE\_description(s_z)) = (bE\_description(s_z)) \\ & \quad \cup (bS\_description(s_i) \cup bS\_description(s_z)) = (bS\_description(s_z)) \\ & \quad \text{то } RFS(M_{R'}) - RFS(s_i). \end{aligned} \quad (4)$$

Данную операцию следует провести для каждого сервиса  $s_i$ , входящего в реестр множества актуальных сервисов ИС, основанной на SOA, до начала выполнения операций интеграции.

**Выводы.** Предлагаемая модель операции актуализации позволяет исключить из содержимого реестра измененного множества актуальных сервисов медицинской информационной системы описания дублируемых функциональных сервисов, а также описания более ранних версий модифицируемых функциональных сервисов по результатам анализа их семантических моделей. Практическая реализация рассмотренной операции позволит сократить объем обрабатываемых данных за счет отказа от проведения анализа сведений о сервисах на основе большего по объему хранимых данных массива описаний входов и выходов сервисов.

**Перечень ссылок:**

1. Евланов, М.В. Формализованное описание условий интеграции IT-сервисов в информационную систему управления предприятием / М.В. Евланов, Н.В. Васильцова, В.А. Никитюк // Вісник Академії митної служби України. Серія «Технічні науки». – 2011. – № 2 (46). – С. 87-96.

**УДК 517.938:004****ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ *Anas platyrhynchos***

Е. В. Высоцкая<sup>1</sup>, Ю. Г. Беспалов<sup>2</sup>, К. В. Носов<sup>2</sup>, И. В. Гноевой<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, тел.: +38(057)788-45-02, e-mail: o.vysotska@khai.edu

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,  
61022, Харьков, пл. Свободы, 4, e-mail: y.bespalov@karazin.ua,

<sup>3</sup>Харьковская государственная зооветеринарная академия,  
Харьковская обл., пгт. Малая Даниловка, ул. Академическая, 1.

In the paper, the models of the cycle of changes of values' ratios of the components of the RGB model recorded by an observer was built. The models were obtained for wild ducks *Anas platyrhynchos* during rotation of a bird around a vertical axis passing through its body and based on digital imaginary. The result can be used for developing methods of automatic remote registration of ducks on the ground. Such methods hold great promise for usage of discrete models of dynamical systems in regard to reducing the requirements for initial data.

Утки-кряквы (*Anas platyrhynchos*) представляют для ветеринарной медицины, как и для аграрной политики в целом, интерес с разных точек зрения. Речь идет об их значении для охотничьего хозяйства, но также и в качестве переносчиков и природных резервуаров опасных для человека и животных инвазий и инфекций. В этом последнем качестве они являются также объектом исследования медицины в целом, в связи, например, с резонансным примером переноса ими на огромные расстояния возбудителя птичьего гриппа (*Grippus avium*). В связи с этим существует проблема регистрации локализации и миграций этих птиц, которая в условиях глобальных климатических изменений, быстро меняющихся на обширных пространствах эволюционно сложившиеся ареалы обитания животных, приобретает особую актуальность и требует использования наукоемких методов, в частности - дистанционных. К сравнительно недорогим и широкодоступным в последнее время дистанционным методам относится цифровое фотографирование с борта легких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Автоматизация процедур дистанционной регистрации уток и других животных на местности с таким использованием БПЛА может быть реализована путем математического моделирования диагностически ценных параметров их окраски. В работах [1]-[5] показана перспективность использования для этого разработанного в Харьковском национальном университете имени В.Н. Каразина (Украина) имеющего мировую новизну класса математических моделей – дискретных моделей динамических систем (ДМДС). В рамках настоящей работы с помощью ДМДС моделировалась последовательность различно окрашенных участков тела птицы. Речь идет о различиях, обусловленных соотношениями красного, зеленого и синего компонентов RGB – модели цифровой фотографий птиц, снятых с разных ракурсов на поверхности воды. По результатам моделирования были построены идеализированные траектории системы (ИТС), отражающие цикл смены соотношений доли указанных трех компонентов в регистрируемом наблюдателем образе птицы при вращении ее вокруг проходящей через ее тело вертикальной оси на поверхности воды. Четвертый (латентный) компонент отражает значение угла поворота. В построенных для селезня и утки-самки ИТС наблюдается характерный порядок смены условных шагов по времени с высокими и низкими значениями красного, зеленого и синего компонентов RGB – модели. Этот порядок отвечает расположению на теле птиц, участков с выраженным преобладанием соответствующих цветов (например – расположению на коричневом фоне крыла сине-фиолетового «зеркальца» или красно-оранжевому клюву). Кроме того, между ИТС, построенными для селезня и утки-самки, присутствуют различия, обусловленные проявлениями полового диморфизма в окраске (например – отсутствующему у утки-самки выраженному синему компоненту в окраске шеи селезня). Моделирование этих параметров ИТС, создает предпосылки усовершенствования, с использованием закономерностей расположения цветowych пятен на теле птиц, процедур их дистанционной автоматической регистрации. Речь идет о процедурах, базирующихся на представленных в работах [3]-

[5] результатах моделювання закономірностей, которым подчиняються параметри різноманітності захисної окраски живих тварин. Ці процедури базуються також і на представленій в роботі [2] концепції, трактує кількість стовпців в матриці ІТС як міру різноманітності стратегій-комбінацій функціонування адаптаційних механізмів (АМ). Результати нинішньої роботи створюють також передумови використання для розвитку вказаних процедур раніше отриманих [1] результатів моделювання ролі в функціонуванні АМ захисної окраски живих тварин вирівняності її колориметричних параметрів (мірою якої є близькість їх значень). Ці процедури, як в нинішньому вигляді, так і після їх удосконалення з використанням результатів нинішньої роботи, піддаються формалізації і можуть бути використані для автоматичної реєстрації на місцевості *Anas platyrhynchos* з використанням фактичного матеріалу цифрового фотографування з борту БПЛА.

Висновок про те, що отримані результати, поряд з певною теоретичною цінністю, мають і практичне значення, з урахуванням вищесказаного, представляється достатньо обґрунтованим.

#### Перелік посилань:

1. Bepalov, Yu. G., Nosov, K. V., Kabalyants, P. S. (2018). A mathematical model of the effect of natural selection on adaptation forms that implemented by disruptive coloration of *Taurotragus oryx*. bioRxiv, doi: <http://dx.doi.org/10.1101/368084>.
2. Bepalov, Y., Nosov, K., Kabalyants, P. (2017). Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. bioRxiv doi:10.1101/161687
3. Balym Y., Vysotska O., Pecherska A., Bepalov Y. Mathematical modeling of systemic colorimetric parameters unmasking wild waterfowl. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2017 vol: 5 (2 (89)) pp: 12-18.
4. Vysotska O., Balym Y., Georgiyants M., Pecherska A., Nosov K., Bepalov Y. Modeling of a procedure for unmasking the foxes during activities on the elimination of biosafety threats related to rabies. Eastern European Journal of Enterprise Technologies 2017 vol: 5 (10-89) pp: 46-54.
5. Nosov, K. V., Bepalov, Yu. G., Vysotska, O. V., Strashnenko, H. M., Pecherska, A. I. Determination of the systemic colorimetric parameters of unmasking rats at video registration in urban conditions. Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, 26 (1302), 2, 22-30, doi:10.20998/2413-4295.2018.26.28.

УДК 616-08-039.34:004.9

### ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ПАЦІЄНТА В РЕАБІЛІТАЦІЙНОМУ ЦЕНТРІ

В. В. Гуменюк, О. А. Панченко, В. Г. Антонов

Державний заклад «Науково-практичний медичний реабілітаційно-діагностичний центр МОЗ України»,

85110, Донецька обл., Костянтинівка, вул. О. Невського, 14, тел.: (06272) 2-55-00, 2-57-96,  
e-mail: rdckonst@ukr.net, факс (06272) 2-55-17

Healthcare is one of the most important fields of application of modern information technologies. The development of electronic routing of patients, information and telecommunications technologies in this field contributes to the efficiency of medical care delivery, which ultimately creates a complex socio-economic effect in the form of reduction of mortality rates, disability, increase of active labor force share and life expectancy.

**Вступ.** На сьогоднішній день в багатьох медичних установах впроваджені і успішно функціонують медичні інформаційні системи (МІС), що забезпечують електронний документообіг, планування та облік медичних послуг.

Специфіка системи реабілітації полягає у виконанні ряду етапів (комплексна діагностика, терапія, оцінка ефективності проведених заходів, психопрофілактика), і її інформаційна підтримка в рамках стандартної МІС вимагає наявності спеціальної (реабілітаційної) складової, що не завжди і не в повній мірі враховується розробниками МІС.

**Мета роботи:** розгляд особливостей функціонування електронної маршрутизації пацієнта в реабілітаційному центрі з метою її вдосконалення.

**Основна частина.** Забезпечення етапності реабілітаційного процесу (РП) має на увазі здійснення таких його принципів як: послідовність та спадкоємність - тобто повинно бути передбачене цілеспрямоване виконання маршруту пацієнта. Розробка маршруту може здійснюватися як в рамках «стратегії» так і «тактики» РП.

Так, в рамках «стратегії» ДЗ «НПМ РДЦ МОЗ України» розроблена система реабілітації пацієнтів з ПТСР, яка передбачає спеціальний маршрут, згідно якого (рис.1) пацієнти проходять всі етапи надання кваліфікованої допомоги [1], [2].

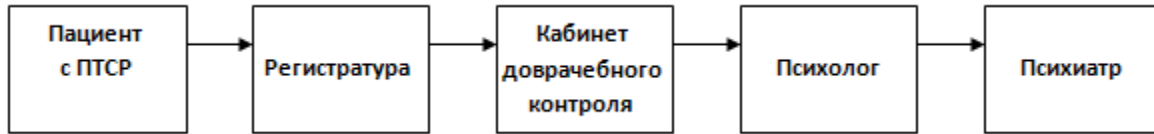


Рисунок 1 – Маршрут пацієнта з ПТСР

Електронний супровід цього маршруту має здійснюватися в кожній його точці і забезпечувати принципи спадкоємності та зворотного зв'язку. Тобто в МІС повинні бути присутні означені на рис. 1 робочі місця з вказаними можливостями і налаштуванням для роботи саме у такій зв'язці.

Прикладом «тактичного» маршруту може служити модуль «Маршрутизація пацієнта» (розробка ДЗ «НПМРДЦ МОЗ України») [3], [4]. Автори розробки ставили перед собою мету автоматизації інформаційних потоків в такій області клінічної медицини, як фізіотерапія. Якщо пацієнтові призначені декілька різних процедур, до 10 сеансів кожна, розтягнутих в часі до двох тижнів, то зрозуміло, що автоматизація цього процесу – життєво важливе завдання. Перебування пацієнта в лікувальному закладі можна умовно відобразити схемою, наведеною на рис.2, де показано як фізичний маршрут, так і його інформаційний супровід.



Рисунок 2 – Фізичний маршрут пацієнта та його інформаційний супровід

Регістратура направляє пацієнта до лікаря, який призначає йому фізіотерапевтичні процедури – письмово в "Карті хворого, який лікується у фізіотерапевтичному відділенні (кабинеті)" і в електронній історії хвороби.

**Висновки.** Забезпечення ефективності реабілітаційної медицини багато в чому залежить від структурних і організаційних форм і методів роботи цієї галузі, базисом яких є інформатизація. «Маршрутизація» дозволяє оптимізувати лікувально-реабілітаційну допомогу, ефективність якої залежить не лише від правильного призначення комплексу необхідних лікувальних процедур (терапевтичних, психотерапевтичних, фізіотерапевтичних, психологічних тощо), але і від організації їх надання.

**Перелік посилань:**

1. Панченко Л. В. Диагностика и психокоррекция ПТСР у населения в зоне антитеррористической операции. Материалы научно-практической конференции с международным участием «Медицинский и психологический контроль состояния человека» (Под общей ред. проф. Панченко О.А.). Харьков: «Контраст». 2016. С. 118-127.
2. Панченко О. А. Информационно – психологическая безопасность личности в условиях гражданского противостояния. Монографія: Актуальні дослідження в сучасній вітчизняній екстремальній та кризовій психології/ за з, заг.ред. В.П. Садкового, О.В. Тімченка; НУЦЗУ. – Х.: ФОП Мезіна В.В.. 2017. С. 124-139.



3. Применение информационных технологий в современной реабилитологии: Монография / Панченко О. А., Минцер О. П. - К.: КВИЦ, 2013.- 136с.

4. Створення модуля "маршрутизація пацієнта" в медичній інформаційній системі лікувального закладу (методичні рекомендації)/Голстанов О.К, Майоров О.Ю, Мінцер О.П., Панченко О.А, Горбань А.Є, Антонов В.Г.- Київ: КВИЦ-2013.- 40с.

УДК 616.12-073

**УМЕНЬШЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВА КРИТЕРИЕВ ПРИ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ**

А. И. Довнар<sup>1</sup>, И. В. Прасол<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, кафедра 502, тел.: (067) 575-75-16, e-mail: a.dovnar@khai.edu

<sup>2</sup> Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра биомедицинской инженерии, e-mail: igor.prasol@nure.ua

The method of exposure and removal of duplicate criteria is in-process offered in the tasks of multicriterion optimization, arising up in medicine and biology. He is based on two-tier optimization which at top level uses the method of varying gravimetric coefficients for maximization of the entered function - свертки. Theoretical correlations for determination of constituents of gradient of function, the variables of which present a compact, and algorithm of her numeral differentiation used for diminishing of dimension of space of criteria.

Задачи оптимизации в биологии и медицине зачастую носят многокритериальный характер [1], [2]. Здесь в качестве критериев могут выступать, например, различные физические и химические параметры, контролируемые в процессе терапии того или иного заболевания. При этом воздействие одного и того же препарата или иного вида терапии может положительно сказываться для одних параметров и отрицательно для других. Задача оптимизации осложняется тем, что часто требуется наблюдать довольно большое количество таких параметров. Однако уже при учете даже трех критериев возможна такая ситуация, что в оптимальной компромиссной точке значение одного из них будет заведомо лучшим остальных. Иными словами, при оптимизации такой критерий вообще не следовало бы учитывать, что, в конце концов, не отразилось бы на результатах оптимизации, а затраты на решение задачи были бы меньшими. Таким образом, задача уменьшения размерности пространства становится еще более актуальной с ростом размерности пространства критериев.

Для поиска и удаления дублирующих критериев предлагается следующее [3], [4].

Представим задачу, как минимаксную, при которой решением считается точка:

$$X^* = f^{-1}(\min_{X \in \Omega} \max_j f_j(X), j = \overline{1, m}). \tag{1}$$

Здесь  $f^{-1}$  - символ обратного преобразования  $f(X)$  в  $X$ ;  $f_j(X)$  - нормированная каким-либо образом непрерывная функция, определяющая  $j$ -й критерий качества;

Пусть

$$F(\Lambda, X) = \sum_{j=1}^m \lambda_j f_j(X), \tag{2}$$

где

$$\lambda_j \in E, \quad E = \{\Lambda \in R^m | 0 \leq \lambda_j \leq 1, \sum_{j=1}^m \lambda_j = 1\}. \tag{3}$$

Тогда

$$X^* = f^{-1}(\max_{\Lambda \in E} \min_{X \in \Omega} F(\Lambda, X)). \tag{4}$$

Для выяснения целесообразности использования того или иного критерия в многокритериальной постановке следует определить вектор градиента  $(\frac{\partial F(\Lambda, X)}{\partial \lambda_j}), j = \overline{1, m}$ . Для численного вычисления вектора частных производных  $(\frac{\partial F(\Lambda, X)}{\partial \lambda_j}), j = \overline{1, m}$ , предлагается следующая формула.

$$\frac{\partial F(\Lambda)}{\partial \lambda_k} = \sum_{j=1}^m \lambda_j \frac{\partial f_j^{\min}(\Lambda)}{\partial \lambda_k} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^m \frac{\lambda_j}{1 - \lambda_k} f_j(\Lambda) + f_k(\Lambda). \tag{5}$$

Выражение (5) дает возможность предложить такую последовательность действий по численному дифференцированию функции  $\min_{X \in \Omega} \sum_j \lambda_j f_j(X)$ :

1. Исходная точка, в которой необходимо определить вектор – градиент, задается некоторыми значениями  $\lambda_j^0 \in E$ .
2. Определяется точка, доставляющая минимум свертке (3).
3. Определяются  $f_j^{\min}(\Lambda^0), j = \overline{1, m}$ .
4. Задается некоторое  $\Delta\lambda$ .
5. Вычисляются  $\lambda_j^1 = \frac{\lambda_j^0}{1+\Delta\lambda}; \lambda_s^1 = \frac{\lambda_s^0 + \Delta\lambda}{1+\Delta\lambda}, 1 \leq s \leq m, j \neq s$ .
6. Выполняются последовательно п.2 и п. 3 для  $\Lambda^1$ .
7. По формуле (8) вычисляются составляющие вектора производных  $(\frac{\partial F(\Lambda, X)}{\partial \lambda_j}), j = \overline{1, m}$ .
8. По величине и направлению компонент вектора-градиента делается вывод о целесообразности использования того или иного критерия в многокритериальной постановке.

**Выводы.** В работе предложен метод выявления и устранения дублирующих критериев в задачах многокритериальной оптимизации, возникающих в медицине и биологии. Он базируется на двухуровневой оптимизации, которая на верхнем уровне использует метод варьирования весовыми коэффициентами для максимизации введенной функции – свертки. Теоретические соотношения для определения составляющих градиента функции, переменные которой представляют компакт, и алгоритм ее численного дифференцирования используются для уменьшения размерности пространства критериев.

#### Перечень ссылок:

1. Yakubovska, S., Vysotska, O., Porvan, A., Yelchaninov, D., & Linnyk, E. (2016). Developing a method for prediction of relapsing myocardial infarction based on interpolation diagnostic polynomial. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(9), 41-49. doi:10.15587/1729-4061.2016.81004
2. Климанов, С.Г. Математическое моделирование задач профилирования внешнего облучения опухоли на основе физических и биологических критериев: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 05.13.18.- Москва, 2008.- 114 с.: ил. РГБ ОД, 61 08-1/497
3. Довнар А.И. Решение компромиссных задач схемотехнического проектирования методом варьирования весовыми коэффициентами в критериальных свертках // Е.Г.Куник, А.И.Довнар, В.В.Семенец, И.В.Прасол, Р.В.Пушин, Н.Н.Костюк : Радиозлектроника и информатика. Всеукр. межвед. научн.-техн. сб., 2000. Вып. 4(13). С. 142-145.
4. Прасол И.В. Метод устранения дублирования критериев при параметрическом синтезе электронных схем // АСУ и приборы автоматики. 2010. Вып. 151. С. 27 – 32.

УДК 159.99

### ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПСИХОДИАГНОСТИКИ

А. В. Кабанцева<sup>1</sup>, К. Г. Селиванова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГУ «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины»,

85100, Украина, Донецкая обл., Константиновка, ул. А. Невского 14,  
тел.: (099) 328-24-24, e-mail: avk111-111@ukr.net,

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиозлектроники,

61166, Украина, Харьков, пр. Науки, 14, тел.: +38(095)367-60-47, e-mail: selivanova\_kg@ukr.net

In the work a computerized psychodiagnostic complex was developed with the aim of timely detection of anxiety and stress disorders of the population associated with emergency events.

**Введение.** По данным ВОЗ, психические и поведенческие расстройства проявляются в более чем 25% всех людей в определенные периоды их жизни и являются очень распространенными во всем мире. Особое место среди психических расстройств занимают тревожные и стрессовые расстройства, связанные с такими чрезвычайными событиями как войны, террористические акты, большие техногенные аварии и природные катаклизмы. Негативные тенденции социально-политических событий за последние пять лет в Украине значительно увеличили часть населения, которые имеют

психологические проблемы и нуждаются в квалифицированной специализированной помощи. Поэтому, актуальной выступает проблема своевременного выявления указанной категории пациентов.

Информатизация процесса психодиагностики позволит оптимизировать массовые исследования путем одновременного тестирования многих респондентов, тем самым повышая качество своевременной диагностики на донологическом уровне и ранние клинические проявления психических расстройств. Это позволит обратить внимание специалистов на проблемы психологического свойства у данного конкретного исследованного контингента, что является базой для развития психической патологии аутоагрессивного поведения и других противоправных действий.

**Цель работы:** на основе эмпирически отобранных психологических методик разработать компьютеризированный психодиагностический комплекс для оценки психологического статуса людей, перенесших влияние травмирующих событий.

**Основная часть.** На базе ГУ «НПМ РДЦ МОЗ Украины» в рамках НИР «Тревога и связанные с ней психические, психосоматические и соматические расстройства у населения в зоне проведения антитеррористической операции» (номер государственной регистрации 0118U004166) был проведен скрининг посттравматических стрессовых и тревожных расстройств среди населения Донецкой области. В исследовании приняли участие 244 человека в возрасте от 21 до 75 лет. Средний возраст – 44,5±11,3 года. Соотношение по половому признаку 76,09% (женщины) и 23,91 % (мужчины).

Проведенное анкетирование среди респондентов показало, что свидетелями военных действий считают себя 156 человек (63,9%), морально пострадали – 77% (190 чел.), а материально – 31,02% (76 чел.). Также установлено наличие тревоги у 61,5% (150 чел.), беспомощность – 22,92% (56 чел.), раздражение – 32,4% (79 чел.), страх – 18,4% (45 чел.), отчаяние – 18,04% (44 чел.), уныние – 16,4% (40 чел.), безразличие – 5,3% (13 чел.). Было установлено ухудшение эмоционального состояния – 31,1% (76 чел.), неудовлетворенное эмоциональное состояние – 9% (22 чел.), ухудшение физического состояния – 29,1% (71 чел.), неудовлетворительное физическое состояние – 5,3% (13 чел.), снижение работоспособности у 18,9% (46 чел.).

Полученные результаты актуализировали потребность более детального изучения психологического статуса респондентов и обозначили необходимость создания компьютеризированного психодиагностического комплекса для охвата большего числа человек и сокращения времени для обработки диагностического материала.

В разработанный компьютеризированный психодиагностический комплекс были внедрены четыре методики и анкета: авторская анкета; тест 1 – МШПР (Миссисипская шкала посттравматического стрессового расстройства – для диагностики посттравматического стрессового расстройства); тест 2 – SCL-90-R (методика SCL-90-R – для исследования актуального психоэмоционального состояния и определение неотложных психических проблем); тест 3 – ОСП (Опросник суицидального риска в модификации Т.Н. Разуваева – для экспресс-диагностики суицидального риска); тест 4 – ОСП (Опросник Лазаруса – для определения копинг-механизмов, способов преодоления трудностей в различных сферах психической деятельности, копинг-стратегий).

В главном меню специализированного программного обеспечения имеются четыре основные вкладки: «Функции», «Методики», «Дополнительные сведения», «Выход», которые включают в себя вспомогательные функции для выполнения интерактивного и удаленного тестирования.

Также был разработан удобный интерфейс для занесения данных участника тестирования, комментариев психолога, результатов автоматизированной диагностики по 20-ти показателям, которые можно систематизировать по следующим направлениям: личные данные, эмоциональное состояние, физическое состояние, потребность в информации.

Также психологу предоставляется возможность вносить свои комментарии во время собеседования в начале проведения тестирования. Результаты тестирования сохраняются в отдельном файле и формате, что считываются только с помощью специализированного программного средства.

Каждому участнику тестирования присваивается индивидуальный номер для сохранения конфиденциальности информации. Процесс диагностики имеет поэтапный характер во время тестирования каждого участника, в заключении, чего формируется предварительная диагностическая информация по данным ответов респондента.

**Выводы.** Таким образом, информатизация диагностического процесса оптимизирует взаимодействие в системе клиент-психолог-врач. Компьютеризированная психодиагностика основа для разработки организационно-правовых принципов и положений формирования медико-психологической, социальной поддержки, четкого алгоритма действий человека с психологическими проблемами, психолога, врача.

#### Перечень ссылок:

1. Кабанцева А. В. Колаборація психологів, лікарів, педагогів у роботі з дітьми, які мають емоційні порушення. *Теорія та практика сучасної психології*. Запоріжжя. 2019. Вип.1. С. 134-138.

2. Селиванова К.Г., Тымкович М.Ю., Аврунин О.Г. Внедрение multi-touch технологии для реализации интерактивного тестирования в психоневрологии // XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: матеріали конференції. – Кременчук: КРПУ, 2018. – 236 с. – С. 121-122.

3. Karina G. Selivanova, Olena V Ignashchuk, Leonid G Koval, Volodymyr S Kilivnik, Alexandra S Zlepko, Daniel Sawicki, Aliya Kalizhanova, Aizhan Zhanpeisova, Saule Smailova. Computer-aided system for interactive psychomotor testing // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments. Proc. of SPIE – Proceedings Volume 10445, – 2017. – 104453B.

4. Panchenko O., T. Pirozhenko, A. Kabantseva Young patients' emotional expression peculiarities as a result of the military conflict in the East of Ukraine. Fundamental and applied researches in practice of leading scientific school. Vol. 31. № 1. 2019. P. 150-158.

УДК 004.621

## ДИСКРЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИКУЛЯЦИИ КРОВИ

И. В. Картавцева<sup>1</sup>, Е. В. Высоцкая<sup>1</sup>, Ю. Г. Беспалов<sup>2</sup>, К. В. Носов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. М. Е. Жуковского  
«Харьковский Авиационный Институт», 61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, кафедра 502,  
e-mail: nessaviktori@gmail.com,

<sup>2</sup>Харковский национальный университет им. В. Н. Каразина, 61050, Харьков, площадь Свободы, 4

In this publication, we are talking about methods suitable for examining mass contingents (military and civilians) under conditions of an acute shortage of time, equipment and qualified medical personnel. An important aspect of the HMCC is the type of phase change cycle (CCSF) of the interaction processes in the capillaries of arterial and venous blood. Comparative analysis of these ITS allowed us to formulate a working hypothesis regarding the differences in the patient-specific samples and the healthy distribution of certain system KP values. Based on this, it is possible to conclude that the approach described in the present work for the development of IT, for diagnostics of HMCC under conditions of ES, is promising.

В связи с возможностью некоторых экстремальных ситуаций (ЭС) возникает потребность в расширении арсенала сравнительно простых не инвазивных методов диагностики состояния систем, определяющих характер микроциркуляции крови (ХМЦК). Речь идет о методах, пригодных для обследования массовых контингентов (военных и мирного населения) в условиях острого дефицита времени, оборудования и квалифицированного медицинского персонала.

Важным аспектом ХМЦК является вид цикла смены фаз (ВЦСФ) процессов взаимодействия в капиллярах артериальной и венозной крови. Этот аспект может быть оценен на основании регистрации, колориметрических параметров (КП), значения которых получены компьютерной обработкой цифровой фотографии ногтя. КП различаются для венозной и артериальной крови.

В указанных ЭС, при остром дефиците времени, важное значение будет иметь возможность определения ВЦСФ на основе одномоментной регистрации значений КП. Для оценки динамики КП крови такую возможность дают информационные технологии (ИТ) на основе дискретного моделирования динамических систем (ДМДС) и рехронизации, нашедшей аналогичное применение при исследовании других биологических объектов [1] – [2].

На основе такого формализованного описания, для определенных начальных условий, может быть построена идеализированная траектория системы (ИТС), отражающая смену фаз цикла ее динамики. ИТС были построены на основе данных одномоментной регистрации состояния системы.

Предполагалось, что разные части исследуемой системы меняют свое состояние в рамках одного и того же цикла, но в момент регистрации находятся на разных его фазах. В рамках настоящей работы в роли таких частей системы выступали участки ногтя большого пальца, размером 2\*2 мм, КП которых регистрировались путем цифровой фотографии, с последующим анализом компонентов RGB-модели и их отношений, соответствующих отношениям пигментов крови, с помощью пакета MatLab. На основе такого анализа строились ИТС для следующих двух выборок: здоровых людей (ВЗЛ) и страдающих артериальной гипертензией (ВАГ).

Сопоставительный анализ этих ИТС позволил сформулировать рабочую гипотезу относительно различий в свойственных выборкам ВАГ и ВЗЛ характерах распределения значений определенных системных КП. С использованием критерия Манна – Уитни были выявлены достоверные отличия между рассматриваемыми группами пациентов ( $p < 0.05$ ).

На основании этого можно сделать вывод о перспективности использования описанного в настоящей работе подхода для разработки ИТ, для диагностики ХМЦК в условиях ЭС. При этом участниками сбора исходного фактического материала могут являться полицейские, волонтеры и др.

**Перечень ссылок:**

1. Vysotska O., Balym Y., Georgiyants M., Pecherska A., Nosov K., Bespalov Y. Modeling of a procedure for unmasking the foxes during activities on the elimination of biosafety threats related to rabies. Eastern European Journal of Enterprise Technologies 2017 vol: 5 (10-89) pp: 46-54.
2. Bespalov, Yu. G., Nosov, K. V., Kabalyants, P. S. (2017). Modeling systemic colorimetric parameters as a tool for processing images of clumps of toxic cyanobacteria targeted at their boundaries detection. bioRxiv, doi: <https://doi.org/10.1101/232413>.

**УДК 61:007-612.2**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЛІКЕМІЧНОГО САМОКОНТРОЛЮ ПРИ ДІАБЕТИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

С. І. Кіфоренко, Т. М. Гонтар, Т. А. Обелець

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем

НАН України та МОН України,

03680, Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 40, тел.:+38 (044) 526-25-49,

e-mail: gtm\_kiev@ukr.net.

The developed information technology of decision-making support to choose an adequate mode of activity and meals for patients with diabetes provides making a decision at different treatment stages through the calculation of misbalance between energy gained by chosen menu and energy spent at the different types of the pre-arranged activity. The technology is implemented into software for desktops, tablets and mobiles under Android OS. The use of such technology enables to enhance the efficiency of diabetes treatment and facilitates information help to the user with the different degree of violation in carbohydrate exchange adjustment.

**Вступ.** Цукровий діабет – небезпечне, поширене хронічне ендокринне захворювання, в основі якого лежить розлад обміну речовин, пов'язаний, в першу чергу, з порушенням вуглеводного обміну. В Україні діабет – одне з самих розповсюджених захворювань, на яке страждає близько 1,3 млн. людей. Забезпечення необхідності самостійного контролю за станом здоров'я хворих на діабет є нагальною проблемою сьогодення. Використання засобів інформаційних технологій та мобільної медицини уможлиблює підвищення ефективності самоконтролю пацієнтом стану свого здоров'я.

**Метою** роботи є розроблення комплексної інформаційної технології для підвищення ефективності глікемічного самоконтролю у разі діабету на різних етапах лікувального процесу. Інформаційну технологію спрямовано на підтримку прийняття рішень для ранньої діагностики стану системи вуглеводного обміну та на забезпечення самоконтролю глікемічного стану з урахуванням енергобалансу.

**Результати.** Запропоновано алгоритм визначення стану системи регуляції глікемії, в основу якого покладено аналіз результатів тесту на глюкозотелерантність. Результатом є розширена класифікаційна шкала регуляції глікемії – норма, зона ризику, порушена толерантність (латентна форма), діабет, що підвищує роздільну здатність стандартної методики і дає змогу своєчасно проводити заходи щодо застосування профілактичних дій для запобігання прояву реальних порушень в системі регуляції глікемії. Алгоритм програмно реалізовано у трьох варіантах: для комп'ютерів, планшетів і для мобільних пристроїв під ОС Андроїд.

Розроблена інформаційна технологія підтримки прийняття рішень у виборі адекватного режиму активності та харчування хворих на діабет забезпечує визначення дисбалансу між енергією, яка поступає в організм разом з вибраним користувачем меню (набором продуктів і блюд), і енергією, яка витрачається за різних видів запланованої діяльності (фізичної, інтелектуальної тощо). Запропонована технологія базується на принципах зовнішнього комбінованого регулювання, який поєднує позитивні якості керування за збуренням (обчислення дози інсуліну на вуглеводну складову в їжі) і керування зі зворотним зв'язком за відхиленням – розрахунок додаткової дози інсуліну з урахуванням відхилення рівня глікемії перед їжею від бажаного цільового рівня після прийому їжі. Використання у розробленій технології принципу зовнішнього керування забезпечило можливість підвищити ефективність самоконтролю пацієнтом стану свого здоров'я.

Реалізація технології у трьох модифікаціях: для стаціонарних комп'ютерів, планшетів і для мобільних пристроїв під ОС Андроїд, дає змогу зробити доступнішою інформаційну допомогу користувачеві з різним ступенем порушення регуляції вуглеводного обміну: на етапі доклінічної допомоги та на етапі лікування.

УДК 616.2-082:615.844]-036.8

**КОНТРОЛЬ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ МЕТОДОМ ЕПДФ**

В. С. Киливник

Вінницький національний медичний університет ім.М.І.Пирогова,  
e-mail: vs.kulivnuk@ukr.net

The brought results over of control of efficiency of medicalrehabilitation by the method of diagnostics method of Voll. Some aspects ofapplication of this methodology are investigational in theconditions of sanatorium. For dynamic control after motion of rehabilitation process distribution of him is entered on rehabilitation levels.

Ряд авторів розглядають систему біологічно-активних точок (БАТ) та меридіанів як таку, що забезпечує гомеостаз організму, а також енергетичний та інформаційний зв'язок організму з навколишнім середовищем. При цьому зазначена система здійснює динамічний розподіл електричних потенціалів клітин, органів та систем [1], [5]. Основою методу електропунктурної діагностики за Фолем (ЕПДФ) є вимірювання електрофізіологічних параметрів БАТ, повний інформаційний масив яких становить більше 800 точок, які розташовані на класичних меридіанах. В 1990р. під керівництвом В.М.Сарчука в Криму було створено Республіканський науково-практичний центр діагностики та лікування [2], в якому методика Фоля була удосконалена. З метою вивчення ефективності медичної реабілітації нами досліджені деякі аспекти застосування ЕПДФ в реабілітації пацієнтів в умовах санаторію [3].

З клінічної точки зору, розробка нових реабілітаційних програм з врахуванням результатів ЕПДФ є перспективним немедикаментозним напрямком лікування і реабілітації пацієнтів з різноманітною патологією, що і стало *метою* нашого дослідження.

Матеріали та методи. В обстеженні взяли участь 815 пацієнтів, які знаходились на санаторному етапі медичної реабілітації в клінічному санаторії «Авангард». Серед них: з бронхіальною астмою було 235 чол. (28,8%), з хронічним бронхітом-418чол. (51,3%), з хронічною пневмонією – 162 чол.(19,9%). Для дослідження нами застосовувалась ЕПДФ (етіологічна діагностика, нозододіагностика, медикаментозне тестування та інші методики) [3].

Результати дослідження. Для динамічного контролю за ходом реабілітаційного процесу його було умовно поділено на рівні: соматичний, системний, органний, тканинний, біохімічний, біофізичний та інформаційно-енергетичний, а також розроблено схему взаємозв'язків між цими реабілітаційними рівнями, яка передбачає правильний вибір лікувальних методик відносно заданої реабілітації на кожному рівні. ЕПДФ проводилась на МПТК «Медісса» (Сімферополь). Це медичний програмно-технічний комплекс, до складу якого входять: медикаментозний селектор, ПК з програмним забезпеченням. Важливим етапом реалізації ідеї була розробка принципу вибору методики лікування для конкретного пацієнта на кожному етапі реабілітації в конкретний період часу [4].

В результаті комплексного застосування ЕПДФ та традиційних методів реабілітації її ефективність склала: значне покращення – 42,5%, покращення – 57,5%. Варіанти методик ЕПДФ застосовувались адекватно до виду захворювання та загального стану пацієнта.

Таким чином, використання методу Фоля в реабілітації хворих дає можливість проводити експрес-діагностику та динамічний контроль за її ходом і ефективністю, а також індивідуалізувати підбір фармако- та гомеопатичних засобів.

**Перелік посилань:**

1. Луценко В.І. Електропунктурна діагностика в отоларингології / В.І. Луценко, А.І. Розкладка //Вінниця: ДП «Державна картографічна фабрика»,2009.-160с.
2. Сарчук В.Н.Руководство по электропунктурной диагностике и энергоинформационной коррекции различных категорий больных//Алма-Ата,1992.-405с.
3. Киливник В.С.Некоторые аспекты применения метода Р.Фоля в реабилитации больных НЗЛ / В.С.Киливник, Ю.Н.Ладуба// Современные теоретические и клинические аспекты диагностики и терапии по методу Фоля» Тезисы научно-практического семинара,30-31 марта 2001.г. Симферополь,47с.
4. Интернет-ресурс: <http://www.7medlevels.com/about.html#art11>
5. Самохин А.В. Электропунктурная диагностика и терапия по методу Р.Фоля/ А.В.Самохин, Ю.В. Готовский // Москва: Имедис,2006.-528с.

УДК 004.451.2: 614.2

## ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПІДСИСТЕМИ АНАЛІЗУ ДОТРИМАННЯ ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИХ СТАНДАРТІВ В МЕДИЧНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

О. Ю. Майоров, Т. Д. Нессонова

Харківська медична академія післядипломної освіти, Україна,  
e-mail: info\_khmapo@ukr.net

This work is devoted to the development of an information model of the subsystem of medical diagnostic standards in the Hospital Information System (HIS). The proposed model allows the use of these standards as a template when documenting an episode of a patient seeking medical help.

**Мета роботи.** Обґрунтування інформаційної моделі бази даних госпітальної інформаційної системи закладу охорони здоров'я (ЗОЗ) з метою використання лікувально-діагностичних стандартів під час формування електронних медичних записів про стан здоров'я пацієнта.

**Матеріали і методи.** Порівняльний та системний аналіз зразків лікувально-діагностичних стандартів та форм обліку епізодів звернення пацієнта по медичну допомогу. Теорія побудови моделей даних інформаційних систем.

**Постановка проблеми.** Аналіз дотримання лікувально-діагностичних стандартів є однією з основних складових підсистеми управління якістю медичних послуг. Для автоматизації моніторингу результативності лікувального процесу окрім безперервного збору інформації в госпітальній інформаційній системі повинна бути реалізована функція підтримки кластеру нормативних довідників зі стандартів лікувально-діагностичного процесу.

Експертний центр МОЗ України створив Реєстр медико-технологічних документів, до якого входять клінічні настанови, медичні стандарти та клінічні протоколи надання медичної допомоги та розробив інструкцію щодо складання таких документів. Останні розробки галузевих стандартів та клінічних настанов доступні в мережі Інтернет та завантажуються у pdf-форматі. Для ефективного використання цієї інформації в ГІС, вона повинна бути ретельно структурована у відповідності до стандарту електронних медичних записів (EMR) та подана як система взаємопов'язаних таблиць.

**Запропоноване вирішення:** Пропонується наступна структура системи нормативних довідників з лікувально-діагностичних стандартів (рис. 1 та 2):



Рисунок 1 – Структура стандарту медичної допомоги

**Результати.** Формалізоване поняття стандарт лікувально-діагностичного процесу та створена база даних, що дозволяє її використання для прискорення документування епізодів звернення пацієнта до ЗОЗ по допомогу. Сформовані таким чином електронні медичні записи та медичні призначення відповідають затвердженим стандартам, що сприяє процесу підвищення якості медичного обслуговування та медичної документації. Гнучка структура інформаційної бази дозволяє поповнювати базу даних новими стандартами без внесення змін у програмний код.



Рисунок 2 – Паспортна частина стандарту медичної допомоги

**Висновки.** Розроблена уніфікована інформаційна модель бази медичних даних і програмне забезпечення, що дозволяє стандартизувати процес документування епізоду звернення пацієнта та полегшити процес контролю відповідності наданої медичної допомоги стандартам лікувально-діагностичного процесу.

**Перелік посилань:**

1. Бегг К., Коннолли Т., Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение, теория и практика, 3-е изд., Издательский дом «Вильямс», 2018, 1440 с.
2. Галузеві стандарти та клінічні настанови [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mtd.dec.gov.ua/index.php/uk/haluzevi-standarty-ta-klinični-nastanovy>
3. Майоров О.Ю., Белов Л.Б., Неженский С.А. Информационные системы здравоохранения (госпитальные информационные системы) – дань моде или необходимость. Ж. Клин. информ. и телемед. 2004. Т.1. № 1. С. 1-12.
4. Методика розробки та впровадження медичних стандартів (уніфікованих клінічних протоколів) медичної допомоги на засадах доказової медицини. Наказ МОЗ № 751 від 28.09.2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2001-12>
5. Требования к МИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [minzdrav.med04.ru/development-of-public-health/modernization.../Treb\\_k\\_mis.doc](http://minzdrav.med04.ru/development-of-public-health/modernization.../Treb_k_mis.doc).

**УДК 577.3**

**НЕЛИНЕЙНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА. ЛОКАЛЬНЫЙ ИНДЕКС ФРАКТАЛЬНОСТИ**

О. Ю. Майоров <sup>1,2</sup>, В. Н. Фенченко <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харьковская медицинская академия последипломного образования, Харьков,

<sup>2</sup> Институт Медицинской информатики и Телемедицины, Харьков, e-mail: o.y.mayorov@gmail.com

A nonlinear-dynamic approach to the analysis of heart rate variability (HRV) based on the calculation of the local fractality index is proposed (LFI). LFI can be calculated over a relatively short series of RR intervals. Knowing the local dimension value, we can estimate what type of behavior prevails at each point in the series, it can be used to identify moments of a qualitative change in the nature of the functioning of the rhythm control system associated with the redistribution of the roles of  $\beta$ -sympathetic and parasympathetic control. The nonlinear dynamic approach provides a sensitive diagnostic tool and allows interpretation of various abnormal phenomena in the cardiovascular system.

**Введение.** Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является одним из наиболее информативных неинвазивных методов оценки реакций сердечно-сосудистой системы при эмоциональном стрессе, физических и ментальных нагрузках, в норме и патологии.



**Методы исследования.** В последнее время появился интерес к изучению variability сердечного ритма с позиций нелинейного анализа. Нелинейно-динамический подход дает чувствительный диагностический инструмент и позволяет провести интерпретацию различных аномальных явлений в сердечно-сосудистой системе.

Нами предложен метод анализа ВСР с позиций нелинейной динамики на основе вычисления локального индекса фрактальности (ЛИФ). Локальный индекс фрактальности может быть вычислен по относительно короткому ряду RR интервалов (на масштабах, порядка характерного масштаба основных динамических состояний), он может быть использован для выявления моментов качественного изменения характера функционирования системы регулирования ритма, связанного с перераспределением ролей  $\beta$ -симпатического контроля и парасимпатического управления.

**Результаты.** Хаотический характер ритма сердца позволяет ему гибко реагировать на изменение физических и эмоциональных нагрузок, а регуляторность нередко свидетельствует об уменьшении устойчивости к случайным воздействиям внешней среды. Степень хаотичности ритма сердца меняется при патологии и измененных состояниях организма, ее уменьшение наблюдается при повышенном риске внезапной смерти, во время критических состояний у больных с сердечной недостаточностью, с сахарным диабетом, гипертонической болезнью, коррелирует с нарастанием декомпенсации.

Однако, применение нелинейно-динамического подхода затруднено из-за того, что временные масштабы ритмов сердечно-сосудистой системы находятся в широком диапазоне от долей секунды (для пейсмекеров, барорецепторов, хеморецепторов, респираторной активности) до минут (для ренин-ангиотензивной системы) и часов (для почечной регуляции, влияния температуры). Другая сложность получения корректных нелинейных параметров – необходимость анализа довольно длинного ряда RR-интервалов, получить который не всегда возможно, так как во время исследования пациента он может изменить характер своего поведения.

Ряд RR интервалов порожден сложной нелинейной системой. Этот ряд является фракталом. Несмотря на нерегулярность, характер его поведения остается неизменным на всех масштабах – и, с точностью до масштабного фактора, он на разных масштабах выглядит примерно одинаково. Основной характеристикой таких самоподобных структур является Хаусдорфова размерность (D).

Используя локальный индекс фрактальности можно существенно продвинуться в решении важнейших задач идентификации и прогноза, которые заключаются в корректном определении макросостояния системы на основе наблюдаемой реализации ряда RR интервалов. Такой ряд демонстрирует сложное непериодическое поведение, при котором периоды относительно длительного увеличения или уменьшения RR интервалов и периоды относительной стабильности хаотическим образом сменяют броуновское движение. Зная локальное значение размерности, можно оценить какой тип поведения преобладает в каждой точке ряда.

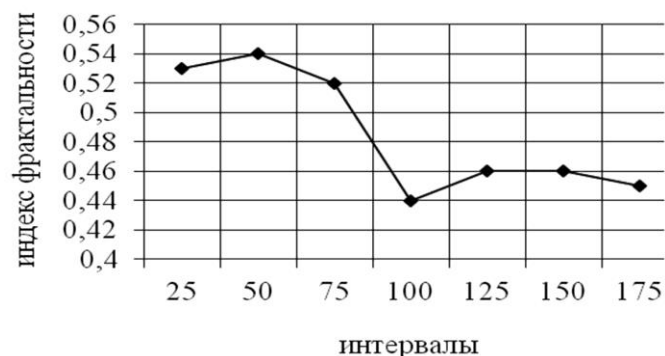


Рисунок 1 – Локальное изменение индекса фрактальности для ряда RR интервалов: 0-100 инт. - спокойное бодрствование; 100-175 инт. – ментальная нагрузка.

Используя локальный индекс фрактальности можно существенно продвинуться в решении важнейших задач идентификации и прогноза, которые заключаются в корректном определении макросостояния системы на основе наблюдаемой реализации ряда RR интервалов. Такой ряд демонстрирует сложное непериодическое поведение, при котором периоды относительно длительного увеличения или уменьшения RR интервалов и периоды относительной стабильности хаотическим образом сменяют броуновское движение. Зная локальное значение размерности, можно оценить какой тип поведения преобладает в каждой точке ряда.

**Выводы.** Локальный индекс фрактальности может быть вычислен по относительно короткому ряду RR интервалов, что дает перспективный инструмент для исследования variability сердечного ритма (BCP) методами нелинейного анализа.

**Перечень ссылок:**

1. Майоров О.Ю. Поиск методов для количественной оценки индивидуальной устойчивости к эмоциональному стрессу в норме и при патологии на основе анализа variability сердечного ритма. Факторная модель. Ж. Клин. информ. и телемед. 2017. Т.12, №13, сс. 53-63.
2. Майоров О. Ю., Фенченко В.Н. Метод анализа variability сердечного ритма с помощью локального индекса фрактальности. Материалы Симпозиума IV Кардиологического Конгресса, С-П, 2015. сс. 99-112. В сб: Математическая кардиология. Теория, клинические результаты, рекомендации, перспективы. Из-во Принт. Про, 2015, 228 с.
3. Майоров О. Ю., Фенченко В.Н. Глобальная реконструкция динамической системы variability сердечного ритма. Международный симпозиум по variability сердечного ритма. Ижевск, 2008. сс. 185-187.
4. Aubert A.E., Verheyden B., Beckers F., Tack J., Vandenberghe J. Cardiac Autonomic Regulation under Hypnosis Assesse by Heart Rate Variability: Spectral Analysis and Fractal Complexity. Neuropsychobiology. 2009. vol.60. pp. 104–112.
5. Mayorov O.Yu., Baevsky R.M. Application of space technologies for valuation of a stress level. In Series: Studies in Health Technology and Informatics. IOS Press. 1999. vol. 68. pp. 352-356.

**УДК 004.043**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ**

Н. С. Мірошніченко, І. Г. Перова

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. БМІ, тел. (057) 702-13-64,  
e-mail: nelia.miroshnychenko@nure.ua, rikywenok@gmail.com

Undoubtedly, the introduction of information systems in the healthcare sector will solve several major problems of domestic medicine at once: reduce the time spent on “paper” work and reporting, respectively, increase the time for the main work of the doctor: diagnosis and treatment. It will be possible to diagnose online with sequential processing of information when the data comes in the form of a data stream.

**Вступ.** У даний час фактично в усі галузі охорони здоров'я впроваджені інформаційні технології (ІТ). Завдяки цьому медицина набула сьогодні абсолютно нових рис. ІТ допомагають лікарю проводити об'єктивну діагностику захворювань, накопичувати й ефективно використовувати отриману інформацію на всіх стадіях лікувального процесу. Це цілий програмно-технічний комплекс, що готує і забезпечує процеси збирання, зберігання і обробки інформації в медицині і галузі охорони здоров'я. Мета роботи полягає у дослідженні та застосуванні для інтелектуального аналізу медичних даних багатовимірного нео-фаззі нейрону, що містить нелінійні синапси, в яких реалізується елементарні правила нечіткого виведення. Задачі дослідження: провести апробацію роботи нейронної мережі на клінічних медичних даних, а також створити інтерфейс інформаційної технології для наочності отриманих результатів.

Для створення інформаційної технології були отримані медичні дані пацієнтів із діагнозами гіпертонічна хвороба та ішемічна хвороба серця, які повинні бути проаналізовані. Дані складаються з антропометричних параметрів, значень клінічного і біохімічного аналізу крові, що задані числовими значеннями, а скарги пацієнта закодовані бінарним чином. Якщо ознака є то її наявності відповідає код 1, якщо немає – 0. Таким чином, на обробку потрапила таблиця, причому деякі дані містили пропуски. Це обумовлено тим, що не у всіх пацієнтів є інформація про наявність тих чи інших ознак. Щоб уможливити подальшу роботу інформаційної технології слід або зовсім вилучити з експерименту пацієнта із пропущеними значеннями показників або заповнити пропуски власноруч. У своїй роботі, ми використали другий спосіб, заповнивши всі пропуски за допомогою метода нечіткої просторової екстраполяції [1]. Даний метод дає змогу розрахувати відстань між пацієнтом з пропуском у даних та іншими пацієнтами у ознаках, яких не містяться пропуски. Отримуємо відстань:

$$d_p(k, p) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n |x_i(k) - x_i(p)| = \frac{1}{N-1} (|x_1(k) - x_1(p)| + \dots + |x_n(k) - x_n(p)|) \quad (1)$$

Наступним кроком визначаємо належність (ступінь схожості) пацієнта з пропуском у даних до інших пацієнтів, як функцію, обернену до відстані:

$$\mu_{p_i}(k) = \frac{d_p^{-1}(k, p_i)}{\sum_{p_i=1}^{N-1} d_p^{-1}(k, p_i)} \quad (2)$$

Далі проводимо заповнення пропущеного значення:

$$\hat{x}_i(k) = \sum_p^n \mu_p(k) x_i(p) = \mu_1(k) x_1(p) + \mu_2(k) x_2(p) + \dots + \mu_n(k) x_n(p) \quad (3)$$

Після заповнення пропущених значень було проведено нормування даних в інтервал  $[0; 1]$  та обрано систему для діагностування – багатовимірний нео-фаззі нейрон, що базується на методах контрольованого навчання. Дана система проводить нелінійний розподіл даних, що дозволяє застосовувати дану систему саме для роботи із медичними даними. Нео-фаззі нейрон складається з нелінійних синапсів, в яких реалізуються елементарні правила нечіткого виведення. При надходженні на вхід нео-фаззі-нейрону векторного сигналу  $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T \in R^n$  на його аналоговому виході з'являється скалярне значення:

$$u(k) = \sum_{i=1}^n f_i(x_i(k)) = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^h w_{ii}(k) \mu_{ii}(x_i(k)) \quad (4)$$

а на бінарному  $y(k) = \text{sign } u(k)$ .

У якості елементів фаззіфікації даних у нео-фаззі-нейроні використовуються традиційні трикутні конструкції, що відповідають умовам розбиття Руспіні, але трикутні функції належності забезпечують кусково-лінійну апроксимацію, яка може призводити до погіршення точності результатів [2]. Аби уникнути погіршення точності результатів можна використати кубічні сплайни, як функції належності.

Вектор ознак пацієнта представлений у вигляді вектору із 43 числовими значеннями, кількість пацієнтів дорівнює 96. В свою чергу референтний сигнал відображений трьома діагнозами: ішемічною хворобою серця (ІХС), гіпертонічною хворобою та умовно здоровими пацієнтами. При надходженні на вхід нео-фаззі нейрону вектору стовпця розмірності  $n$  вхідних ознак кожного пацієнта (в нашому випадку  $n=43$ ), кожен нейрон однотипних нелінійних синапсів генерує на своєму виході сигнал  $\hat{x}_d(k)$ ,  $d = 1, 2, \dots, m$ . У результаті компоненти вектору виходів (1.4) обчислюються незалежно. Далі обчисленні значення потрапляють на синаптичні ваги, значення яких на першому кроці задано випадковим чином. Вектори поточних значень рівнів належності і значення синаптичних ваг перемножуються та формують аналоговий вихід системи. Щоб отримати більш точні результати, мережа повинна краще налаштувати синаптичні ваги, їх налаштування здійснюється завдяки алгоритму Уидроу-Хоффа:

$$\begin{aligned} W(k+1) &= W(k) + \frac{d(k) - W(k)x(k)}{\|x(k)\|^2} x^T(k) = \\ &= W(k) + (d(k) - W(k)x(k))x^+(k). \end{aligned} \quad (5)$$

Щоб отримати результат роботи мережі у відсотках, при навчанні мережі і при тестуванні, зводимо сигнал помилки до мінімального значення. Відсоток помилки при навчанні нео-фаззі нейрону, у даному випадку складає 1,07%, а при тестуванні 4,38% [3]. Після цього нео-фаззі нейрон вважається навченим та за допомогою нього стає можливим проведення медичного діагностування.

**Висновки.** Отже, проведено розробку інформаційної технології, що складається з модулю заповнення пропущених значень, модулю нормування та модулю діагностування.

#### Перелік посилань:

1. Медицинское диагностирование на основе нейросетевых технологий / Н.С. Мирошниченко, И.Г. Перова, // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – 2017. Том 16. № 1,2. – С. 46–50.
2. Тищенко А.К. Прогнозуюча нейрон-фаззі мережа на основі багатовимірного нео-фаззі нейрона / А.К. Тищенко, І.П. Плісс, К.О. Шкурко //Радиоэлектроника, информатика, управління. – 2014. №2. – С. 120-125.
3. Нативний додаток на основі багатовимірного нео-фаззі нейрону / Н.С. Мірошниченко // Радиоэлектроника та молодь у XXI столітті. – 2019. Том 1.– С.209-210.

УДК 004.621

**РОЗРОБКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ МОБІЛЬНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕЛЕМЕДИЧНИХ МЕРЕЖАХ.**

І. М. Огородник, Ю. І. Огородник

Міжнародна академія наук і інноваційних технологій м. Київ,  
Бульвар Кольцова, 14-Е, Київ, Україна, 03148, тел.: +38 097 211 82 88,  
e-mail: oigor67@gmail.comCentrum naukowo-badawcze Quanton SC, Warszawa,  
ul. Sroziemnomorska 11/4, 02-758 Warszawa, Polska, tel.: +48 513 334 198,  
e-mail: info@quanton.com.pl

A system for remote monitoring of the state of the human body, processing and analysis of the obtained diagnostic data and urgent decision-making on the correction of biophysical processes in the body is proposed. The system is based on the Quanton technology, proven by 10 years of practical experience with more than 3,000 patients, which has patent protection. The basis for obtaining diagnostic information in the system is a binary identification method for the state of a biosystem based on a sympathetic skin response (SSR).

**Вступ.** Актуальність теми дослідження обумовлена зростанням ролі інформаційних технологій в організації медичного обслуговування населення, особливо тих, що проживають на віддалених і важкодоступних територіях або подорожують за межами своєї держави. Кожна людина має право отримувати відповідну спеціалізовану медичну допомогу в потрібному місці в потрібний час. Це є гострою соціальною і економічною потребою для всіх країн.

Ціллю існуючих телемедичних систем в розвинутих країнах є передача оцифрованої медичної інформації від пацієнта до аналітичного центру і можливість дистанційного надання цим пацієнтам консультацій фахівцями. Однак, на думку авторів, головною задачею телемедицини повинно бути, в першу чергу, дистанційне діагностування людини, використовуючи переважно неінвазивні методи та індивідуальні не дорогі прилади, які можуть бути керовані зі смартфона. В такий спосіб кожна людина, не виходячи з дому, зможе за лічені хвилини надати своєму лікареві достовірну інформацію про стан організму. Це особливо важливо для людей, які подорожують чи знаходяться у місцях, де немає доступу до медичних служб.

**Мета.** Розробити біосенсори для отримання різного виду діагностичної інформації та побудувати на основі них систему дистанційного контролю біофізичних процесів і загального функціонування організму людини. Крім того, на основі цих даних система має виконати відповідну індивідуальну корекцію виявлених порушень за допомогою існуючих методів впливу, або запропонувати конкретні шляхи та методи для ліквідації дисфункцій.

**Основна частина.** Авторами була розроблена система дистанційного моніторингу стану організму людини, обробки і аналізу отриманих даних та невідкладного прийняття рішення щодо корекції біофізичних процесів в організмі. Система базується на технології «Quanton» [1], перевіреній 10-літнім досвідом практичної роботи з понад 3000 пацієнтів.

В основі отримання діагностичної інформації системою є метод бінарної ідентифікації стану біосистеми, який базується на електродермальній активності (EDA) або симпатичній реакції шкіри (SSR). Ця активність відображає симпатичну холінергічну судомоторну функцію, яка, у свою чергу, викликає зміни імпедансу шкіри, тобто змінює її електричну провідність.

Враховуючи той факт, що організм людини є відкритою інформаційною біосистемою – все, що відбувається в оточенні людини і до чого вона доторкається, миттєво фіксується лімбічною системою і відображається на стані вегетативної нервової системи, від якої залежить імпеданс шкіри. Це дає можливість створити автоматизований комплекс, в якому буде закладена база інформаційно-хвильових чи частотних маркерів (електронний селектор), об'єднаних спеціальним алгоритмом. Розроблений комплекс почергово або у певній конфігурації буде подавати для організму людини сигнали-запити відносно бінарної ідентифікації стану біосистеми і відслідковувати її реакцію за зміною імпедансу [2].

Головною перевагою даного методу є неінвазивність та наявність біологічно-зворотного зв'язку під час моніторингу біосистеми, що дає можливість вести діалог з живим організмом, визначаючи причини дисфункцій та ефективність тих чи інших впливів.

Процес досліджень достовірності діагностикуму та ефективності фізіологічної корекції методом Quanton контролювався апаратом неінвазивного аналізу крові АМП (Біопромін, м.Харків).

У пацієнта Х були тривалі тупі болі у правому підребер'ї, які супроводжувались частим здуттям та дисфункцією органів травлення. При проведенні тесту методом Quanton було виявлено наявність у печінці трематод: *Fasciola hepatica* і *Clonorchis sinensis*. Тестувались також запальні стани печінки та дисфункція жовчних шляхів. У день тестування (10.02.2018) було проведено неінвазійний аналіз крові

(таблиця 1), який підтвердив запальний стан в печінці з різким підвищенням загального і непрямого білірубину, а також дуже високий рівень аланінамінотрансферази (ALT), концентрація в крові якої різко підвищується при запальних процесах чи пошкодженні печінки.

Таблиця 1. – Дані аналізу крові перед початком терапії методом Quanton, на другий день після неї і контрольний вимір через місяць.

Пацієнт X						
<b>Печінкові проби:</b>						
№:	Показник		Норма	10.02.2018	11.02.2018	11.03.2018
48	22	AST. mmol/l	0,1 - 0,45	<b>1,23</b>	0,32	0,32
49	23	ALT. mmol/l	0,1 - 0,68	<b>2,58</b>	0,33	0,33
50	24	AST. U/l	8 – 40	<b>55,25</b>	16,59	15,85
51	25	ALT. U/l	5 – 30	<b>116,12</b>	17,08	16,26
52	26	AST/ALT	0,8 - 1,2	<b>0,48</b>	0,97	0,97
53	27	Білірубін загальний. μmol/l	8,6 - 20,5	<b>46,24</b>	12,29	12,29
54	28	Білірубін прямий. μmol/l	2,2 - 6,1	<b>10,61</b>	3,03	3,37
55	29	Білірубін непрямий. μmol/l	1,7 - 10,2	<b>35,62</b>	9,25	8,93

Була проведена терапевтична процедура індивідуальними частотними програмами методом Quanton двома сеансами по 14 і 10 годин відповідно. Після чого, на наступний день (11.02.2018), зроблено контрольний тест, який показав, що всі параметри, які характеризують стан печінки, прийшли до норми, а стан пацієнта істотно покращився. Контрольна перевірка крові методом АМП через місяць (11.03.2018) показала стабільність показників печінкових проб. Таким чином, проведена 1,5 денна коригуюча програма методом Quanton показала позитивні зміни в загальному стані, що відобразилось на конкретних параметрах.

**Висновок.** В ході проведених досліджень було доведено високу діагностичну достовірність та терапевтичну ефективність методу, який базується виключно на неінвазивних та безмедикаментозних впливах при отриманні діагностичної інформації та проведенні фізіологічної корекції. Крім того, цей метод є безболісний, швидкодіючий та без побічних наслідків. Виходячи з цього, на основі методу Quanton пропонується створити автоматизовану систему дистанційного моніторингу та функціональної корекції організму людини.

#### Перелік посилань:

- Ogorodnyk I., Vysotska O., Ternyuk M., Bilovol H. Development of the method of structural and parametric synthesis of the quanton diagnostic and health complex. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 4/9 (100) 2019. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176174>
- Ogorodnik I.M., VISOЦЬКА O.B., Крутов O.B. Оптимізація по критерію продуктивності діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton». Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2019, № 2(90) 137-146 сс. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2019.2.13>

УДК 004.7:616-08-039.34

### КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАТИЗАЦИИ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА

О. А. Панченко<sup>1,2</sup>, Н. В. Банчук<sup>1</sup>, В. Г. Антонов<sup>2</sup>, А. П. Жуков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика, 04112, Киев, ул. Дорогожицкая, 9,

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Научно-практический медицинский реабилитационно-диагностический центр МЗ Украины»,

85110, Донецкая обл., Константиновка, ул. А. Невского, 14, тел. (06272) 2-55-00,

<sup>3</sup>ООО «Фирма Солти», 61052, Харьков, ул. Кацарская, 15, e-mail: rdckonst@ukr.net

The article presents a conceptual model of informatization of a rehabilitation center under the conditions of the so-called «success factors» (actual conditions for implementation). It is shown that the informatization of the rehabilitation center requires additional organizational, technical, financial efforts for successful participation in the electronic health care system, and the main reason for the failure is an insufficient level of funding.

**Введение.** «Дигитация» любого медицинского учреждения в рамках «E-health» представляет собой сложный процесс интеграции и освоения информационных технологий в медицинской практике. Конечный результат этого процесса зависит от многих взаимосвязанных внешних и внутренних факторов (т.н. «факторов успешности») [1]:

Фактор	Уровень	Сущность
Внешний	Государственный	1. Государственная политика 2. Нормативные документы 3. Финансирование
Внутренний	Учреждение (человеческий ресурс)	4. Заинтересованное руководство 5. Компетентная IT-служба 6. Подготовленный медперсонал
Внутренний	Учреждение (материальный ресурс)	7. Надлежащая инфраструктура 8. Нужное оборудование 9. Соответствующая МИС

**Цель исследования:** сформировать концептуальную модель информатизации реабилитационного центра в условиях обозначенных «факторов успешности».

**Результаты исследования.** Внешние факторы (1, 2, 3) являются базисными в обеспечении успеха информатизации. Развитие информационно-коммуникационных технологий определено одним из приоритетов в национальном докладе «Цілі сталого розвитку: Україна» (2017) [2]. 4 июня 2019 года была обнародована очередная (третья по счету!) «Концепция информатизации здравоохранения Украины» [3] – [5], где отмечается, что Украина до сих пор находится на раннем этапе внедрения электронной системы здравоохранения (ЭСЗ). Государственная политика в сфере информатизации здравоохранения согласно Концепции предусматривает: – создание условий, способствующих развитию отрасли информационных технологий в сфере медицины, привлекательных для инвестиций; – построение единого информационного пространства. В Концепции отмечается необходимость законодательно-нормативного урегулирования ряда вопросов: – обработка и использование персональных данных; – идентификация в ЭСЗ, работа реестра пациентов на уровне центрального компонента ЭСЗ, требования к другим реестрам с данными пациентов; – электронный документооборот; – требования к технической защите информации; – требования к МИС; – порядок ведения форм медицинской документации и функционирования медицинской статистики. В целом соглашаясь с этим, отмечаем, что недостаточный уровень финансирования (третий фактор в таблице) не только не способствует решению актуальных задач информатизации, но и может привести к потере уже достигнутых результатов. Вызывает сомнение эффективность будущих программ экономического стимулирования хозяйствующих субъектов в сфере E-health (согласно Концепции). Особенно настораживает последняя фраза в Концепции: «Мероприятия по информатизации в учреждениях здравоохранения, других организациях осуществляется преимущественно за счет их собственных средств».

Внутренние факторы определяют готовность медицинского учреждения к участию в информатизационных процессах здравоохранения. На уровне человеческого ресурса (4,5,6) больше всего озабоченность вызывает вопрос материальной заинтересованности участников процесса. На уровне материального ресурса (7,8,9) два первые также связаны с надлежащим финансированием технического переоснащения – ранее установленному оборудованию и ПО зачастую уже более 10–12 лет. Что касается последнего фактора, специфика реабилитационного процесса требует задействования не только стандартных возможностей МИС, существующих на рынке медицинского ПО, но и дополнительного спектра функций, которые не предусматриваются или слабо уделены вниманием разработчиков. Это, в первую очередь реабилитационная подсистема, в которой необходимы модули «Принятие решений и прогнозирование» и «Маршрутизация пациента» [3]. Чтобы МИС стала действительно полезной, необходимо плодотворное сотрудничество реабилитационного центра с разработчиком системы для ее доработки и адаптации, что требует продолжительного времени, отвлечения медицинских и IT-специалистов от их прямых обязанностей, и дополнительных финансовых ресурсов.

Переход учреждений здравоохранения на электронный документооборот согласно Концепции будет ускоряться путем установления в нормативно-правовых актах обязательности ведения электронных медицинских записей, создания системы поощрений для учреждений, которые достигают успехов в информатизации. Успешность этих мероприятий, по нашему мнению, вызывает сомнение с

точки зрення готовності учреждений в условиях рассмотренных «факторов успешности».

**Выводы:**

1. Непоследовательность государственной политики – причина того, что Украина до сих пор находится на раннем этапе внедрения электронной системы здравоохранения.
2. Недостаточный уровень финансирования не только не способствует решению актуальных задач информатизации, но и может привести к потере уже достигнутых результатов медицинскими учреждениями.
3. Информатизация реабилитационного центра требует дополнительных организационных, технических, финансовых усилий для успешности участия в электронной системе здравоохранения.

**Перечень ссылок:**

1. Антонов В.Г., Минцер О.П., Панченко О.А. Информатизация здравоохранения. Место и роль реестра водителей транспортных средств. Современные научные подходы к оценке психофизиологической надежности лиц при выполнении отдельных видов деятельности: сборник научных работ под общ. ред. проф. О.А. Панченко. Киев: КВИЦ. 2013. С. 69 –75.
2. Цілі сталого розвитку: Україна». URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku> (дата обращения: 25.09.2019).
3. Концепція державної Програми інформатизації охорони здоров'я на 2006-2010 роки. Клиническая информатика и телемедицина. 2005. Т.2. №1.
4. Концепція інформатизації сфери охорони здоров'я України на 2013–2018 роки. Клиническая информатика и телемедицина. 2013. Т. 9, вып. 10. С. 148-154.
5. Концепція інформатизації охорони здоров'я України. URL: <https://www.apteka.ua/article/503988> (дата обращения: 07.06.2019).
6. Панченко О.А., Антонов В.Г., Гуменюк В.В., Жуков А.П. Развитие информационной системы учреждения реабилитационной медицины. Медико-психологическая помощь при постстрессовых состояниях: диагностика, лечение, реабилитация: сборник научных работ под общ.ред. д.м.н., проф., Заслуженного врача Украины О.А.Панченко. Харьков: ИПП «Контраст». 2017. С.71-79.

**УДК 614.212:004.9**

**ІНФОРМАТИЗАЦІЯ МЕДИЧНОГО ПРОЦЕСУ - ЦЕ БЛАГО ЧИ...**

О. А. Панченко, Н. П. Цапро

Державний заклад «Науково-практичний медичний реабілітаційно-діагностичний центр МОЗ України»,

85110, Донецька обл., Костянтинівка, вул. О. Невського, 14,

тел.: +38 (06272) 2-55-00, e-mail: rdckonst@ukr.net

The introduction of medical information systems (MIS) is required to monitor the efficiency of health care delivery, monitor the use of public funds, and reduce the paper work of physicians. The MIS requirements are based on years of user experience and summarized in the abstracts.

**Вступ.** Інформатизація медичних закладів – це процес, який можна розглянути на прикладі концептуальної моделі інформатизації реабілітаційного центру [1].

Фактор	Сутність
Людський	1 Заінтересованість керівництва 2. Компетентна ІТ-служба 3. Підготовлений медперсонал
Матеріальний	4. Відповідна до вимог інфраструктура 5. Необхідне устаткування 6. Адапована до завдань закладу МІС

Для успішного втілення концепції інформатизації обов'язковими є обидва приведені фактори, які забезпечують наявність конкретних умов та рівня матеріального забезпечення, а також людських ресурсів. Ефективне надання медичних послуг пацієнту та ефективне використання державних коштів, можливо при вільному доступі лікаря до медичної інформації, що забезпечується медичними інформаційними системи (МІС) [2-3]:

**Мега дослідження:** Сформулювати відношення лікаря щодо впровадження МІС.

**Актуальність та особливість** впровадження МІС в медичній галузі України:

1. В останні роки збільшилася мобільність населення, зросла урбанізація, та виникла необхідність мати доступ до інформації в будь-який час та в будь-якому регіоні України та світу. Існує великий запит на якісну статистичну та первинну медичну інформацію [2].

2. Неefективність використання ліжкового фонду [2].

3. Відсутність можливості швидкого внесення інформації (час виділений на прийом пацієнта становить 12 – 20 хвилин, за цей час лікар повинен зібрати повний анамнез, ознайомитися з медичною документацією, визначити недоліки в проведених обстеженнях, проаналізувати результати, провести обстеження хворого, визначити головні симптоми та синдроми, встановити діагноз, згадати уніфікований протокол чи клінічну настанову з даної патології, а, при необхідності, - відкрити протокол та прочитати, визначитися з диференційною діагностикою, скласти план обстеження та лікування, та занести вищевказані пункти до медичної картки та ЕМК

4. Відсутність єдиної медичної картки та необхідної інформації про пацієнта, важливих для надання невідкладної допомоги та обстеження викликають необхідність дублювання обстеження пацієнта, збільшує неefективність використання ресурсів та втрату часу [3], [4], [6].

5. Розробкою МІС займаються ІТ спеціалісти, але кінцевими споживачами даного продукту є лікарі. Часто між ними спостерігається різне бачення цілей та задач МІС.

6. В Україні впровадження електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) знаходиться в стадії «зачатку», а отже, є можливість використати світовий досвід, розробити МІС, ввести єдину електронну медичну картку ( ЕМК) [2] – [5].

**Результати дослідження.** Ми маємо досвід роботи з інформаційними системами в медичній галузі на протязі 14 років. Наш заклад є одним із перших, які почали розробляти та втілювати різні модулі МІС. На базі МІС « Поліклініка» (ТОВ Медсистема, м. Київ) нами впроваджено: модуль «Реєстратура», «ЕКГ модуль»; «УЗД»; «Щитоподібна залоза»; «Лабораторія», «Маршрутизація пацієнта». Деякий час ми працювали в тестовому режимі з іншою МІС за розділами «Реєстратура», «Кабінет лікаря педіатра», «Кабінет дитячого кардіоревматолога», «Лор кабінет», «Кабінет ЕКГ», «Лабораторія». Тестована нами МІС мала більш розширену базу можливостей, але через неадаптованість - працювали з нею лікарі разом з ІТ-спеціалістами, витрачаючи багато часу на внесення інформації.

Накопичений досвід дозволяє сформулювати погляд лікаря на роботу МІС, виявити питання, які необхідно вирішити розробникам, щоб мотивувати медичні заклади до роботи з інформаційними системами.

- МІС повинна бути простою в використанні, мати чіткий і зрозумілий алгоритм дій для медперсоналу, надавати можливість швидкого та одноразового внесення інформації.

- Повинен забезпечуватися зв'язок з лабораторією та іншими діагностичними відділеннями, гарантуватися оперативний доступ лікаря до цієї інформації. МІС повинна забезпечити зв'язок лікарні з аптекою, формувати направлення на консультацію, та забезпечувати різні форми статистичної звітності.

- МІС має забезпечити конфіденційність інформації.

- Система повинна надавати експертну допомогу лікарю, мати медичні довідники, уніфіковані протоколи МОЗ.

- МІС не повинна викликати проблеми у мед працівників, її мета-спрощення та покращення роботи лікаря. Але на сьогодні всі МІС збільшують кількість проблем лікарю, не відповідають потребам, неадаптовані, тому відбувається протистояння їх введенню.

#### **Висновки:**

1. Впровадження МІС в Україні є нагальною проблемою в рамках реформування медичної галузі, але для змін в галузі необхідний чіткий план процесу (інформаційна підтримка, оптимізація роботи лікаря).

2. Підходи до проектування МІС для медичних закладів повинні бути зміщені в бік спрощення роботи з ними, а також надання МІС якісної швидкої експертної допомоги лікарю. відповідати вимогам медичної галузі.

3. Медична ІС унікальна для кожного закладу і не може бути продуктом загального користування без відповідного адаптування. На це необхідно звертати увагу при централізованому адмініструванні введення МІС

#### **Перелік посилань:**

1. Антонов В.Г., Минцер О.П., Панченко О.А. Информатизация здравоохранения. Место и роль реестра водителей транспортных средств. Современные научные подходы к оценке психофизиологической надежности лиц при выполнении отдельных видов деятельности: сборник научных работ под общ. ред. проф. О.А. Панченко. Киев: КВИЦ. 2013. С. 69 –75.



2. Концепція інформатизації охорони здоров'я України. URL: <https://www.apteka.ua/article/503988> (дата обращения: 07.06.2019).

3 Панченко О.А. Информационные технологии в практике врача,- КВИЦ, - Киев, 2012.

4. Панченко О.А., Информатизация реабилитационно-диагностического процесса в современных медицинских учреждениях, - О.А. Панченко, - материалы научно-практической конференции, Киев, КВИЦ, 2012, С.305.

5. Панченко О.А. Информатизация медицинского учреждения на современном этапе / О.А. Панченко // Медична та біологічна інформатика і кібернетика: зб. праць Першого Всеукраїнського з'їзду з міжнародною участю. Київ, 23-24 червня 2010р. – Київ, 2010.С.64.

**УДК61:007-612.3**

**ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ НУТРИЦІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

А. І. Печерська<sup>1</sup>, А. В. Матершева<sup>1</sup>, Д. Е. Домненко<sup>1</sup>, В. А. Клименко<sup>2</sup>, Т. А. Чумаченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»,

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра радіоелектронних і біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, e-mail: a.pecherska@khai.edu,

<sup>2</sup>Харківський національний медичний університет, 61022, Харків, пр. Науки, 4

The given work is devoted to the development of an Android application in which it will be possible to pre-order breakfasts and lunches from the school menu. Users-schoolchildren will receive their favorite dishes for breakfast and lunch in the school cafeteria; nutritic researchers – reliable information about the nutrition of patients, which can be analyzed along with the results of medical examinations to identify relationships; school canteens – will be informed in advance about the number of servings of each dish from the menu.

Нутриціологія - (nutria – поживні речовини; харчування; logos – вчення; наука) – це наука, яка вивчає правильне збалансоване використання нутрієнтів у харчуванні людини, грамотно підібраний по грамах індивідуальний набір білків, жирів, вуглеводів, калорій, вітамінів і т.д. в залежності від цілей і стану здоров'я, з огляду на пріоритети в харчуванні, алергени [1].

Розвиток інформаційних технологій сприяє розробці різних мобільних додатків, що дозволяють автоматизувати рутинні процеси збору, обробки, аналізу та зберігання великих масивів інформації. До таких масивів відноситься і інформація, що отримується в результаті нутриціологічних досліджень. Наприклад, важливим науково-практичним завданням є дослідження впливу раціону харчування дітей і студентів на загальний стан їх організму, розвиток алергічних реакцій та інших захворювань [2]. Для цього необхідно проводити регулярне анкетування школярів і студентів. Однак заповнення анкет не викликає ентузіазму у підростаючого покоління, але, якщо цей процес реалізувати у вигляді Android-застосунку, можна зацікавити це коло користувачів.

Широким попитом користуються Android-застосунки, які дозволяють школярам попередньо замовляти сніданки і обіди з шкільного меню, а їх батькам – стежити за харчуванням дітей. Однак, на сьогоднішній день ці дані ніяк не пов'язані із з результатами медичних оглядів школярів. Таким чином, актуальним завданням є розробка Android-застосунку, користувачами якого будуть не тільки школярі, їх батьки та працівники шкільних їдалень, а й медичний персонал.

Пропонований Android-застосунок «School Canteen» матиме модульну структуру і різні рівні доступу для кожного виду користувачів з метою захисту інформації.

Функціонал «School Canteen» дозволить школярам:

- вибирати страви з меню шкільної їдальні;
- вибирати розмір порції (маленька / середня / велика);
- оцінювати, наскільки сподобалася кожна зі страв;
- отримувати інформацію про калорійність, продукти, що входять до складу, і спосіб приготування кожної зі страв;
- вести антропометричний щоденник, який на основі аналізу основних антропометричних показників, дозволить оцінювати гармонійність розвитку школяра;
- бути на зв'язку з фахівцем-нутриціологом для консультацій з приводу способу життя і режиму харчування.

Батьки школярів матимуть можливість контролювати харчування дитини і консультуватися з фахівцем-нутриціологом з приводу його оптимізації.

Працівники шкільних їдалень завдяки «School Canteen» будуть:

- наперед поінформовані про кількість порцій кожної страви з меню;

- отримувати рекомендації нутриціолога з оптимізації меню.

Фахівці-нутриціологи отримають достовірну інформацію про харчування школярів (які страви, в якій кількості, з яких продуктів і за яким рецептом приготовані), яку можна буде аналізувати поряд з результатами медичних оглядів для виявлення взаємозв'язків, зможуть своєчасно давати рекомендації працівникам їдалень з корекції загального меню і персональні приписи школярам та їхнім батькам щодо оптимізації індивідуального режиму харчування.

Android-застосунок «School Canteen» стане хорошим помічником в роботі з підростаючим поколінням і дозволить спеціалістам-нутриціологам отримати унікальну статистичну інформацію про харчування школярів.

**Перелік посилань:**

1. Хорошилов, И.Е. Клиническое питание и нутриционная поддержка (монография) / И.Е. Хорошилов // ЭЛБИ-СПб, 2018. – 192 с.
2. Алиева, Р.Х. Изучение образа жизни и состояния здоровья подростков г.Баку / Р.Х. Алиева, Ш.М. Бадаева // Материалы II Конгресса РОШУМЗ с международным участием. - Москва: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН, 2010. – С. 62-66.

УДК 004.21:004.94:378-057.87-047.22

**АДАПТИВНИЙ АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ НЕЛІНІЙНОГО СЦЕНАРІЮ НАВЧАННЯ НА БАЗІ ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ЗНАТЬ СТУДЕНТА**

О. А. Рижов, Н. А. Іванькова

Запорізький державний медичний університет,

e-mail: ryzhov.alexey@gmail.com

The article deals with the control algorithm of the learning process in e-learning systems based on a non-linear scenario. Non-linear scenario basis is an ontological model of student knowledge; in the nodes of the model information is structured in accordance with models of cognitive structures, such as concept, frame, object, scenary etc.

**Вступ.** Пошуки вирішення проблеми якості передачі знань від викладача до слухача спонукають нас шукати відповіді у результатах досліджень в області когнітивної психології особистості (Дж. Келлі, У. Скотт, О. Харві, Д. Хант, Х. Шродер) та когнітивної експериментальної психології (Ф. Бартлетт, С. Палмер, У. Найссера, Е. Рош, М. Мінський), які виділяють предметом своїх досліджень так звані когнітивні структури, на основі яких відбувається сприйняття, засвоєння і мислення у свідомості людини. У змістовному плані когнітивні структури особистості являють собою узагальнено-типизовані системи організації знань, що є одночасно механізмами вилучення, використання і зберігання інформації (Петренко В. Ф.). Використання підходів когнітивної інформатики дозволяє розробляти адаптивні системи навчання нового типу.

**Мета роботи:** розробка адаптивного алгоритму формування нелінійного сценарію на базі онтологічної моделі знань студента в адаптивних системах дистанційного (онлайн) навчання.

**Основна частина.** Використання універсальної три-рівневої моделі онтології [1], [2] для формування еталонної бази знань навчальної дисципліни (еБЗНД) дозволяє використовувати різні алгоритми управління траєкторією навчання студента в адаптивній системі дистанційного навчання (АСДН). На першому рівні онтологія представлена терміносистемою основних понять (НД), на другому, – мережевому, відображено зв'язки між поняттями, на третьому – структура понять, яка представлена когнітивними прототипами. При створенні навчального курсу відбувається генерація бази тестових завдань трьох типів [2], [3]:

1-го типу для перевірки знання лексичних одиниць терміносистеми;

2-го типу – для перевірки знання категорійної ієрархії понять, яка відображає рівень абстракції терміну, тобто зв'язки між термінами ієрархічного типу [3];

3-го типу – для перевірки структурних зв'язків, які відображають зміст понять та реалізовані в якості когнітивних прототипів [4].

Кожен вузол еБЗНД проіндексовано посилками на тести відповідного рівня.

Модель знань студента (МЗС) створюється як проекція еталонної еБЗНД. Сеанс навчання складається з циклу:

1) генерація сценарію навчання відповідно до мети навчального плану та стану МЗС конкретного студента;

2) самостійна робота студента з навчально-методичними матеріалами відповідно до сценарію;

- 3) засвоєння нового блоку терміносистеми при виконанні тестових завдань 1-го типу;
- 4) формування меж концепту у своїй свідомості, шляхом встановлення ментальних зв'язків між новими поняттями та структурою знань, яка сформувалася у студента в процесі виконання завдань 2-го типу;
- 5) формування внутрішньої структури концепту відповідно до когнітивних структур, які відображені у завданнях 3-го типу.

Після успішного виконання завдання відбувається розмітка вузлів МЗС та перехід до наступного рівня. У випадку неуспішного виконання завдань, терміни цих вузлів стають аргументами процедури для генерації нового сценарію навчання поточного сеансу. Процес навчання відбувається циклічно до повної розмітки графу онтології МЗС. Сеанс навчання вважається завершеним при досягненні мети навчання, яка відображена множиною вершин з повною розміткою - позитивними маркерами на виконання тестових завдань трьох типів.

**Висновки.** Розробка адаптивних систем онлайн навчання, які базуються на універсальній трирівневій моделі онтології, в вузлах якої знаходяться когнітивні структури, дозволяє перейти на новий рівень керування навчальним процесом, а саме – до аналізу стану формування ментальних когнітивних структур у студента та формування навчальної траєкторії засвоєння курсу з предмету, відповідно до психологічних особливостей сприйняття інформації студентом.

#### Перелік посилань:

1. Рижов О. А. Інваріантна модель подання знань у системах дистанційного навчання на основі об'єктно орієнтованого підходу / О.А. Рижов, А.М. Попов // Медична інформатика та інженерія. –2010. – № 1. – С. 100-109.
2. Рижов О. А. Проектування тестових завдань закритого типу на базі моделі онтології на основі когнітивних прототипів. / О. А. Рижов, А. М. Попов // Медична інформатика та інженерія. –2015. № 2. С. 46-51.
3. Рижов О. А. Ефективність самостійної роботи студента над комп'ютерно-генерованими учбовими завданнями на основі когнітивних прототипів./ О.А. Рижов, А.М. Попов, Н. Г. Васильчук // Медична інформатика та інженерія. – 2014. – № 3. – С. 24-31.
4. L. Soldatova. An ontology-based test generation system / Soldatova L., Mizoguchi R. // Semantic Web Technologies for e-Learning. – 2009. – P. 96-112.

#### УДК 681.32

#### АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ НА СМАРТФОНЕ

Л. С. Файнзильберг, А. Н. Makeенок

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем  
НАН Украины и МОН Украины

03680, Киев, пр. академика Глушкова, 40, +38(044)526-41-19, fainzilberg@gmail.com

An innovative approach to creating a new medical information system based on the analysis and interpretation of a pulse wave has been developed. A distinctive feature of the technology is the use of a set of intelligent algorithms that allow you to get reproducible results when measuring finger photoplethysmograms of obtained directly from the smartphone's camera (without additional external signal sources).

**Введение.** Стремительное развитие технологии смартфонов привело к появлению многих медицинских приложений [1]. И это не случайно, поскольку приближение медицинских информационных технологий (МИС) непосредственно к пациенту – одна из главных задач современной цифровой медицины, а смартфон более удобен для использования пациентом, чем настольные или портативные компьютеры.

Известно, что частота сердечных сокращений (ЧСС) – одна из важнейших показателей жизнедеятельности человеческого организма. Диагностическая ценность оценки ритма сердца была известна еще в древнегреческой медицине, а пульсовая диагностика – один из главных элементов тибетской медицины. Поэтому смартфоны давно уже используют для решения как достаточно простых задач (определения среднего значения ЧСС за определенный промежуток времени), так и для оценки регуляторных систем организма на основе математического анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР).

**Основная часть.** Для оценки динамического ряда кардиоинтервалов чаще всего к смартфону подключают внешние источники сигнала, которые регистрируют электрокардиограмму (ЭКГ), несущую информацию об электрической активности сердца в одном из отведений, или же пальцевую фотоплетизмограмму (ФППГ), несущую информацию о кровенаполнении в фаланге пальца. Очевидно,

что внешний источник сигнала, подключаемый к смартфону, усложняет проведение тестирования в полевых условиях и удорожает саму МИС.

В работах [2], [3] даны сообщение о методе измерения ЧСС, основанном на анализе пальцевой фотоплетизмограммы, которую регистрируют с помощью встроенной камеры смартфона. ФПГ получают на основе обработки динамического ряда изображений фаланги пальца. Безусловно такой привлекательный метод регистрации сигнала открывает новые возможности персонализированной медицины.

Однако этот метод имеет ряд ограничений. Во-первых, частота кадров, которую обеспечивает большинство встроенных в смартфоны камер, находится в пределах 30-60 кадров в секунду. Отсюда следует, что точность определения продолжительности кардиоинтервалов по динамическому ряду изображений фаланги пальца не превышает 16,7 мс, что недостаточно для оценки статистических и спектральных показателей ВСР. Во-вторых, сам процесс измерения путем наложения фаланги пальца на встроенную камеру смартфона может приводить к случайным помехам на изображениях (артефактам), которые искажают пульсовую волну и порождают ложные значения кардиоинтервалов.

В докладе рассматриваются возможные пути преодоления этих ограничений, реализация которых открывает широкие возможности для использования смартфона без дополнительных внешних источников сигнала при решении актуальных практических задач.

На рис. 1 показаны основные экранные формы разработанных программных модулей, ориентированных на работу под управлением ОС Android, которые обеспечивают:

- автоматический анализ последовательности функций  $\Psi_{км1}(x, y)$ ,  $\Psi_{км2}(x, y)$ ,  $\Psi_{км3}(x, y)$ , ..., характеризующих яркости пикселей с координатами  $x = k$ ,  $y = m$  изображения фаланги пальца пользователя на плоскости  $(x, y)$  в фиксированные моменты времени  $t = 1, 2, \dots, N$ , по которым с помощью специальной вычислительной процедуры формируется последовательность дискретных значений пульсовой волны  $q_1, q_2, \dots, q_N$  (рис. 1, а);

- выделение локальных максимумов  $q_1, q_2, \dots, q_N$  на фоне возможных возмущений;

- адаптивную фильтрацию, обеспечивающего повышение точности определения кардиоинтервалов по выделенным экстремальным значениям пульсовой волны;

- определение и графическое отображение стандартных статистических и спектральных характеристик ВСР (рис. 1, б);

- отображение результатов анализа интегральных характеристик ВСР и сигнализацию об их отклонениях от нормы;

- селекцию ненадежных кардиоинтервалов на основе модифицированного алгоритма [4];

- построение эталона пульсовой волны путем усреднения выделенных кардиоциклов;

- оценку первой и второй производных эталонной пульсовой волны с использованием специальных вычислительных процедур [5];

- определение характерных точек эталонной пульсовой волны и ее производных, по которым формируется вектор диагностических признаков  $s = (s_1, s_2, \dots, s_M)$ ;

- накопление экспериментальных данных в обучающей выборке наблюдений для построения диагностических решающих правил (рис. 1, в).

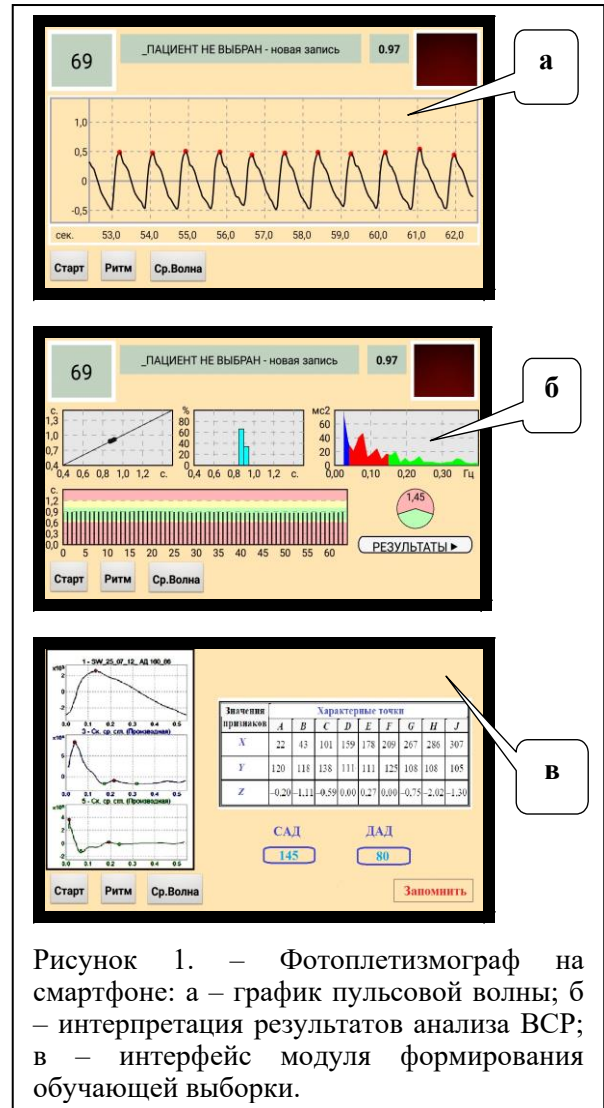


Рисунок 1. – Фотоплетизмограф на смартфоне: а – график пульсовой волны; б – интерпретация результатов анализа ВСР; в – интерфейс модуля формирования обучающей выборки.

**Выводы.** Эксперименты подтвердили воспроизводимость значений диагностических признаков эталонных пульсовых волн, построенных для конкретных пользователей при фиксированных показателях функционального состояния их организма. Этот результат открывает возможность построение конкурентоспособной МИС, которая реализуется на смартфоне без дополнительных внешних источников сигнала.

**Перечень ссылок:**

1. Boland P. The emerging role of cell phone technology in ambulatory care. – Journal of Ambulatory Care Management. – 2007. – Vol. 30. – No. 2. – P. 126-133.
2. Saquib N., Papon M.T.I., Ahmad I., Rachman A. Measurement of Heart Rate Using Photoplethysmography. – Proceeding of 2015 International Conference on Networking Systems and Security. – Dhaka, 2015. – P. 158-163.
3. Papon M.T.I., Ahmad I., Saquib N., Rahman A. Non-invasive heart rate measuring smartphone applications using on-board cameras: A short survey. – Proceeding of 2015 International Conference on Networking Systems and Security. – Dhaka, 2015. – P. 1-6.
4. Файнзильберг Л.С. Спосіб виявлення атипичних циклів на електрокардіограмі // Патент України на корисну модель № 112127. – Бюл. № 23, 2016 р.
5. Файнзильберг Л.С. Информационные технологии обработки сигналов сложной формы. Теория и практика. – Киев: Наукова Думка, 2008. – 333 с.

**УДК 004.621**

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИБОРУ ЯКІСНИХ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ  
У ЛОГІСТИЦІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ**

О. Є. Федорович, О. В. Коновалова

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»,

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра «Комп'ютерних наук та інформаційних технологій»,  
тел.: (057) 788-43-02, e-mail: kafius@ukr.net

The article poses and solves the problem of patients choosing high-quality services in a medical institution. Many alternative options for providing medical services to the population are being considered, taking into account the ongoing medical reform and modern antitrust requirements. Quality indicators, logistic (time) costs and also the financial costs of the patient are used to evaluate medical services. Qualitative and quantitative estimates of indicators are used. A lexicographic ordering of options for choosing a medical institution for qualitative assessments of indicators is proposed. When using quantitative values of indicators, the choice is made by multi-criteria optimization using Boolean variables and integer linear programming. The proposed approach is advisable to use to analyze the requirements of the population for the provision of medical services, as well as for the patient to select the necessary medical institution.

Реформування у медичній галузі пов'язано, у першу чергу, з забезпеченням якісних медичних послуг та можливостей населення при виборі альтернативних медичних закладів. На теперішній час існує безліч медичних закладів, які пропонують населенню медичні послуги з різним рівнем якості та оплати за надані послуги. Тому актуальна тема запропонованого доповіді, у якому пропонується оцінювати якість послуг з урахуванням можливих затрат логістичного циклу обслуговування.

Як відомо пацієнт при зверненні до медичного закладу, вказує своє місцезнаходження, логістику руху до обраного медичного закладу, можливе очікування на отримання обслуговування, якість обслуговування, а також фінансові затрати. Таким чином виникає задача багатоваріантного вибору медичного закладу з урахуванням основних показників: якість обслуговування ( $Q_i$ ), логістичні затрати та час очікування обслуговування ( $T_i$ ), фінансові затрати за отриманні медичні послуги ( $W_i$ ), де  $i$  – можливий варіант медичного закладу,  $i = \overline{1, n}$ . При оцінці кожного показника для можливих варіантів медичних закладів можна скористатися якісними та кількісними показниками. Для використання якісних значень показника скористаймося лінгвістичними змінними у вигляді букв латинського алфавіту. Наприклад, для показника якості А – висока якість обслуговування, В – достатня якість обслуговування, С – задовільна якість обслуговування. Тоді, при використанні якісних оцінок показників, кожен варіант медичного закладу можна уявити у вигляді «слова», де на початку буде знаходитись найбільш важливий за пріоритетом показник, а наприкінці найменш важливий.

Нехай, наприклад, порівнюється три закладу. Показники у порядку важливості:  $Q_i$ ,  $T_i$ ,  $W_i$ . Тоді перший заклад: В, С, А, другий – В, А, В, а третій – А, В, В. У вигляді списку:

1. В, С, А.
2. В, А, В.

3. А, В, В.

Лексикографічно впорядкуємо варіанти. Получимо:

3. А, В, В.

2. В, А, В.

1. В, С, А.

Тому для пацієнта найбільш сприятливий третій варіант.

У випадку кількісних оцінок необхідно скористатися методом цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними  $x_i = \{0,1\}$ . Тоді

$$\begin{aligned} Q &= \sum_i Q_i \cdot x_i, \\ T &= \sum_i T_i \cdot x_i, \\ W &= \sum_i W_i \cdot x_i. \end{aligned}$$

Задачу можна вирішити двома способами:

1. Однокритеріальне представлення. У цьому випадку обирається найбільш важливий критерій, наприклад  $Q$ , а інші присутні у вигляді обмежень:

$$\max Q, Q = \sum Q_i \cdot x_i,$$

при виборі обмежень  $T \leq T', W \leq W'$ , де  $T'$  – допустимі логістичні затрати;  $W'$  – допустимі фінансові затрати.

2. Багатокритеріальне представлення. У цьому випадку вводиться комплексний показник. Можна використати найпростішу адитивну згортку:

$$K = \alpha_Q \cdot \hat{Q} + \alpha_T \cdot \hat{T} + \alpha_W \cdot \hat{W},$$

де  $\hat{Q}, \hat{T}, \hat{W}$  – нормовані значення показників за шкалою  $0 \div 1$ . Необхідно знайти  $\min K$ , при дотриманні обмежень  $Q \geq Q', T \leq T', K \leq K'$ ,  $Q'$  – допустимий рівень якості.

Для докладної оцінки логістики пацієнт при наданні медичних послуг скористаємось агентним імітаційним моделюванням. Запропоновано алгоритм пошуку найкращого маршруту руху пацієнта до медичного закладу, що засновано на поширенні «числової» хвилі. Для цього починаючи з місця проживання (роботи) генерується первина «числова» хвиля, яка розповсюджується на можливі транспортні напрямки руху пацієнта. Вторинні хвилі виникають при проходженні транспортних вузлів з виключенням безперспективних варіантів.

Запропонований підхід доцільно використовувати у задачах оцінки медичного обслуговування населення, а також індивідуального вибору пацієнтом необхідного медичного закладу.

**Перелік посилань:**

1. Федорович, О. Е. Модели и методы обеспечения качества в жизненном цикле и логистике высокотехнологического производства продукции развивающихся предприятий: моногр. / О. Е. Федорович, Ю. Л. Прончаков, Ю. А. Лещенко. – Х.: ФОП Лысенко И.Б., 2017. – 255 с.
2. Федорович, О. Е. Анализ и минимизация узких мест в логистике управления жизненным циклом сложной техники / О. Е. Федорович, М. В. Иванов, Ю. А. Лещенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. –2014. – №4 (68). – С. 170 – 173.
3. Федорович, О. Е. Гармонизация качества в логистической цепи производства / О. Е. Федорович, Ю. А. Лещенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. –2014. – №2 (66). – С. 125 – 128.
4. Федорович, О. Е. Стратегия последовательного улучшения качества в логистической цепи аэрокосмического производства / О. Е. Федорович, Ю. А. Лещенко // Авиационно-космическая техника и технология. –2014. – №5 (112). – С. 109 – 112.
5. Федорович, О. Е. Рациональное распределение средств для улучшения качества выпускаемой продукции развивающегося предприятия / О. Е. Федорович, Ю. А. Лещенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. –2015. – №9 (126). – С. 166 – 169.

УДК 612.16:519.218

**РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ СУДИН ЛЮДИНИ**

М. О. Хвостівський, Л. В. Хвостівська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
46001, Тернопіль, вул. Текстильна, 28, кафедра біотехнічних систем; тел.: +38 (0352) 51-97-00,  
e-mail: kaf\_bt@tu.edu.te.ua

The mathematical model and method analysis of pulse signal as a variable-periodically correlated stochastic process for the construction of new algorithmic and software computer systems for the diagnosis of human blood vessels are developed in the article

Сучасні комп’ютерні системи діагностики стану судин людини (оптоелектронний діагностичний комплекс (Україна, розробники. Павлов С.В., Кожем’яко В.П., Колісник П.Ф, Марков С.М., Козловська Т. І), Beuer (Німеччина), PulseTrace PCA2 (США), Endo-Pat2000 (Ізраїль), Cas Medical System (Китай), монітор реанімаційно-хірургічний ЮМ300 (Україна, ТОВ «Компанія «ЮТАС»)) та інші) побудовано за принципом «пульсовий сигнал – математична модель – метод аналізу (обробки, опрацювання) - алгоритмічне забезпечення – програмне забезпечення – інформативні ознаки (діагностична інформація). Ядром цієї ланки є математична модель, яка визначає коректність результату діагностування стану судин людини.

На сьогодні відомі математичні моделі ПС, а саме детерміновані – не враховують стохастичну природу сигналу та стохастичні – не враховують періодичність сигналу, яка породжується циклічною роботою серця.

У праці авторів Хвостівської Л.В. та Яворського Б.І [1] математичну модель ПС подано у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП), яка на відміну від інших відомих моделей дає змогу врахувати одночасно у своїй структурі випадковість та періодичність. Така модель при формуванні інформативних показників розрізнення станів судин людини апіорно працює із сталим періодом ПС [1], що не є характерною особливістю сигналів такої природи породження. Зміни в роботі серця породжують зміну фазових показників (рис.1)  $\phi_1 \neq \phi_2 \neq \dots \neq \phi_n = var$  за рахунок часових затримок чи випереджень, що призводять до зміни періоду  $T \pm \phi_n$  сигналу в часі, тобто його тривалості в межах одного та інших  $n$ -их серцевих циклах.

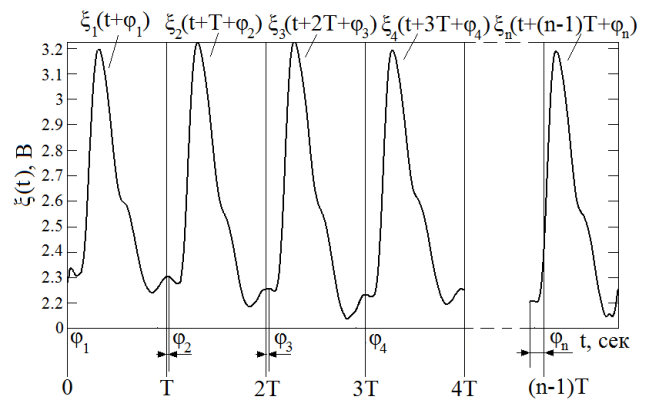


Рисунок 1 – Зміна фазових показників на експериментальній реалізації ПС на кожному серцевому циклі [3].

Запропонована модифікація ПКВП у праці Хвостівського М.О. та Хвостівської Л.В. як змінно-періодично корельований випадковий процес [2] дає змогу врахувати у структурі ПС змінну періодичність та випадковість. Змінно-ПКВП як модель ПС має зображення:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \xi(t + kT + \phi(t)) e^{i \frac{2\pi k}{T + \phi(t)} t}, t \in \mathbb{R}, k \in \mathbb{Z} \quad (1)$$

де  $\phi(t)$  – функція змінної фази.

У такому поданні (3) компоненти ПС формуються не з кроком  $2\pi/T$  як у випадку ПКВП, а формуються в залежності від значення функція змінної фази  $\phi(t)$ :

$$\{\phi_1; \phi_2; \dots; \phi_n\} = \left\{ 0; \frac{2\pi}{T} \phi(t); \frac{4\pi}{T} \phi(t); \dots; \frac{2\pi k}{T} \phi(t) \right\} \quad (2)$$

Синфазні статистики у вигляді кореляційних компонент при поданні (1) мають вираз:

$$\hat{B}_k^\phi(u) = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{b}_\xi(t, u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T + \phi(t)} t\right) dt, t \in \mathbb{R} \quad (3)$$

де  $\hat{b}_\xi(t, u)$  - параметрична коваріація як показник кореляційних зв’язків у центрованому сигналі  $\xi(t)$ :

$$\hat{b}_\xi(t, u) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \xi(t + u + k(T + \phi(t))) \xi(t + k(T + \phi(t))), t \in \mathbb{R} \quad (4)$$

та компонентні:

$$\hat{B}_k^\phi(u) = \frac{1}{T} \int_0^T \xi(t) \xi(t + u) \exp\left(ik \frac{2\pi}{T + \phi(t)} t\right) dt \quad (5)$$

Змінно-періодично корельований випадковий процес як модель пульсового сигналу (1) адекватно відображає усі динаміки, які йому притаманні, а також забезпечив модифікацію відомих методів обробки ПКВП (синфазного (3-4) [5] та компонентного (5)) для отримання нових інформативних ознак (діагностичної інформації) як показників розрізнення станів судин людини.

**Перелік посилань:**

1. Хвостівська Л.В. Математична модель пульсового сигналу для підвищення інформативності систем діагностики стану судин людини / Б.І.Яворський, Л.В.Хвостівська // Вісник кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Випуск 6 (95). – С.29-34.
2. Хвостівський М.О. Зміно-періодичний корельований випадковий процес / М.О.Хвостівський, Л.В.Хвостівська / Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-9 червня 2017 року: збірник тез доповідей. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2017. – С.129-130.
3. Хвостівська Л. Фазово-часова структура пульсової хвилі як показник стану ригідності судини людини / Л. Хвостівська // Матеріали XIX наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року – Т. : ТНТУ, 2016 – С. 126-127. – (Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації, приладобудування).
4. Хвостівська Л.В. Синтез структури інформаційної системи реєстрації та обробки пульсового сигналу / М.О. Хвостівський, Л.В.Хвостівська // Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 83-89. – ISSN 2227-8842/
5. Яворський Б. Актуальність застосування синфазного та компонентного методів щодо аналізу пульсового сигналу судин людини / Б. Яворський, Л. Хвостівська, Є. Яворська // Збірник тез доповідей XVII наукової конференції ТНТУ ім. Івана Пулюя, 20-21 листопада 2013 року. – Т.: ТНТУ, 2013. – Том I: Природничі науки та інформаційні технології. – С. 45. – (Секція: Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації).

УДК 004.043:616-71

**КВАНТОВА ТЕХНОЛОГІЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

Б. І. Яворський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
46001, Тернопіль, вул. Руська 56, кафедра біотехнічних систем, тел.: +38 (096) 366-44-46,  
e-mail: biotechnic0@gmail.com

The paper is devoted to the modern developments in the field of the informational aspects of Remote Differential Diagnosis. The differential diagnosis has gradually faded today as that had been established in a medical societie. Now is made possible by the new generation of highly sophisticated diagnosis decision support tools. Quantum Technology for Remote Differential Diagnosis that is based on to the fast, authenticity comparison of information from the medical research vs such information from remote' known medical databases is proposed in the paper.

В минулому столітті набула використання диференційна діагностика стану людини. Через століття, після висновку Інституту медицини («То Err is Human»), вирішального значення для діагностики набули «труднощі вимірювання». Диференційний діагноз поступово загас через брак часу у лікарів, нездатність клініцистів швидко та точно згадати, синтезувати з величезної кількості даних тощо [1].

Завдяки новому поколінню високоточних інструментів набули значного розвитку відбір біосигналів, їх обробка, зберігання та обмін даними для підтримки прийняття рішень щодо діагнозу. Квантова технологія дистанційної диференційної діагностики, яка ґрунтується на швидкому, достовірному порівнянні інформації медичного дослідження з такою інформацією з віддалених відомих медичних баз даних тощо, дає змогу значно підвищити швидкість та достовірність діагнозу [2], [3].

Формально схема основної частини квантової технології діагностики (рис. 1) подібна до 3-х комп'ютерної моделі квантової ідентифікації автентичності [4], де А – інформація про стан  $x$  пацієнта, В – інформація про норму  $y$  стану пацієнта, Ref – порівняння інформації («рефері»),  $f(x, y)$  – функція ідентичності (результат порівняння):

$$f(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } x = y, \\ 0, & \text{if } x \neq y. \end{cases}$$

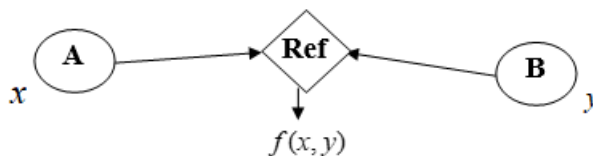


Рисунок 1 – Блок-схема основної частини квантової технології диференційної діагностики.



Складність визначення значення функції ідентичності 3-х комп'ютерної моделі  $O(\sqrt{n})$ , де  $n$  – кількість Q-бітів інформації [4].

Складність передачі кубітів через канали з шумом  $\zeta_l, \xi_l \rightarrow \varepsilon(t)_{x,y}$  складає  $O(\log_2 n)$  [5].

Відповідно до диференційної діагностики в оптичних передавачах імпульси  $l = \overline{1, L}$  світла  $x, y$  модулюються фазовим модулятором (PM) інформативними квантовими послідовностями  $\theta^x, \theta^y$ , рис. 2.

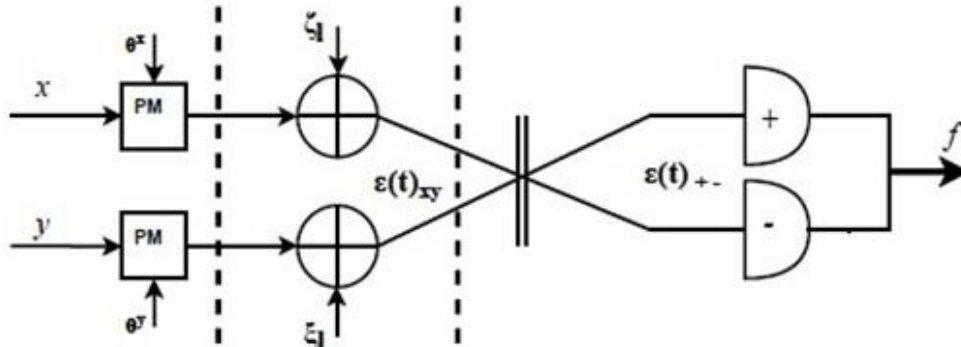


Рисунок 2 – Схема протоколу квантової технології визначення ідентичності  $f$  інформацій А та В;  $\parallel$  – спліт оптичного приймача.

Квантові когерентні стани світла з комплексними амплітудами  $\sqrt{S/B} e^{i\theta_l^{x,y}}$ , де  $S/B$  – відношення потужності (розмірність фотон/час) до смуги спектру [6] поширюються в каналах з шумами  $\zeta_l, \xi_l$ .

Оптичний приймач (рефері) об'єднує прийняті пучки  $\varepsilon(t)_{xy}$  світла на рівноважному спліті, який створює суперпозиції  $\varepsilon(t)_{+-}$ . Вихідні порти спліту розгалужують промені на детектори фотонів, які визначають кількість ( $k_+$  і  $k_-$ ) фотонів, зареєстрованих протягом передачі імпульсів.

Таким чином, квантову диференційну діагностику є змога ефективно виконати у вигляді спільного детектування, здійсненого за допомогою оптичної інтерференції та підрахунку кортежів фотонів когерентного стану світла. Оскільки кубіт може містити не більше одного біта класичної інформації, то існує значна перевага його масштабності перед класичним представленням діагностичної інформації. Засадничим компонентом цієї переваги постає змога спільного детектування фотонів, отриманих дистанційним арбітром (рефері) від квантових представлень інформації для диференційної діагностики.

#### Перелік посилань:

1. Maudea J. "Differential diagnosis: the key to reducing diagnosis error, measuring diagnosis and a mechanism to reduce healthcare costs" *Diagnosis*, 2014; 1(1): 107–109.
  2. Grumbling E., Horowitz M. Editors. *Quantum Computing: Progress and Prospects* (2019) 252 p. <http://nap.edu/25196>.
  3. Xu F., Zhang X. M. Q., Lo H.-K., and J.-W. Pan "Quantum cryptography with realistic devices" 54 p. arXiv:1903.09051v1 [quant-ph] 21 Mar. 2019.
  4. Ambainis A. "Communication complexity in a 3-computer model" *Algorithmica*, vol. 16, no. 3, pp. 298–301, Sep. 1996.
  5. Buhrman H., Cleve R., Watrous J., and R. de Wolf "Quantum fingerprinting" *Physical Review Letters*, vol. 87, no. 16, p. 167902, Sep. 2001.
- Banaszek K., Kunz L., Jarzyna M., and Jachura M. "Approaching the ultimate capacity limit in deep-space optical communication" in *Proc. SPIE, Free-Space Laser Communications XXXI*, vol. 109100A. SPIE, Mar. 2019.



*Секція 2*

**ПРОБЛЕМИ ОТРИМАННЯ, ОБРОБКИ, АНАЛІЗУ, ЗБЕРІГАННЯ,  
ПЕРЕДАЧІ І ЗАХИСТУ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ  
ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ В МЕДИЦИНІ**

УДК 615.47:616-072.7

## MODULE OF ECG WAVES RECOGNITION WITH WAVELET TRANSFORMATION

O. Velychko

Yaroslav Mudryi National Law University, Kharkiv National University of Radio Electronics,  
61024, Ukraine, Kharkiv, Pushkinskaya str., 77, tel.: +38 (057) 704 90 22,  
e-mail: o.velichko@nulau.edu.ua

K. Kampos

National University of Radio Electronics,  
61166, Ukraine, Kharkiv, Nauki ave., tel.: +38 (057) 702 13 64,  
e-mail: khaver.kampos.dias@nure.ua

The work is devoted to problem of medical signal processing and development of software for cardiologic systems registering ECG of high resolution. The general goal of development is ECG waves recognition in the raw signal. Block diagram of module for ECG waves recognition had been described and realized in Matlab. Results of module execution had been tested for group with 110 persons. Proposed principle of waves recognition may be used for development of specific software for electrographic systems.

**Introduction.** Modern cardiologic systems have the powerful tools for ECG-analysis including algorithms for waves recognitions. Existing methods of waves recognitions are grouped into three groups: signal filtration, derivation methods and syntaxis recognition. Each of them has the akin requirements: free noise initial data set and fixed basis line (isoline). ECG of high resolution records the signal with extra high accuracy and opens up opportunities of detection hidden malfunctions. It clarifies importance of ECG wave recognition precisely. Objective of our investigation is recognition of ECG waves with high precision in raw signal.

**Materials and methods.** The module structure for ECG waves recognition has been proposed and shown in Fig. 1.

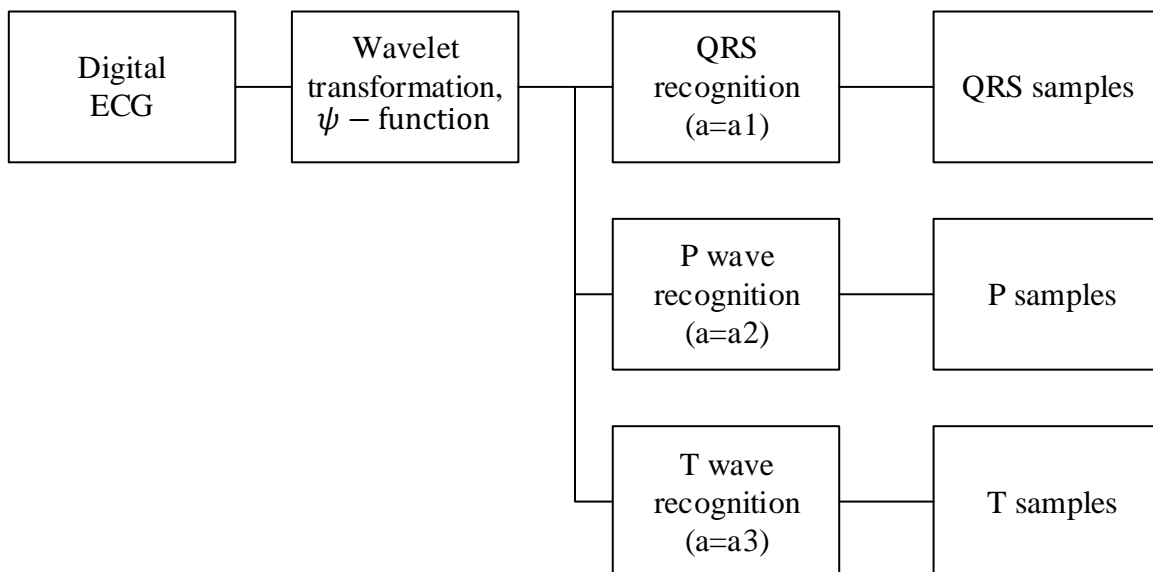


Figure 1 – The module structure for ECG waves recognition

Digital ECG signal (filtered or not) is transformed with the complex wavelet function. Range of scales  $a$  from 1 to 130. Each type of waves is recognized with the certain block that may be considered functionally as digital filter. Detection of wave type is performed with the certain scale ( $a1$ ,  $a2$ ,  $a3$ ). There are the parallel processes working after wavelet transformation completing. Principle of end points definition is based on the regular and irregular components of the complex wavelet function. Block outputs contain sample numbers of wave end points and saved as two-dimensional array: amplitude and shift  $b$ . Each array is coupled with initial signal to obtain end points in time and amplitude value of waves.

Module software had been realized in Matlab 2015. Example of QRS definition is shown in Fig.2. End points of QRS complexes are marked with “\*”. Not filtered digital signal with floating isoline has been well recognized by the module. Signal noise does not impact to the recognition process because of fixed scale differed from the noise scale.

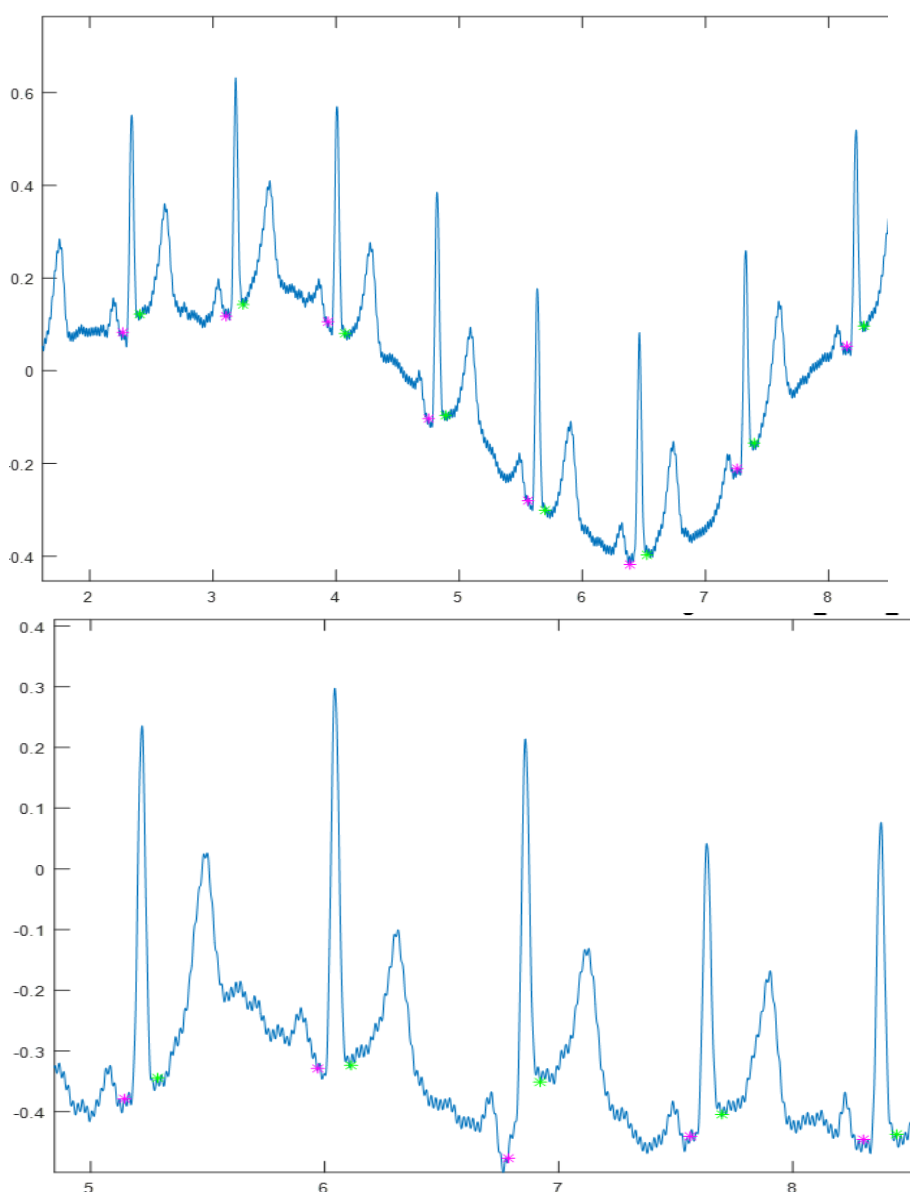


Figure 2. – Example of QRS definition

Testing data set had been formed from the ECG data base having over 110 persons with diurnal normal ECG and malfunction ECG. Shape of wave does not impact to the accuracy of recognition.

Average execution time of software for the diurnal ECG is 125 s. Output arrays have not non-recognized waves.

**Conclusion.** The module of ECG wave recognition had been developed. The general feature of module is based on the wavelet transformation of initial signal without its preprocessing. Each block of module has eigen specific parameters defining according to the scaling function. Accuracy of waves recognition does not depend on the noise level and isoline position. Proposed principle of waves recognition may be applied during development software for the wide range of systems, performing ECG registration.

#### References:

1. Rangaraj M. Rangayyan. Biomedical Signal Analysis., 2nd Edition / R. M. Rangayyan. – Wiley-IEEE Press, 2015. – 720 p.
2. Mallat S. A wavelet tour of signal processing: the sparse way / S. Mallat – Stanford: Academic Press, 2008 – 146 p.
3. Walnut D. F. An introduction to wavelet analysis / D. F. Walnut – London: Springer Science and Business Media, 2013 – 55 p.
4. Strang G. Wavelets and filter banks / G. Strang, T. Nguyen – Philadelphia: SIAM, 1996 – 68 p.

УДК 612.216.1+004.89

## СИГНАТУРИ АКУСТИЧНИХ ШУМІВ ПРИ ПНЕВМОНІЇ

М. Ф. Бабаков<sup>1</sup>, Д. В. Іщук<sup>1</sup>, В. І. Луценко<sup>1,2</sup>, І. В. Луценко<sup>2</sup>, Ло Іян<sup>3</sup>,<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра. Радіоелектронних і біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій (№ 502), тел.: +38 (057) 763-43-45,

e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua, факс факс +38 (057) 315-05-21,

<sup>2</sup>Інститут Радіофізики і Електроніки ім. А. Я. Усикова НАНУ,<sup>3</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

The features of the spectra of acoustic noise at various phases of the breathing process (widow and expiration) for healthy lungs and pneumonia at different stages of the disease are considered. Signatures of noises of a healthy lung and with pneumonia were revealed. A criterion for the detection of pneumonia by the acoustic noise spectra is proposed.

**Вступ.** Захворювання системи дихання людини потрапляють у п'ятірку найпоширеніших груп захворювань. Серед провідних причин смерті присутні відразу три пульмонологічні нозології: хронічні обструктивні захворювання легень (ХОЗЛ), рак легень і пневмонія. Респіраторні захворювання є важким тягарем для соціуму, вони істотно обмежують фізичні можливості і впливають на якість життя людини. Тільки в Європі витрати, пов'язані із захворюваннями органів дихання, складають 102 млрд. євро в рік. Однією з основних причин високого рівня захворювань легень є невчасна діагностика стану органів дихання. Виражені симптоми захворювання виявляються в той час, коли легенева функція вже істотно порушена. Таке положення пояснюється недостатньою укомплектованістю медичних установ сучасною діагностичною апаратурою та недосконалістю існуючих методів і засобів дослідження легень. Враховуючи всі ці факти, неможливо переоцінити важливість пульмонологічних проблем для сучасного суспільства. Очевидна актуальність розробки багатоканальної автоматизованої системи аналізу акустичних шумів для диференціальної діагностики стану легень та реалізації в медичній практиці.

Метою роботи є виявлення інформативних ознак (сигнатур) в спектрах акустичних шумів для здорового і ураженого пневмонією легкого. Це може стати основою створення автоматизованої системи діагностики стану легень.

**Використання середніх спектрів.** Спектральний склад шумів, що виникають в процесі дихання, може бути інформативним ознакою для визначення виникли патологій [1], [2]. За базу для порівняння можуть використовуватися спектри шумів легких здорового пацієнта. Інформативним може виявитися і порівняння шумів лівого і правого легень пацієнта. Якщо уражено одне з легких, то для врахування індивідуальних особливостей властивих конкретному пацієнтові можна використовувати порівняння шумів його лівого і правого легень, що дозволяє виявити різницю, пов'язану з виникненням патологій. Класичний спектральний аналіз, як повної структури спектра шумів дихання, так і окремих його фаз (вдиху і видиху) дозволяє здійснювати диференціальну діагностику патологій. На рис. 1 наведено спектри шумів різних фаз дихання для лівого (здорового) і правого (з пневмонією) легких на різних стадіях хвороби.

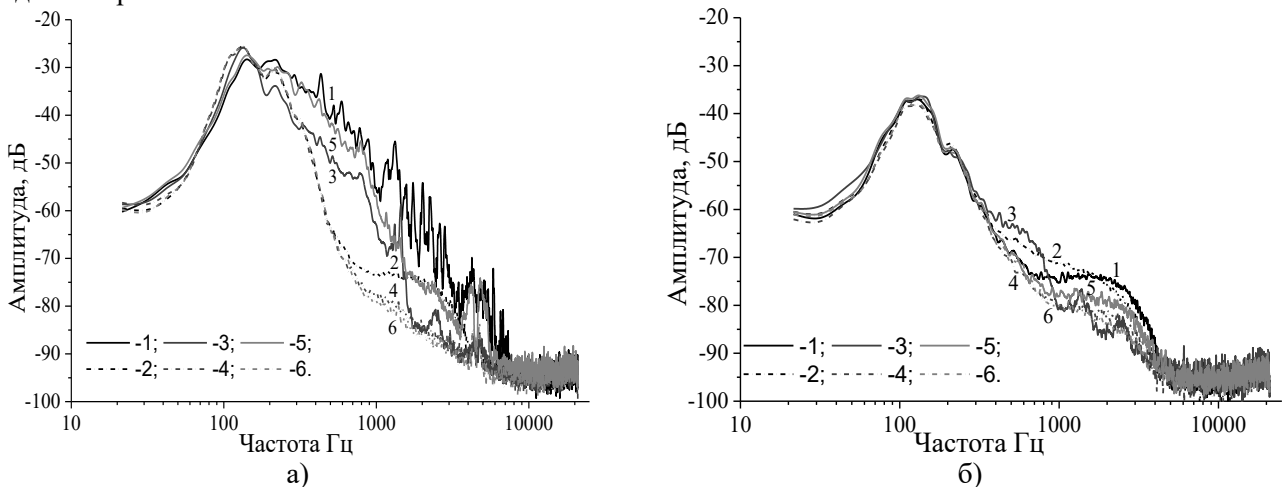


Рисунок 1 – Спектри (а) при вдиху (а) і видихах б) для хворого (крупозна пневмонія) (1, 3, 5) і здорового легень (2, 4, 6), початкова стадія пневмонії (1, 2); через 5 днів (3, 4); на 4 день після початку прийому антибіотиків (5, 6)

Зіставлення спектрів здорового і ураженого пневмонією легкого - рис показує, що при пневмонії за рахунок крепітації при вдиху істотно піднімається рівень високочастотних 400 ... 4000 Гц компонент, приблизно на 5 ... 10дБ. У центральній частині рівень шуму приблизно однаковий, а в низькочастотній 90 ... 140Гц при пневмонії трохи нижче рівень приблизно на 3 ... 5дБ, в той час як на частотах 20 ... 620Гц шум везикулярного дихання вище на 2 ... 5 дБ ніж при пневмонії.

Аналіз окремих фаз дихання: викиди при вдиху і паузи при видиху показує, що при фазі видиху відсутні суттєві відмінності при пневмонії від нормальної легені.

Оскільки різниця між спектрами шумів здорового і хворого легень, як видно з рис.1, проявляється іноді на малих рівнях спектральної щільності, то для порівняння доцільно використовувати спектри у логарифмічному масштабі. Як критерій можна використовувати величину неув'язки досліджуваного спектра шумів і еталонного, а також критерій Фішера для порівняльної оцінки ймовірності різних гіпотез

#### **Висновки:**

1. Для виявлення патологій дихання, пов'язаних з пневмонією можна використовувати середні спектри шуму кожної з фаз дихання (вдиху, видиху). Виділення шумів окремих фаз здійснюється за інтенсивністю за допомогою порогової процедури.

2. Найбільші відмінності між спектрами шуму для здорового і хворого легень спостерігаються під час фази вдиху. Виявляються вони на частотах вище 200 Гц і можуть перевищувати 30дБ для хворого легень на частотах близько 1000 Гц і обумовлені жорстким диханням і крепітацією.

3. Для розпізнавання можна використовувати величину неув'язки між спектрами, вираженими у логарифмічному масштабі лівого і правого легень, а також отриману при порівнянні з еталонними шумами здорової легені.

4. Шуми фази видиху слабо інформативні. Відмінності між шумами здорового і хворого легень не перевищують в фазі видиху 10дБ.

5. Наявність ексудату, крім змін у спектрах шумів призводить до змін у динаміці заповнення легень повітрям, що проявляється у часових затримках реалізацій інтенсивності шуму.

#### **Перелік посилань:**

1. Луценко В.И. Сигнатуры акустических шумов патологий легких./ Луценко В. И., Ло Иян, Бабаков М.Ф. // Всероссийская открытая научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн» - Муром 28.05-30.05.2019 г / Электронный ресурс <http://www.mivlgu.ru/conf/armand2019/konspekt-2019/index.html> / Муром. - 2019. - С.671-678

2. Луценко В.И. Имитационная модель акустических шумов процесса дыхания и технологии выделения сигнатур при патологиях легких./ Луценко В.И., Ло Иян, Бабаков М.Ф. // VII Міжнародна науково-практична конференція «Обработка сигналов и негаусовских процессов», присвячена пам'яті професора Кунченка Ю.П./ VII Міжнародна науково-практична конференція «Обработка сигналов и негаусовских процессов», присвячена пам'яті професора Кунченка Ю.П., 23 – 24 травня 2019 р., м. Черкаси, Україна./ Праці VII Міжнародної науково-практичної конференції "Обработка сигналов и негаусовских процессов".-2019. -С.40-42

**УДК 574:004.942**

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОЙ ОКРАСКИ РЫБ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ДИСТАНЦИОННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ В ВОДОЕМЕ**

Ю. Г. Беспалов<sup>1</sup>, К. В. Носов<sup>1</sup>, А. Я. Григорьев<sup>2</sup>, А. В. Левченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,  
61022, Харьков, пл. Свободы, 4, e-mail: y.bespalov@karazin.ua,

<sup>2</sup>Харьковская государственная зооветеринарная академия,  
Харьковская обл., пгт. Малая Даниловка, ул. Академическая, 1.

This paper presents results obtained by applying an original approach to mathematical modeling of the protective coloration of animals. The outcomes are new from a fundamental biology point of view. The results can be applied to the procedures of unmasking and recognition of different types of fish in the course of their remote registration in a reservoir. We used an approach involving the analysis of the minimum required set of combinations of colorimetric components corresponding to the dynamics and spatial distribution of pigments of vegetation of habitats.

Разработка технологий дистанционной автоматической регистрации актуальна в настоящее время в связи с проблемами рыбоводства (в первую очередь – пастбищного). Такие технологии могут быть также востребованы для решения проблем биобезопасности других видов водопользования (для

своевременной регистрации гибели рыб – как сигнала ухудшения качества воды). Для разработки указанных технологий необходимы процедуры автоматической идентификации рыб путем компьютерного анализа их дистанционно полученных изображений (например – сделанных с борта дронов цифровых фотографий, в частности – компонентов их RGB-модели). При разработке таких процедур могут возникнуть проблемы, связанные с защитной окраской рыб. С другой стороны, анализ некоторых аспектов этой окраски создает возможности разработки новых автоматических методов распознавания определенных видов рыб и других животных в местах их обитания. Из сказанного следует актуальность разработки новых подходов к математическому моделированию окраски рыб. Исследование возможностей одного из таких подходов и является предметом настоящей работы.

В работе [1] продемонстрированы возможности использования для демаскировки рыб параметров разнообразия их окраски, смоделированных с помощью оригинального, имеющего мировую новизну класса математических моделей – дискретных моделей динамических систем (ДМДС). В работе [2] показано, что, наряду с многообразием комбинаций колориметрических параметров (КП), играет роль также выравнивание значений КП в этих комбинациях, увеличивающая универсальность адаптивной функции окраски животного. В настоящей работе исследован другой путь обеспечения этой универсальности. Речь идет об использовании в защитной окраске животного минимального набора комбинаций КП. Имеется в виду набор, соответствующий стадиям развития растительных сообществ, формирующих цветовой фон, на котором воспринимается силуэт животного. С известной степенью огрубления в развитии многих растительных сообществ, на основе анализа компонентов RGB – модели цифровой фотографии, может быть выделена стадия высокой продуктивности (СВП), которой соответствует высокие значения величины  $G/(R+G)$  при низких значениях величины  $R/G$ , и стадия высокой стабильности (СВС) с обратным соотношением этих значений. Защитная окраска животных в большинстве случаев обеспечивает эффект расчленения зрительного восприятия силуэта. Для обеспечения этого эффекта в любой точке пространства и времени на теле животного должны быть пятна с комбинациями КП, соответствующими, как СВП, так и СВС. Результаты проведенного в рамках настоящей работы с помощью ДМДС моделирования окраски карпа (*Cyprinus carpio*) соответствуют этой закономерности. Причем, у чешуйчатого карпа – формы более близкой к исходной дикой, эта закономерность выражена четче, чем у рамочного – мутанта, существование которого возможно лишь в условиях одомашнивания, исключающих такой фактор естественного отбора как пресс хищников. Нахождение этой закономерности (представляющей определенный интерес с точки зрения фундаментальной биологии) создает предпосылки для разработки процедур распознавания даже разных видов рыб в водоеме.

Вывод об определенном теоретическом и практическом значении результатов настоящей работы представляется обоснованным. Так, на первых этапах разработки автоматическими могут быть только технологии распознавания фрагментов изображения водоема, на которых достаточно велика вероятность нахождения рыб. После такой фильтрации фрагментов изображения полное распознавание может быть осуществлено уже с участием людей-специалистов, объем зрительной информации, которой они должны оперировать, в результате фильтрации станет существенно меньше.

#### Перечень ссылок:

1. Bespalov Yu., Nosov K., Kabalyants P. (2017) Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. bioRxiv 161687. 2017, Vol: 5 (10-89). pp: 46-54. – doi: <https://doi.org/10.1101/161687>.
2. Bespalov, Yu. G., Nosov, K. V., Kabalyants, P. S. (2018). A mathematical model of the effect of natural selection on adaptation forms that implemented by disruptive coloration of *Taurotragus oryx*. bioRxiv. - doi: <http://dx.doi.org/10.1101/368084>.

#### УДК 004.853

#### ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ АНОМАЛІЙ В ПСЕВДОПЕРІОДИЧНИХ ЧАСОВИХ РЯДАХ ЕКГ

Т. О. Білобородова, І. С. Скарга-Бандурова

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,  
93400, Северодонецьк, пр. Центральний, 59-а, кафедра комп'ютерних наук та інженерії,  
тел.: (06452) 28997, e-mail: beloborodova.t@gmail.com

The purpose of the research is anomaly detection in the pseudoperiodic time-series, such as ECG. The proposed approach includes the data normalization, signal segmentation, adjustment of the obtained segments using the sine-window function for obtaining a window with high resolution, clustering segments using the k-means algorithm, and finding centroids of the obtained clusters. The classification of the original ECG signals

showed the following results: the maximum classification error was 0.2%, with 98% of the reconstructed data having an error below 0.1%, which indicates the good applicability of the proposed approach.

Доповідь присвячено висвітленню результатів розробки підходу до виявлення аномалій у псевдоперіодичних часових рядах на прикладі сигналів електрокардіограми (ЕКГ). Актуальність дослідження обумовлена тим, що наявні в даний час методи виявлення аномалій ЕКГ, починаючи від академічних досліджень до широко використовуваних комерційних електрокардіографів, все ще страждають від високої кількості помилок при визначенні аномалій, оскільки не здатні відрізнити артефакти ЕКГ від реального сигналу ЕКГ, особливо у випадках коли артефакти ЕКГ подібні до сигналів ЕКГ за формою або частотою [1].

ЕКГ є графічним сигналом, що представляє електричну активність, яка генерується серцевим м'язом. Сигнал ЕКГ є псевдоперіодичним потоком даних, в якому кожен цикл описує одне серцебиття. Псевдоперіодичність передбачає, що часовий ряд має доміную частотну складову, завдяки чому дані демонструють повторювану картину [2]. Псевдоперіодичні часові ряди також характеризуються нерегулярними циклічними процесами або майже періодичними сигналами [3]. Домінуючою частотною складовою сигналу ЕКГ є R-пік. Періоди ЕКГ, що представляють елементи QRS-комплексу пацієнта, дуже схожі один на одного, але істотні зміни в формі сигналів ЕКГ часто вказують на наявність патологічних відхилень в роботі серцево-судинної системи. У цьому сенсі, поняття аномалії може бути визначене як найбільш незвичайні підпоследовності в довгих часових рядах.

Точність методу виявлення аномалій безпосередньо впливає на результат діагностики серцевих захворювань. Як відзначається у [1] типові помилки виникають тому, що алгоритми приймають деякі артефакти ЕКГ як аномалії ударів у той час як фактично деякі з них є звичайними ударами. Артефакти ЕКГ виникають не тільки від електричної активності самого серця, але й від різних шумових перешкод і, з огляду на характер процесу, не можуть бути усунені традиційними способами. Так, виявленню аномалій в періодичних потоках даних присвячено багато робіт. Традиційними є аналітичні інструменти, засновані на моделі Фур'є, що забезпечують розкладання нерегулярного ряду на синусоїдальні компоненти з постійним масштабуванням тільки для кожного повторюваного сегмента, що призводить до відсутності значущості щодо окремих несинусоїдальних компонентів ряду, разом з тим, підходи до виявлення аномалій в періодичних потоках даних не призначені для обробки та адаптації псевдоперіодичних часових рядів.

У загальному випадку, періодичний та псевдоперіодичний ряди можуть бути визначені за трьома основними ознаками періодичності: довжина періоду, шаблон послідовних повторюваних сегментів і масштабні коефіцієнти, пов'язані з повторюваними сегментами шаблону.

Процес виявлення аномалій містить моделювання нормального стану досліджуваного процесу, пошук подій, що характеризуються відхиленнями від норм, класифікація та безпосередньо визначення типу аномалій.

Запропонований підхід до виявлення аномалій включає наступні етапи: нормалізація даних, сегментація сигналу, нормування отриманих сегментів з використанням віконної функції синус-вікно [4], яка дозволяє отримати вікно з високою роздільною здатністю, кластеризація нормованих сегментів з використанням алгоритму *k-means* [5], визначення центроїдів отриманих кластерів. В результаті реалізації визначених етапів отримується модель, що дозволяє провести класифікацію нових сигналів ЕКГ та виявити певні аномалії. При застосуванні на нових даних помилка класифікації є кількісним показником аномалії в сигналі ЕКГ (рис. 1).

Експеримент проведено з використанням сигналу ЕКГ, отриманого з застосуванням розробленого носимого пристрою для реєстрації ЕКГ. Для отриманого сигналу застосовано нормалізацію даних – приведення даних до масштабу від -1 до 1. Використано визначення медіани та її зміщення до нуля.

Проведена сегментація сигналу, в результаті якої з використовуваного фрагменту сигналу отримано 7122 сегменти. Для приведення значення початку та кінця отриманих сегментів до нуля використано віконну функцію, а саме синус-вікно, значенням якого обрано половину синусоїди. Проведено кластеризацію з використанням алгоритму *k-means* та визначення центроїдів отриманих кластерів. Отримана модель застосована до оригінального сигналу ЕКГ.



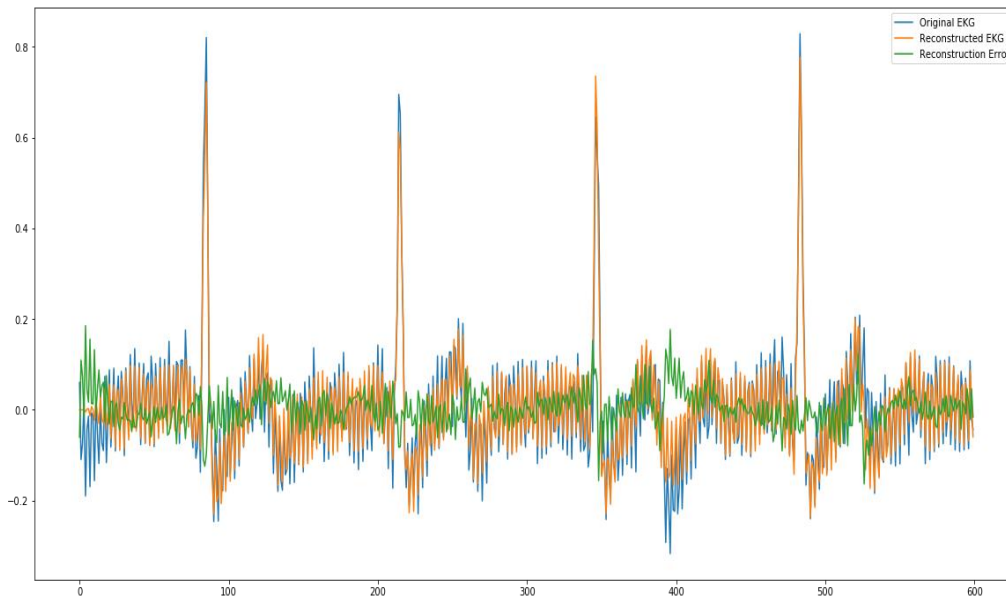


Рисунок 1 – Оригінальна ЕКГ, реконструйована ЕКГ, помилка класифікації

В результаті експериментів з моделлю, максимальна помилка класифікації склала 0.2%, 98% реконструйованих даних мають помилку нижче за 0.1%, що свідчить про високу якість отриманої моделі. У майбутньому планується проведення порівняння запропонованого підходу з результатами виявлення аномалій за іншими методами і його вдосконалення для підтримки виявлення аномалій в реальному часі.

#### Перелік посилань:

1. Sivaraks H., Ratanamahatana C.A. Robust and Accurate Anomaly Detection in ECG Artifacts Using Time Series Motif Discovery. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2015, 453214. doi:10.1155/2015/453214.
2. Zhang J., Sun J., Luo X., Zhang K., Nakamura, T. and Small, M., 2008. Characterizing pseudoperiodic time series through the complex network approach. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 237(22), pp.2856-2865.
3. Kanjilal P.P., Bhattacharya J., Saha G. Robust method for periodicity detection and characterization of irregular cyclical series in terms of embedded periodic components. *Physical Review E*, 1999, 59(4), p.4013.
4. The MLT Sine Window [https://ccrma.stanford.edu/~jos/sasp/MLT\\_Sine\\_Window.html](https://ccrma.stanford.edu/~jos/sasp/MLT_Sine_Window.html)
5. Amorim R.C., Hennig C. Recovering the number of clusters in data sets with noise features using feature rescaling factors. *Information Sciences*, 2015, 324: 126-145. arXiv:1602.06989. doi:10.1016/j.ins.2015.06.039.

#### УДК 004.932.2

### АВТОМАТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ОПТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МІКРОПРЕПАРАТІВ КРОВІ

І. К. Васильєва

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»,

e-mail: i.vasilieva@khai.edu

The given work is devoted to the development of a robust algorithm for the automatic classification of blood cells, which is insensitive to color variability of microscopic preparations. The proposed approach includes two stages: statistical segmentation by the maximum likelihood method and local spatial filtering of the image in conditional colors. The integrated using both the brightness values of individual pixels and the morphological properties of the selected segments in the decision rules can improve the classification reliability.

Кількість і морфологічні ознаки клітин крові є інформативними показниками фізіологічного стану людини. Оптимальним підходом для отримання точних результатів клінічного аналізу крові є поєднання дослідження лейкограми на гематологічному аналізаторі і мікроскопічного дослідження забарвленого зразка крові [1]. Використання систем автоматизованої мікроскопії дозволяє знизити навантаження на персонал лабораторії, підвищити точність результатів досліджень, а також порівняти особливості оптичних зображень із результатами інших методів дослідження (біохімічних, біофізичних, фізіологічних та ін). Крім цього, цифрові зображення гістологічних

препаратів можна зберігати в базах даних та / або передавати в центри надання телемедичних консультацій, використовуючи для цього сучасні засоби зв'язку. У більшості пропонувані на ринку програмні рішення для класифікації зображень використовуються формальні ознаки, в першу чергу, морфологічні, що характеризують розташування і орієнтацію об'єктів, а також загальні розміри та геометричну форму клітин [1]. Поряд з точністю результатів такі системи мають ряд істотних недоліків, і, в першу чергу – високу вартість. Більш того, придбання програмного забезпечення не гарантує достовірних результатів на наявному в звичайній лабораторії обладнанні та за ручного виготовлення препаратів, які часто бувають більш низької якості, ніж це необхідно для правильної роботи програми. У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка робастного алгоритму автоматичної класифікації клітин крові, який би дозволяв отримувати прийнятні результати за умов роботи зі зразками різної якості і не залежно від апаратної частини аналізатора. Це дозволить в подальшому виділити на зображенні всі об'єкти одного класу (тематичні шари) і провести ряд додаткових кількісних і якісних досліджень. У даній роботі пропонується комплексний підхід до побудови такого алгоритму, що включає етап статистичної сегментації зображення на однорідні області за колірною-яскравісною ознакою (компонентою V – value моделі HSV) і етап пост-класифікаційної обробки зображення в псевдокольорах, який реалізує процедуру локальної морфологічної фільтрації з урахуванням топологічних властивостей об'єктів. Пороги для статистичної сегментації знаходяться за критерієм максимальної правдоподібності; при цьому для опису багатомодальних щільностей розподілу ознаки прийнята суміш ненормованих функцій Гауса [2]. Для оцінювання параметрів моделі використовується ітераційна процедура, яка забезпечує найкраще збігання апроксимуючої суміші з емпіричним розподілом (гістограмою). Результати автоматичної сегментації зображення препарату крові (рис. 1) на ґрунті методу розщеплення суміші розподілів (рис. 2) показано на рис. 3.

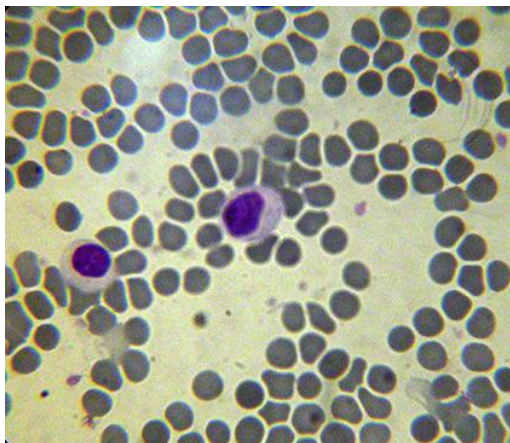


Рисунок 1 – Зображення препарату крові

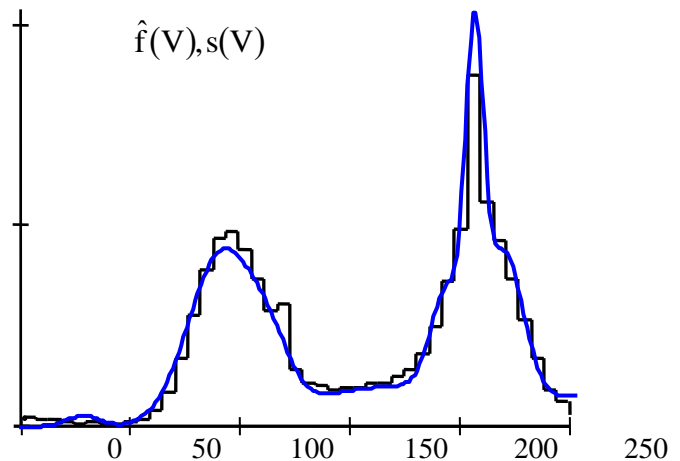


Рисунок 2 – Гістограма  $\hat{f}(V)$  і модель  $s(V)$

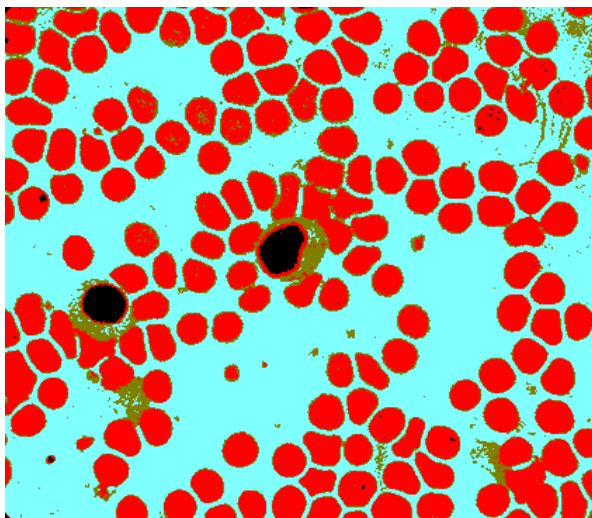


Рисунок 3 – Результати сегментації

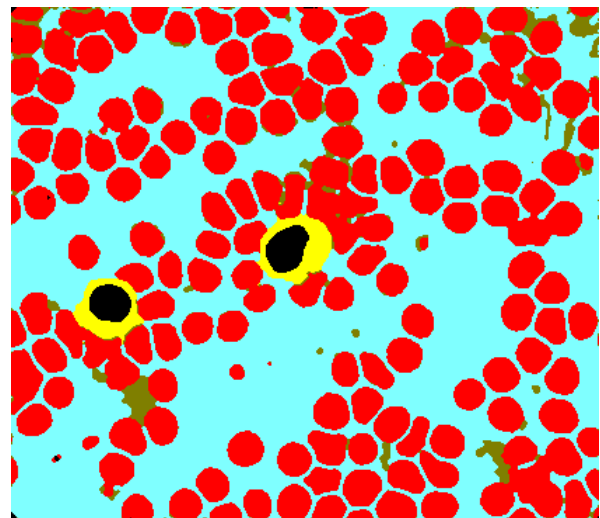


Рисунок 4 – Результати пост-обробки

Результати пост-обробки представлено на рис. 4. На цьому етапі виконується локальна просторова фільтрація сегментованого зображення; при цьому центральний піксель в кожному вікні фільтра асоціюється з результатом класифікації за  $k$ -найближчими сусідами [3]. Для підвищення ефективності пост-обробки необхідно враховувати інформацію про помилки попиксельної сегментації, що дозволить включити в процедури прийняття рішення евристичні правила для уточнення результатів класифікації.

Так, для структурно неоднорідного класу «лейкоцит» (яскраво забарвлене ядро та світла цитоплазма) морфологічна обробка виконується в околиці границь сегментів, маркованих як «ядро лейкоцита»; при цьому відбувається перевизначення класів, усунення ізольованих точок і об'єднання незв'язних сегментів цитоплазми (рис. 4).

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: отримали подальший розвиток комбіновані підходи до процедур розпізнавання образів – показано, що використання методів локальної морфологічної фільтрації сегментованих зображень дозволяє підвищити достовірність класифікації зображень. Прикладне значення результатів полягає в тому, що запропонований підхід можна використовувати для розробки ефективних процедур аналізу та інтерпретації зображень у вторинному просторі ознак, що описують топологічні властивості образів і структурні зв'язки між ними. Напрямок подальших досліджень – дослідження ефективності розробленого методу автоматичної класифікації об'єктів за результатами тестових розпізнавань із використанням зразків різної якості.

#### Перелік посилань:

1. Об одной методике классификации клеток крови и ее программной реализации / В.К. Беляков, Е.П. Сухенко, А.В. Захаров и др. // Программные продукты и системы / Software & Systems. – 2014. – № 4 (108). – С. 46-56.
2. Васильева, И. К. Метод автоматической кластеризации данных дистанционного зондирования / И. К. Васильева, А. В. Попов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2019. – № 3 (155). – С. 64-75.
3. Васильева, И. К. Исследование эффективности методов пост-классификационной обработки зашумленных многоканальных изображений / И. К. Васильева, В. В. Лукин // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2019. – № 2 (90). – С. 45-59.

УДК 615.47:616-072.7

### МОЖЛИВОСТІ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ СКАТЕРОГРАМИ РИТМУ СЕРЦЯ

О. М. Величко, Ал-Халалмех Садам Еяд Хамед

Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого,

61024, Харків, вул. Пушкінська., 77, тел.: (057) 704 90 22, e-mail: o.velichko@nulu.edu.ua,

Харківський національний університет радіоелектроніки,

61166, Харків, просп. Науки, 14, тел.: (057) 702 13 64, e-mail: sadamha19031991@gmail.com

The work is devoted to development in the field of heart rate variability. The objective of investigation is analysis of short-time RR-data set. Indicators for estimation of short-time RR-data set, including coefficient of fractal dimension had been proposed and may be used for development applications for medical mobile devices.

**Вступ.** Існуючі методики оцінки варіабельності ритму серця розроблені для короткотривалих (не менше ніж 5 хвилин) та довготривалих вимірювань і закріплені стандартами. Розвиток засобів індивідуального використання, орієнтованих на експрес-оцінку поточного функціонального стану, ставить задачу пошуку нових інформаційних показників з одного боку та мінімізації часу, необхідного для проведення розрахунків. Все це обумовлює актуальність досліджень, спрямованих на розробку методів швидкої оцінки стану людини за мінімальним набором показників.

**Матеріали і методи дослідження.** Вихідними даними для дослідження було обрано дві групи тестових добових сигналів: RR-інтервали для нормального синусового ритму та з екстрасистолею. Для здійснення розрахунків було розроблено пакет програм у середовищі MatLab. Кожна послідовність RR-інтервалів розділена на одно-хвилинні фрагменти, для яких були розраховані стандартні показники оцінки ВСП, геометричні параметри скатерограми (велика і мала осі та їх співвідношення) та показник фрактальної розмірності  $D_f$  скатерограми за методом box-counting. Кількість обчислених фрагментів: 25971.

За результатами розрахунків було сформовано матрицю (25971x19), де 19 – кількість показників. Для того, щоб дослідити доцільність і інформативність  $D_f$ , ми застосували кластерний аналіз методом k-means для розподілу об'єктів за 6 класами. Оскільки, до набору показників були включені показники Баєвського, для попередніх розрахунків було обрано шість кластерів. Середні значення для показників з різних кластерів відрізняються з ймовірністю більш ніж 95%. Подальша обробка даних за факторним аналізом дозволила визначити перелік показників для оцінки 1-хвилинних фрагментів.

**Висновок.** Запропонований набір з семи показників для оцінки одно-хвилинних фрагментів RR-інтервалів, до складу якого входять: показник фрактальної розмірності скатерограми та її геометричні параметри, показник кількості різницевих значень більш ніж 50 мс PNN50, триангулярний індекс гістограми TI та середнє значення Mean та отримано діапазони їх значень для шості кластерів. Результати роботи можуть бути використані при розробці додатків для мобільних пристроїв з метою оцінки поточного стану людини.

#### Перелік посилань:

1. Task Force of the European Society of Cardiology and North America Society of Pacing Electrophysiology, "Heart Rate Variability, Standard of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use," European Heart Journal, Vol. 17, 1996, P. 354-381.
2. Fractal analysis of heart rate variability as a predictor of mortality: A systematic review and meta-analysis / Jonathan Sen and Darryl McGill // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. Volume 28, Issue 7. – <https://doi.org/10.1063/1.5038818>.
3. Fractal phase space and fractal entropy of instantaneous cardiac rhythm / V.P.Tsvetkov, S.A.Mikheyev and I.V.Tsvetkov // Chaos, Solitons & Fractals. - Volume 108, March 2018, Pages 71-76. – <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2018.01.030>.

УДК 578.8+616.9(075.8):004.942

#### ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ ДЕМАСКУВАННЯ ЗАГРОЗ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕЦІ

О. В. Висоцька, Є. Ю. Затуліна, А. І. Печерська, А. П. Порван

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут», кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, 61070, Харків, вул. Чкалова, 17,  
e-mail: a.pecherska@khai.edu

The given work is devoted to the issues of information support the definition of tell-tale systemic effects that impact on biological objects. Organize information link between the data with extremely high distraction in different directions in the thouse industry, as environment, and to accelerate and simplify access to enable development of specialized databases and information technology detection system unmask effects abuse nature of dynamic equilibrium.

Проблема визначення епідеміологічних загроз внаслідок дії збудників інфекційних хвороб та токсинів біологічного походження, є вельми актуальною в усьому світі і пов'язана як із кліматичними змінами у навколишньому середовищі, так із негативними впливами антропогенних чинників на стан адаптаційних механізмів.

Особливої актуальності набуває своєчасне визначення джерел загрози біобезпеці питного та іншого видів водопостачання у екстремальних ситуаціях. Зокрема, в умовах бойових дій можливі пошкодження водоочисних споруд, сховищ токсичних речовин, тощо, які призводять до забруднення водоймищ та водотоків промисловими та побутовими стічними водами. Такі забруднення можуть спричинити масові отруєння людей та свійських тварин, а також розвиток епідемій інфекційних хвороб.

Вивчення ознак розвитку екологічної небезпеки, як важливих факторів погіршення епідеміологічного стану, що впливають на ухвалення рішень щодо екологічної та епідеміологічної безпеки регіону, в силу своєї інформаційної ємності, вимагає застосування новітніх інформаційних технологій. Відомі на сьогоднішній день технології визначення загроз масових захворювань, потребують досить складного і дорогого обладнання, висококваліфікованого персоналу для реєстрації вихідної інформації та вимагають консолідації цієї інформації. Тому процес визначення ризику епідеміологічних загроз потребує розробки нових підходів та інформаційних технологій вивчення системних аспектів функціонування природних систем та адаптаційних механізмів живих організмів.

Зважаючи на те, що біологічним об'єктам властиві певні структури відносин між параметрами, що визначаються міжкомпонентними і внутрішньоконпонентними позитивними і негативними впливами,

які можна дослідити з використанням математичних методів, загрози масових захворювань можуть бути визначені за ознаками системних порушень механізмів гомеостазу живої природи. Для дистанційного визначення загроз масового ураження людей доцільно аналізувати результати оцінки динамічних характеристик системних аспектів функціонування біологічних об'єктів та їхні адаптаційні механізми в умовах впливу чинників, що обумовлюють зміну параметрів стабільності екологічних систем та адаптаційних механізмів організму людини. Фактичний матеріал для таких досліджень в екстремальних умовах загроз масових захворювань може реально бути отриманий методами, які не потребують великих контингентних досліджень, у тому, числі дистанційно. За цих умов зростає роль інформаційних технологій дистанційної реєстрації загроз масових захворювань з використанням цифрового фотографування, наприклад, з борту легких безпілотних літальних апаратів.

Визначення ризику виникнення загрози масових хвороб людей і тварин, або викликаних внаслідок ураження біологічними токсинами ціанобактерій може відбуватись шляхом порівняння матриць відносин компонентів динамічної системи та ідеалізованої траєкторії поведінки динамічної системи (ІТПДС), побудованих на фактичному матеріалі структури і динаміки біологічного об'єкту.

Нові ефективні підходи до розробки методів дистанційного визначення на місцевості наявності потенційних носіїв та джерел небезпечних інфекційних хвороб можуть бути розроблені шляхом аналізу вигляду ІТПДС, побудованих на фактичному матеріалі про морфологічні та біомеханічні зміни, а також забарвлення таких джерел. Підвищення контрастності таких зображень, отриманих за допомогою цифрового фотографування з борту легких дронів можна реалізувати шляхом аналізу вигляду ІТПДС, побудованої на матеріалі колориметричних параметрів цих згрупень.

Таким чином, інформаційна підтримка усього технологічного процесу спроможна удосконалити роботу спеціалістів та сприятиме адекватній оцінці шкідливого впливу на чинників нетехногенної природи, які створюють загрозу масових захворювань.

#### УДК 621.317

### ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ З НЕТЕПЛОВИМ ЕФЕКТОМ ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Ю. А. Волошин

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

e-mail: j.a.voloshyn@gmail.com

The given work is devoted to theoretically substantiates and approves a new approach of creating an effective method of forming electrical oscillations, transforming them into electromagnetic radiation with given spatial parameters, which is implemented in a radio engineering device, and also describes its work with non-thermal influence of electromagnetic field.

Серед радіотехнічних пристроїв терапевтичного призначення набули поширення пристрої, які є, по суті, генераторами електричних коливань із заданими характеристиками, пристрої з низькочастотних спектром коливань, які призначені для впливу на біоструктури електричними імпульсними струмами через систему спеціальних електродів, а також генератори високо частотних (ВЧ) коливань, які передбачають безконтактний вплив шляхом формування високочастотних електричного і магнітного полів або електромагнітних ітного випромінювання за допомогою антенних пристроїв.

Актуальність теми роботи визначається необхідністю вдосконалення методів і засобів формування діючих електромагнітних факторів радіотехнічних медичних терапевтичних пристроїв, обумовлена досягненням прогнозованого біологічного ефекту, а також неможливістю механічного перенесення відомих технічних рішень в дану область.

У джерелах надвисокочастотного випромінювання (НВЧ) щільність потоку потужності не перевищує 10 мВт / см, а діапазон частот електромагнітних коливань для більшості пристроїв становить 42 ... 65 ГГц. Запропонована методика медичного застосування передбачає експериментальний пошук оптимальних значень частоти, потужності та інших характеристик випромінювання.

Ефект дії електромагнітних факторів, що створюються перерахованими пристроями, проявляється в нагріванні біотканин або їх електростимуляції, тобто в вираженому енергетичному впливі[1]. Як джерело НВЧ електромагнітного випромінювання в них застосовують твердотільні генератори на лавинно-пролітних діодах або діодах Ганна [2].

Методика запропонованого застосування передбачає експериментальний пошук оптимальних значень частоти, потужності та інших характеристик випромінювання.

Одним із завдань проведеного дослідження є лабораторна перевірка впливу електромагнітних коливань формованих розробленим пристроєм на біологічні об'єкти (БО) або їх субстанції, порівняння виникають біологічних ефектів з відомими результатами.

Основними радіотехнічними параметрами, такими, що підлягають вимірюванню, є абсолютне значення величини струму, тривалість і крутість фронтів досліджуваного імпульсу розрядного струму. Методика вимірювання основних характеристик періодичних послідовностей імпульсних процесів заснована на осцилографуванні результатів, яка дозволяє одночасно вимірювати параметри імпульсів і спостерігати їх форму.

Формується спектр коливань містить лінійчату і безперервну компоненту радіохвиль. Лінійчатий спектр обумовлений періодичністю імпульсного іскрового розряду, інтервал між спектральними лініями дорівнює частоті повторення імпульсів, кожна спектральна лінія може розчеплюватися на кілька складових при багаторазовому іскровому пробі або внаслідок тимчасового розкиду формування стримерів. Безперервний спектр обумовлений в основному тепловим випромінюванням плазми іскрового розряду.

Таким чином, для медичних технологій інформаційного впливу електромагнітних полів, діелектрична стрижнева антена (ДСА) випромінювача міліметрового діапазону повинна має довжину  $L = (5-8) \lambda$ , крім ділянки довжиною близько  $2\lambda$  на кінці стрижня, яким необхідно надати конічну форму. Діаметр ДСА слід вибирати в залежності від діапазону частот випромінювання з передбачуваної найбільшою біологічною активністю. Якщо такий діапазон не визначений або невідомий, раціонально мати набір випромінювачів з різними розмірами, які були розраховані, для інтервалів частот 30 ... 300 ГГц[3].

У даній роботі запропоновано новий підхід створення ефективного методу формування електричних коливань, трансформації їх в електромагнітне випромінювання з заданими просторовими параметрами, який реалізований в радіотехнічному пристрої, а також описана його робота з нетепловим впливом електромагнітного поля на біологічні об'єкти.

Отримана комплексна якісна і кількісна оцінка методів і засобів формування електромагнітного випромінювання з нетеплової формою біологічної дії, що збуджується періодичним імпульсним газовим розрядом в коаксіальній системі електродів, навантаженої на циліндричну діелектричну антену[4].

Джерелом цього впливу є слабкий іскровий розряд в плазмі при тиску і складі газу, близьким до атмосферного. В цілях технологічності конструкції, зручності генерації та передачі електричного випромінювання (ПЕВ), іскровий розряд організовано в симетричній коаксіальній лінії (рис. 1).

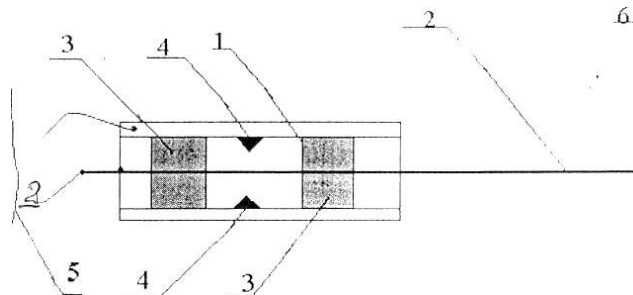


Рисунок 1 – Коаксіальний іскровий розрядник і діелектрична антена для збудження аплікатора: 1 - металева (нейзильбер) трубка; 2 - центральний стрижень (молібден); 3 - діелектричні опори, трансформатори імпедансу; 4 - металеві виступи, область ініціації іскри; 5 - вводи іскророзрядника; 6 - діелектричний обтічник антени аплікатора; 7 - аплікатор (фторопласт).

Формування розробленим радіотехнічним пристроєм широкого спектру електромагнітних коливань не вимагає трудомісткого пошуку біорезонансних частот і підвищує ймовірність досягнення позитивного терапевтичного ефекту.

#### Перелік посилань:

1. Скрипник Ю.О. Підвищення вірогідності результатів вимірювань радіометричних систем медико-біологічного призначення / Ю.О. Скрипник, К.Л. Шевченко, О.П. Яненко, С.М. Перегудов, В.П. Куценко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. –2003. –№ 2. –С. 61-64.
2. Підкамінь Л. Й. Енергоінформаційні механізми складних біосистем : Навч. посіб. / Л. Й. Підкамінь; Чернів. нац. ун-т ім. Ю.Федьковича. - Чернівці : Рута, 2004. - 79 с. - Бібліогр.: 46 назв. - укр.

3. Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія/ М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, М. В. Чухраєвта ін. -Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. –180с.

4. Жук М. І. Методи і алгоритми обробки та аналізу медико-біологічних сигналів. Навч. посібник / М. І. Жук, В. В. Семенець. – Харків: ХНУРЕ, 2006. – 264 с.

**УДК 519.7:619**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ВЫРАВНЕННОСТИ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НОГТЯ**

Е. В. Высоцкая<sup>1</sup>, Л. И. Рак<sup>2</sup>, Ю. Г. Беспалов<sup>3</sup>, К. В. Носов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, тел.: +38(057)788-45-02, e-mail: o.vysotska@khai.edu,

<sup>2</sup>ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины»,

61153, Харьков, пр. Юбилейный, 52-а, отделение педиатрии и реабилитации,

E-mail: otdel\_pediatria@ukr.net, тел.: 0507839953

<sup>3</sup>Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,

61022, Харьков, пл. Свободы, 4, e-mail: y.bespalov@karazin.ua

We present the models of the cycle of changes of colorimetric parameters of a nail obtained for different states of microcirculation with usage of digital imaginary. The differences of these models by the nature of evenness of the indicated values at different steps of the simulated cycle are shown. The results can be used in telemedicine and emergency medicine. For such usage the discrete models of dynamic systems hold great promise, which leads to a decrease in the requirements for the basic data.

В настоящее время весьма актуальной является проблема расширения арсенала методов телемедицины и медицины экстремальных ситуаций, в частности – методов экспресс-диагностики, которые могут быть использованы в условиях дефицита (или даже – отсутствия) квалифицированного медицинского персонала [1], [2]. Это в полной мере относится к методам диагностики состояния микроциркуляции [3].

Широкое распространение в настоящее время аппаратуры для цифровой фотографии обуславливает перспективность для указанной проблематики методов компьютеризированного анализа колориметрических параметров различных частей тела, легко доступных для фоторегистрации. Определенные предпосылки для этого создают представленные в работе [4], результаты формализованного описания, на базе фактического материала цифровых фотографий с применением дискретных моделей динамических систем (ДМДС), адаптационных механизмов (АМ) защитной окраски животных. В данной работе [4] показана роль в функционировании указанных АМ степени выравнивания колориметрических параметров (КП), показателем которой является сближенность их значений.

Предметом настоящей работы является, выполненное с применением ДМДС, моделирование, присущих артериальной гипертензии (АГ) и клинической норме (КН) аспектов выравнивания КП цифровых фотографий ногтя. Целью исследования было нахождение закономерностей, которые позволили бы разработать методы диагностики состояния микроциркуляции на основе компьютеризированного анализа цифровой фотографии ногтя.

ДМДС применялось на основе расширенного толкования закона Юстуса Либиха и приема рехронизации [5] – [6], базирующегося на допущении, что разные участки исследуемого объекта (в данном случае – ногтевого ложа) меняют комбинации своих КП в пределах одного цикла, но в момент регистрации находятся на разных его фазах. Для выборок пациентов с АГ и КН, строились идеализированные траектории системы (ИТС), отражающие цикл, связанного с взаимодействием артериальной и венозной крови в капиллярах, изменения сочетаний значений компонентов RGB-модели цифровой фотографии. Речь идет о сочетаниях компонентов, обусловленных содержанием различных пигментов крови и их форм (красной, зеленой или бесцветной, сине-фиолетовой). Сравнительный анализ ИТС показал, что для диагностики состояния микроциркуляции при АГ и КН могут быть использованы различия в значениях выравнивания КП, отражающих сочетания разных пигментов и их форм в артериальной и венозной крови. Речь идет о КП, значения которых определяются сочетаниями значений красного, зеленого и синего компонентов RGB- модели цифровой фотографии ногтя.

Способ регистрации исходного фактического материала с помощью цифровой фотографии не требует квалифицированного медицинского персонала и может быть осуществлен широко

распространенной аппаратурой. Применение ДМДС и рехронизации снижает требования к массиву исходной информации, который не должен отражать динамику исследуемых процессов в реальном времени (в ряде случаев достаточно одномоментной регистрации). Это обуславливает перспективность использования полученных результатов для разработки методов регистрации состояния системы микроциркуляции, не требующих квалифицированного медицинского персонала (что важно для телемедицины и медицины экстремальных состояний). Вывод о практической ценности полученных результатов и достижении цели настоящего исследования с учетом сказанного представляется достаточно обоснованным.

#### Перечень ссылок:

1. Emeli-Komolafe J. Telehealth, Telemedicine or Electronic Health Simplified. – New York: Xlibris, 2014
2. Камбалов, М. Н. Медицина экстремальных ситуаций: учеб.-метод. пособие для студентов 3 курса всех фак-тов мед.вузов / М. Н. Камбалов, А. А. Ребко, С. А. Анашкина; под ред. С. А. Анашкиной. – Гомель: ГомГМУ, 2016. – Ч. 1: Основы медицины катастроф. – 116 с.
3. Козлов В.И. Микроциркуляция крови: оценка состояния и диагностика расстройств капиллярного кровотока // Тез. докладов V всерос. с междунар. участием школы-конференции. – М., 2012. – 110 с.
4. Bepalov, Yu. G., Nosov, K. V., Kabalyants, P. S. (2018). A mathematical model of the effect of natural selection on adaptation forms that implemented by disruptive coloration of *Taurotragus oryx*. bioRxiv, doi: <http://dx.doi.org/10.1101/368084>.
5. Zholtkevych, G. N. Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Anthropogeneous Eutrophication / G. N. Zholtkevych, Y.G. Bepalov, K. V. Nosov [et al.] // Acta Biotheoretica. – 2013. – № 61(4). – P. 449-465. – doi:10.1007/s10441-013-9184-6.
6. Bepalov, Y., Nosov, K., Kabalyants, P. (2017). Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. bioRxiv doi:10.1101/161687

#### УДК 004.8

### ВИЯВЛЕННЯ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВИГОРАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

П. Є. Жернова, І. Г. Перова, Б. О. Яценко

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, м. Харків, пр. Науки, 14, кафедра Системотехніки,

e-mail: [polina.zhernova@nure.ua](mailto:polina.zhernova@nure.ua), [iryna.perova@nure.ua](mailto:iryna.perova@nure.ua), [bohdan.yatsenko@nure.ua](mailto:bohdan.yatsenko@nure.ua)

Job burnout is an emotional condition that can be recognized mostly among social service employees. Indications of burnout are chronic fatigue, emotional drain and cynicism towards colleagues, patients and job at all. There are Maslach Burnout Inventory a questionnaire which provides to detect burnout condition and intensity of that condition. The propose to apply machine learning approaches is to predict early prerequisites of job burnout in employees. Initial data set was processed and labeled for machine learning models. Burnout is correctly predicted in 70% of cases.

Під явищем професійного вигорання розуміють стресовий стан, за якого спостерігається значне фізичне або емоційне виснаження організму. У Міжнародному класифікаторі хвороб професійне вигорання розміщене у групі “Фактори, які впливають на стан здоров’я або контакт із медичними службами”, та є станом організму, що спричинений довготривалим стресом на роботі, якому не було надано належної уваги. Поняття “вигорання” слід застосовувати виключно у контексті професійної діяльності, та ніколи до інших сфер діяльності людини [1]. Найбільш схильними до професійного вигорання є професії соціальної сфери – персонал медичних, навчальних закладів тощо. Перебування людини у стані вигорання супроводжується:

- виснаження – постійна втома та нестача енергії для виконання задач;
- відчуженість від робочих процесів – розчарування у роботі, цинічність до робочих моментів, колег, клієнтів (пацієнтів), відсутність емоцій;
- зниження працездатності – задачі здаються нецікавими, вимогливими до концентрації та необхідних ресурсів [2].

Перебування у такому стані може спричинити до негативних наслідків як для здоров’я працівника так і зашкодити фізичному або емоційному стану колег та клієнтів, оскільки схильність до вигорання мають працівники соціальної сфери.

Найбільш дієвим способом запобігання вчиненню шкоди здоров’ю є запобігання розвитку та формування професійного вигорання. Таким чином головним завданням є виявлення працівників, які знаходяться на ранній стадії розвитку професійного вигорання.



Визначення наявності синдрому професійного вигорання можливе за допомогою Maslach Burnout Inventory (МВІ) – набір тестових запитань з трьох категорій, які дозволяють визначити чи перебуває людина у стані професійного вигорання та ступінь його складності. МВІ включає 3 блоки питань, кожен з яких характеризує окрему складову професійної діяльності, у табл. 1 наведені граничні значення складності прояву професійного вигорання.

Слід зауважити, що блок В має обернену до решти питань шкалу.

Відповіддю на кожне питання блоків – є число від 0 до 6, яке описує частоту прояву симптому вигорання, де 0 - “ніколи”, а 6 - “щоденно”.

Дослідження проведено на результатах тестування 105 працівників освітньої сфери. Опитування проводилося на рівномірно скороченому наборі тестових питань аналогічної структури (кожен блок скорочено на 2 питання).

Для скороченого тестового набору виконано пропорційне перенесення меж ступеню вигорання, так високий рівень професійного вигорання спостерігається при наборі більше ніж 21 балу. Відповідно до меж скороченого тестового набору виконано розмітку даних: цільовою вважається група працівників, які набрали менше ніж третину балів у кожному із блоків питань (Клас 1), решта розмічена як Клас 0.

Таблиця 1 – Граничні ступенів прояву симптомів професійного вигорання

Блок питань	Ступінь професійного вигорання		
	Легкий	Середній	Важкий
Блок А. Вигорання (тривога)	17 або менше	між 18 та 29	30 і більше
Блок Б. Особиста відчуженість	5 або менше	між 6 та 11	12 та більше
Блок В. Особисті досягнення	40 та більше	між 34 та 39	33 та менше

По проведенні розмітки маємо наступний розподіл екземплярів у вибірці:

- працівники із початковими ознаками або вигоранням у легкому прояві – 37%;
- працівників із вигоранням середньої та високої складності – 63%.

Для навчальної вибірки, скорочено кількість елементів Класу 0 таким чином, що кожен клас займає половину навчальної вибірки. Навчання моделей класифікації виконувалося на результатах тестів, результатах із алгебраїчними перетвореннями та урахуванням віку та статі опитаної особи.

Навчання проводилося на моделях: логістичної регресії (Logistic Regression), к найближчих сусідів (K-Nearest Neighbors) та випадковий ліс (Random Forest). Найкращий результат досягнуто із застосуванням алгоритму Random Forest при обмеженні глибини кожного із слабких класифікаторів ансамблю значенням 7 розгалужень при кількості дерев у ансамблі рівним 15. За таких налаштувань алгоритму на тестовій вибірці за метрикою повноти (Recall) правильно розпізнаються усі елементи (Recall = 1.0), тоді як точність (Precision) складає 0.57. У таблиці 2 наведено матрицю помилок (Confusion Matrix), з якої видно, що побудована модель здійснює помилку другого роду під час передбачень на тестових даних, тобто працівника із вигоранням вище середнього визначено як такого, що схильний до вигорання. При даній постановці задачі це є допустимою помилкою, оскільки вважається, що система застосовуватиметься до кожного працівника з деякою періодичністю, а її головною метою є запобігання розвитку вигорання у працівників. Таким чином модель визначить працівника, який уже має вигорання вищого ступеня і потребує професійної допомоги.

Таблиця 2 – Матриця помилок класифікації працівників зі схильністю до професійного вигорання

Працівники		Передбачені значення	
		Клас 0	Клас 1
Реальні значення	Класи		
	Клас 0	14	3
	Клас 1	0	4

Техніки машинного навчання залучалися до розв’язання аналогічної проблеми: із виявлення

працівників із професійним вигоранням у сфері надання медичних послуг. Навчання моделей проводилося на 240 екземплярах результатів тестових опитувань. Найкращих результатів досягнуто із застосуванням алгоритму дерева прийняття рішень [3].

Дослідження та розробка рішень для прогнозування передумов професійного вигорання дозволяє зберегти емоційне здоров'я працівників соціальної сфери, а отже і забезпечити реалізацію послуг даної сфери на високому рівні. Періодичне проходження тестів дозволить виявити схильності працівників до емоційних проблем, спричинених робочим процесом та вжити необхідних заходів для надання кваліфікованої допомоги працівникові.

**Перелік джерел посилання:**

1. International Classification of Diseases 11th Revision World Health Organization. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://icd.who.int/en>.
2. Depression: What is burnout? Cologne, Germany: Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG). – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279286/>.
3. Batata O. Caregivers Burnout Prediction Using Supervised Learning / O. Batata, V. Augusto, X. Xie // IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). – 2018. – Режим доступу до ресурсу: DOI: 10.1109/SMC.2018.00302.

**УДК 614.2+004.01**

**ЗНАЧЕННЯ МЕДИЧНИХ БІБЛОТЕК У СТВОРЕННІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО НАУКОВО-ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗНАНЬ**

Л. В. Ільницька,  
ДУІТ, [acroverses@ukr.net](mailto:acroverses@ukr.net)

The presented study analyzes the current organizational and functional tasks of medical libraries, the solution of which contributes to the creation of a specialized scientific and educational space of knowledge.

Важливими ресурсними механізмами збереження провідної ролі наукового знання в суспільстві є такі інституційні вектори соціокультурного розвитку, як бібліотеки та освітні заклади. Ефективне проведення цілеспрямованих процесів об'єктивізації спеціалізованого підходу до утвердження фахових настанов наукового медичного знання дозволяє матеріалізувати відповідальне ставлення до організації унікальної базової систематизації первинних атрибутів здоров'язбережувального гатунку.

Базова уніфікація медичного профілю знань спирається на закріплені традиційний порядок, який підтримується закономірно встановленим статусом цілісної конкретизації не літературно-просторового накопичення бібліотечних фондів, а засобами чіткого аналізу адресних запитів фахово налаштованої аудиторії. Відтак, актуальний спосіб оновленого поглиблення змістовних складових систематизації внутрішніх ланок медичного знання зміцнює основи інформаційно-аналітичної діяльності, торуючи шлях до такої перспективної наукової форми книжково-ресурсного забезпечення, як алгоритмізованого конгломерату завдань по створенню дієвого напрямку профільної науково-медичної інформатизації.

Наразі, докладне вивчення інноваційного шляху нарощування знання, у тому числі і медичного, сприяє відтворенню багатоманітної картини розгалуженого практичного призначення відповідно до лікарських спеціальностей. Втім, якісний пошуковий запит слушного фахового аналізу дозволяє віднаходити ідентичний, укорінений у наукове підґрунтя медичний ресурс, який на початковій стадії потрапляння до книгозбірні має бути визначений за класифікованою формою узгодженої кореляції. Також, уважним чином виконаний анотований аналіз джерела підкреслює наукове значення відібраного медичного напрямку знань. Ці стадії виваженої еволюційної обробки отриманої спеціалізованої інформації моделюють стандартизований шлях систематизованого оприлюднення місцезнаходження для кожної нової одиниці отриманого носія. Загальна картина ускладнено переплетених інформаційних доріг каталогізовано існує у вимірах інтегрованого підходу до утворення ефективного науково-освітнього середовища.

Акумуляція збереженої інформації рубрикованим способом аналізу допомагає науковим працівникам медичної галузі знань зрозуміти стан оновлення дослідницьких робіт за певними проблематиками. Змінні, по-де-коли перехідні акценти та погресивні погляди на лікування теж відображаються у безпосередньому регулярному, спеціалізованому оновленні літератури – це впливає на структурування каталогізованого шляху пошуку та допомагає зрозуміти, яким чином вітчизняні медичні розробки інтегруються у світовий науковий процес. До того ж, за авторським досвідом використання "методу оглядового порівняння" у межах системного картотечного інструментарію облікової інформації бібліотечних фондів дає можливість віднайти маловивчені ділянки доказової медицини.

Картина аналітично-доцільного обліку бібліотечної ресурсної бази на супутніх підставах найчастіше запитуваної медичної тематики вказує на наявність, або навпаки на відсутність певного виду наукових документів. Така функціональна зона професійного перегляду існуючого у бібліотеці арсеналу каталогізованого уніфікованого згрупування на основі фахової медико-інформаційної комунікації виявляє відсутні підрозділи нагально-необхідного, навіть довідникового інструментарію. Таким чином, медичні бібліотеки, як спеціалізовані науково-освітні центри, опосередковано слідкують за прогресивними здобутками по певних структурованих медико-інформаційних осередках, бо цей процес впливає також і на становлення кваліфікованого покоління майбутніх лікарів. Слушно нагадати, що саме визначені стратегічні підвалини до "підготовки медичних кадрів, які забезпечать збереження та відновлення здоров'я населення шляхом надання гарантованого рівня медичної допомоги" [1, с. 10] знаходяться, до певної міри, у площині саморозвитку та самоосвіти студентів вищих медичних закладів, де теж існує власний науковий книжково-підручниковий фонд медичної інформації.

Засвоєні теоретичні, а отже і базові медичні знання є фундаментом для перевірки та подальшому вдосконаленні на практиці професійних лікарських навичок. Разом з тим, "інформаційна підтримка діяльності" викладача та студента залежить від технологічних впроваджень такої сфери ідентифікації цілісності галузі охорони здоров'я, як медична інформатика. Якщо "медична інформатика вивчає процеси пошуку, збору, перетворення, зберігання та розповсюдження інформації" [1, с. 126], то утворення науково-освітнього осередку на базі медичних бібліотек має органічно спиратися на методологічні засади функціонально-предметної організації роботи зі структурно-тематичними особливостями медичної інформації. Отже, встановлені спільні з бібліотечною каталогізацією вище перераховані функціональні напрямки об'єктивованого опрацювання значень медичної інформатики зосереджують фахову роботу працівників охорони здоров'я усіх ланок на поетапному впровадженні спеціалізованих прикладних параметрів, передусім, пошуку оновленої подачі класифікованої рубрикації складників перерозподілу медичної інформації за, наприклад, термінологічною деталізацією.

Слід взяти до уваги реальний стан, коли цільовою аудиторією медичних бібліотек є підготовлені відвідувачі, що орієнтуються на регулярний запит якісно систематизованого змісту нагальної потрібної, вузькопрофільної інформації. За рахунок дотримання відповідальності чіткого рівня пріоритетного конструювання бібліотечно-лікарських взаємозв'язків вибудовується функціонально-зручна платформа стосовно вказівного кола суміжних до тематики встановленого пошуку влучно розподілених медикознавчих ділянок теоретико-прикладного рівня наукових знань. Відтак, профільне звернення до значень науково-медичної інформації дозволяє при очікуванні на результативний пошук спиратися не на сегмент випадкової інформації, або поширеної довідникової форми знань, а на адресно встановлений рівень структурно окресленої періодизації фондів, безпосередньо дотичних до затвердженого кваліфікованого переліку лікарських спеціальностей.

Тобто, медичні бібліотеки, як необхідні осередки саморозвитку здебільшого працівників сфери охорони здоров'я нашого населення, стають засадничими центрами по накопиченню важливої інформації спеціалізованого структурування. Зокрема, профільний напрямок роботи подібних медико-інформаційних фондів визначає аналітико-дослідний гатунок тематично-сконцентрованого спрямування, в свою чергу, ресурсне встановлення якого забезпечується наявністю інноваційно-прикладних параметрів щодо проведення поетапних заходів по зберіганню, розповсюдженню та активній пошуковій діяльності за таким предметно-окресленим виміром, як здоров'язбереження. Передусім, ставлення до перерахованих процесів в інтегрованому контексті концептуальних підходів медичної інформатики і наближають життєдіяльність подібних бібліотек до організованого утворення науково-освітнього простору медичних знань.

#### **Перелік посилань:**

1. Вороненко Ю. В., Бойко А. І., Гойда Н. Г. Дидактичні технології викладання питань репродуктивного здоров'я. К.: Книга-плюс, 2011, 192 с.

#### **УДК 004.5**

### **МЕТОДИ АНАЛІЗУ СИГНАЛІВ ЕНЦЕФАЛОГРАФА ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Д. М. Картолапов, О. О. Новіков

Херсонський національний технічний університет,

73008, Херсон, Бериславське шосе, 24, кафедра. ІВТЕІ, тел.: +38(0552) 32-69-09,

e-mail: kntu@kntu.net.ua

The given work is devoted to the methods for analysis of signals of the encephalograph by neural

networks. The varieties of networks were described. Characteristics of neural networks and their types are given by the nature of training and the direction of data dissemination.

**Вступ.** Можливість запису електричної активності головного мозку з інтактних кісток черепа було вперше показано в досліджах на тваринах у лабораторії фізіології Київського університету Святого Володимира Володимиром Володимировичем Правдичем-Немінським (1913). Першу електроенцефалограму людини у 20-х роках ХХ сторіччя зареєстрував німецький психіатр Ганс Бергер (Hans Berger), який справедливо вважається засновником електроенцефалографії [1].

Історія електроенцефалографії пов'язана із вдосконаленням методів реєстрації ЕЕГ та розвитком методів її аналізу. Розвиток мікроелектронної техніки призвів до того, що сучасні електроенцефалографи є апаратно-програмними комплексами, які дозволяють якісно зареєструвати ЕЕГ сигнал та опрацювати його потужними математичними методами. Математико-статистичні методи аналізу дають змогу дати точну чисельну оцінку параметрам ЕЕГ, встановити закономірності узгодженості сигналу ЕЕГ у просторі і часі.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є створення системи яка може встановити залежності між сигналами ЕЕГ та подіями у реальному часі.

**Основна частина.** На сьогоднішній день, електроенцефалографія - один з найпоширеніших і доступних методів діагностики змін, що відбуваються в головному мозку, так як є методом реєстрації сумарної електричної активності головного мозку, відведеної з поверхні шкіри голови. Ці дослідження нервової системи дозволяє оцінювати електричну активність мозку. При проведенні процедури виявляються місця ураження мозку, судомна готовність, електрична активність. Спеціальна підготовка до проведення дослідження не потрібна, вона не має протипоказань і не викликає неприємних відчуттів.

На основі подальшого розвитку медицини, технологій та методів аналізу даних створений нейрокомп'ютерний інтерфейс (названий також прямим нейронним інтерфейсом, мозковим інтерфейсом, інтерфейсом «мозок – комп'ютер» [2]). Він є системою, створеною для обміну інформацією між мозком і електронним обладнанням (наприклад, комп'ютером). В односпрямованих інтерфейсах зовнішнє обладнання може або отримувати сигнали від мозку, або посылати йому сигнали. Двонаправленні інтерфейси дозволяють мозку з зовнішнім обладнанням обмінюватися інформацією в обох напрямках. В основі нейрокомп'ютерного інтерфейсу, часто використовується метод біологічного зворотного зв'язку.

Для аналізу сигналів скористаємося штучними нейронними мережами. Штучна нейронна мережа (ШНМ, англ. artificial neural network, ANN) – це математична модель, а також її програмна та апаратна реалізація, побудовані за принципом функціонування біологічних нейронних мереж – мереж нервових клітин живого організму.

ШНМ являють собою систему з'єднаних між собою простих обробників (штучних нейронів), які взаємодіють. Такі обробники зазвичай є доволі простими (особливо в порівнянні з процесорами, що застосовуються в персональних комп'ютерах). Кожен обробник подібної мережі має справу лише з сигналами, які він періодично отримує, і сигналами, які він періодично надсилає іншим обробникам. І тим не менш, будучи з'єднаними в достатньо велику мережу з керованою взаємодією, такі локально прості обробники разом здатні виконувати доволі складні завдання:

- з точки зору машинного навчання, нейронна мережа є окремим випадком методів розпізнавання образів, дискримінантного аналізу, методів кластерування тощо;
- з математичної точки зору, навчання нейронних мереж – це багатопараметрична задача нелінійної оптимізації;
- з точки зору кібернетики, нейронна мережа використовується в задачах адаптивного керування, і як алгоритми для робототехніки;
- з точки зору розвитку обчислювальної техніки та програмування, нейронна мережа – спосіб розв'язання задачі ефективного паралелізму;
- а з точки зору штучного інтелекту, ШНМ є основою філософської течії коннективізму й основним напрямком в структурному підході до вивчення можливості побудови (моделювання) природного інтелекту за допомогою комп'ютерних алгоритмів.

*Класифікація нейронних мереж за характером навчання.*

Нейронні мережі, що використовують навчання з вчителем.

Навчання з вчителем передбачає, що для кожного вхідного вектора існує цільовий вектор, що представляє необхідний вихід. Разом вони називаються навчальною парою. Зазвичай, мережа навчається на деякій множині таких навчальних пар. Пред'являється вихідний вектор, обчислюється вихід мережі і порівнюється з відповідним цільовим вектором. Далі ваги змінюються відповідно до алгоритму, що сприяє мінімізації похибки. Вектори навчальної множини пред'являються послідовно, обчислюються похибки і ваги підлаштовуються для кожного вектора, доки похибка по всій навчальній множині не досягне прийнятного рівня [3].

*Нейронні мережі, що використовують навчання без вчителя.*

Навчання без вчителя є більш доречною моделлю навчання з точки зору біологічних нейронних мереж. Таке навчання не потребує цільового вектору для виходів і, відповідно, не вимагає порівняння з відомими вірними відповідями. Навчальна множина складається лише з вхідних векторів. Навчальний алгоритм підлаштовує ваги мережі так, щоб виходили узгоджені вихідні вектори, тобто щоб пред'явлення достатньо близьких вхідних векторів надавало однакові виходи. Процес навчання виділяє статистичні властивості навчальної множини і групує подібні вектори у класи.

*Нейронні мережі, що використовують навчання з підкріпленням.*

Навчання з підкріпленням – один із способів машинного навчання, в ході якого система навчається, взаємодіючи з певним середовищем. Відгуком середовища на прийняті рішення є сигнали підкріплення, тому таке навчання є окремим випадком навчання з вчителем, але вчителем є середовище або його модель. Деякі правила підкріплення базуються на неявних вчителів, через що їх можна віднести до навчання без вчителя.

Класифікація нейронних мереж за напрямом поширення даних:

– мережі прямого поширення - всі зв'язки і потік обробки скеровані від вхідних нейронів до вихідних. До таких мереж відносяться, наприклад: найпростіший перцептрон Розенблатта і багатошаровий перцептрон;

– мережі зворотного поширення (рекурентні) – сигнал з вихідних нейронів або нейронів прихованого прошарку частково передається назад на входи нейронів попереднього прошарку.

**Основні результати і висновки.** Проаналізовано існуючі методи отримання сигналів людського мозку та запропоновані методи їх аналізу. Запропоновано встановити залежності між сигналами ЕЕГ та подіями у реальному часі за допомогою нейронних мереж. Дана характеристика нейронних мереж та їх видів за характером навчання та напрямом поширення даних.

#### Перелік посилань:

1. Енцефалографія. – URL: <http://cnsinfo.ru/encyclopaedia/diagnostics/eeg/>
2. Нейрокомп'ютерний інтерфейс. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейрокомпьютерный\\_интерфейс](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейрокомпьютерный_интерфейс)
3. Нейронні мережі. Учебний курс. – URL: <https://www.victoria.lviv.ua/library/students/nn/lecture.html>

#### УДК 616.1-053.6:616-07

### ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ЕНДОТЕЛІАЛЬНОЇ ДИСФУНКЦІЇ У ПІДЛІТКІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ SAS

В. Л. Кашіна-Ярмак<sup>1,2</sup>, С. В. Кашин<sup>1</sup>, Л. І. Рак<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

<sup>2</sup>ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України»,

61153, Харків, пр. Ювілейний, 52-А, кафедра педіатрії медичного факультету,

відділення педіатрії і реабілітації

E-mail: [otdel\\_pediatria@ukr.net](mailto:otdel_pediatria@ukr.net), тел.: 0507839953

The theses are devoted to determining of the risk of endothelial dysfunction of adolescents with cardiovascular diseases using the method of logistic regression, which will increase the effectiveness of identifying vascular reactivity disorders in adolescents due to a comprehensive assessment of performance of the cardiovascular and autonomic nervous systems, anthropometric indicators.

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) займають перше місце як причина смерті серед дорослих пацієнтів у більшості країн світу. Відомо, що патологічні процеси, які лежать в основі серцево-судинних захворювань, починаються в дитячому і підлітковому віці. Вони мають прогресуючий перебіг під впливом чинників ризику, що призводить до генералізованих судинних порушень (ендотеліальної дисфункції). Цей процес розглядається як пусковий механізм артеріальної гіпертензії та серцевої недостатності [1], [2]. Для визначення судинної реактивності в дитячому та підлітковому віці використовується неінвазивне дослідження ендотелій-залежної вазодилатації периферичних артерій (плечової) при проведенні доплерографічного дослідження до та після проби з реактивною гіперемією [3]. Нормальним, тобто адекватним, вважається приріст діаметру судини на 10 % і більше; недостатнім – на 0-9,9 %; парадоксальним – зменшення діаметру судини.

Результати цього методу добре корелюють з маркерами ремоделювання органів-мішеней у дорослих пацієнтів із клінічними проявами ішемічної хвороби серця й атеросклерозом. У педіатричній практиці найважливішим є визначення саме ризику порушень функціональної

здатності судин, коли саме модифікація образу життя пацієнта дозволяє запобігти розвитку або прогресуванню патологічних станів [4], [5].

Серед математичних методів для оцінки ризику часто використовуються регресійні моделі, у яких залежна змінна є дихотомією. Але у дослідженнях, проведених останніми роками, визначаються переваги для вирішення таких завдань логістичної регресії – статистичної моделі, у якій для прогнозування вірогідності виникнення деякої події виконується підгонка даних до логістичної кривої. При великій кількості заданих параметрів пошук факторів, які можуть мати найбільший вплив, можна виконувати поступово, розділяючи завдання на під-завдання (використовуючи метод зворотного виключення). Мова програмування SAS, яка дозволяє проводити аналіз і обробку великих потоків інформації, може бути використана для проведення логістичної регресії з взаємодіями.

Мета дослідження: визначення чинників, що мають значення у розвитку ендотеліальної дисфункції в пацієнтів підліткового віку із незапальними захворюваннями серцево-судинної системи. Проведено обстеження 90 підлітків, у яких спостерігалися коливання артеріального тиску (артеріальна гіпертензія, вегетативна дисфункція) або мала місце вторинна кардіоміопатія. Проба з реактивною гіперемією показала, що нормальна ендотеліальна вазодилатація спостерігалася лише в 36,8 % хворих, що склали 1 групу спостереження. Недостатню ендотеліальну вазодилатацію констатовано у 46,0 % дітей (друга група) та парадоксальну реакцію – у 17,2 % випадків (третья група). При проведенні статистичної обробки доцільним стало об'єднати підлітків другої та третьої груп у єдину – пацієнти з ендотеліальною дисфункцією. Проводився аналіз результатів антропометричних вимірів (вага, зріст, окружності тулуба та кінцівок, довжина і розмах рук, індекс маси тіла та ваго-ростовий коефіцієнт), даних ехокардіографічного дослідження (розміри камер серця, діаметр магістральних судин, функціональних показників), оцінювалися тип гемодинаміки та вегетативне забезпечення за результатами кліноортостатичної проби. Враховуючи достатньо велику кількість показників, для оцінки на першому етапі за групами досліджень відбиралася усі фактори, які за результатами рутинних вимірів мали імовірний вплив. За даними регресійного аналізу визначався один параметр. Після того, як ця процедура була проведена над усіма змінними, відібрані параметри збиралися разом і аналізувалися ще раз. Потім змінні знову перегруповувалися та повторно аналізувалися. У кінцевому підсумку залишилося п'ять змінних, взаємозв'язок яких із рангом виявився досить сильним – маса міокарда лівого шлуночка серця і фракція викиду (за даними ехокардіоскопії), розмах рук, окружність талії, варіант кліноортостатичної проби.

Після проведення повної логістичної процедури найбільшу цінність стосовно стану ендотеліальної функції в підлітків із патологією серцево-судинної системи представили два параметри – «фракція викиду» серця і «розмах рук». З точки зору патогенетичних механізмів розвитку судинних порушень значущість показника насосної та скоротливої здатності міокарду – «фракція викиду лівого шлуночка» серця – була очкуваною, бо він є основним чинником, який забезпечує надходження крові до судин організму людини. Стосовно показника «розмах рук» – очевидно його значення як маркера анатомічних особливостей судин конкретного пацієнта. Тобто, більший розмах рук є характерним для людей, у тому числі і дітей, із так званим астенічним типом будови тіла, коли поряд із меншим діаметром судин спостерігається відносно збільшення їх довжини, порівняно з іншими варіантами статури.

Таким чином, загальновідомі та прості у визначенні антропометричні характеристики можуть мати прогностичне значення щодо наявності судинних порушень у підлітків із патологією серцево-судинної системи, а саме: такий параметр, як розмах рук, що не заперечує відомим даним щодо взаємозв'язку між фізичним розвитком людини, характеристикою якого є антропометричні показники, та функціональним станом його систем і органів. Простота вимірювання та оцінки показників, які використовуються у дослідженнях, мають перевагу, особливо при проведенні епідеміологічних досліджень, а мова програмування SAS дозволяє провести адекватну їх обробку, що є дуже перспективним у проведенні наукових досліджень стосовно патології з високою частотою поширеності.

#### Перелік посилань:

1. Бувальцев, В.И. Дисфункция эндотелия как новая концепция профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. *Международный медицинский журнал*. 2001; 3: 202-208.
2. Марутина Е.Ю., Купаев В.И., Лебедев П.А., Борисов О.Ю.. Взаимосвязь параметров функции сосудистого эндотелия с показателями субоптимального статуса здоровья и факторами сердечно-сосудистого риска. *Кардиосоматика*. 2016; 03-04: 86-90.

3. Вильчук К.У., Максимович Н.А., Максимович Н.Е. Функциональные пробы, применяемые в диагностике дисфункции эндотелия: Методические рекомендации МЗ РБ. – Гродно. 2001: 19.

4. Максимович Н.А., Беляева Л.М., Снежицкий В.А. Роль признаков, характеризующих клинику вегетативных расстройств и отягощенность факторами риска атеросклероза в диагностике дисфункции эндотелия у детей. Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2012; 2: 64-66.

5. Максимович Н.А. Современные подходы к скрининговой диагностике дисфункции эндотелия у детей с вегетативными расстройствами: результаты дискриминантного и кластерного анализа. Профилактическая медицина. 2011; 14(5): 27-29.

**УДК 004.043**

## **МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ**

А. А. Киряк, И. Г. Перова

Харьковский национальный университет радиозлектроники,  
61166, Харьков, проспект Науки 14, каф. БМИ, тел. +38 (057)-702-13-64).

E-mail: anastasiia.kiriak@nure.ua, rikywenok@gmail.com

The main methods of analyzing the informativity of biological features are considered. This is a complex and relevant task for medical databases. The methods considered allow us to reduce the space of the analyzed features, which leads to facilitation and acceleration of staff work.

Современные технологии позволяют медицинскому персоналу создавать базы данных, в которых можно хранить, обрабатывать и анализировать информацию о пациентах. Но с повышением качества технологий, увеличивается количество признаков болезни, которые можно зафиксировать и исследовать. Возникает так называемая проблема размерности, когда признаков настолько много, что возникает переизбыток информации и врач уже не может быстро определить, какие из признаков информативны. Поэтому задача отбора необходимой информации является актуальной для медицинских информационных систем.

Существует несколько приемов, позволяющих уменьшить (пусть и незначительно), количество признаков без использования методов статистики или искусственного интеллекта [1]. В первую очередь большинство признаков взаимосвязано между собой, что создает возможность дублирования информации, например, при съеме фонокардиографии обязательно должен быть сигнал электрокардиографии; параметры, фиксируемые при проведении процедуры разные, но их зависимость друг от друга неоспорима. Также важно учитывать обобщение признаков, когда один признак говорит сразу о нескольких заболеваниях.

Само понятие информативности признака не является точным, так как признаки, информативные для одной болезни совсем не подходят для другой. Признак (Feature) в медицине – это некий показатель или характеристика объекта произвольной природы. В медицинской диагностике объектом исследования является пациент, а признаками являются показатели состояния здоровья пациента, которые образуют признаковое описание объекта. Набор признаков рассматриваемого множества объектов называется признаковым пространством [1].

Различают несколько типов признаков. Количественные признаки можно измерять по числовой шкале (ЧСС, артериальное давление), качественные, измеряемые в порядковых шкалах и не имеющие числовых значений (тяжесть заболевания, сила боли). Также в отдельный тип выделяют номинальные признаки, где каждую отметку номинальной шкалы принимают за самостоятельный признак, который можно распознать или как «1», то есть «да, или «0», то есть «нет». К таким признакам относится пол, группа крови, наличие/отсутствие боли. Признаки разнотипны, но к моменту анализа их информативности они уже представлены в количественном виде и откалиброваны.

В теории распознавания образов задача нахождения наиболее информативных признаков из доступных называется Feature Selection. Но она является вычислительно сложной, требует много времени и чаще всего основана на интуитивных допущениях. Еще одной важной задачей является Feature Extraction, сжатие выходного пространства сигналов. Эта задачу можно обобщить с помощью преобразования, позволяющего формировать из некоего конечного множества количественных признаков объекта (X) новое пространство признаков. Данную задачу проще всего решить с помощью частного случая факторного анализа–метода главных компонент. Он заключается в поиске линейных комбинаций признаков из (X) и построении на их основе менее мощного пространства (Z). Результаты обработки легко интерпретируются, когда все признаки из пространства (X) однотипны и одной размерности [1].

Можно уменьшить пространство признаков с помощью метода экстремальной группировки. В этом случае составляется матрица «объект–признак» (необходимая практически для всех методов анализа признаков), в ней вычисляется корреляционная матрица и множество (X) разбивается на несколько групп так,

чтобы в группах признаки сильно коррелировали, а между группами корреляция была слабой. После этого группа заменяется на один равнодействующий признак. Это удобный и относительно быстрый метод анализа, но в нем невозможно определить оптимальное количество групп, что приводит к появлениям погрешностей.

Если же стоит задача просто оценить информативность отдельных независимых признаков на основе заданной меры, чаще всего используются статистические методы (методы Шеннона, Кульбака и накопления частот).

Опишем, например, метод накопленных частот [1]. Пусть дано два набора значений признака  $x$  принадлежащих пространству признаков  $X$ . Эти наборы образуют две матрицы «объект-признак» созданных из двух обучающих выборок  $A_1$  и  $A_2$ . По двум наборам значений признака  $x$  строятся эмпирические распределения и подсчитываются накопленные частоты как суммы частот от начального до текущего интервала распределения.

$$M_{kj} = \sum_{i=0}^j m_{ki}, k = 1, 2,$$

где  $m_{ki}$  - количество попаданий значений признака в данный интервал.

Мерой информативности признака  $x$  служит модуль максимальной разности накопленных частот:

$$I(x) = \max_{j=0, \dots, q} \{|M_{1j} - M_{2j}|\},$$

где  $M_{1j}$  – накопленная частота для  $j$ -го интервала выборки  $A_1$ ,  $M_{2j}$  – накопленная частота для  $j$ -го интервала выборки  $A_2$ ,  $(q + 1)$  – число интервалов.

Это статистические методы, основанные на простых алгоритмах, не требующие мощной вычислительной техники и знаний IT-технологий. Согласно исследованиям, проведенным Быковой В. В. [1], все эти методы не противоречат друг другу и дают приблизительно один результат.

Относительно недавно была представлена гибридная модель, позволяющая создать систему оценки информативности показателей Feature Extraction-Selection, без потерь физического смысла сокращенного пространства признаков. В этом подходе используется метод главных компонент, то есть наиболее информативными считаются признаки, у которых наименьшие расстояния (в контексте манхэттенской метрики) к главной компоненте выходного набора данных [2], [3].

**Выводы.** В работе сделан краткий обзор основных методов анализа информативности биомедицинской информации. Основными проблемами данного раздела до сих пор остаются относительная сложность методов, необходимость использовать IT-технологии, искусственный интеллект и статистический расчет, низкая скорость вычисления. Нужно учесть, что большинству представителей медицины сложно овладеть компьютерными алгоритмами.

#### Перечень ссылок:

1. Быкова В.В. Методы и средства анализа информативности признаков при обработке медицинских данных / В. В. Быкова, А. В. Катаева // Программные продукты и системы. – 2016. – № 2(144). – С. 172–178.
2. Perova I. Adaptive human machine interaction approach for feature selection-extraction task in medical data mining / I. Perova, Y. Bodyanskiy // International Journal of Computing. – 2018. – Vol. 17(2). – P. 113–119.
3. Бодяньський Є.В. Оптимізація оцінювання інформативності медичних показників на основі гібридного підходу / Є.В. Бодяньський, І.Г. Перова, Г.В. Стойка // Розвиток транспорту. – 2017. – № 1(1). – С. 108–115.

УДК 616.12-008.331.1-072

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ГІПЕРТРОФІЇ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ У ХВОРИХ НА АРТЕРІАЛЬНУ ГІПЕРТЕНЗІЮ

С. М. Коваль<sup>1</sup>, Є. С. Іванова<sup>2</sup>, А. І. Печерська<sup>2</sup>, І. О. Снігурська<sup>1</sup>, О. В. Мисниченко<sup>1</sup>, М. Ю. Пенькова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ДУ "Національний інститут терапії імені Л.Т.Малої НАМН України",

Харків, пр. Любова Малої, 2а, відділ артеріальної гіпертензії та профілактики її ускладнень,

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського

"Харківський авіаційний інститут", Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра радіоелектронних і біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій. E-mail: lizaies@ukr.net

Currently, left ventricular hypertrophy is considered as one of the main predictor of early cardiovascular mortality in patients with arterial hypertension. Binary logistic model for left ventricular hypertrophy forecasting was proposed. The use of a synthesized binary logistic model will determine the individual



likelihood of left ventricular hypertrophy development, prescribe the necessary preventive measures and improve the management tactics of patients with arterial hypertension.

Гіпертрофія лівого шлуночка (ГЛШ) є одним із найбільш частих і раних маркерів ураження серця при артеріальній гіпертензії (АГ) та асоціюється зі значним підвищенням ризику розвитку серцевої недостатності та передчасної смерті цих хворих [1].

З метою прогнозування розвитку ГЛШ був проаналізований ряд структурно-функціональних параметрів серцево-судинної системи у 117 пацієнтів на АГ з ГЛШ і без неї. Всі пацієнти були розділені на дві групи в такий спосіб:

1-а група - пацієнти без ГЛШ (41 пацієнт);

2-я група - пацієнти з ГЛШ (76 пацієнтів).

За допомогою методу бінарної логістичної регресії була отримана наступна математична модель для прогнозування ГЛШ:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(-0,665 \cdot X_1 + 0,341 \cdot X_2 + 0,295 \cdot X_3 + 7,517 \cdot X_4 - 22,602)}}$$

де P – ймовірність розвитку ГЛШ;

$X_1$  – пульсовий артеріальний тиск (ПАТ) (мм. рт. ст.);

$X_2$  – ІММЛШ (125 г/м<sup>2</sup> у чоловіків, 110 г/м<sup>2</sup> у жінок);

$X_3$  – ФВ(%);

$X_4$  – УОМ (1 – присутнє, 2 - відсутнє).

Значення P лежить в межах від 0 до 1 і відображає ймовірність прогнозування розвитку ГЛШ. Чим ближче значення прогнозованої ймовірності до одиниці, тим вище ймовірність розвитку ГЛШ. Перевірка значущості підібраних коефіцієнтів в моделі проводилася за допомогою статистики Вальда. Всі змінні значущі (p < 0,05) і підібрані правильно.

Для оцінки ефективності моделі використовувався також ROC-аналіз. Значення площі під ROC-кривою, яке дозволяє оцінити діагностичну цінність моделі, склало 0,997 (0,993; 1,00), що говорить про відмінну якість моделі. Точність прогнозування ГЛШ у пацієнтів із застосуванням розробленої інформаційної системи становить 92%, при цьому чутливість 96,3%, а специфічність 86,9%.

Застосування синтезованої бінарної логістичної моделі в практиці охорони здоров'я дозволить визначити індивідуальну ймовірність розвитку ГЛШ та своєчасно підібрати ефективні схеми терапії хворих на АГ.

#### Перелік посилань:

1. Koval S.M., Snihurska I.O., Vysotska O., Strashnenko H.M., Wójcik W., Dassibekov K. Prognosis of essential hypertension progression in patients with abdominal obesity. Information Technology in Medical Diagnostics II - Wójcik, Pavlov & Kalimoldayev (Eds) 2019 Taylor&Francis Group, London, ISBN 978-0-367-17769-0: 275-288. – DOI: 10.1201/9780429057618-32.

#### УДК 004.621

### ВПЛИВ ЯКОСТІ ВХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ КЛІНІЧНИХ РІШЕНЬ

П. А. Коляда, П. Є. Жернова, І. Г. Перова

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, пр. Науки, 14, кафедра системотехніки, тел. +38 (057) 702-10-06,  
e-mail: pavlo.koliada@nure.ua

The actual clinical decision support systems (CDSS) are based on clinical registries. The first step in the construction of such systems is the search, collect and primary processing of medical data about a specific disease or group of diseases. From this stage it depends on how much a well-developed system will fulfill the functions assigned to it. The data collection stage has a relatively large impact compared to the other stages of building CDSS, despite the complexity and time spent. In modern development, the quality of this data depends totally on the provider of this data, and the group that develops the diagnostic system is not able the accuracy of the presented set. Often this is missed and data errors in the future effect on the errors in the developed systems.

Інформаційні системи та медичні реєстри можуть містити дані з точністю від 67% до 100% та повноту набору від 30.7% до 100%[1]. Вплив цих показників може суттєво погіршувати точність розроблених на їх основі CDSS.

Похибки в даних можна розділити на дві групи:

- невірно прийняте рішення лікарем(постановка діагнозу, призначення плану лікування та інше);
- похибка значень параметрів в наборі даних.

Перша група значно сильніше впливає на похибку CDSS, так як значна частина таких систем дає результат на основі віднесення пацієнту до класу «здоровий» /«хворий». І якщо на вхід такої системи буде подано показання пацієнту із схожими параметра система більш за все невірно класифікує цього пацієнта.

До другої групи відносять похибки людського фактору, технічні похибки та неточності в лабораторних аналізах. Вони можуть виникати внаслідок помилок при введенні даних до реєстру, помилок при зборі анамнезу, похибки лабораторних аналізів, збоїв в інформаційній системі та ін.

Оцінку впливу таких похибок можна провести шляхом введення зміщення в достатньо точні вхідні дані. Для цього було взято набір даних з UCI-репозиторію «Ірисі Фішера» [2]. Набір включає 150 елементів, кожен з яких має 4 атрибути та клас(сорт), до якого відноситься елемент. Спочатку проведено поділ вибірки на 70% та 30% для навчання та тестування. В якості алгоритму обрано багатощаровий перцептрон (MLP), який дав високу точність класифікації(98.7% для вхідних даних).

В якості експерименту було проведено декілька дослідів введення зміщення для кожного із атрибутів(відносна похибка  $\pm 2\%$ ) шляхом заміни деяких значень одного атрибуту на середнє значення. Тестова частина даних не підлягає зміщенню.

Після проведення перенавчання та тестування системи було виявлено, що введення відносно похибки по різному впливають на точність класифікації. В загальному випадку зміщення параметрів для кожного із атрибутів на 1.0% давало зменшення на 0.2% - 0.5% точності системи класифікації. Такий підхід дає змогу не тільки виявити загальний вплив похибки вхідних даних на якість CDSS, а і визначити ступінь впливу кожного із атрибутів.

Схожі результати були отримані для системи прогнозування захворювання раку молочної залози в [3]. В результаті цього дослідження виявлено, що зміщення в вхідних значеннях для одного параметру в 1% дає похибку в 0.8% для CDSS.

Існує декілька методів перевірки та зменшення похибки вхідних даних, такі як аналіз на неузгодженість (стать – «чоловіча», вагітність – «так»), запропонований в [3]. Також важливим методом підвищення якості даних є заміщення пропущених значень шляхом визначення середнього значення, підстановка по частоті, підстановка по регресії та ін.

В залежності від якості медичних даних, які можуть надати медичні реєстри та медичні інформаційні системи, залежить якість розроблених на їх основі CDSS. Аналіз впливу, який було проведено в цій роботі, доводить про необхідність покращення медичного процесу збору, обробки та збереження інформації. Не дивлячись на розвиток методів, які дозволять знизити вплив похибки вхідних даних на якість CDSS, основною потребою є отримання якісної інформації із медичних реєстрів. Тож, впровадження медичних інформаційних систем є важливим етапом для розвитку напрямку покращення CDSS.

#### Перелік посилань:

1. GraffStein HD, Nadkarni P, Erdos J, et al. Exploring the degree of concordance of coded and textual data in answering clinical queries from a clinical data repository. J Am Med Inform Assoc. 2000;7(1):42–52.
2. D. Dua and C. Graff "UCI Machine Learning Repository," CA: University of California, School of Information and Computer Science, Irvine, 2019.
3. Sharique Hasan, MS and Rema Padman, PhD. Analyzing the Effect of Data Quality on the Accuracy of Clinical Decision Support Systems: A Computer Simulation Approach. AMIA Annu Symp Proc. 2006; 2006: 324–328.

#### УДК 621.397

#### СТИСНЕННЯ ДЕНТАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ БЕЗ ВІЗУАЛЬНО ПОМІТНИХ СПОТВОРЕНЬ

С. С. Кривенко<sup>1</sup>, В. В. Лукін<sup>1</sup>, О. В. Крилова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського, lukin@ai.kharkov.com

<sup>2</sup>Харківський національний медичний університет, krylovaol@ukr.net

A problem of visually lossless compression of dental images is considered. If noise is present in images to be compressed, its properties have to be taken into account. This can be done by setting quantization step or

scaling factor proportional to noise standard deviation for image compression techniques based on discrete cosine transform. Aspects of practical realization of this approach are discussed.

Медичні у даний зображення широко використовуються для встановлення діагнозу та забезпечення оперативності лікування. Зокрема, такі зображення застосовуються у стоматології, де у спеціалізованих клініках щодня формується досить велика кількість зображень досить великого розміру, які необхідно зберігати та (часто) пересилати по лініях зв'язку. Тому виникає необхідність у стисненні зображень, яке треба здійснити таким чином, щоб коефіцієнт стиснення був досить великим (тобто треба застосовувати стиснення з втратами), але діагностична цінність при цьому не постраждала (тобто внесені спотворення та викривлення були візуально непомітні).

Якщо на зображеннях є присутнім шум, то він маскує як інформаційні деталі зображення, так і спотворення, що внесені стисненням з втратами [1]. Це потрібно враховувати під час вибору параметрів стиснення. Ще одна вимога – бажано здійснити стиснення з мінімальною кількістю ітерацій або зовсім без ітерацій [2]. Нами запропоновано підхід, який дозволяє зробити це для методів стиснення на основі дискретного косинусного перетворення (ДКП).

По-перше, враховано, що шум на зображеннях є візуально помітним. Більш детальний аналіз довів, що шум є сигнально-залежним та просторово-корельованим, що є додатковими особливостями ситуації, що розглядається. Тому для методів стиснення на основі ДКП [2] в умовах застосування до зображень, що представлені у стандартному вигляді (як масиви 8-бітних чисел), можна надати конкретні рекомендації до параметрів, що контролюють (дозволяють варіювати) характеристики стиснення (це крок квантування або масштабуючий коефіцієнт). Крок квантування можна встановити таким, що приблизно дорівнює 13, а масштабуючий коефіцієнт – таким, що приблизно дорівнює 9. Використання цих рекомендацій дозволяє не застосовувати ітераційну процедуру [2] і робить стиснення суттєво (у рази) швидшим.

При цьому забезпечується коефіцієнт стиснення близько 10, що суттєво краще, ніж коли до таких зображень застосовуються методи стиснення без втрат (тоді коефіцієнт стиснення лише трохи перевищує одиницю). У доповіді будуть наведені приклади стиснення у відповідності до запропонованого підходу.

#### Перелік посилань:

1. N. Ponomarenko, S. Krivenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola, "Lossy Compression of Noisy Images Based on Visual Quality: a Comprehensive Study", Open access paper in: EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Article ID 976436, 13 p., 2010.
2. A. Zemliachenko, N. Ponomarenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola, Still Image/Video Frame Lossy Compression Providing a Desired Visual Quality, Multidimensional Systems and Signal Processing, June 2015, 22 p., DOI10.1007/s11045-015-0333-8.
3. Krivenko S.S., Krylova O., Bataeva E., Lukin V.V., Smart Lossy Compression of Images Based on Distortion Prediction, Telecommunications and Radio Engineering, Vol. 77, No 17, 2018, pp. 1535-1554.

#### УДК 004.621

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШИРОКОСМУГОВИХ ІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

С. М. Куліш, Ю. А. Волошин

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»,

e-mail: j.a.voloshyn@gmail.com, kulishsergiy.m@gmail.com

Nowadays, the limit of diagnostic capabilities of standard methods of signal processing has been reached to detect hidden changes in the physiological state of a person. In this regard, there was a need to find new approaches to the systematic analysis of biomedical signals of various physical origin. The given work is devoted the possibility of using various known methods for the analysis of complex functional dependences for the processing of bioelectric signals has been reviewed. It was also proposed method for the detection of target information characteristics from the integral electrical signal of biological origin.

В останні роки в клінічній практиці з'явилася низка діагностичних засобів контролю фізіологічних показників людини, одночасно, розвиток радіоелектроніки призвів до створення високочутливих методів реєстрації біологічних сигналів та ефективних засобів їх обробки, і отримання діагностичних даних.

Організм людини є складною системою функціонально пов'язаних фізіологічних підсистем. Їх узгоджена робота проявляється властивістю гомеостазу. Одним із інформаційних джерел, який відбиває

інтегральну взаємодію підсистем по підтриманні гомеостазу є електрична активність організму - електричні біопотенціали.

На сьогодні досягнута межа діагностичних можливостей стандартних методів обробки сигналів для виявлення прихованих змін фізіологічного стану людини. У зв'язку з цим виникла необхідність пошуку нових підходів до системного аналізу біомедичних сигналів різного фізичного походження.

Таким чином, розвиток та вдосконалення методів кількісного аналізу біологічних сигналів є актуальною задачею сучасної медицини.

Актуальність теми роботи визначається можливістю використовувати для оцінки інформаційних характеристик біомедичних сигналів різного фізичного походження методи нелінійної динаміки і сенергетики систем з хаотичною поведінкою.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розглянути можливість застосування різних відомих методів аналізу складних функціональних залежностей для обробки біоелектричних сигналів;
- обґрунтувати пріоритетність фрактального аналізу для виявлення цільових інформаційних характеристик з інтегрального сигналу.

Біосигнали залежать від багатьох параметрів і можуть бути випадковими і нестационарними, і мають як періодичні, так і хаотичні складові. Тому відповідно до цього підходу процеси моделюються системою нелінійних диференціальних рівнянь. Нейрофізіологічні системи людини дуже складні.

Біоелектричні сигнали проявляють самоподібність і багатомасштабність. Це може виражатися як збереження структури ряду коефіцієнтів при його збіжності, повторення динаміки біологічної системи на часових проміжках різної тривалості, складна періодичність і явна нестационарність ряду. Ці характеристики є ключовими для систем особливого типу, які в літературі отримали назву фрактальних, багатомасштабних або самоподібних.

Специфічні характеристики фрактальної системи дозволяють прогнозувати і моделювати вихідну систему, оцінювати її характеристики, генерувати самоподібні дані для потреб користувача (побудова реалістичних кривих, синтез складних сигналів).

Фрактальний сплайн – неперервна і визначена на фрагментах функція, що складається з самоподібних відрізків, які є функціями одного виду масштабу  $k$  і стиковані спеціальним чином. В якості функцій-породжувачів вибрані ермітові сплайни, оскільки вони:

- 1) зберігають значення похідної у точках стику;
- 2) не перевищують значень табличної функції на відміну від природного сплайна, що важливо для задач інтерполяції;
- 3) є локальними;
- 4) легко обчислюються.

Тому отримання інформації про фрактальні особливості систем з використанням різних методів нелінійної динаміки дозволяє оцінити характеристики фізіологічних процесів для розуміння принципів саморегуляції.

Розроблені методи, дозволяють за записом часового ряду одного з параметрів сигналу визначити додаткові характеристики всієї системи. В людському організмі багато фракталоподібних утворень, хоча ці фрактальні анатомічні структури виконують неоднакові функції в різних органах, тим не менш є деякі спільні анатомічні і фізіологічні якості.

Особливий інтерес представляють методи оцінки якісних та кількісних властивостей біологічних сигналів у випадку розгляду складного процесу, який дозволяє описувати широкий клас складних структур за сигналами.

Вважається, що кардіосигнал є випадковою величиною  $X$ , представленій у вигляді кінцевої вибірки  $x_1, \dots, x_n$ . Інші характеристики: частота серцевих скорочень, тривалості комплексів QRS або тривалості інтервалів між зубцями - є також випадковими величинами, функціями від функції  $X$ .

Для фрактального аналізу були взяті кардіосигнали з другого грудного відведення здорової людини, а також пацієнта, який переніс місяць тому інфаркт міокарда і знаходиться на лікуванні в лікарні V2, записані за допомогою кардіографа «ХАІ МЕДІКА», з частотою дискретизації 1024 відліків в секунду. Довжина сигналу становить більше 70 000 відліків. Для оптимізації обчислень вибирається фрагмент цього сигналу довжиною 4096 відліків.

Для характеристики таких систем застосовується поняття «динамічний хаос». Застосовується фрактальний метод, а саме розрахунок показника Херста.

Отримані результати показують, що числові характеристики високочастотних компонент кардіосигналов у здорової людини істотно більше за абсолютною величиною і більш різноманітні за своєю структурою, ніж у людини з проблемами серця.

Отже, фрактальний аналіз дозволяє отримати принципово нові характеристики кардіосигналу, нові параметри для проведення діагностики серцевих захворювань.

Таким чином, застосовуючи різні відпрацьовані методики та алгоритми обробки сигналів можна отримати цільову інформацію, наприклад, про серцево-судинну систему, центральну нервову та фізіологічний стан інших підсистем організму чи органів. Також можна вважати доцільним використання комплексного аналізу біоелектричних сигналів для виявлення впливу ендогенних чинників різного походження на організм людини.

#### Перелік посилань:

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход 2-е издание. – Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с
2. Голберг Э.Л., Ригни Д.Р., Уэст Б. Дж. Хаос и фракталы в физиологии человека // В мире науки. - 1990. - № 4. - С. 25-30.
3. Рычков, А. Ю. Спектральный анализ нормальной ЭКГ / А. Ю. Рычков, В. Р. Цибульский, О. И. Сергейчук, Л. Н. Копылова // Вестник аритмологии. – 2004. – № 35. – С. 52.
4. Файнзильберг, Л. С. Математическая модель порождения искусственной электрокардиограммы с заданными амплитудно-временными характеристиками информативных фрагментов / Л. С. Файнзильберг, Т. Ю. Беклер, Г. А. Глушаускене // Проблемы управления и информатики. – 2011. – № 5. – С. 61–72.

УДК 616-006+616-74

### ЕТАП ТОПОМЕТРИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ В ПРОМЕНЕВІЙ ТЕРАПІЇ

І. О. Матвеева, О. К. Білошицька

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», факультет біомедичної інженерії

0305, Київ, вул. Янгеля, 16/2, тел.: +38 (095) 861 26 41,

e-mail: kazanceva.ilonka@gmail.com

The stages of radiation therapy are considered in the work, the importance of qualitative conducting of the stage of topometric preparation of the patient is proved. In order to accurately visualize the anatomic-topographic section of the tumor, X-ray contrast markers were developed and various marking materials were investigated during computer tomography.

**Вступ.** Променева терапія – метод лікування онкологічних захворювань. З кожним роком обладнання для проведення променевої терапії досягає все більших і більших висот. Сьогодні сучасна променева терапія в онкології – це високоефективний, науково обґрунтований метод протипухлинної дії, інтегруючий досягнення експериментальної та клінічної радіобіології, онкології, фізики та який реалізує можливості радіотерапевтичної апаратури останнього покоління [1]. Курс лікування променевою терапією поділяють на 3 періоди: передпроменевий, променевий і післяпроменевий. Задача планування променевої терапії полягає в тому, щоб на основі даних анатомо-топометричної інформації, радіобіологічних параметрів і допустимих рівнів навантаження на критичні органи вибрати оптимальну комбінацію. Правильний підбір референтних рентгенконтрастних міток на етапі топометричної підготовки променевого лікування хворих шляхом використання сучасних технологій планування (3D), що дає анатомічну інформацію, отриману за допомогою такого методу візуалізації, як комп'ютерна томографія (КТ), а також з урахуванням біологічних властивостей пухлини, є досить важливим етапом. Саме від референтних точок залежить правильність сканування та визначення доз. Наразі найголовнішою проблемою є відсутність у клініках референтних міток. Тому задача, що полягає в розробці бюджетних, рентгенконтрастних медичних міток, що не дають артефакти на знімках, для сканування мішені та для подальшої розробки правильного плану лікування, є досить актуальною, адже їх використовують для сканування на КТ.

**Основна частина.** Передпроменева топометрична підготовка є важливим етапом лікування. Саме на цьому етапі проводяться анатомо-топографічні зрізи пухлини за допомогою попередньо винесених на тіло референтних міток, визначення її об'єму, рівню залягання, визначення синтопії пухлини і суміжних критичних органів [2]. Передпроменева топометрична підготовка є найважливішою частиною комплексної підготовки хворих до проведення променевої терапії, адже впродовж всього періоду лікування необхідно, щоб відбувалось максимальне опромінення пухлини з мінімальним навантаженням на оточуючі здорові тканини. Від цього залежить і результат лікування, і розвиток ускладнень в разі неправильно розрахованої толерантної дози.

Топометричний етап починається з розробки тривимірної моделі пацієнта за допомогою серії паралельних комп'ютерних томографій сканів. На кожному з сканів визначають анатомічні структури і

планований об'єм мішені, відбувається побудова контурів, що відповідає об'єму первинної пухлини, клінічному і планованому об'єму мішені. Це повинно здійснюватися з обліком не лише комп'ютерної інформації томографії, але і всіх даних, наявних в історії хвороби [3], [4].

Перед скануванням рентген-лаборант на референту мітку закріплює точкову рентгенконтрастну мітку і контролює, щоб товщина зрізу при скануванні відповідала необхідній [5].

Референтні мітки ставлять в зоні перетину осей розташування пухлини та додатково на малорухливі частини тіла:

- пухлини голови і шиї - в проекції основного процесу;
- пухлини грудної клітини - середина рукоятки грудини;
- пухлини черевної порожнини - середина мечоподібного відростка;
- пухлини таза - великий вертел або середина симфізу.

При проведенні передпроменевої підготовки в умовах планування потрібно розробити об'єми мішені, а також критичних органів на 20-40 КТ-сканах.

Для дослідження поведінки різних матеріалів в якості референтних міток під час КТ-візуалізації було сконструйовано хрестоподібні мітки розмірами 0,4x0,4 см. Матеріали на основі титану та кобальтохромового сплаву можна використовувати для виготовлення рентгенконтрастних міток. Інші ж матеріали мають ряд недоліків (табл. 1). Зокрема, неіржавіючу сталь погано видно на рентгенівських знімках, при використанні платиноіридієвих сплавів можливі запальні реакції, при використанні танталу можливі артефакти на знімках, нітинол погано проглядається при рентгенівському випромінюванні.

Основним завданням опромінення будь-яких злоякісних пухлин є опромінення усього об'єму пухлини однаковою дозою і максимальний захист органів і тканин, тому найважливішим етапом являється етап планування – топометричний етап.

Таблиця 1. – Порівняльна характеристика матеріалів для міток під час дослідження

Матеріал	Рентгенконтрастність	Біосумісність	Можливі артефакти
Нержавіюча сталь	0,35	+	+
Платиноіридієві сплави	0,5	-	-
Тантал	0,75	+	+
Титан	0,7	+	-
Кобальтохромовий сплав	0,65	+	-
Нітинол	0,3	+	+

На етапі планування найважливішим є точне розташування референтних міток для подальшого сканування. Саме завдяки скануванню ми дізнаємося всю інформацію про пухлину, тому якість референтних міток дуже важлива.

**Висновки.** Було проведено КТ-сканування міток для дослідження їх рентгенконтрастності та наявності можливих артефактів на знімках та за допомогою програмного забезпечення накладено знімки з мітками на КТ-знімки з клінічної практики, взятого з офіційного сайту компанії «Accuray» (США), для подальшої візуалізації можливих результатів. Вибрано матеріали та проведено їх порівняльну характеристику відносно КТ-знімків, які утворились в наслідок накладання знімку матеріалу та КТ-знімку пацієнта. Найкращими матеріалами для міток виявились титан та кобальтохромовий сплав з рентгенконтрастністю 0,7 та 0,65 та високою біосумісністю.

**Перелік посилань:**

1. Лазар Д. А., Мечев Д. С., Розуменко В. Д., Чеботарьова Т. І. Променева терапія пухлин головного мозку. Київ, 2010
2. Бойко А. В. Современная лучевая терапия: достижения и перспективы / А. В. Бойко, Г. Б. Голдобенко, К. Н. Костромина // Вопр. онкологии. – 2015. – Т. 41, № 2. - С. 83–90.
3. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Технологическое обеспечение лучевой терапии // в кн.: Медицинская физика. – М. Медицина, 2008. С. 139 – 160.
4. Assenholt M.S., Petersen J.B., Nielsen S.K., et al. A dose planning study on applicator guided stereotactic IMRT boost in combination with 3D MDIbased brachytherapy in locally advanced cervical cancer // Acta Oncol. – 2008. 47(7). – P. 1337 – 1343.
5. Впровадження нової технології променевого лікування хворих із злоякісними пухлинами головного мозку на лінійному прискорювачі / О. Б. Князева, Т. В. Удатова, Л. Т. Хруленко, Н. Б. Доценко, Г. Ю. Чорнай, Т. І. Лошак, Л. Р. Романова, Є. В. Коробко // Там само. - С. 193-194.

УДК 663.974

**ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ – ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я**

А. Н. Некос, К. К. Мишкін, О. В. Васюха  
Харківській національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, Харків, м. Свободи, 6, екологічний факультет,  
кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти,  
тел.: +38(066) 496 79 06, e-mail: alnekos999@gmail.com

Most Ukrainians consume tobacco products, for the most part, at a cheap price point without thinking about the negative health effects of tobacco. It was decided to conduct an experiment to determine the concentration of heavy metals in tobacco cigarettes of different price categories and compare them. The results have been mixed, but for the most part, you can say that expensive cigarettes are safer for health than expensive.

Актуальність вивчення одного з факторів впливу на здоров'я людини полягає в тому, що у теперішній час значна частина населення є прихильниками тютюнопаління. Однак, у погоні за прибутком не всі виробники цигарок відповідально підходять до виробництва своєї продукції, фальсифікуючи або приховуючи справжній склад цигарок, нехтуючи здоров'ям споживачів.

Середній курець в день палить від половини до цілої пачки. В організм надходить дим 10-20 цигарок, не враховуючи пасивного паління. Цифра не мала, враховуючи, що в цигарках присутні важкі метали, наприклад, Cd, Pb, Zn, які є токсичними та накопичуються в організмі.

Нові закони забороняють тютюнопаління в багатьох громадських місцях, чим зменшують кількість пасивних курців, які отримують більше шкоди ніж активні, а також змушують деяку частину курців відмовитись від своєї пагубної звички. Упродовж 2010-2017 років українці суттєво змінили своє ставлення до тютюнопаління: якщо раніше 43% українців палили, то зараз все ще палять 23% дорослих, але статистика показує, що половина з них хоче кинути. Зараз в Україні палять 40% українських чоловіків і 9% жінок - загалом 8,2 млн. наших дорослих співвітчизників. Таку позитивну динаміку можливо спостерігати завдяки новим державним законопроектам, активній антирекламі та антипропаганді щодо тютюнопаління, появі альтернативних видів паління (стіки, електронні цигарки, кальяни тощо)

Проте, найбільший стимул для того, щоб кинути палити, створюють економічні показники, тобто цінова політика держави, що встановлює вартість цигарок. Так, їх вартість зросла більше ніж в два рази у порівнянні з 2016 роком та за прогнозами і надалі буде зростати. До речі, 21,0% теперішніх курців тютюну говорять, що вони припинять курити, якщо ціна на тютюнові вироби різко зросте, а 25,8% - зазначають, що вони куритимуть менше. Відповідно можна стверджувати, що більшість українців віддають перевагу цигаркам низької цінової категорії.

Для визначення якості цигарок різної цінової категорії, які продаються у торговельних мережах України та користуються попитом населення, та з'ясування безпечності їх споживання для здоров'я людини, були проведені хіміко-аналітичні дослідження цієї продукції широкого вжитку. Було визначено концентрації важких металів (ВМ) у тютюні трьох торговельних марок цигарок від різних виробників та різної цінової категорії.

Лабораторні дослідження якості тютюну було виконано у навчально-науковій лабораторії аналітичних екологічних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна. В ході експерименту було визначено концентрацію ВМ (Cr, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb) у цигарках: низької цінової категорії торгової марки «Київ» (зразок 1), середньої цінової категорії торгової марки «LM» (зразок 2) та високої цінової категорії торгової марки «Parliament» (зразок 3). І для порівняння були взяті цигарки преміум класу американського виробництва «Nat Sherman» (зразок 4)

Проведені експериментальні дослідження дозволили побудувати акумулятивні ряди накопичення ВМ у тютюні цигарок для візуальної оперативної аналітики з метою визначення пріоритетних асоціацій.

*Цигарки торгової марки «Parliament», мг/кг*

**Cr (0,015) > Cd (0,14) > Pb (0,9) > Zn (8,1) > Cu (10,2) > Mn (146,2)**

*Цигарки торгової марки «LM», мг/кг*

**Cr (0,038) > Cd (0,88) > Pb (1,96) > Cu (4,88) > Zn (10,74) > Mn (88,1)**

*Цигарки торгової марки «КИЇВ», мг/кг*

**Cr (0,056) > Cd (1,98) > Pb (2,45) > Cu (6,46) > Zn (18,44) > Mn (128,84)**

*Цигарки торгової марки «Nat Sherman», мг/кг*

**Cd (0) > Cr (0,00005) > Cu (0,0010) > Pb (0,0290) > Zn (0,0362)**

Аналіз акумулятивних рядів показав, що пріоритетною асоціацією наявності ВМ у тютюні цигарок є сполучення Cr, Cd та Pb. І найнижчі показники концентрації ВМ визначені у цигарках виробництва США, а Cd взагалі не визначено. Нажаль, нормативних показників за ВМ у тютюні не встановлено.

Також в результаті виконаних досліджень було визначено, що найвища концентрація Cr була в цигарках торгової марки «Київ» (0,056 мг/кг), що в 2 рази більше ніж в цигарках торгової марки «LM» (0,038 мг/кг) та в 4 рази більше ніж в цигарках торгової марки «Parliament» (0,015 мг/кг). Найвищу концентрацію Zn було виявлено в тютюні зразка 1 (18,446 мг/кг), що майже в 2 рази більше за концентрацію в тютюні зразка 2 (10,7454 мг/кг) та зразка 3 (8,134 мг/кг). Найвища концентрація Cu була виявлена в тютюні зразка 3 (10,1688 мг/кг), це в 2,5 рази більше ніж концентрація в тютюні зразка 1 (6,457 мг/кг) та в 1,5 рази більше ніж в тютюні зразка 2 (4,8835 мг/кг). Найвища концентрація Mn була в тютюні зразка 3 (146,201 мг/кг), що в 1,5 раз більше ніж в тютюні зразка 2 (88,137) та в 1,15 раз більше ніж в тютюні зразка 1 (128,84). Найвища концентрація Cd було виявлено в тютюні зразка 1 (1,9867 мг/кг), що в 20 разів більше ніж в тютюні зразка 3 (0,146) та в 2,5 раз більше, ніж у зразку 2 (0,8801 мг/кг). Найнижчу концентрацію Pb було виявлено в тютюні зразка 3 (0,9645 мг/кг), що в 2 рази менше за концентрацію в тютюні зразка 2 (1,9645 мг/кг) та в 2,5 раз менше ніж у зразку 1 (2,4560 мг/кг). Також визначено, що в американських цигарках концентрації ВМ набагато нижчі (Cr - в 300 разів, Pb - в 31, Zn - в 233, Cu - в 10200 разів) ніж в українських, а Cd взагалі не визначено. Можна говорити, що вони майже безпечні і негативно не впливають на здоров'я. Та ціна пачки на території України складає порядку 25\$ (625грн), чи коштують вони своїх грошей і чи варто витратити такі кошти на сигарки кожен вирішує сам.

Щодо якості українських цигарок, то результати досліджень неоднозначні. За більшістю показників концентрації ВМ у цигарках високої цінової категорії торгової марки «Parliament» мають нижчі концентрації ВМ ніж у цигарках низької цінової категорії торгової марки «Київ», окрім концентрацій за Mn і Cu. Найтоксичніші речовини (Pb і Cd) мають найбільші концентрації в тютюні низької цінової категорії торгової марки «Київ». Відомо, що Pb накопичується в мозку, печінці, кісткових тканинах і нирках людини. При високих концентраціях Pb порушується функціонування мозку і центральної нервової системи, викликаючи кому, судому і навіть смерть. В свою чергу Cd, також викликає тяжкі захворювання. Головним "сховищем" Cd в організмі служать нирки (30-60% усієї кількості) і печінка (20-25%). Решта Cd концентрується в підшлунковій залозі, селезінці, трубчастих кістках. В результаті його накопичення з'являється нестерпний біль в м'язах, мимовільні переломи кісток (Cd здатний вивести Ca з організму), деформація скелета, порушення функцій легенів, нирок та інших органів. Надлишок Cd може викликати злоякісні пухлини.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження, можна зробити висновок, що цигарки низької цінової категорії, що реалізуються у межах продажу в Україні, більш небезпечні для здоров'я людини, ніж цигарки високої цінової категорії. Ситуація стає гіршою, коли згадуємо, що більшість населення може дозволити собі лише дешеві цигарки, отже здоров'я значної кількості українців, що палять тютюн, знаходиться в зоні ризику.

#### Перелік посилань:

1. Поширеність куріння в Україні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://moz.gov.ua/article/news/poishirenist-kurinnja-v-ukraini-zmenshilas-na-20>.
2. Отравление свинцом и здоровье // Всемирная организация здравоохранения. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

#### УДК 612.13

### ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

В. П. Олійник, О. Г. Кулаков

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, e-mail: v.oliynyk@khi.edu, alex.culakov@gmail.com

To reduce the effect of electromagnetic interference on the determination of heart rate variability parameters, it was proposed to use an optoelectronic sensor and a photoplethysmography method. The hardware implementation of such technical solution is substantiated.



**Вступ.** Варіабельність серцевого ритму (ВСР) є визнаним діагностичним методом для оцінки функціонального стану людини. Традиційно для обчислення показників ВСР використовуються дані електрокардіограми (ЕКГ) отриманої будь-якими технічними засобами. В сучасному техногенному середовищі суттєвим джерелом електричних і електромагнітних завад є робота різноманітних телекомунікаційних, комп'ютерних та інших радіоелектронних пристроїв, що впливає на достовірність реєстрації ЕКГ даних. Тому є актуальною задача зменшення впливу електромагнітного фону на достовірність обчислення показників ВСР.

Наряду з біоелектричними сигналами пульсова хвиля безпосередньо характеризує гідродинамічні процеси, що відбуваються в серцево-судинній системі і які обумовлені функціонуванням усіх органів і систем в тому числі і серцевими скороченнями. Тому вона є джерелом інформації, на основі якої можна діагностувати як стан організму в цілому, так і окремих його систем в тому числі обчислювати період серцевих скорочень, який є основним джерелом визначення ВСР показників. У останні роки значного розвитку набули неінвазивні способи реєстрації, що засновані на використанні оптоелектронних сенсорів [1]. Такі сенсори дозволяють отримувати параметри періоду серцевих скорочень за методами фотоплетизмографії та фотосфігмографії.

Тому, **метою роботи** є обґрунтування можливості використання реєстрації пульсової хвилі оптоелектронними сенсорами для визначення показників варіабельності серцевого ритму.

Згідно з законом Бугера – Ламберта – Бера поширення випромінювання оптичного діапазону в речовині визначається за формулою:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\varepsilon \cdot c \cdot l),$$

де  $\varepsilon$  – молярний показник поглинання речовиною, який залежить від довжини хвилі випромінювання,  $c$  – молярна концентрація поглинаючої речовини,  $l$  – оптична довжина шляху випромінювання в речовині,  $I_0$  – інтенсивність світла до взаємодії з тканиною,  $I$  – після поглинання в ній. Оптичний сенсор забезпечує незмінність значення інтенсивності  $I_0$  на фіксованій довжині хвилі випромінювання (для крові і кровонасичених тканин  $\lambda \sim 740 \dots 940$  нм, світлодіод) та реєстрацію величини  $I$  (фотодіод, фототранзистор).

Можливість застосування оптоелектронного сенсора у режимі плетизмографії обумовлена наступними фізичними ефектами. Внаслідок сильного розсіяння і поглинання світла в біотканині можна вимірювати як зміни інтенсивності світла при проходженні його через тканину (трансмісійний режим), так і зміни інтенсивності світла, відбитого від кровонаповненої тканини (режим відбиття світла). В обох випадках будь-яка зміна в об'ємі крові буде реєструватись детектором, тому що зі збільшенням (або зменшенням) об'єму відбувається більше (або менше) поглинання та відбиття світла. За відсутності будь-яких змін в об'ємі крові рівень сигналу визначається типом тканини, станом шкіри, об'ємом статичної крові, місцем розташування сенсора, та його геометричними параметрами і чутливістю [2].

Оскільки опромінюваний потік крові пульсує, то змінюється і оптична довжина шляху, яка модулює поглинання і відбиття світла на всьому інтервалі серцевого циклу  $I(t) \sim I(t)$ . Непульсуючі рідини і тканини не модулюють світло і лише впливають на значення постійної складової рівня поглинання. Результатом цього є те, що світло, яке взаємодіє з пульсуючим судинним руслом, містить як сталу, так і змінну компоненти. Остання є пропорційною і синхронною об'ємним змінам крові у судині. Саме цей промодульований компонент відомий як фотоплетизмографічний (ФПП) сигнал. Він накладається на постійну складову (рис. 1), яка показує різницю між падаючою променистою енергією і поглинанням її у біотканинах, що знаходяться на оптичному шляху [3].

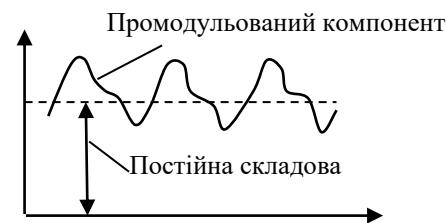


Рисунок 1 – Сигнал пульсової хвилі

Задача відокремлення модульованого інформаційного компоненту від постійної складової вирішується, як аналоговими так і цифровими методами обробки сигналів. У існуючих діагностичних системах первинний інформаційний сигнал сенсорів отримується в аналоговій формі, додатково підсилюється і за допомогою АЦП формується необхідний масив даних. Перевагою оптоелектронних

сенсорів є те що, інтенсивність  $I_0$  зондуючого випромінювання є достатньою для отримання сигналу з фотоприймача  $I(t)$ , який задовольняє несуттєвому впливу електромагнітних завад [3].

На рис. 2 показані періоди серцевих скорочень  $T_1 \dots T_n$ , які визначаються з запису фотоплетизмограми навіть за наявності інфранизькочастотних складових сигналу (дихальні процеси, скорочення м'язів та ін.)

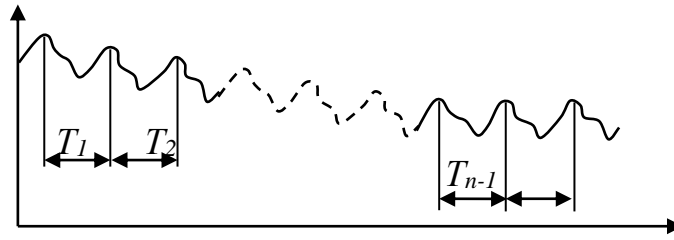


Рисунок 2 – Визначення періодів серцевих скорочень по сигналу пульсової хвилі

**Висновки.** Таким чином, технічні засоби фотоплетизмографії дають змогу визначити необхідний масив періодів серцевих скорочень. Для визначення більшості показників варіабельності серцевого ритму ця інформація є достатньою. В порівнянні з методами які базуються на реєстрації біоелектричних сигналів фотоплетизмографія є більш завадостійкою в сучасних умовах впливу зовнішніх електромагнітних полів на результати вимірювання. Однак додаткового опрацювання вимагає вибір методики визначення інтервалів часу, які відповідають пульсовим сигналам і від яких залежить точність побудови інтервалограми серцевих скорочень для визначення показників ВСР.

**Перелік посилань:**

1. Форузан Ф. Надежный алгоритм анализа изменчивости частоты сердечных сокращений по снимаемому с запястья фотоплетизмографическому сигналу / Ф. Форузан, Дж. Ву // Электронные компоненты и системы. – 2019. – №2 (226). – С.8-11.
2. Тиманюк В. А. Биофизика: Учебник. – 2-е издание / В. А. Тиманюк, Е. Н. Животова. – К.: ИД «Профессионал», 2004. – 704 с.
3. Мосійчук В.С. Експериментальне дослідження характеристик цифрового фото-плетизмографічного сенсора / В. С. Мосійчук, О. Б. Шарпан // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008. – №36. – С119-122.

**УДК 004.891.3**

**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ МАММОГРАФИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

А. И. Поворознюк, Х. Шехна

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
61002, Харьков, ул. Кирпичова 2, кафедра ВТП, тел.: (057) 707-60-19,  
e-mail: ai.povoroznjuk@gmail.com

The article considers the formalization of mammographic examination stages in the design of medical computer decision support systems. There is developed the functional model that is the basis for the development of information, structural and mathematical models, as well as for the development of the decision support system structure for mammographic examinations, which ultimately leads to an increase in the efficiency of medical services.

**Введение.** В настоящее время компьютеризация медицинских услуг привела к созданию широкого спектра медицинских информационных систем (МИС) от электронных историй болезни до сложных систем поддержки принятия решений (СППР). Наибольшее распространение МИС получили в составе диагностических комплексов, с помощью которых проводятся различные инструментальные обследования пациентов.

Подавляющее большинство диагностической информации содержат данные, которые получают при визуализации и морфологическом анализе (выделение диагностически значимых структурных элементов на фоне помех) биомедицинских сигналов и изображений. Медицинские изображения (рентгенограммы, маммограммы, УЗИ и др.) являются одним из важных средств получения визуальной

інформації о внутрішніх структурах і функціях людського тіла, не сприймаємих неопосередковано зором.

Существующие методы обработки изображений имеют ограниченную сферу применения при обработке медицинских изображений, так как указанные изображения малоконтрастные, содержат значительное шумовую составляющую, а диагностические элементы - значительную вариабельность. Кроме того, некоторые элементы имеют нерегулярную (фрактальную) структуру (например - микрокальцинаты в маммографии).

**Целью работы** является формализация этапов обработки цифровых маммограмм при проектировании медицинских систем поддержки принятия решений, которая в дальнейшем служит основой для разработки специализированных методов обработки, основанных на учете особенностей рассматриваемых изображений в виде моделей полезных сигналов, в частности моделей фрактальной размерности

**Разработка обобщенной модели процесса маммографических обследований.**

Процесс маммографического обследования представляется в виде обобщенной модели  $M_G$  вида:  $M_G = \{M_F, M_I, M_S, M_M\}$ , где  $M_F, M_I, M_S, M_M$  – функциональная, информационная, структурная и математическая модели соответственно.

Рассмотрим более подробно функциональную модель. Представим функциональную модель  $M_F$  с помощью методологии функционального моделирования IDEF0. Для построения контекстной диаграммы, которая представляет маммографическое обследование как единое целое и показывает связь с внешним миром, определены входы, выходы, управление и механизмы.

Выполняется функциональная декомпозиция контекстной диаграммы модели  $M_F$ . Для этого выделены четыре основных функциональных блока (работы): 1 – зарегистрировать пациента; 2 – выполнить регистрацию и анализ маммограмм; 3 – выполнить диагностику; 4 – сформировать протокол обследования.

Первая и четвертая работы легко автоматизируются при наличии стандартов ведения медицинских карт и оформления протоколов обследования. Поэтому была выполнена дальнейшая декомпозиция функциональных блоков 2 (рис. 1) и 3 (рис. 2).

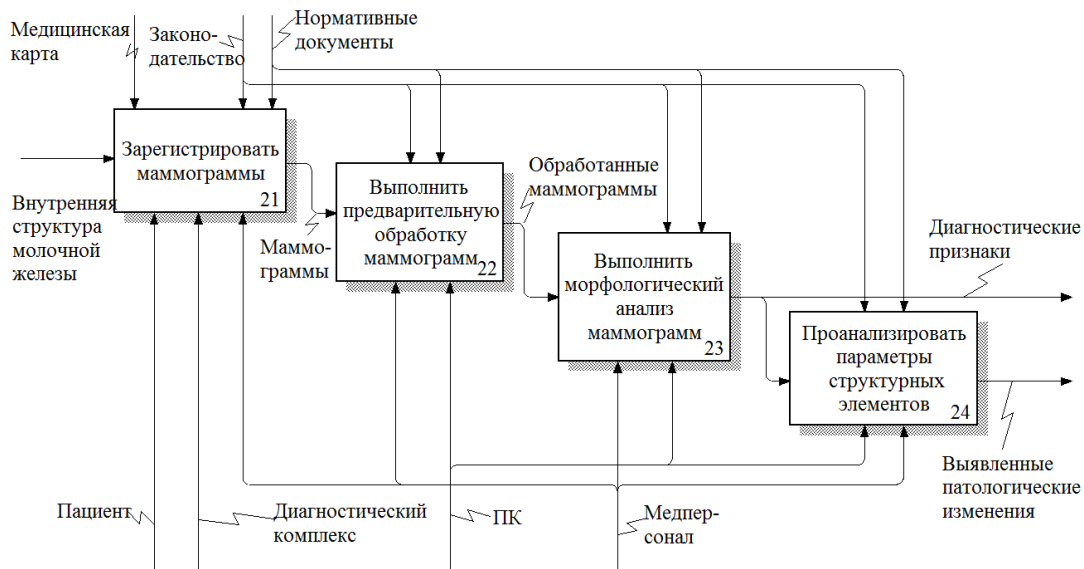


Рисунок 1 – Декомпозиция функционального блока 2 «Выполнить регистрацию и анализ маммограмм».

При декомпозиции блока 2 были выделены следующие блоки: 21 – зарегистрировать маммограмму; 22 – выполнить предварительную обработку (фильтрация, изменение яркости или повышение контраста и т. д.), которая обеспечивает повышение качества визуализации; 23 – выполнить морфологический анализ, т.е. выделить информативные структурные элементы (СЭ) на фоне помех. Так как некоторые элементы маммограмм (микрокальцинаты) имеют нерегулярную (фрактальную) структуру, то применяются специализированные методы морфологического анализа, основанные на учете особенностей рассматриваемых изображений и методов их преобразования в виде моделей полезных сигналов, в частности моделей фрактальной размерности; 24 – проанализировать параметры СЭ с целью формирования множества диагностических признаков.

Вследствие декомпозиции блока 3 «Выполнить диагностику» были выделены следующие блоки: 31 – проанализировать предыдущие обследования; 32 – оценить динамику; 33 – оценить эффективность лечения; 34 – принять решение.

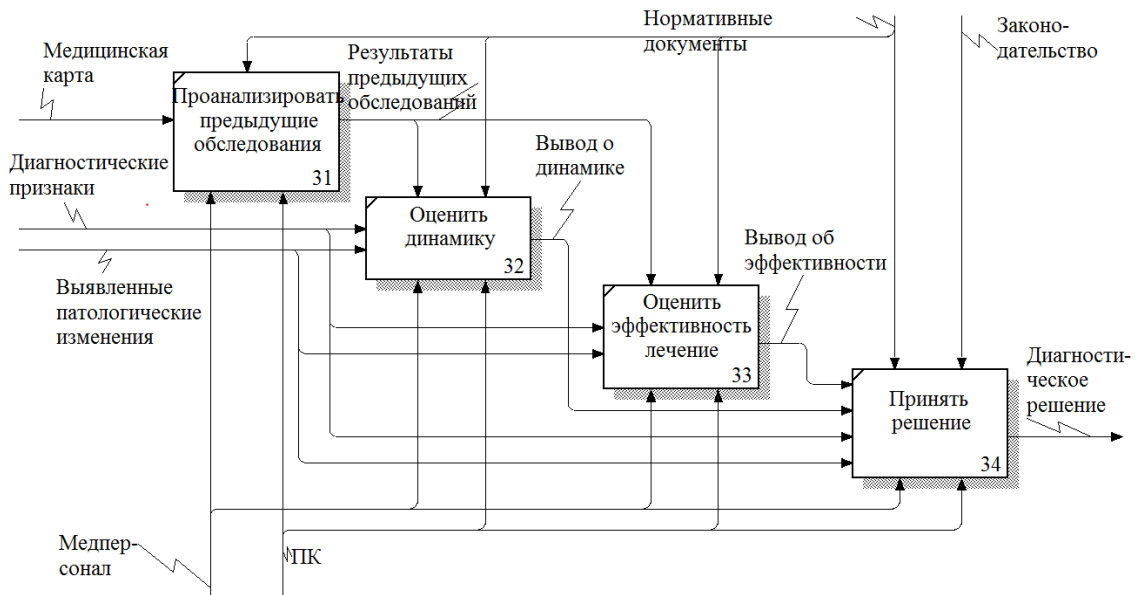


Рисунок 2 – Декомпозиция функционального блока 3 «Выполнить диагностику»

**Выводы.** Предложенная функциональная модель  $M_F$  маммографического обследования является основой для разработки информационной, структурной и математической моделей, а также структуры медицинской СППР, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности оказания медицинских услуг.

#### УДК 519.24

### НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НЕГАУССОВСКИХ ШУМОВ НА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.В. Попов

Национальный аэрокосмический университет им. М. Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, кафедра Радиоэлектронных и биомедицинских компьютеризованных систем и технологий, тел.: (057) 778-41-38,  
e-mail: a.v.popov@khai.edu

The report presents the results of a statistical analysis of noise in medical ultrasound images, an approximation of their probability density by Johnson distributions is proposed, on the basis of which a nonlinear noise filtering method with a non-Gaussian probability distribution is proposed. The effectiveness of the proposed method for processing real images is shown.

**Введение.** Точность постановки диагноза в медицине существенно зависит от качества изображений, получаемых в результате аппаратных биомедицинских исследований, в частности, ультразвуковых. Любые электронные средства порождают шумы, вызванные тепловыми процессами, рекомбинацией носителей заряда в полупроводниках и т.д., которые традиционно считают гауссовскими, и для их подавления на изображениях, полученных с помощью электронных средств, используют методы линейной фильтрации [1]. Нелинейная обработка сигналов в биомедицинской аппаратуре приводит к трансформации закона распределения шумов, например, при детектировании гауссовский шум трансформируется в Релеевский. Аппаратная обработка сигналов, например, сжатие сигналов, приводит к появлению дополнительного спекл-шума, имеющего явно выраженный негауссовский характер, что еще в большей степени усложняет обработку медицинских изображений. Обработка негауссовских шумов методами линейного типа приводит к нормализации шумов на изображении с одновременной потерей мелких деталей и контрастности изображения, медианная

фільтрація - к смещению среднего уровня фона и искажению шкалы яркости. Во многих работах предполагается целесообразным применение фильтров, согласованных с формой закона распределения шумов, а наличие сложных механизмов формирования шумов приводит к использованию множества различных статистических моделей шумов и основанных на них методов фильтрации изображений, например [2] – [4].

В работе [5] был предложен метод построения универсальной статистической модели случайных данных, основанный на распределениях Джонсона, обеспечивающих аппроксимацию практически любых одно- и бимодальных распределений вероятностей.

Целью данной работы является разработка метода подавления шумов, имеющих негауссовское распределение вероятностей, на изображениях, полученных, в частности, при ультразвуковых исследованиях (УЗИ), и его апробация на реальных изображениях, имеющих как аддитивные составляющие теплового и фликкер-шума, так и спекл-шумы, возникающие в процессе аппаратной обработки ультразвуковых сигналов.

**Метод нелинейной фильтрации негауссовских шумов.** Идея метода нелинейной фильтрации основана на описании шумов на медицинских изображениях универсальной статистической моделью вида

$$f(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{\lambda}{(x-\varepsilon) \cdot (\lambda-x+\varepsilon)} \times \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x}\right)\right]^2\right\}, \quad (1)$$

где  $x$  - яркость пикселя изображения,  $\varepsilon, \lambda, \eta, \gamma$  - параметры закона распределения (1),  $\varepsilon \in (-\infty, +\infty)$ ,  $\lambda > 0$  [5].

Особенностью распределения Джонсона (1), является то, что существуют связанные с ним нелинейные преобразования, обеспечивающие преобразование нормального шума в шум с плотностью распределения вида (1) и наоборот. Если по фрагменту изображения найдены оценки параметров  $\varepsilon, \lambda, \eta, \gamma$ , то прямое преобразование Джонсона обеспечит преобразование шума с плотностью распределения (1) в гауссовский шум, методы фильтрации которого хорошо известны. Применение обратного преобразования Джонсона с параметрами  $\varepsilon, \lambda, \eta, \gamma$  к отфильтрованному нормализованному изображению приведет к его восстановлению без смещения среднего значения, но с пониженной дисперсией шумов.

**Результаты апробации метода нелинейной фильтрации изображений.** Для апробации предлагаемого метода использовались УЗИ - изображения сердца (рис. 1), содержащие помимо аддитивного шума спекл-шумы с явно выраженным негауссовским распределением вероятностей (рис. 2).

Прямое преобразование Джонсона обеспечило преобразование формы распределения шумов, близкой к гауссовской. После линейной фильтрации и обратного преобразования Джонсона восстановленное изображение (рис. 3) содержит шумы с пониженной дисперсией при сохранении общей контрастности изображения.

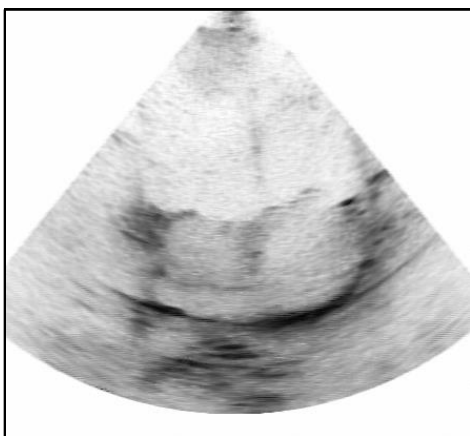


Рисунок 1 – Исходное ультразвуковое изображение сердца

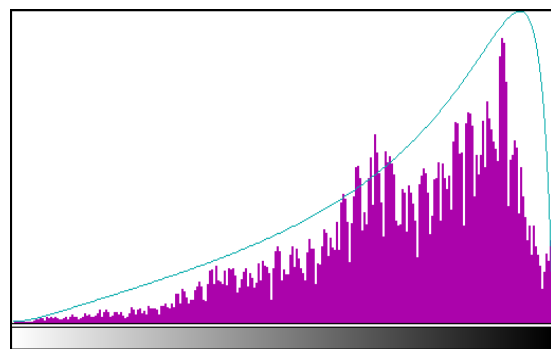


Рисунок 2 – Распределение спекл-шумов по яркости и его аппроксимация (1)

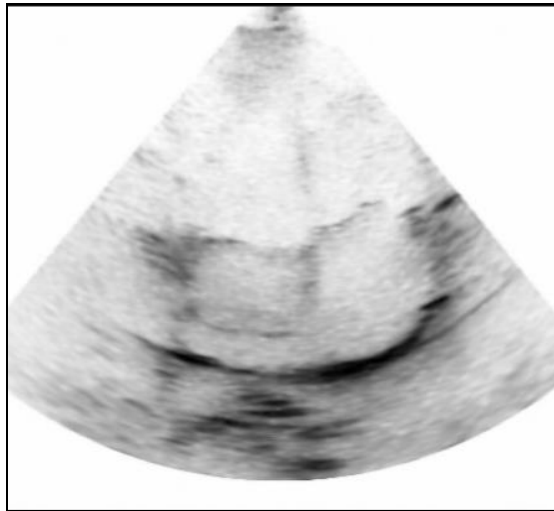


Рисунок 3 – Результат нелинейной фильтрации изображения, представленного на рис. 1

В докладе приведены результаты численной оценки эффективности предложенного алгоритма.

**Выводы.** Предложенный метод нелинейной фильтрации медицинских изображений, содержащих негауссовские шумы, основан на согласовании параметров фильтра с формой распределения вероятности шумов и показал высокую эффективность на локально-стационарных участках изображений. Дальнейшим развитием данного подхода является разработка адаптивной нейронной сети, использующей нелинейное преобразование Джонсона в качестве активационной функции, за счет чего может быть обеспечена высокая степень подавления шумов при сохранении деталей и контрастности информативных фрагментов изображений.

**Перечень ссылок:**

1. S. Anitha, L. Kola, P. Sushma and S. Archana, "Analysis of filtering and novel technique for noise removal in MRI and CT images," 2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECCOT), Mysuru, 2017, pp. 1-3.
2. S. Lahmiri and M. Boukadoum, "Biomedical image denoising using variational mode decomposition," 2014 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS) Proceedings, Lausanne, 2014, pp. 340-343.
3. H. Chen, "A kind of effective method of removing compound noise in image," 2016 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), Datong, 2016, pp. 157-161.
4. M. Ghulyani and M. Arigovindan, "Fast total variation based image restoration under mixed Poisson-Gaussian noise model," 2018 IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2018), Washington, DC, 2018, pp. 1264-1267.
5. Попов, А.В. Разработка метода построения негауссовских статистических моделей экспериментальных данных / А.В. Попов, И.Н. Колесник // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. - 2009. - № 3 (37). - С. 33 - 39.

**УДК 612.821**

**СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИЯВЛЕННЯ АРТЕФАКТІВ З ЕЕГ-СИГНАЛІВ**

І. В. Редька<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Харківська медична академія післядипломної освіти,

<sup>2</sup>Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,  
e-mail: redkaiv@gmail.com

Detecting artifacts in EEG data is an important problem in EEG research. There are the methods based on statistical artifact rejection, adaptive filtration, regression, blind source separation, empirical mode decomposition, wavelet transform and their combination. Nevertheless, there is no universal algorithm for all types of artifacts. It is quite difficult to compare different artifact rejection methods based on their ability to remove artefacts and output signal distortion, but the independent component analysis is the most commonly used in neuroscience research.

Електроенцефалографія (ЕЕГ) є одним з найпоширеніших методів дослідження головного мозку. Висока часова роздільна здатність ЕЕГ зумовлює низьке співвідношення сигнал/шум у нативних ЕЕГ-сигналах, що вимагає їх попередньої обробки з метою виявлення та видалення артефактів. За природою ЕЕГ артефакти поділяються на фізичні та фізіологічні. Фізіологічні артефакти значно перекриваються зі

спектром ЕЕГ, тому середня потужність артефактів може бути аналогічною або навіть вищою за потужність ЕЕГ, що унеможлиблює подальший коректний нейрофізіологічний аналіз сигналу. У той же час ремонт та/або цифрова фільтрація, які ефективні при видаленні фізичних артефактів, досить часто є неефективними при видаленні фізіологічних артефактів й здатні викривляти неартефактні фрагменти ЕЕГ-сигналів.

Отже, метою даної роботи є огляд існуючих математичних підходів до розпізнавання та видалення артефактів з ЕЕГ-сигналів.

У нейрофізіологічній практиці аналіз ЕЕГ-сигналів досить часто розпочинають з використання *статистичних методів* виявлення артефактів (*Statistical Artifact Rejection, SAR*) на основі встановлення порогових значень для статистичних характеристик часової, просторової та частотної області ЕЕГ-сигналів. Однак, такий підхід дозволяє автоматично видаляти тільки грубі артефакти. До середини 90-х років ХХ ст. традиційним методом видалення артефактів були *регресійні методи*, реалізовані для видалення артефактів як у часовій, так і просторовій областях, але вимагають наявності екзогенних опорних каналів (ЕОГ, ЕКГ тощо) для виявлення артефактів. Наразі регресійні методи використовуються у якості «золотого стандарту» для оцінки ефективності нових алгоритмів виявлення артефактів. Ще одним методом заснованим на використанні опорного каналу є методи *адаптивної фільтрації* з використанням у якості алгоритму оптимізації метод найменших квадратів (LMS) або рекурсивних найменших квадратів (RLMS). Для виявлення артефактів з нестационарними властивостями без опорного каналу запропоновано використовувати алгоритми *оптимальної фільтрації* Калмана та Вінера для часової та частотної області ЕЕГ-сигналів відповідно. Методи на основі *сліпого розділення джерел* (Blind Source Separation, BSS) засновані на просторовій фільтрації ЕЕГ-сигналів для видалення фізіологічних артефактів без опорних каналів. Найпоширенішими методами BSS є аналіз головних компонентів (Principal Component Analysis, PCA), аналіз незалежних компонентів (Independent Component Analysis, ICA), канонічний кореляційний аналіз (CCA).

*Емпірична модова декомпозиція* (Empirical Mode Decomposition, EMD) розбиває сигнал ЕЕГ на набір вузькосмугових амплітудно-частотно-модульованих компонентів, відомих як функції емпіричних мод (intrinsic mode functions, IMF), які не задані аналітично та визначаються аналізованою послідовністю. Основним недоліком EMD є змішування мод. Для подолання цього недоліку запропоновано алгоритм ансамблевої емпіричної модової декомпозиції (Ensemble Empirical Mode Decomposition, EEMD) для виділення компонентів, які змішуються внаслідок переривчатості у сигналі, та алгоритм багатомірної емпіричної модової декомпозиції (Multivariate Empirical Mode Decomposition, MEMD) для виділення компонентів зі спектральною близькістю.

*Вейвлет-перетворення* (Wavelet transform, WT) перетворює сигнал часової області у часову та просторову області. Дискретне вейвлет-перетворення (DWT) не може повністю ідентифікувати артефакти з подібними спектральними властивостями. Основним недоліком DWT є трансляційна варіативність (висока часова дисперсія), який усунуто в алгоритмі стаціонарного вейвлет-перетворення (SWT) за рахунок відсутності понижуючої дискретизації.

Зазначені методи по-різному впливають на спектральні та фазово-когерентні властивості реконструюваного ЕЕГ-сигналу, але наразі немає єдиного універсального алгоритму для видалення усіх типів артефактів. У нейрофізіологічній практиці найпоширенішими методами виявлення артефактів є методи на основі BSS, особливо ICA. Стандартна модель ICA реалізована у таких алгоритмах як Infomax, JADE, FastICA, RADICAL, які не враховують часову структуру сигналу та не виділяють компоненти з гаусовим розподілом. Зазначених недоліків позбавлені моделі ICA для часових рядів, які реалізовані в алгоритмах TDSEP/SOBI, AMUSE. У той же час CCA зберігає більше корисної інформації, ніж ICA. Регресійні та фільтраційні методи, на відміну від BSS, WT, EMD, можуть виконуватися тільки за умови наявності опорного каналу. У той же час алгоритми BSS не можуть бути використані у разі одноканальних сигналів ЕЕГ, на відміну від методів на основі WT, EMD. Недоліком WT є неможливість ідентифікації артефактів які мають подібний спектральні властивості з істинним церебральним сигналом, а EMD має недоліки зумовлені змішуванням мод. Методи на основі BSS більш придатні для аналізу стохастичних сигналів, тоді як WT і EMD – детерміністських сигналів. Саме тому постійно ведуться пошуки нових, як правило, гібридних алгоритмів виявлення артефактів (REGICA, wICA, wCCA, IVA (ICA-CCA), EMD-ICA, ICA-MEMD, CCA-SWT, ICA-SWT, SOBI-SWT, EEMD-IVA, EEMD-CCA, EMD-CCA- SWT, та ін.).

Відзначимо, що достеменно визначити ефективність нових методів виявлення артефактів за такими показниками як точність, продуктивність і ресурсні затрати неможливо через відсутність еталонного тестового артефактного ЕЕГ-сигналу. Крім того, ефективність виявлення артефактів лімітована малою численністю об'єктивних кількісних оцінок визначення ефективності виявлення

різних типів артефактів і викривлення вихідного сигналу й довільності їх використання. Так, для порівняння алгоритмів у часовій області оцінюють коефіцієнт кореляції, взаємної інформації, відношення сигнал/артефакт (ASR) або сигнал/шум (SNR), середньоквадратичної похибки (RMSE), а у частотній області – показники частотно-часового аналізу, зокрема, показники викривлення спектру потужності та когерентності.

#### Перелік посилань:

1. Меринов П.А., Беляев М.Г. Влияние автоматических методов очистки ЭЭГ от артефактов на точность классификации // Информационные технологии и системы: сб. трудов 39-й междисциплинарной школы-конф. ИПИ РАН «Информационные технологии и системы 2015». – Сочи, 2015. – С. 313–328.
2. Ch.-Y. Jung, S.S. Saikiran A review on EEG artifacts and its different removal technique // Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange. – 2016. – Vol. 2 (4), - P. 43-60.
3. Jiang X., Bian G.B., Tian Z. Removal of Artifacts from EEG Signals: A Review // Sensors (Basel). – 2019. – Vol. 19 (5):987. – 18 p.
4. Nandi Sh., Ferdous J. Comparison between DWT and SWT Algorithms for the Suppression of Muscular Artifact from ictal EEG // International Journal of Computer Science and Information Security. – 2019. – Vol. 17 (6). – P. 1–7.
5. Safieddine D., Kachenoura A., Albera L., et al. Removal of muscle artifact from EEG data: comparison between stochastic (ICA and CCA) and deterministic (EMD and wavelet-based) approaches. EURASIP // Journal on Advances in Signal Processing. – 2012. – Vol. 127. – P. 1–15.

УДК 004.03:65/.056.55

### ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ

Л. М. Рисованая<sup>1</sup>, Е. В. Высоцкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный медицинский университет,  
61022, Харьков, пр. Науки, 4, каф. медицинской и биологической физики и  
медицинской информатики, тел.: 067-388-75-97, e-mail: rluba\_24@ukr.net

<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, каф. радиоэлектронных и биомедицинских компьютеризированных  
средств и технологий, e-mail: evisotska@ukr.net

One of the urgent problems of modern medicine is the growth of emotional and cognitive disorders against the background of cerebrovascular pathology. Analysis of the known information systems for identifying these disorders showed that most of them have either a weak degree of information protection, or too complex and cumbersome. The work was based on the development of information protection organization for an information system for the detection of emotional and cognitive disorders, which allows to ensure the confidentiality of important medical information.

Актуальной проблемой современной медицины остается негативная динамика роста эмоциональных и когнитивных нарушений, которые часто сопровождаются органическими и симптоматическими психическими расстройствами на фоне цереброваскулярной патологии [1].

Решение данной проблемы является важным и имеет несомненное медицинское и социальное значение, поэтому для своевременного выявления заболевания возникает потребность в накоплении и анализе большого объема данных, получаемых при наблюдении пациентов, детальном отслеживании их состояния на протяжении длительного периода. Следовательно, возникает необходимость в разработке специализированных медицинских информационных систем (МИС), которые позволяют улучшить ведение медицинской документации, анализ клинической информации, а также сопровождение пациента на всех этапах его наблюдения [2].

На сегодняшний день к любой МИС предъявляются достаточно большое количество требований, в том числе и к информационной безопасности. В связи с этим в МИС должен быть реализован ряд мер по обеспечению безопасности, как информации, так и системы в целом. Система безопасности является интегрированной и унифицированной, что позволяет обеспечить конфиденциальность, целостность и доступность данных, разграничение доступа к ним [3].

Обеспечивать защиту информации должен механизм, включающий в себя различные средства обеспечения безопасности: аппаратные, программные, организационные [4,5]. При разработке МИС



выявления психоэмоциональных нарушений был выделен ряд возможных угроз, а именно: изменение и удаление данных, хранящихся в БД; нарушение конфиденциальности; хищения данных при передаче их на ПК. Наиболее используемым для шифрования особо секретной информации является блочный алгоритм Advanced Encryption Standard (AES) [3].

Целью представленной работы является разработка мероприятий по организации защиты информации для информационной системы выявления психоэмоциональных и когнитивных нарушений.

МИС выявления психоэмоциональных и когнитивных нарушений состоит из нескольких блоков и позволяет определять степень тяжести соответствующих нарушений и прогнозировать их дальнейшее развитие. Наиболее уязвимой информация о пациенте становится во время хранения в БД. Именно при хранении информации в БД она подвержена ряду угроз, а именно: нарушению конфиденциальности данных, т.е. копированию или несанкционированному распространению; вредоносному воздействию на содержание информации, т.е. изменению персональных данных пациента или их уничтожению; несанкционированному влиянию на программные элементы МИС и др.

Для защиты от несанкционированного доступа к базе данных из других программных продуктов был использован симметричный алгоритм блочного шифрования AES.

Для проверки работы представленного алгоритма шифрования, были взяты два блока данных о пациенте, отличающиеся на 1 бит. Сравнив эти же блоки после шифрования, были замечены их существенные отличия (отличия в шифротексте составили 65 бит информации).

Применение симметричного алгоритма блочного шифрования AES позволило, за счет его байт-ориентированной структуры, достичь необходимой и достаточной производительности выполнения операций шифрования на различных программных платформах при достаточно большом объеме разнородной информации и обеспечить конфиденциальность важной медицинской информации на всех этапах выявления психоэмоциональных и когнитивных нарушений.

Отметим, что из-за осуществления дополнительных операций, связанных с процессами шифрования и дешифрования, длительность обработки данных о состоянии пациента увеличилась, но незначительно. Также к недостатку используемого алгоритма шифрования следует отнести легкость манипулирования блоками (удаление, повторение или перестановка), однако основным преимуществом его является осуществление преобразования данных в двух измерениях, т.е. по строкам и по столбцам, что гарантирует полное рассеивание и перемешивание информации за две итерации. Так при шифровании двух практически идентичных блоков данных о результатах психологического, клинико-лабораторного и инструментального исследования были получены совершенно непохожие друг на друга блоки шифротекста.

Организация защиты информации информационной системы выявления психоэмоциональных и когнитивных нарушений позволила устранить угрозу несанкционированного доступа к информации о пациенте и его состоянии, предотвратить нарушение ее целостности и искажения.

#### **Перечень ссылок:**

1. Высоцкая, Е. В. Применение дискриминантного анализа для классификации когнитивных расстройств у больных дисциркуляторной энцефалопатией. / Е.В. Высоцкая, А.М. Кожина, Л.М. Рисованая, Е.Э. Чайка // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський Університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2013. – Випуск 9 (116). – С.189-193.
2. Высоцкая, Е. В. Разработка базы данных информационной системы диагностики степени когнитивных расстройств у больных дисциркуляторной энцефалопатией. / Е.В. Высоцкая, И.Ю. Панферова, Л.М. Рисованая // Восточно- Европейский журнал передовых технологий, 2014. – Серия "Информационные технологии" 3/2 (69). – С.9-14.
3. Руженцев, В. І. Організація захисту інформації в інформаційній системі визначення осередків токсичності біооб'єктів / В. І. Руженцев, А. П. Порван, М. А. Пашенко // Вісник НТУ "ХПІ", 2015. –№52(1161). – С.152-156.
4. Постановка и формализация задачи формирования информационной защиты распределённых систем. А.А. Кацупеев, Е. А. Щербаклова, С.П. Воробьёв // Электронный научный журнал "Инженерный Вестник Дона", №1, ч.2, 2015
5. Алюшкевич В.Б. Вопросы информационной безопасности в здравоохранении / В.Б. Алюшкевич, В.А. Дмитриев, В.А. Лапицкий, М.М. Сачек // Вопросы организации и информатизации здравоохранения, 2016. – №3. – С. 9-11.

УДК 615.47: 616–072.7

**ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБЛИЧ ЛЮДЕЙ У МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ**

О. Н. Романюк, С. О. Романюк, С. В. Павлов

Вінницький національний технічний університет,

21021, Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: gom8591@gmail.com ; факс (0432) 46-57-72

П. І. Махайлов, Р. Ю. Чехместук, І. В. Перун

ТОВ «3Д Дженерайшн Юей»,

21021, Вінниця, вул. Пірогова, 37, e-mail: ip.ua@3dgeneration.com

The basic directions of the use of three-dimensional modeling for the medical field are considered. It is proposed to use three-dimensional images for plastic surgery, rapid diagnosis of diseases, as well as for biomedical devices.

Лице людини визначає її привабливість людини та є основним засобом ідентифікації і невербальної комунікації.

Травми обличчя відносяться до найпоширеніших пошкоджень з постійною тенденцією до зростання. Число пошкоджень за останнє десятиліття зросло в 2,4 рази. Це обумовлює зростання ролі пластичної та реконструктивної медицини. За статистикою, щорічно в світі проводиться біля 18 млн. пластичних операцій.

Враховуючи збереження динаміки травматизму актуальними є питання покращення діагностування, підвищення ефективності проведення пластичних і реконструктивної операцій. Підвищення рівня проведення та планування реконструктивних і пластичних операцій пов'язують з використанням тривимірних моделюванням [1]-[3].

Тривимірні моделі обличчя людини є найреалістичнішими, відображають анатомічну структуру, точно передають рельєфні та кольорові особливості об'єкта, підлягають модифікації для зміни зовнішності. 3D- модель обличчя є багатофакторним джерелом інформації про пацієнта, дозволяє істотно знизити необхідний обсяг взаємодії з користувачем порівняно з існуючими методами.

Натурне тривимірне моделювання для задач пластичної та реконструктивної медицини є неприйнятним, оскільки отримана модель є суб'єктивною. В цьому випадку доцільно розробка біомедичних засобів, які дозволять розробити реалістичні об'єкти, які є адекватними реальним.

У багатьох випадках пластичні хірурги при плануванні хірургічних втручань покладаються на аналіз фотографій обличчя пацієнта. Такий підхід має суттєві обмеження, обумовлені просторовими спотвореннями, неможливістю відтворити зовнішній вигляд пацієнта після хірургічного втручання. Невідповідність очікуваного розміру або форми може призвести до повторного хірургічного втручання. За світовою статистикою в 20-40 % випадків пацієнти не задоволені результатами пластичної операції. Цей ризик можна суттєво зменшити за рахунок попередньої розробки 3D-моделі обличчя, яку може оцінити пацієнт до і після операції і висловити свої побажання

Моделювання кінцевого результату пластичної операції до її проведення дасть можливість пацієнту уточнити вимоги по зміні своєї зовнішності, а пластичному хірургу - краще зрозуміти побажання пацієнта. У свою чергу, використання тривимірних зображень обличчя дозволяє хірургу не тільки краще підготуватися до хірургічного втручання, але і зробити його менш інвазивним і небезпечним для пацієнта.

У медичній практиці тривимірна модель зображення обличчя має характерну відмінність від інших застосувань, оскільки вона є об'єктом дослідження для діагностики [2], а тому повинна бути точною та надавати можливість для отримання різних метрик. У цьому випадку поєднання антропометричних даних з іншими методами досліджень дозволяє в значній мірі уточнити діагноз.

Згідно зі статистикою біля 8% населення мають генетичні порушення, причому у 30–40% це призводять до зміни в обличчі та черепі людини. Поширеність генетичних захворювань обумовлює необхідність розробки методів експрес-діагностики з використанням 3D-моделювання. Це дозволить прискорити діагностичний процес і зменшити залежність від дорогих досліджень ДНК.

Залежно від точності моделі і кількості контрольних точок можна досягти високої достовірності встановлення наявності хвороби. Так, наприклад, синдром Дауна можна первинно діагностувати за такими вимірами: сплюснуте плоске обличчя; внутрішній кут очей розташовується нижче, ніж зовнішній; перенісся плоске та широке, вушні раковини маленькі, недорозвинені, розташовуються досить низько.

Розроблено програму для метрологічного аналізу голови людини, яка адаптивно налаштовується на діагностику конкретного генетичного захворювання. Програма проводить морфологічний аналіз ділянок обличчя. Так, наприклад, програма для первинного діагностування захворювання Брахицефалію реалізовано за черепним індексом, який при патології має значення, більше 81

Запропоновано використовувати морфінг тривимірних зображень обличчя для аналізу вікових патологій та проведення пластичних операцій.

Морфінг полягає у формуванні проміжних значень зображень від початкової моделі до кінцевої. Для цього, як правило, виконують модифікацію триангуляційної моделі об'єкта. Морфінг дає можливість отримати інтерпольовані значення поверхонь зображень, в той час як інтерполювання від початкового до кінцевого операнда – тільки проміжні значення. Ця властивість дає можливість ефективно використовувати морфінг у медицині, зокрема, для аналізу розвитку патологій, прогнозування вікових змін і т. д.

Для дослідження обличчя та голови людини використовують різні прилади. Це, як правило, механічні біомедичні прилади різної складності і принципів дії. Серед найпоширеніших біомедичних приладів для метрологічних досліджень обличчя та голови людини використовують: фотостат Коркгауза, гнатостат Симона, краніометр, діоптограф, краніостереобазиметр, антропостереометр та інші. Мета використання приладів – визначення розмірів анатомічних ділянок обличчя та голови людини. Якщо перші прилади визначали лінійні розміри, то останні – просторові координати. Ці дані використовуються для подальшої обробки. На жаль, біометричні прилади у переважній більшості мають контактний метод отримання даних, що створює незручності пацієнту, вимагає великого проміжку часу досліджень (вимірювань). При цьому точність вимірювань є невисокою. Розробка програмних аналогів біомедичних приладів обумовлена необхідністю комп'ютеризувати процес діагностики та планування пластичних і реконструктивних операцій. Запропоновано використовувати тривимірні моделі обличчя (голови) людини для вимірів вибраних ділянок.

Використання тривимірного моделювання в медицині дозволить покращити діагностування, підвищити ефективність проведення операцій.

#### Перелік посилань:

1. С. О. Романюк Підвищення реалістичності відтворення зображень людських облич для задач пластичної хірургії, на Міжнарод. наук.-практ. конференції Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ, м. Вінниця, с. 210–213, 2017.
2. С. О. Романюк, О. Н. Романюк, та В. М. Чорний “Використання 3D-принтерів у медичній практиці”, in XII Międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji Naukowa przestrzen Europy-2016, Przemysł, pp. 28–33.
3. С. О. Романюк, “Діагностичні ознаки для морфологічного аналізу зображень обличчя людини для проведення пластичних і реконструктивних операцій”, на Міжнарод. наук.-техн. конф. Комп'ютерна графіка та розпізнавання зображень, Вінниця, 2018, с. 211–215.

#### УДК 615.47:616-07

### ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ИНСУЛИНОТЕРАПИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА

Е. И. Сокол\*, С. С. Лапта\*, О. И. Соловьёва\*\*, С. И. Лапта\*\*\*

\*Национальный технический университет “ХПИ”,

\*\*Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба,

\*\*\*Харьковский национальный педагогический университет  
stas69@ukr.net

This report is devoted to modern developments in the mathematical modeling of the carbohydrate metabolism regulation processes and their application to the Diabetes mellitus II early diagnostics as well as to the calculation of the Diabetes mellitus insulin therapy regimens. The cause of the previous elaborations suffered from formalism and physiological inadequacy is clarified. A way for overcoming these deficiencies is proposed.

**Введение.** Известно, что в ранней диагностике нуждается только сахарный диабет (СД) 2-го типа (СД2) – широко распространенное тяжелое эндокринное заболевание, обладающее длительным латентным периодом, когда уже развиваются его смертельно опасные поздние сосудистые и неврологические осложнения. Известно, что основными факторами СД2 являются нарушения в секреции инсулина поджелудочной железой и инсулинорезистентность тканей организма пациента. В связи с принципиальной невозможностью их прямого исследования в клинических условиях эндокринологи качественно судят о них по гликемическим данным перорального теста толерантности к глюкозе (ПТТГ). Несмотря на почти столетнюю практику инсулинотерапии СД, расчет ее режима для определенного пациента для предотвращения у него опасной гипогликемии и поздних осложнений диабета до сих пор является скорее искусством, чем наукой [1].

В соответствии с общей стратегией современной доказательной медицины по переходу к объективным числовым характеристикам заболеваний решение проблемы ранней диагностики СД2 было предложено проводить на основе программно-модельной обработки данных ПТТГ. Предполагалось, что на основе физиологически адекватной математической модели системы регуляции

углеводного обмена можно извлечь из доступных для клинических измерений гликемических данных ПТТГ значения диагностических параметров секреции и восприимчивости инсулина. Эту же модель предполагалось использовать и для расчета режима инсулинотерапии СД. Актуальность построения такой модели сохранилась до сих пор в связи с неэффективностью решений уже предложенных для этих целей в последние десятилетия.

**Основная часть.** Анализ причин неэффективности предложенных ранее математических моделей системы регуляции углеводного обмена для диагностики латентного СД2 и инсулинотерапии СД показывает, что они физиологически неадекватны в своей основе, в понимании факторов гипогликемизирующего действия инсулина и глюкозного стимула секреции инсулина поджелудочной железой человека. Среди специалистов по математическому моделированию процессов регуляции углеводного обмена и врачей-эндокринологов широко распространены ничем не обоснованные ошибочные представления о том, что гипогликемизирующим фактором инсулина является его уровень в крови, а известная двухфазность секреции инсулина поджелудочной железой, стимулированной экзогенной глюкозой, при проведении инфузионного теста обусловлена двумя отдельными пулами инсулина в ней: ранее синтезированного и производимого в текущий момент времени.

Однако первое из этих представлений противоречит известному эмпирическому правилу инсулинотерапии [2]: количество введенного в организм экзогенного инсулина  $\Delta i$  и количество утилизированной при этом глюкозы  $\Delta g$  пропорциональны:

$$\Delta g = -k \Delta i, \quad (1)$$

где знак минус соответствует утилизации глюкозы,  $k$  – параметр восприимчивости инсулина.

При почленном делении равенства (1) на время  $\Delta t$  процесса инсулинозависимой утилизации глюкозы и переходе к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$ , получаем, что интенсивность этой утилизации глюкозы пропорциональна скорости  $i'(t) = \varphi(t)$  поступления экзогенного (эндогенного) инсулина в кровь:

$$g'(t) = -k \varphi(t). \quad (2)$$

При анализе результатов инфузионного теста [3] было установлено, что наблюдаемая в этом случае двухфазность интенсивности секреции инсулина обусловлена не мифическими его пулами, а тремя глюкозными факторами: скоростью  $f(t)$  поступления экзогенной глюкозы в кровь, всем количеством  $Q(t)$  непрерывно поступившей в кровь глюкозы на данный момент времени  $t$  с его обнулением при обращении в ноль функции  $f(t)$  и началом нового накопления, а также превышением  $y(t) = g(t) - g_b$  уровнем гликемии  $g(t)$  его базального значения  $g_b$  в некоторый предшествующий момент времени на  $\tau$  минут раньше:

$$j'(t)_{секр} = j'(t)_{секр b} + \eta f(t) + \mu Q(t) + \gamma y(t - \tau). \quad (3)$$

где  $j'(t)_{секр b}$  – интенсивность базальной секреции инсулина, параметры  $\eta$ ,  $\mu$  и  $\gamma$  характеризуют его глюкозную стимуляцию по первому, второму и третьему факторам.

При построении уравнений баланса гликемии и инсулинемии с учетом соотношений (1), (2) было получено семейство математических моделей динамики гликемии и системы регуляции углеводного обмена, отличающихся между собой уровнем детализации, которые впервые универсально физиологически адекватно воспроизводят все известные гликемические и инсулинемические данные об этой системе при любом ее выведении из базального состояния. В частности, впервые была получена модель ПТТГ с двойной глюкозной нагрузкой по Штаубу – Трауготту, воспроизводящая клинически наблюдаемое в тесте явление инсулинового подавления второго подъема уровня гликемии в норме [4].

Полученные результаты математического моделирования системы регуляции углеводного обмена были применены для разработки новых методов ранней диагностики СД2 и инсулинотерапии СД. В частности был разработан адаптированный алгоритм функционирования имплантируемого дозатора инсулина [5].

**Выводы.** В отличие от гипотетических моделей системы регуляции углеводного обмена человека наших предшественников, построенные нами на основе физиологических и клинических соотношений (1) и (2) модели впервые адекватно воспроизводят все известные гликемические и инсулинемические данные об этой системе при любом ее выведении из базального состояния. На их основе были разработаны эффективные методы ранней диагностики СД2 и инсулинотерапии СД.

#### Перечень ссылок:

1. Доказательная эндокринология: руководство для врачей. - 2-изд. - пер. с англ. / ред. Полайн М. Камачо,

Хоссейн Гариб, Глен В. Сайзмо. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008 . – 631 с.

2. Дедов И.И., Шестакова М.В. Сахарный диабет: диагностика, лечение, профилактика – М. : Медицинское информационное агентство, 2011 . – 801 с.

3. Генес С.Г., Журова М.В., Полтораков В.В. Современные представления о механизме секреции инсулина // Проблемы эндокринологии. – 1980. – Т. 26, №5. – С. 73-79.

4. Sokol Y., Lapta S., Kolisnyk K., Solovyova O., Goncharova O., Koval S., Karachtsev I., Kravchun N. The model of the glycemic level self-regulation for extracting the information from the glucose tolerance tests data // 2019 IEEE 39<sup>th</sup> International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) – 2019. – P. 390-393.

5. Мустецов Н. П. Адаптированный алгоритм работы имплантируемого дозатора инсулина / Н. П. Мустецов, С. С. Лапта // Біофізичний вісник. : наук. журн., Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. – Харків: – 2018. – Вип. 39. – С. 42-50.

УДК 616.728.1-073.7:004.94] (045)

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ «ПОЯСНИЧНЫЙ ОТДЕЛ ПОЗВОНОЧНИКА – КРЕСТЕЦ – ТАЗ»**

В. А. Стауде<sup>1</sup>, А. В. Кондратьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М. И. Ситенко НАМН Украины», 61024, Харьков, ул. Пушкинская, 80, отделение восстановительного лечения, тел.: (057) 725-14-80, e-mail: stayde@mail.ru

<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, проблемная научно-исследовательская лаборатория композиционных материалов, тел.: (095) 509-98-64, e-mail: a.kondratiev@khai.edu

The goal: to analyze the stress-strain state of the sacroiliac joints with central, interosseous, dorsal sacroiliac ligaments in normal condition and in the conditions of pelvis tilt in the frontal plane. The methods: for this study virtual model was elected, it was synthesized on the base of CT scan of the lumbar spine, sacroiliac joints and pelvis of 20 patients and MRI of sacroiliac joints of 10 patients. Synthesized finite element models of lumbosacral spine and sacroiliac joints were loaded on the upper vertebrae L1 along the axis of spine with compressive force that was equal to 400 and 2000 N.

**Введение.** В кинематической цепи опорного скелета «поясничный отдел позвоночника – крестец – таз» крестцово-подвздошные суставы (КПС) играют важную роль [1]. По данным ряда исследователей [2], около 85 % хронических пояснично-тазовых болей связаны с механическими причинами. Одной из них является неадекватная поза, которая обуславливает хроническое вредное воздействие перегрузки и ведет к возникновению приспособительных изменений в системе «поясничный отдел позвоночника – крестец – таз». Для большинства взрослых линия, проведенная по проекции краниальной пластинки крестца во фронтальной плоскости, горизонтальна. Однако одностороннее смещение ее даже на 2 мм вверх может быть клинически значимым. А. Кіароур и соавт. [3], исследуя на своей математической модели таза с бедренными костями напряженно-деформированное состояние в КПС без выделения конкретных связок при трех вариантах разницы длины бедер (1–3 см), пришли к выводу, что величина приведенных по Мизесу напряжений в области КПС значительно возрастает уже при разнице длины бедер в 1 см и прогрессивно увеличивается при нарастании этой разницы. В связи с изложенным выше целью данной работы стало имитационное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния крестцово-подвздошного сустава с вентральными, межкостными, дорсальными крестцово-подвздошными связками при нормальном стоянии и при наклоне таза во фронтальной плоскости.

**Основная часть.** Современные средства компьютерного имитационного моделирования позволяют решать широкий круг задач для биомеханических систем [4]. Общепризнанным стандартом при решении таких задач посредством численных алгоритмов стали комплексы, реализующие метод конечных элементов [4]. Для исследования была выбрана предложенная нами конечно-элементная математическая модель [5], синтезированная на основе сканов компьютерной томографии поясничного отдела позвоночника, КПС и таза 20 пациентов. Конфигурацию основных связок, влияющих на функцию КПС и положение нижнепоясничных сегментов относительно крестца, смоделировано на основе сканов магнитно-резонансной томографии 10 пациентов и схемы их расположения по А. И. Капанджи. Моделирование КПС с вентральными, межкостными и дорсальными крестцово-подвздошными связками проведено посредством введения элемента, обеспечивающего необходимые степени свободы крестца относительно крыла таза, форма которого соответствует схеме, предложенной

А. Т. Масі. Наклон таза был смоделирован поворотом на угол  $6^\circ$  относительно горизонтальной линии во фронтальной плоскости. Такой угол наклона таза соответствует его смещению на 2,0–2,5 см во фронтальной плоскости. При этом вертикальная ось математической модели поясничного отдела позвоночника проходила через середину позвонка L1. Синтезированные конечно-элементные модели пояснично-крестцового отдела и КПС были нагружены по верхнему позвонку L1 сжимающей вертикальной силой вдоль оси позвоночника, равной 400 Н и 2000 Н [5]. Для анализа напряженного состояния модели пояснично-крестцового отдела использованы картины распределения эквивалентных напряжений по Мизесу  $\sigma$ ; для анализа деформируемости – картины распределения эквивалентных деформаций  $\epsilon$  [4, 5].

**Выводы.** Наклон таза во фронтальной плоскости ведет к смещению условной оси ротационной подвижности крестца относительно таза кпереди и книзу, с одной стороны, и кзади и кверху – с другой. Это сопровождается значительным увеличением относительных сжимающих деформаций мягкотканых структур КПС с нижерасположенной стороны. При нагрузке в 400 Н при наклоне таза по сравнению с его нормальным стоянием возрастают значения напряжений во всех связках КПС с нижерасположенной стороны, а особенно в дорсальных, межкостных, подвздошно-поперечных и подвздошно-поясничных связках. Незначительно повышается значение напряжений в крестцово-бугорных и крестцово-остистых связках. С этой же стороны значительно увеличиваются относительные деформации гиалинового хряща и межкостных связок в направлении сжатия. Возрастают относительные растягивающие деформации в связках КПС с вышерасположенной стороны, особенно в вентральных, межкостных, дорсальных и подвздошно-поперечных связках. При нагрузке в 2000 Н увеличиваются значения напряжений в связках КПС с нижерасположенной стороны, особенно в дорсальных, межкостных и подвздошно-поперечных связках. При увеличении нагрузки возрастает роль крестцово-бугорных, крестцово-остистых, подвздошно-поясничных связок, в которых величины напряжений возрастают в 5–10 раз. В этой ситуации также увеличиваются величины относительных растягивающих деформаций в вентральных, межкостных, дорсальных, подвздошно-поперечных и подвздошно-поясничных связках КПС с вышерасположенной стороны. При нагрузке в 2000 Н увеличиваются величины напряжений до критических в межкостных, дорсальных крестцово-подвздошных, подвздошно-поясничных связках с обеих сторон. Межкостные, дорсальные крестцово-подвздошные, подвздошно-поясничные связки при наклоне таза во фронтальной плоскости могут являться причиной нижнепоясничных болей.

#### Перечень ссылок:

1. Vleeming A., Snijders C. J., Stoeckart R. The role of the sacroiliac joints in coupling between spine, pelvis, legs and arms // Movement, stability and low back pain: the essential role of the pelvis. – NY: Churchill Livingstone, 1997. – P. 53 – 71.
2. Irvin R. E. Sub-optimal posture; the origin of the majority of the musculoskeletal pain of the musculoskeletal system // Movement, stability and low back pain: the essential role of the pelvis. – NY: Churchill Livingstone, 1997. – P. 133 – 155.
3. Kiarpour A., Abdelgawad A. A., Goel V. K. [et al.] Relationship between limb length discrepancy and load distribution across the sacroiliac joint – a finite element study // J. Orthop. Res. – 2012. – Vol. 30 (10). – P. 1577–1580. DOI: 10.1002/jor.22119.
4. Бегун П.И. Моделирование в биомеханике. – М.: Высш. шк., 2004. – 390 с.
5. Корж Н. А., Стауде В.А., Кондратьев А. В., Карпинский М. Ю. Напряженно-деформированное состояние системы "поясничный отдел позвоночника – крестец – таз" при фронтальном наклоне таза // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 1(602). – С. 54 – 61. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872016154-61>

#### УДК 681.32

### ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОНКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ НА ОСНОВЕ РАССТОЯНИЙ ЛЕВЕНШТЕЙНА

Л. С. Файнзильберг

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем  
НАН Украины и МОН Украины

03680, Киев, пр. академика Глушкова, 40, (+38)0445264119, [fainzilberg@gmail.com](mailto:fainzilberg@gmail.com)

A new approach to ECG analysis and interpretation based on the calculation of Levenshtein distances between the codogram of the analyzed ECG and the pre-built reference codograms of a healthy and sick persons is developed. It was established that the proposed approach provides sensitivity  $S_E = 72\%$  and

specificity  $C_p = 79\%$  for coronary artery disease diagnosis even in cases where the traditional 12-lead ECG analysis is uninformative.

**Введение.** Цифровые электрокардиографы, в которых реализованы *традиционные* подходы к обработке ЭКГ, не обеспечивают требуемую достоверность результатов диагностики [1]. Поэтому опытные клиницисты часто предпочитают визуальную интерпретацию ЭКГ, не полностью доверяя компьютерным алгоритмам, а ученые постоянно ищут альтернативные подходы к компьютерному анализу и интерпретации ЭКГ. Один из таких подходов – лингвистический, основанный на переходе от наблюдаемого временного сигнала  $z(t)$ ,  $0 \leq t \leq T_0$  к его кодограмме  $S_k = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_K$  в виде конечной цепочки символов  $\alpha_j \in A$ ,  $j = 1, \dots, K$  некоторого алфавита  $A$  «названий» фрагментов сигнала.

**Основная часть.** Пусть при компьютерной обработке одноканальной ЭКГ, содержащей  $N$  кардиоциклов, определены две последовательности показателей:

$$RR_1, RR_2, \dots, RR_N, \tag{1}$$

$$\beta_{T_1}, \beta_{T_2}, \dots, \beta_{T_N}, \tag{2}$$

первая из которых представляет собой продолжительности кардиоинтервалов, а вторая – значения оригинального показателя, который отражает симметрию зубца  $T$  на фазовой плоскости и характеризуют ишемические изменения миокарда [2].

Следуя [3], будем оценивать динамику изменения показателей по знакам приращений их значений от цикла к циклу. С этой целью введем индикаторные переменные

$$V_i^{(RR)} = \begin{cases} +1, & \text{если } RR_i - RR_{i-1} \geq 0, \\ -1, & \text{если } RR_{i-1} - RR_i > 0, \end{cases} \quad i = 2, \dots, N, \tag{3}$$

$$V_i^{(\beta_T)} = \begin{cases} +1, & \text{якщо } \beta_{T_i} - \beta_{T_{i-1}} \geq 0, \\ -1, & \text{якщо } \beta_{T_{i-1}} - \beta_{T_i} > 0, \end{cases} \quad i = 2, \dots, N. \tag{4}$$

Переменные (3),(4) позволяют закодировать каждый  $i$ -й цикл ЭКГ одним из четырех символов  $a, b, c, d$  в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1. – Правило формирования кодограммы

Значение переменной $V_i^{(RR)}$	+1	+1	-1	-1
Значение переменной $V_i^{(\beta_T)}$	+1	-1	+1	-1
Символ	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>

В результате  $k$ -й наблюдаемой ЭКГ однозначно соответствует кодограмма (слово)  $S_k = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_K$  в виде конечной последовательности символов  $\alpha_i \in \{a, b, c, d\}$ . Для определения близости любых двух кодограмм  $S_m, S_n$  будем вычислять расстояние Левенштейна  $L(S_m, S_n)$  [4], которое определяет *минимальное* число операций редактирования (вставки, удаления и замены символа), необходимых для перехода от  $S_m$  к  $S_n$ .

Предположим, что на этапе обучения зарегистрировано  $Q_1$  и  $Q_2$  ЭКГ представителей двух исследуемых групп. Тогда каждую из  $Q_1$  ЭКГ первой группы (группы больных) кодируем словами  $S_q^{(1)}$ ,  $q = 1, \dots, Q_1$  в соответствии с таблицей 1 и формируем квадратную  $Q_1 \times Q_1$  матрицу расстояний Левенштейна  $L_{\mu\nu}(S_\mu^{(1)}, S_\nu^{(1)})$ ,  $\mu = 1, \dots, Q_1$ ,  $\nu = 1, \dots, Q_1$  между всеми парами кодограмм, соответствующих ЭКГ группы больных:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} L_{11}, & L_{12}, & \dots, & L_{1Q_1} \\ L_{21}, & L_{22}, & \dots, & L_{2Q_1} \\ \dots & & & \\ L_{Q_1 1}, & L_{Q_1 2}, & \dots, & L_{Q_1 Q_1} \end{pmatrix}.$$

Эталонной кодограммой  $S_0^{(1)}$  больного будем называть кодограмму, которая соответствует строке указанной матрицы, сумма элементов которой минимальна, т.е.

$$S_0^{(1)} = \arg \min_{1 \leq v \leq Q_1} \sum_{\mu=1}^{Q_1} L_{\mu v}. \quad (5)$$

Аналогичным образом определим эталонную кодограмму здорового человека:

$$S_0^{(2)} = \arg \min_{1 \leq v \leq Q_2} \sum_{\mu=1}^{Q_2} L_{\mu v}. \quad (6)$$

Для построения эталонных кодограмм использованы 100 записей ЭКГ верифицированных больных хронической формой ИБС, диагноз которым был предварительно установлен по результатам коронарографии, и 100 записей ЭКГ здоровых добровольцев, включенных в контрольную группу. Этот клинический материал позволил по формулам (5), (6) определить эталонные кодограммы больного ИБС и здорового человека:

$$S_0^{(1)} = \mathbf{adcbdadcadabdabcbadabdadbcbdbab}$$

$$S_0^{(2)} = \mathbf{cbcdcabdcabddcaadcaa}.$$

Диагностические решения при скрининге ИБС принимаем на основании сравнения кодограммы  $S_t$  ЭКГ конкретного пациента с эталонными:

$$\left. \begin{array}{l} \text{ИБС, если } L(S_t, S_0^{(1)}) \leq L(S_t, S_0^{(2)}), \\ \text{Здоров, если } L(S_t, S_0^{(1)}) > L(S_t, S_0^{(2)}). \end{array} \right\} \quad (7)$$

**Выводы.** Установлено, что принятие решений по правилу (7) обеспечивает чувствительность  $S_E = 72\%$  и специфичность  $C_P = 79\%$ . Важно отметить, что в группу верифицированных больных были включены лишь лица, у которых анализ ЭКГ в 12 отведениях не выявил ишемических изменений по традиционным электрокардиографическим критериям.

#### Перечень ссылок.

1. Солопов В.Н., Садыкова А.Р., Федосеева Т.С. Ограничения автоматического компьютерного анализа электрокардиограммы // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 93. – № 4. – С. 687-691.
2. Дячук Д.Д., Гриценко В.І., Кравченко А.М., Файнзильберг Л.С. и др. Застосування методу фазаграфії при проведенні скринінгу ішемічної хвороби серця. Методичні рекомендації МОЗ України № 163.16/13.17. – К.: Український центр наукової медичної інформації і патентно-ліцензійної роботи, 2017. – 32 с.
3. Uspenskiy V.M. Diagnostic System Based on the Information Analysis of Electrocardiogram // Proceedings of MECO 2012. Advances and Challenges in Embedded Computing (Montenegro, June 19–21). – 2012. – P. 74–76.
4. Wagner R.A., Fischer M.J. The String-to-String Correction Problem // Journal of the ACM. – 1971. – Vol. 21. – Issue 1. – P. 168-173. – [https:// doi:10.1145/321796.321811](https://doi.org/10.1145/321796.321811).

УДК 519.71

### ІЄРАРХІЧНІ СТРУКТУРИ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ В УРОЛОГІЇ

М. І. Федоренко

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»,

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра прикладної лінгвістики, тел.: 050 73 87 122,  
e-mail: n.fedorenko@csn.khai.edu

The paper focuses on a multivariate hierarchical structure of neural network modules, designed to diagnose the condition of the lower urinary tract. The diagnosis is based on the processing and analysis of



information obtained as a result of uroflowmetric examination of patients. The diverse, heterogeneous data, obtained enabled choosing the parameters any that determine the diagnosis of deviations from the norm, the presence of obstruction and the type of diseases.

**Введение.** Предметом исследований, рассматриваемых в данном докладе, является урофлоуметрия, где диагностирование заболеваний осуществляется неинвазивными методами с использованием урофлоуметров. В урологии накоплен большой опыт диагностирования заболеваний нейросетевыми методами, исходя из значений урофлоуметрических параметров [1-3]. Например, одним из основных способов определения состояния нижних мочевых путей человека является визуальный анализ врачом графиков урофлоуограмм [4]. Этот способ является наиболее значимым и информативным при анализе состояния нижних мочевых путей пациентов. Однако, при диагностировании для получения более полной картины состояния нижних мочевых путей пациентов, кроме анализа урофлоуограмм, необходимо учитывать другую и, что очень важно, разноплановую информацию. Построению комплексной нейросетевой модели поддержки принятия решений, способной учитывать и одновременно обрабатывать разноплановую диагностическую информацию в урологии посвящена данная работа.

**Многофакторная иерархическая нейросетевая модель распознавания заболеваний в урологии.** По итогам урофлоуметрического обследования врач должен проанализировать следующие разноплановые разнородные показатели [5]:

- значение максимальной скорости мочеиспускания –  $Q_{max}$ ;
- значение средней скорости мочеиспускания –  $Q_{ave}$ ;
- объем выпущенной мочи –  $V$ ;
- продолжительность мочеиспускания –  $T$ ;
- положение точек максимальной и средней скорости мочеиспускания на номограммах –  $n$ ;
- вид урофлоуметрической кривой (график урофлоуограммы) –  $u$ ;
- время достижения максимальной скорости потока мочи –  $T_{max}$ ;
- нижняя граница нормы по показателю  $Q_{max}$  в зависимости от пола и возраста –  $Q_{gmax}$ ;
- возраст пациента –  $A$ .

Данные обследования пациентов с помощью урофлоуметра можно разбить на три разнотипные группы по схожести. 1 группа – входные данные, описывающие критические значения максимальной скорости в зависимости от возраста, 2 группа – данные, характеризующие положение точек максимальной и средней скорости потока на номограммах, 3 группа – вектор текущих значений скорости потока (график урофлоуограммы).

Для решения задачи распознавания параметров создана иерархическая структура нейросетевых модулей в виде операторов отображения входных данных в выходные. Схема структуры представлен на рис. 1.

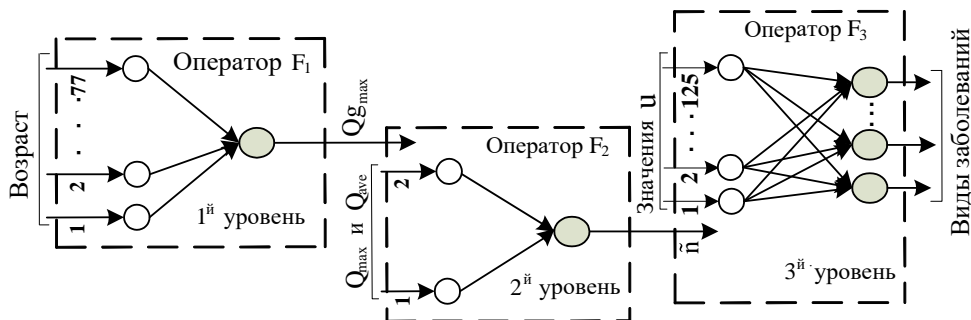


Рисунок 1 – Иерархическая структура нейросетевых модулей, реализующих многофакторное диагностирование заболеваний

Нейронную сеть, реализующую оператор  $F_1$ , определено в виде сети с радиальными базисными функциями. Количество нейронов первого слоя равно – 77 (суммарное количество лет диагностируемого возрастного диапазона пациентов). Входным вектором сети являются значения возраста пациентов. Выход сети – номер возрастной группы и соответствующее ей значение  $Q_{gmax}$  (нижняя граница нормы по показателю  $Q_{max}$ ). Величина  $Q_{gmax}$  сравнивается с текущим значением  $Q_{max}$ , полученным в результате урофлоуметрического анализа пациента. Если  $Q_{max} \leq Q_{gmax}$ , значит имеют место нарушения в работе нижних мочевых путей, поэтому активизируется следующий уровень

иерархической сети. В случае распознавания принадлежности точек значений  $Q_{\max}$  и  $Q_{\text{ave}}$  к нижней заштрихованной области номограмм, имеет место дальнейшее подтверждение нарушений работы нижних мочевых путей.

На следующем этапе обработку урофлоуметрических параметров осуществляет сеть, реализующая оператор  $F_3$ . На вход сети подаются дискретные значения скорости потока в объеме 125 точек. На выходе сети – вид диагностируемого заболевания пациента. Апробация предложенного подхода проведена на реальных данных 20 пациентов с двумя видами заболеваний: стриктура уретры и незначительная инфравезикальная обструкция.

**Выводы.** Новизной предложенного подхода является разработка многофакторной иерархической структуры нейросетевых модулей распознавания заболеваний в урологии, позволяющей обрабатывать разноплановую диагностическую информацию, полученную в результате урофлоуметрического обследования пациентов.

#### Перечень ссылок:

1. Application of artificial neural networks in the diagnosis of urological dysfunctions [Text] / Magnus Johnsson, Juan Manuel Garcia Chamizo, Antonio Soriano Paya, Daniel Ruiz Fernandez // Expert Systems with Applications. – April 2009. – Volume 36, Issue 3, Part 2. – P. 5754 – 5760.
2. Development of an artificial neural network for helping to diagnose diseases in urology [Text] / A. Paya, D. Fernandez, D. Mendez, C. Montejo Hernandez // BIONETICS '06 : Proceedings of the 1st international conference on Bio inspired models of network, information and computing systems Article. – 2006. – № 9. – P. 1 – 4.
3. A new approach to urinary system dynamics problems: Evaluation and classification of uroflowmeter signals using artificial neural networks [Text] / Altunay Semih, Telatar Ziya, Eroglu Osman, Aydur Emin // Expert Systems With Applications. – 2009. – Vol. 36, Issue 3. – P. 4891 – 4895.
4. Interpretation of Uroflow Graphs with Artificial Neural Networks [Text] / S. Altunay, Z. Telatar, O. Eroglu, E. Aydur // Signal Processing and Communications Application, 2006 IEEE 14th, 17–19 April 2006. – P. 1 – 4.
5. Lopatkin, N. A. Urologiya: natsional'noe rukovodstvo [Urology: national leadership]. Moscow, Izdatel'skaya gruppa GEOTAR – Media Publ., 2009. 1024 p.

УДК 004.9:616-079.4

### ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕКГ-ДОСЛІДЖЕННЯ

Г. С. Філатова, М. Фахс

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, кафедра обчислювальної техніки та програмування,  
тел.: (057) 707-60-19, e-mail: filatova@gmail.com

The paper presents the development of an ECG-study information model using data flow diagrams. The information model is presented in the form of a context diagram, its decomposition and decomposition of the subsystems “Registration and analysis of biomedical signals with locally concentrated features” and “Diagnostics”. Considering the proposed information model, UML diagrams of the cardiological DSS based on the morphological analysis of biomedical signals and the module for the morphological analysis of the electrocardiogram are developed.

З появою нових методів функціональної діагностики в кардіології, наприклад, таких як холтер-моніторинг електрокардіограми (ЕКГ), з'явилася необхідність в автоматичному аналізі великих об'ємів інформації. Більшість сигналів (в тому числі і ЕКГ), що отримані в результаті функціональної діагностики стану серця і серцево-судинної системи (ССС), відносяться до біомедичних сигналів (БМС) з локально зосередженими ознаками (ЛЗО). Розглянуті БМС з ЛЗО – це квазіперіодичні (майже періодичні) сигнали, що мають складну форму і несуть інформацію про стан об'єкта на невеликих фрагментах інтервалу спостереження сигналу [1]. При створенні ефективних методів морфологічного аналізу БМС з ЛЗО для кардіологічних СППР необхідно враховувати модель корисного сигналу (МКС), а також засновані на МКС методи перетворення БМС з ЛЗО. Аналіз різних МКС і відповідних їм методів перетворення БМС з ЛЗО наведено в [2], [3].

Різні класи медичних інформаційних систем (МІС) в кардіології використовуються як з метою введення і зберігання необхідної інформації з можливістю створення різного роду звітів і протоколів обстеження, так і з метою формування комп'ютерного діагностичного висновку, що використовується лікарем для вироблення остаточного рішення про стан серця і СССР пацієнта. Медичні СППР забезпечують підтримку прийняття рішень на основі математичних, функціональних, структурних, евристичних і інших моделей, при створенні яких важливо враховувати специфіку як уявлення, так і прояви клінічної інформації. Більшість МІС, що функціонують в українських лікувальних установах в

даний час, морально і фізично застаріли. Ці системи дозволяють автоматизувати тільки підготовку звітних форм. Використання зарубіжних медичних СППР пов'язане з такими труднощами як дуже високу вартість програмного забезпечення та неможливість модернізації програмного коду. Таким чином, актуальним завданням є необхідність створення сучасних українських СППР, які не мають вищевказаних недоліків.

Метою даного дослідження є розробка інформаційної моделі ЕКГ-дослідження з використанням діаграм потоків даних DFD, яка необхідна для проектування інформаційної структури розроблюваної кардіологічної СППР.

Для побудови контекстної діаграми моделі були визначені зовнішні сутності, сховища даних (СД) і потоки даних. В якості зовнішніх сутностей виступають пацієнт і медперсонал. ЕКГ-дослідження проводиться у відповідність із законодавчими актами та нормативною документацією, тому звід законів і нормативна документація розглядаються як сховища даних (СД 1 на контекстній діаграмі), з якого в міру необхідності запитуються необхідні документи. Для декомпозиції контекстної діаграми моделі були виділені наступні підсистеми (рис. 1): адміністрування пацієнтів (підсистема 1); реєстрація та аналіз БМС з ЛЗО (підсистема 2); діагностика (підсистема 3); формування протоколу ЕКГ-дослідження (підсистема 4). Крім того, були виділені наступні сховища даних (рис. 1): відомості про пацієнтів (СД 2); база даних (БД) БМС з ЛЗО (СД 3); БД протоколів (СД 4). Так як найбільший інтерес мають підсистеми 2 і 3, то в роботі також була виконана подальша декомпозиція цих систем на відповідні роботи.

Запропонована інформаційна модель ЕКГ-дослідження є основою для розробки інформаційної структури кардіологічної СППР.

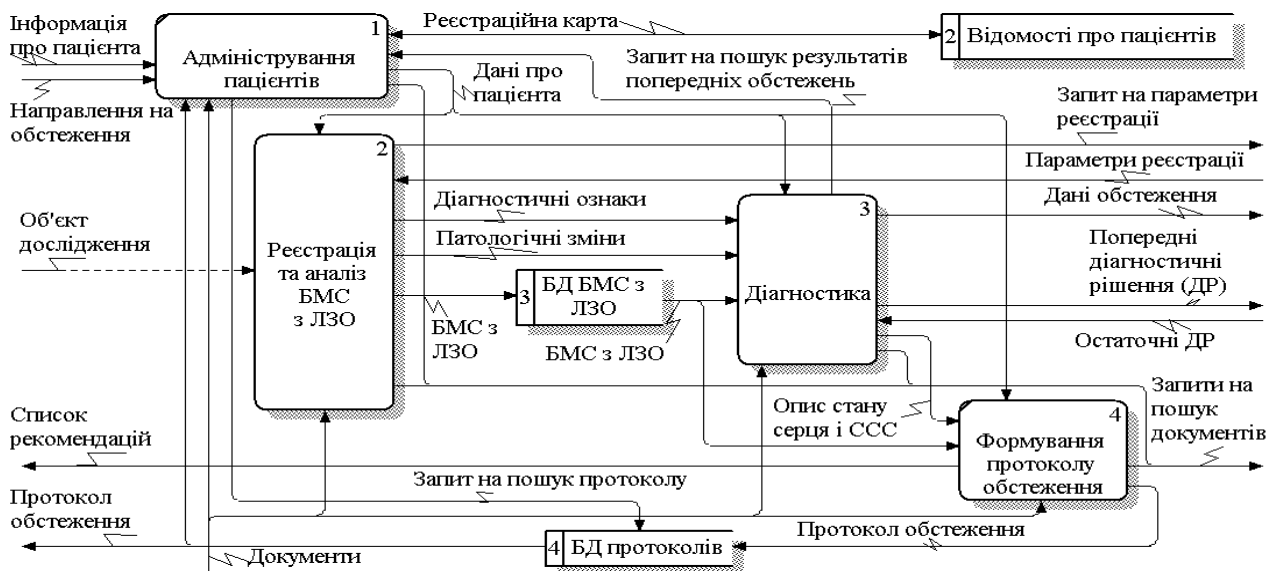


Рисунок 1 – Декомпозиція контекстної діаграми потоків даних моделі ЕКГ-дослідження

Для опису поведінки системи і її окремих елементів (поведінкові моделі), можна використовувати діаграму активності UML. На основі розробленої інформаційної моделі ЕКГ-дослідження пацієнта, а також запропонованої в [4] узагальненої структурної схеми біомедичної СППР розроблена UML-діаграма активності кардіологічної СППР на основі морфологічного аналізу БМС з ЛЗО. Крім того, для алгоритмічної і логічної реалізації операцій, що виконуються в модулі морфологічного аналізу, який реалізує метод узгодженої морфологічної фільтрації ЕКГ [3], розроблена відповідна UML-діаграма діяльності.

Подальші дослідження спрямовані на розробку математичної моделі ЕКГ-дослідження для проектування інтелектуальних модулів кардіологічної СППР на основі морфологічного аналізу БМС з ЛЗО.

**Перелік посилань:**

1. Fainzillberg L. Development of telemedicine system for remote monitoring of heart activity based on fasegraphy method / L. Fainzillberg, T. Soroka // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Vol. 6, № 9(78). – P. 37–46.
2. Povoroznyuk, A. I. The designing of nonlinear filter in the problem of structure identification of biomedical

signals with locally concentrated properties / A. I. Povoroznyuk, A. E. Filatova // System studies and information technologies. – 2014. – № 1. – P. 69–80.

3. Povoroznyuk A. Development of alternative diagnostic feature system in the cardiology decision support systems / A. Povoroznyuk, A. Filatova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3/9(81). – P. 39–44.

4. The functional model of instrumental examination of a patient / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova, O.Yu. Zakovorotniy, Y.V. Kuzmenko, W. Wojcik, and S. Kalimoldayeva // Information Technology in Medical Diagnostics II: Proc. of the International Scientific Internet Conf. «Computer Graphics and Image Processing» and the XLVIIIth International Scientific and Practical Conf. «Application of Lasers in Medicine and Biology». – London, UK: CRC Press, 2019, pp. 253-266.

#### УДК 004.9:616-71

### БЕЗМАНЖЕТНИЙ ВИМІР АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Шульгін В.І., В'юницький О.Г., Тоцький О.В., Шаронов В.Б.  
 Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
 «Харківський авіаційний інститут»,  
 61070, Харків, вул. Чкалова, 17, каф. 504, каф. 501,  
 e-mail: Leshauhrin@gmail.com

This article attempts to consider a new approach to continuous measurement of blood pressure (BP), based on the pulse propagation time between two points of a blood vessel (PTT). The measuring of PTT based on the signal processing and analysis of the electrocardiogram (ECG), photoplethysmogram (PPG). The PTT-based blood pressure estimation algorithms, used by most authors, suggest their individual calibration for each patient. More flexible is a different approach - the use of machine learning. It is especially noted that the use of machine learning reduce the error in blood pressure measuring.

Високий артеріальний тиск (АТ), або гіпертонія - це надзвичайно поширений і небезпечний стан, що зачіпає більше 35 відсотків всього населення планети, і є причиною багатьох серцево-судинних захворювань (ССЗ), що викликають близько 31% відсотка смертей по всьому світі (в Україні - понад 50%). При цьому, 85% цих смертей відбувається в результаті серцевого нападу та інсульту [1]. На жаль, значна частина гіпертоніків навіть не підозрюють про свою хворобу, в той час як вона повільно і непомітно пошкоджує їх внутрішні органи (мозок, очі, нирки, судини). Тому гіпертонію часто називають тихим вбивцею [2]. І найстрашніше те, що в останні роки ризик гіпертонії поширюється від літніх людей до більш молодих груп населення, значно збільшуючи кількість людей, які потребують періодичного, а іноді і безперервного, постійного контролю артеріального тиску. Всі існуючі методи вимірювання артеріального тиску можна поділити на дві групи: методи прямого (інвазійного) і непрямого (неінвазійного) вимірювання. Неінвазійні методи [3] – [4] засновані не на безпосередньому вимірі судинного АТ, а на обробці та аналізі показників гемодинаміки, пов'язаних з артеріальним тиском, і є набагато більш безпечними і зручними у використанні. Традиційні неінвазійні методи вимірювання артеріального тиску засновані на використанні оклюзійної манжети, що робить їх непридатними для безперервного вимірювання. Тому в останнє десятиліття ведуться особливо активні дослідження з пошуку альтернативи манжетним методам вимірювання і безперервного моніторингу АТ. Основою для розробки подібних методів є використання зв'язку артеріального тиску з різними проявами серцевої активності і гемодинаміки (електричними, акустичними, механічними), і їх параметрами – наприклад такими, як швидкість розповсюдження пульсової хвилі (ШРПХ), які можуть реєструватися без застосування компресійної манжети і простими технічними засобами (електрокардіограма, фонокардіограма, фотоплетизмограма, пульсограма).

Залежність між АТ і ШРПХ була вперше теоретично обґрунтована Моенсом і Кортевегом (рівняння Моенса-Кортевега, М-К) [5]. Їх міркування виглядали наступним чином: швидкість розповсюдження пульсової хвилі (ШРПХ) залежить від біомеханічних властивостей кровеносних судин - еластичності  $E$ , товщини стінки  $h$ , і внутрішнього діаметра судин  $d$ , а також щільності крові  $\rho$ , і пов'язана з цими величинами рівнянням (М-К):

$$\text{ШРПХ} = \sqrt{Eh/\rho d} \quad (1)$$

Відповідно, час розповсюдження пульсової хвилі (ЧРПХ) по ділянці судини довжиною  $L$ , складе:

$$T = \text{ЧРПХ} = L / \text{ШРПХ} = L / \sqrt{Eh / \rho d} \quad (2)$$

У свою чергу, для судин з гнучкими стінками існує емпіричне співвідношення між еластичністю судини  $E$ , і тиску в ньому  $P$ :

$$E = E_0 e^{\alpha P} \quad (3)$$

де  $E_0$  - початкове значення еластичності,  $\alpha$  - коефіцієнт, який визначається властивостями судинної стінки. Підстановка (3) в (2) дозволяють отримати вираз для зв'язку між АТ і ШРПХ [11]:

$$\text{АД} = P = -\frac{2}{\alpha} \ln T + \frac{1}{\alpha} \ln \left( \frac{L^2 \rho d}{h E_0} \right) \approx -a \cdot \text{ЧРПХ} + b \quad (4)$$

Цей вираз показує, що при постійних значеннях коефіцієнтів в (4), що визначають параметри і стан судин, зміни артеріального тиску практично пропорційні часу розповсюдження пульсової хвилі. Але слід зазначити, що коефіцієнти для різних людей будуть різними, а їх розрахунок необхідно виконувати, використовуючи еталонний метод вимірювання АТ. В ході роботи, з використанням сигналів з відкритої бази даних MIMIC, були розраховані коефіцієнти для (4) і отримані наступні залежності для оцінок систолічного тиску (5) та діастолічного тиску (6).

$$\text{Systolic BP} = 260 - 0,6459 \cdot \text{ЧРПХ} \quad (5)$$

$$\text{Diastolic BP} = 260 - 1,1175 \cdot \text{ЧРПХ} \quad (6)$$

На рисунку 1 та рисунку 2 показані результати оцінювання АТ з використанням виразів (5) і (6).

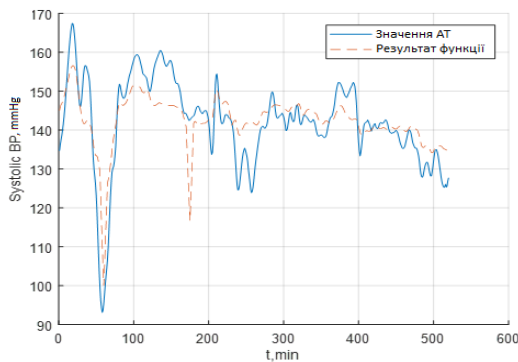


Рисунок 1 – Виміряні інвазійним методом і оцінені з використанням (5) значення SYS\_AT

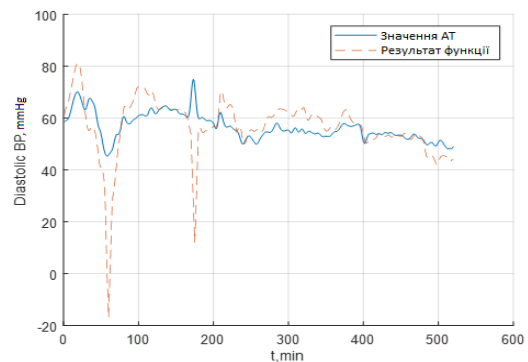


Рисунок 2 – Виміряні інвазійним методом і оцінені з використанням (6) значення DIA\_AT

Загальна ідея методу калібрування на основі машинного навчання полягає в наступному: здійснюється реєстрація набору деяких фізіологічних сигналів, пов'язаних з артеріальним тиском, і, одночасно з цим, проводиться вимірювання артеріального тиску будь-яким еталонним методом. Далі, з реєстрованих сигналів витягуються сурогатні серцево-судинні індекси (ознаки), і з використанням цих ознак (навчальної вибірки) здійснюється машинне навчання моделі. Нарешті, використовуючи навчену модель і новий (контрольний) набір фізіологічних сигналів проводиться прогнозування АТ. На рисунку 3 та 4 представлені результати для прогнозування систолічного та діастолічного тиску для того самого пацієнта, але з використанням розробленої моделі на основі машинного навчання. На рисунку 5 представлені графіки помилок визначення значень систолічного АТ для двох методів та для діастолічного АТ.

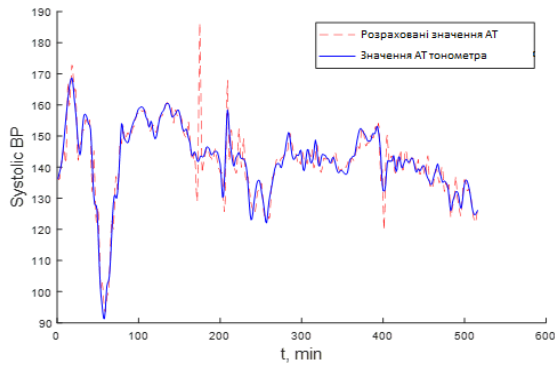


Рисунок 3 – Виміряні інвазійним методом і оцінені на базі машинного навчання значення SYS\_AT

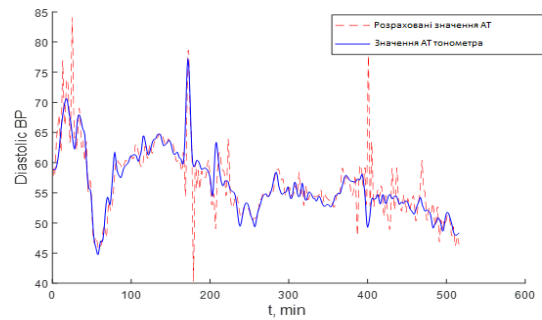


Рисунок 4 – Виміряні інвазійним методом і оцінені на базі машинного навчання значення DIA\_AT

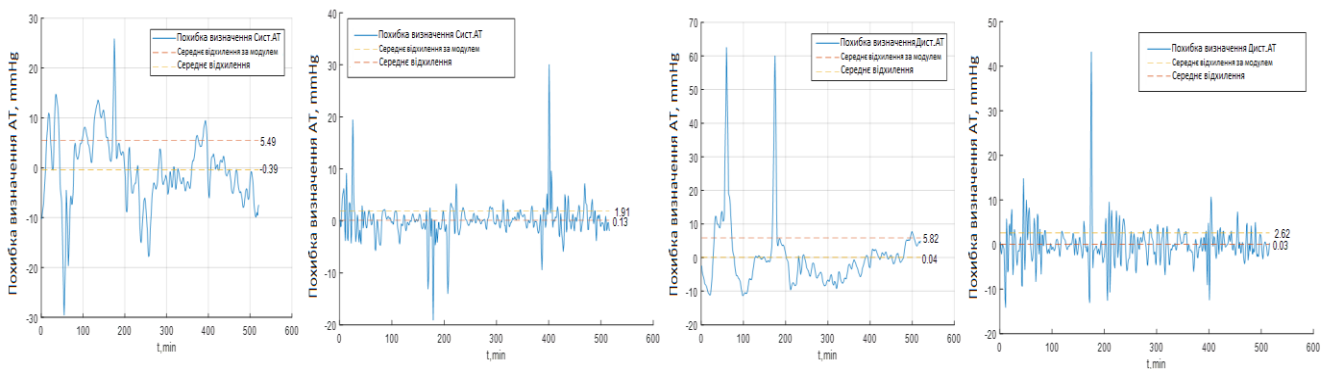


Рисунок 5 – Похибка визначення систолічного АТ через рівняння (5), систолічного АТ через модель машинного навчання, діастолічного АТ через рівняння (6) та діастолічного АТ через модель машинного навчання

У роботі представлений метод неінвазивного оцінювання значень артеріального тиску за допомогою використання зв'язку ЧРПХ з АТ. Результати експериментальних досліджень показують, що середнє відхилення отриманих значень і реальних значень АТ вище допустимого діапазону  $\pm 5$  mmHg. У зв'язку з цим, було прийнято рішення про використання калібрування з використанням методів машинного навчання. Результати експериментальних досліджень показують, що середнє відхилення для систолічного тиску дорівнює 2,62 mmHg, а для діастолічного - 1,91 mmHg. Тестування проводилося на реальних сигналах, взятих з відкритої бази даних MIMIC.

**Перелік посилань:**

1. WHO. *Raised Blood Pressure*. [Online]. Available: [http://www.who.int/gho/ncd/risk\\_factors/en/](http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/en/)
2. W. H. Organization, *A global brief on Hypertension, Silent killer, global public health crisis*. World Health Organization, 2014.
3. M. Sharma, K. Barbosa, V. Ho, D. Griggs, T. Ghirmai, S. K. Krishnan, T. Hsiai, Jung-Chih Chiao, Hung Cao. *Cuff-Less and Continuous Blood Pressure Monitoring: A Methodological Review*. *Technologies* 2017, 5, 21; Available: [www.mdpi.com/journal/technologies](http://www.mdpi.com/journal/technologies)
4. X. Ding, N. Zhao, G. Zhong Yang, Y. Ting Zhang et. Al. *Continuous Blood Pressure Measurement From Invasive to Unobtrusive: Celebration of 200th Birth Anniversary of Carl Ludwig*. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* p.p. (99):1-1. October 2016. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/309455248\\_Continuous\\_Blood\\_Pressure\\_Measurement\\_From\\_Invasive\\_to\\_Unobtrusive\\_Celebration\\_of\\_200th\\_Birth\\_Anniversary\\_of\\_Carl\\_Ludwig/stats](https://www.researchgate.net/publication/309455248_Continuous_Blood_Pressure_Measurement_From_Invasive_to_Unobtrusive_Celebration_of_200th_Birth_Anniversary_of_Carl_Ludwig/stats)
5. Bramwell JC, and Hill AV. *The velocity of the pulse wave in man*. *Proceedings of the Royal Society, London* 1922; B93: 298-306.

УДК 519.218; 612.16

## АЛГОРИТМ ОПРАЦЮВАННЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ СИНФАЗНИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІН ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ПАЦІЄНТА У СТОМАТОЛОГІЇ

Є. Б. Яворська, О. І. Стрембіцька

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
46001, Україна, Тернопіль, вул. Руська, 56, тел.: +38 (035) 251-97-01,  
e-mail: oksana4225@i.ua, тел.: +38 (096) 685-69-70

The problem of effective and safe treatment in dentistry requires the use of statistical approaches to determine the patient's condition. This approach is based on the processing of the photoplethysmographic signal to the synthesis method, allowing you to extract additional information features from the selected signal.

Своєчасне та ефективне надання стоматологічної допомоги населенню належить до актуальних проблем сучасної медицини. Згідно із статистичними дослідженнями МОЗ України [1], із загальної кількості респондентів 10000 осіб профілактичні огляди у лікаря-стоматолога проходило 36,4% опитаних (станом на 2018р.). Серед оглянутих пацієнтів у 50,9% випадків була потреба проведення стоматологічних маніпуляцій, що супроводжується ризиком виникнення невідкладних станів (0,13% від загального числа звернень [2]). Такі невідкладні стани зумовлені специфічними факторами, що виникають на прийомі у лікаря-стоматолога – великий потік хворих; недостатність часу для обстеження пацієнтів та збору анамнезу; стрес-реакція організму, зумовлена психоемоційним станом пацієнта; реакція на медичні препарати. Виникнення невідкладних станів приводить до ускладнень та летальних випадків. Уникнення таких ситуацій потребує застосування підходів, які ґрунтуються на статистичній оцінці життєвих показників, що вказують на стан пацієнта на протязі прийому. Одним із методів оцінки стану серцево-судинної системи (як індикатора стану пацієнта в цілому) є використання фотоплетизмографічного сигналу (ФПС).

Амплітудні та часові параметри ФПС в межах періоду часу  $t$ , дозволяють визначити зміну у діяльності серцево-судинної системи. При опрацюванні ФПС як періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП) [3], [4] використовується додатковий клас інформаційних ознак – кореляційні компоненти, які відображають зміну фазо-часової структури фотоплетизмографічного сигналу. Такий підхід до вибору математичної моделі ФПС дозволяє застосувати для аналізу сигналу синфазний методи опрацювання. При використанні синфазного методу опрацювання ФПС, обчислення виконують на відрізку довжиною  $T = k\Delta$ , де  $T$  – період корельованості, а  $\Delta$  - інтервал дискретизації. Довжину реалізації задають із врахуванням максимального зсуву  $u$  і вона буде рівною  $nT + u$ . Опрацювання ФПС як ПКВП з дискретним часом синфазним методом полягає у тому, що сигнал розбивають на послідовності значень на ґратках виду  $\{n\Delta t + kN_T\Delta t, k \in Z\}$  через дискретні періоди корельованості  $N_T$ . При цьому значення на ґратках утворюють стаціонарні та стаціонарно-зв'язані послідовності. Обчислення масиву коваріаційних компонент для масиву стаціонарних компонент  $\xi(k, n\Delta t) = \xi(n\Delta t + kN_T)$  в кінцевому результаті дозволяє визначити оцінку кореляційних компонент  $\hat{B}_k(u)$  (1):

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{N_T} \sum_{n=0}^{N_T-1} \hat{b}_\xi(n\Delta t, u) e^{-\frac{j2\pi kn}{N_T}} \quad (1)$$

Стаціонарна компонента відображає фазо-часову структуру сигналу в частотній області і є кількісним показником, який дає змогу оцінити зміну сигналу в часі. Блок-схема алгоритму обчислення спектральних компонент (див. рис. 1), де:  $U_{max}$  – максимальний зсув,  $N$  – довжина реалізації ФПС,  $k$  – кількість кореляційних компонент,  $N_T$  – період ФПС,  $\xi(i)$  – послідовність ФПС із дискретним часом. Даний алгоритм опрацювання ФПС як ПКВП дозволяє здійснити оцінку спектральних компонент, що сприяє розширенню діагностичних можливостей. Оцінка усереднених кореляційних компонент  $m(t)$  для ФПС при зміні психоемоційного стану показано на рисунку 2.

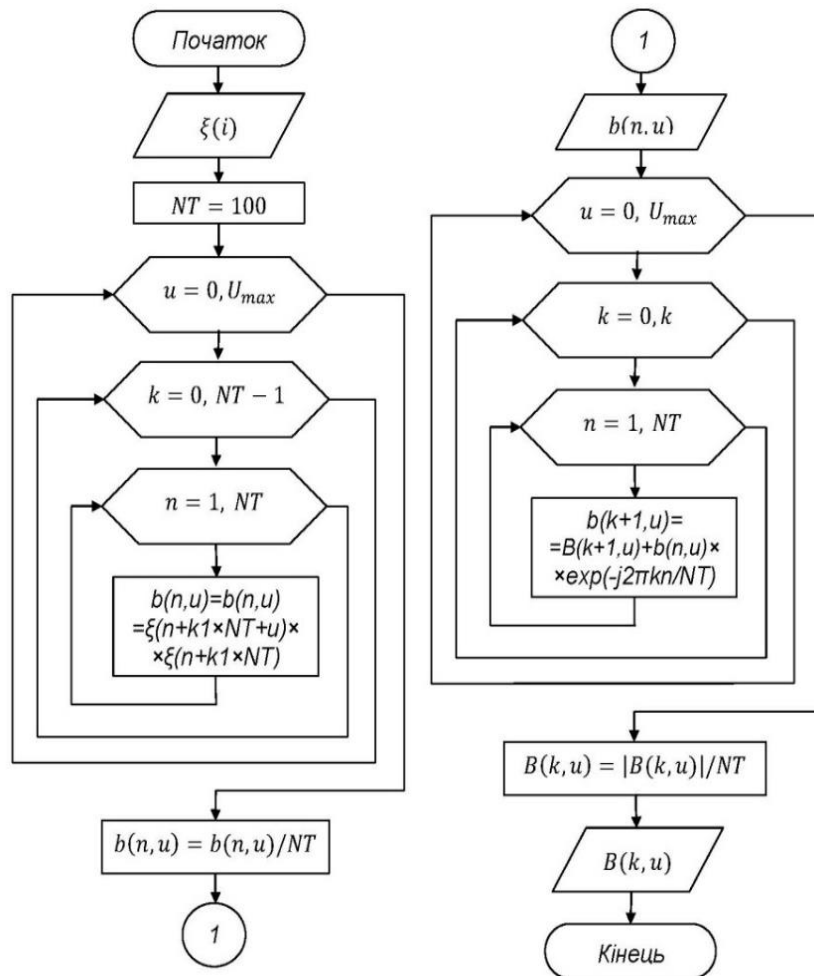


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму опрацювання ФПС синфазним методом

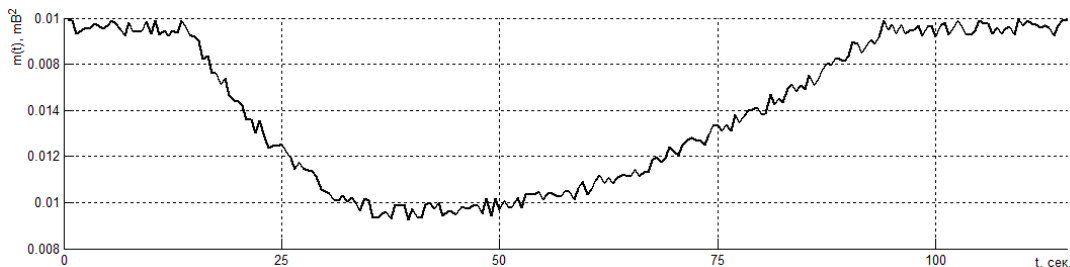


Рисунок 2 – Реалізація оцінок усереднених кореляційних компонент ФПС

Виділення додаткових інформаційних ознак із ФПС шляхом його аналізу як ПКВП синфазним методом дає можливість прогнозувати подальший стан пацієнта та оперативно приймати рішення щодо змін, які виникають у діяльності серцево-судинної системи при проведенні стоматологічних маніпуляцій (у тому числі змін зумовлених психоемоційним стресом). Такий аналіз ФПС є перспективним способом зменшення числа невідкладних станів та летальних випадків у стоматології.

**Перелік посилань:**

1. Індекс здоров'я України-2018: Результати загальнонаціонально дослідження / Укл. Степурко Т.Г. та ін. Київ, 2018. 175 с.
2. Распространенность неотложных состояний в амбулаторной стоматологической практике г. Волгограда [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rae.ru/forum2012/pdf/1115.pdf>.
3. Драган Я.П. Энергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів / Я.П. Драган. – Львів : Центр стратег. досліджень еко-біотехнічних систем, 1997. – 361 с.
4. Стрембіцька О.І. Модель пульсового сигналу для оцінювання психоемоційного стану пацієнта у стоматологічній практиці / О.І. Стрембіцька, Є.Б. Яворська // XIII Міжнародна наукова конференція "Сучасні досягнення у науці та освіті" (6-13 вересня 2018 р., м. Нетанія, Ізраїль). – С. 13-16.







*Секція 3*

**ДОКАЗОВА МЕДИЦИНА.  
ІНФОРМАЦІЙНІ ДІАГНОСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ.  
БІОЕТИКА В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ.**

UDC 004.051/052: 616.89-008

## MODERN APPROACHES TO HEALTH PROBLEMS

R. V. Alekseenko

Kharkiv National Medical University,

61022, Kharkiv, Nauki av., 4, department Physiology,

тел.: 067-735-25-68, e-mail: alekseenko-roman@ukr.net

The success of a person's healing depends to a large extent on understanding the nature of health, the factors and processes that shape this condition. Specifying the essence of individual health will solve the question of ways and possibilities of human health. It should be noted that health is, first of all, not simply the absence of complaints, diseases and physical anomalies, but also an important factor in the workability and harmonious development of the organism, i.e. the state of physical, mental and social prosperity and full functioning.

Today, the understanding of health as the absence of disease prevails. The experience of health is not given to us first, but second. It is mediated by the primary experience of malaise, pain, illness, weakness, and health itself is perceived as a salvation from these negative feelings. Dissatisfaction with this understanding of health is often sought to circumvent through the use of the concept of "practically healthy" in relation to a person. It allows you not to pay attention to the specific health defects, correlate health with the age of the person, consider the occupation, etc.

The success of a person's healing depends to a large extent on understanding the nature of health, the factors and processes that shape this condition. Specifying the essence of individual health will solve the question of ways and possibilities of human health. There is a wide range of interpretations in scientific circulation. Today, there are more than three hundred definitions of health, the authors of which use a variety of criteria, which, in their opinion, characterize the essence of health. This diversity of definitions indicates that there is no single approach to this problem. The unsuccessful attempt to reach an agreement is explained by the fact that human health is a complex conceptual construct, so it is difficult to summarize its multifaceted aspects in a concise manner. Health has been, and continues to be, a phenomenon that is viewed by various researchers from different perspectives [1].

Health is a prerequisite for productive, active, creative human activity. Significant violations in this area of a person can lead to changes in professional, interpersonal life, affect his way and even threaten the integrity of the individual.

An analysis of the existing literature has shown that today there are a number of approaches to the health problem, the main of which are:

1. Normocentric approach that understands health as a set of average norms of perception, emotional response and behavior in combination with normal indicators of a person's physical state.
2. A phenomenological approach that explains the problems of health and illness as fundamental aspects of individual being.
3. A holistic approach that indicates that health is the integrity that a person acquires in the process of becoming one.
4. A cultural approach that indicates that the healing process is a sociocultural variable and that its characteristics are relative and conditioned by specific social conditions, particularities of the national mentality.
5. A discursive approach that, according to supporters, focuses on the fact that health should be explored as a product of a particular discourse that has its own internal logic of construction.
6. An integrative approach that demonstrates that any principles, models and conceptual schemas are adequate ways of exploring health at different levels of human existence.
7. A sociological approach that explains the concept of health through a disease state.

It should be noted that health is, first of all, not simply the absence of complaints, diseases and physical anomalies, but also an important factor in the workability and harmonious development of the organism, i.e. the state of physical, mental and social prosperity and full functioning [2, 3]. First and foremost, human health depends on the lifestyle that is guided by the individual and, to a greater extent, is personalized and determined by historical and national traditions and personal inclinations. Under this should be understood the typical forms and methods of daily human activity, which are able to strengthen and improve the reserve capacity of the organism, allow to ensure the fulfillment of social and professional functions at a high standard of living.

And expresses the orientation of the activity of the individual in the direction of formation, preservation and strengthening of both individual and public health.

**References:**

1. Alekseienco R.V. Directions of recreation of the modern students / R.V. Alekseienco, L.M. Rysovana // Abstract book. 4th International Scientific Interdisciplinary Congress for Medical Students and Young Doctors. - KhNMU. April 13th-14th, 2011. - P.7.
2. Belov V.I. Valeology health, youth, beauty, longevity / V.I. Belov, F.F. Mikhailovich // M.: Academy, 2014. - 365p.
3. Bulich E.G. Human health: The biological basis of vital activity and motor activity in its stimulation / E.G. Bulich, I.V. Muravov. // K.: Olympic Literature, 2003. - 424 p.

**UDC 616-003.218-008.817-056.7-053.2-037-06:616.2**

**PREDICTING OF RESPIRATORY COMPLICATIONS DEVELOPMENT IN CHILDREN WITH CYSTIC FIBROSIS**

V. A. Klymenko<sup>1</sup>, O. V. Vysotska<sup>2</sup>, N. M. Drobova<sup>1</sup>, Pecherska A. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kharkiv National Medical University,

<sup>2</sup> National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute»,

<sup>1</sup> 61022, Kharkiv, 4, Nauku Ave, Kharkiv National Medical University, Department of Fundamentals of Pediatrics No 2,

<sup>2</sup> 61070, Kharkiv, 17, Chkalova St., National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute, Computerized Radioelectronic and Biomedical Technologies Department

Cystic fibrosis (CF) is a genetic disorder with lesions of the exocrine glands of vital organs and systems. Bronchopulmonary lesions are ranked the first in the list of death causes in patients with CF. Mathematical model creation for objectification of the bronchiectasis development prognosis in children with CF should improve the quality and life expectancy of these patients.

**Introduction.** Cystic fibrosis (CF) is a genetic disease, which is caused by mutation of the CF transmembrane conductance regulator protein and affects a variety of organs, but especially involving respiratory tract and pancreas [1]. The lungs undergo gradual destruction, as an effect of persistent microbial colonization, chronic inflammation and recurrent infections caused by highly pathogenic bacteria, such as *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) etc. Therefore, despite the amazing progress in treating CF-related lung disease, it still accounts for nearly 85% of the mortality [2]. The airways of the affected lungs are clogged by purulent secretions and deformed due to the development of bronchiectatic lesions. [3]. Bronchiectasis is a marker of severe CF course. Modern medical protocols for medical care to patients with CF include a large number of medications aimed at various parts of the pathogenesis of the disease and affect the various systems of the organism [4, 5]. Predicting the development of this pathology should improve the life quality of patients with CF.

**Purpose.** To improve medical care for patients with CF by treatment individualization according to the prediction of the respiratory tract complications development.

**Task.** To create a mathematical model for predicting of the bronchiectasis development in children with CF.

**Materials and methods.** The research was conducted in the pulmonology department of the Kharkiv Regional Clinical Children's Hospital No 1 in 2015-2017. Clinical and paraclinical examinations of patient with CF were carried out according to the Order of Ministry of Healthcare of Ukraine of July, 15 2016 No 723 and of January, 29 2013 No 59 "On approval of unified clinical protocols of medical care for children with diseases of the digestive system".

Mathematical processing of the results was carried out using the SPSS 23 package for Windows. The study was conducted with respect to human rights in accordance with the legislation in force in Ukraine, in compliance with international ethical requirements and didn't violate ethical norms in science and standards for conducting biomedical research.

**Results.** Forty-two children were examined. Diagnosis of CF was based on clinical and paraclinical characteristics and confirmed by the results of pilocarpine test. Patients with CF were divided into 2 groups: main (with bronchiectasis) and control (without bronchiectasis) groups. One hundred twelve indicators were analyzed (passport data (age), complaints, history of disease and life, clinical signs of organs and systems

lesions, laboratory and instrumental research results (blood and urine analysis, coprogram, spirometry, electrocardiography, computed tomography of the chest, ultrasound examination of the abdominal cavity, bacteriological examination of sputum, bronchial washings, immunological parameters and total immunoglobulin E, data of allergy testing, etc.). The logistic regression method with the step-by-step incorporation of predictors was used to analyze the features and to select meaningful criteria for the mathematical model creation.

Main group included 17 patients with bronchiectasis and control group comprised 25 patients. There was girls prevalence in the main group (52.9 %,  $p=0.055$ ). According to age, the majority were children of the senior school age.

The sweat chloride test results of main group were significantly higher ( $123.7 \pm 7.18$  mmol/l) compared with the control group ( $93.8 \pm 5.15$  mmol/l,  $p = 0.034$ ).

The incidences of lung fibrosis (100%) were significantly higher ( $p= 0.003$ ) in the main group.

The assessment of the bacteriological tests has shown that among the patients in the main group the following pathogens are significantly more common: *Pseudomonas aeruginosa* (64.7 % vs 24.0 %,  $p=0.014$ ), *S. aureus* (76.4 % vs 40.0 %,  $p=0.028$ ), *Alcaligenes faecalis* (23.4 % vs 0 %,  $p=0.025$ ).

The study of the liver parenchyma defeat has shown that the incidences of cirrhotic lesions of the liver parenchyma were significantly higher in the main group compared to the control (41.2 % vs 8.0 %,  $p=0.011$ ).

Therefore, to objectivize the evaluation of the individual factors influence in the bronchiectasis pathogenesis in CF, a logistic regression method was used to determine the coefficients of regression function.

After the mathematical model formation, the logistic regression equation, which determines the probability of bronchiectasis developing in children with CF, has the following form:

$$P = [1 + \exp(- (0,316 \times X_1 + 0,083 \times X_2 + 4,009 \times X_3 + 6,778 \times X_4 - 43,372))]^{-1},$$

where  $P$  – the risk factor for the bronchiectasis development in a child with CF;

$X_1$  – phagocytosis of latex (%);

$X_2$  – sweat chloride level (mmol/l);

$X_3$  – evaluation of liver parenchyma according to ultrasound examination (1- norm, 2 - increased liver echodensity at ultrasound examination, 3 – cirrhotic lesions of the liver parenchyma);

$X_4$  – *S. aureus* (in sputum) (1 – no, 2 - yes).

The  $P$  value is in the range from 0 to 1 and reflects the probability of the risk of bronchiectasis formation in a child with CF. If  $P \geq 0.5$ , it predicts a high risk of bronchiectasis formation, and if  $P < 0.5$ , it predicts a low risk of bronchiectasis formation.

All variables, according to Wald test, are significant ( $p < 0.05$ ) and are selected correctly. The overall assessment of the coincidence between the identified risk factors in the model and the actual observed adverse event was conducted using the Hosmer and Lemeshow test, the accuracy of the classification was 95.2 %.

The mathematical model testing for patients with CF from the Dnipro Region was carried out. Efficiency was 86.7 %.

**Conclusion.** The mathematical model for predicting of the bronchiectasis development in children with CF was created. It should help to make an individual algorithm for treating using non-specific research methods in order to prevent the progression of morphological changes in the respiratory tract in patients with CF.

#### References:

1. VanDevanter, D. R., Kahle, J. S., O'Sullivan, A. K. (2016). Cystic fibrosis in young children: a review of disease manifestation, progression, and response to early treatment. *Journal Cystic Fibrosis*, 15, 147-157.
2. Szczesniak, R.D., McPhail, G. L., Li, D. (2016). Predicting future lung function decline in cystic fibrosis patients: Statistical methods and clinical connections. *Pediatric Pulmonology*, 51(2), 217-228.
3. Breuer, O., Caudri, D., Stick, S., Turkovic, L. (2018). Predicting disease progression in cystic fibrosis. *Expert Review of Respiratory Medicine*, 12(11), 905-917.
4. Giangio, S., Kalaci, O., Radhakrishnan, A. et al. (2016). Complementary and alternative medicine use in children with cystic fibrosis. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 25, 68-71.
5. Redondo, M., Keyt, Y., Chalmers, J. D. et al. (2016). Global impact of bronchiectasis and cystic fibrosis. *Breathe (Sheff)*, 12(3), 222–235.

UDC 004.42:617.58

**INFORMATION SYSTEM FOR PERIOPERATIVE ANESTHESIA SELECTION IN THE ENDOPROSTHESIS OF THE BULLETS**V. Kolomachenko<sup>1</sup>, H. Strashnenko<sup>2</sup>, D. Oseledko<sup>2</sup><sup>1</sup>Kharkiv Regional Clinical Traumatology Hospital<sup>2</sup>National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", e-mail: kolomach@ukr.net

Hip joint replacement (endoprosthesis, alloplasty) has become one of the most frequent and successful surgery interventions in modern medicine. Information system for choosing perioperative anesthesia during hip joint replacement has been developed.

One of the most common and successful surgeries in modern medicine is hip arthroplasty, which reduces the patient's pain and increases mobility of the hip and improves the quality of life of the patient [1]. But the pain after this surgery is also severe and aggravated by movements, requiring an effective anesthetic technique that would allow for participation in rehabilitation activities, early mobilization and rapid recovery of functions. Therefore, choosing the method of analgesia, the anesthesiologist should be guided by the provision of appropriate pain relief during surgery and postoperatively with minimal side effects, with the possibility of early mobilization and active participation of the patient in the process of rehabilitation, accelerated functional recovery and discharge.

The choice of the most optimal methods of analgesia for hip replacement is accompanied by the need to process and analyze a large amount of information about the patient's condition in the intraoperative and perioperative periods and, as a consequence, requires the introduction of information and computer technologies in the work of anesthesiologists. Existing information systems [2] used in medical practice do not allow to fully support the decision of the anesthesiologist when choosing the optimal method of anesthesia in the intraoperative and perioperative periods. Therefore, the development of an information system for the choice of anesthesia analgesia for hip arthroplasty in the intraoperative and perioperative periods, which will reduce the time and improve the quality of processing and analysis of clinical information, as well as provide adequate support for the decision making of the anesthesiologist, is an urgent task.

In the process of designing an information system for the choice of perioperative analgesia for hip replacement, its structure was proposed in the form of six interconnected modules. The data entry module includes keyboards and communication devices with clinical laboratory and diagnostic techniques that are used to enter patient status information. Collection of information about the patient's condition is carried out by the doctor during the examination and by the staff of the clinical diagnostic laboratory - during the examination of the patient's condition. The data processing module involves converting the collected information into a digital form by sequentially encrypting and decrypting the patient's personal data, encoding quality indicators and subsequently determining deviations from the norm values, calculating integral indicators. Encryption and decryption ensures the confidentiality of patients' personal data based on the symmetric encryption algorithm in accordance with DSTU 3396 0-96. A doctor's electronic signature is used to access sensitive information. The data analysis module consists of modules for the selection of anesthetic anesthesia during surgery and after surgery based on topographic and anatomical and clinical studies. The anesthesia selection module is used during hip replacement surgery and is designed to analyze the indications for regional anesthesia and to determine the risk of cardiovascular complications. The post-operative anesthesia module is designed to assess pain intensity every 2 hours of consciousness and every 4 hours of sleep, to re-evaluate pain intensity 30 minutes after treatment, to analyze indications prior to regional anesthesia, to select analgesics on a fixed schedule. The information output module is a means of information transmission, which is carried out by forming a medical opinion on the recommended tactics of anesthetizing the patient and can be prepared both in paper form and sent by e-mail.

Thus, the developed structure of the information system for perioperative anesthesia selection in the endoprosthesis of the bullets encompasses the whole process of anesthesiologist's work and allows to automate the process of decision support during the choice of the optimal option for analgesia during hip arthroplasty.

**References:**

1. Корж НА, Филиппенко ВА, Танькут ВА. Состояние проблемы эндопротезирования суставов в Украине. Травма. 2016; 17 (3): 24-25.
2. Information Technology in Critical Care: Review of Monitoring and Data Acquisition Systems for Patient Care and Research. / M. A. De Georgia, F. Kaffashi, F. J. Jacono, K A. Loparo // The Scientific World Journal. – 2015. – № 9. – P. 9–15.

УДК 17.026.2

## ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА В ПАРАДИГМЕ ДОБРА И ЗЛА

А. П. Алексеенко

Харьковский национальный медицинский университет  
61174, Харьков, пр. Победы, 61., кв. 356, тел.: 095-567-33-01,  
e-mail: apalexeenko46@gmail.com

The specifics of modern evidence-based medicine through the prism of good and evil is considered. At the center of evidence-based medicine should be present certain ethical ideas about the due, about the good. Evidence-based medicine should be based on the priorities of the moral choice and responsibility of the doctor.

Наша нынешняя реальность по-новому поставила вопросы добра зла. В этом поле находятся и проблемы медицины, поскольку и добро и зло в самой медицине касаются непосредственно человека, его жизнедеятельности. Добро и зло составляют моральный выбор в профессиональной деятельности. В этом одна из особенностей соединений добра и зла.

Добро и зло не существуют самостоятельно. Поскольку природа человека многообразна, то и распознать в человеке добро и зло мы практически не можем. Добро и зло в контексте доказательной медицины проявляются как моральный выбор врача, который черпает «и силы, и образы не из равнодушного, бессловесного, «абстрактного интеллекта», а из ценностного источника «умного сердца», «сердечной мысли, из разума, который является не чем иным, как замаскированной «старой ведьмой» – совестью (совестью-сознанием *con-sience* [1, с.51]. Любая значительная сфера деятельности должна включать в себя в качестве ядра совершенно определенные этические представления о должном, наилучшем, о благе. Медицины это касается, прежде всего, и, особенно, доказательной медицины.

Моральные кодексы, которые направлены на то, что в человеке должно быть и преобладать добро, не срабатывают, ибо сегодня нет единой морали долженствования. Человек постоянно балансирует между добром и злом. Медицина сегодня становится товаром, и проблема добра и зла нивелируется.

Современная медицина тесно связана с внедрением доказательной медицины, которая предусматривает добросовестное, объяснимое и основанное на здравом смысле использование наилучших современных достижений для помощи каждому человеку [2]. В конечном итоге речь идет о том, чтобы оказывать пациентам помощь в любом случае, опираясь при этом на использование унифицированных схем, т.е. технологий лечения, в основе которых лежит профессиональная информация и проверенные методы работы.

Вместе с тем процесс внедрения доказательной медицины сопровождается рядом противоречий, каждая сторона которого может тяготеть к добру или ко злу. Главное противоречие заключается в конечной цели: больной как объект исследования, желает получить терапевтический эффект выздоровления, а исследователь – новые знания. Необходимая гармонизация этих отношений заключается в этической оценке медицинских исследований и эффективности результатов их внедрения [3, с.38].

Кроме того, доказательная медицина развивается, прежде всего, в русле бизнес-интересов, с одной стороны, а с другой, она руководствуется благими намерениями – оказать помощь страждущему человеку. Возникает вопрос: что оказывается в приоритете?

Доказательная медицина базируется на рациональных моментах лечения больного, реализуясь через собственно технологический процесс, где утрачивается не только индивидуальный подход к пациенту, но и остается в забвении «искусство врачевания». Сегодня все больше внимания уделяется внешней стороне – лечению, а внутренняя сторона, суть которой составляет врачевание, отбрасывается как ненужная.

Известный современный врач, американский профессор-кардиолог Бернард Лаун, написавший книгу-размышление о своем многолетнем врачебном труде, назвал ее «Утерянное искусство врачевания» (1998). Речь идет о том, что в погоне за овладением современными методами исследования теряются классические основы врачевания, которые формируются не только путем усвоения практических навыков, необходимых для будущей врачебной деятельности, но и путем осмысления нравственно-этических аспектов врачевания и той ответственности, которая возлагается на врача за здоровье и жизнь пациента.

Бернард Лаун отмечает, что из медицинской практики исчезло нечто жизненно важное. И далее он пишет, что медицина подобно Фаусту, заключила своего рода сделку. Связь «врач – пациент», основанная на взаимной привязанности и доверии, выпестованная в течение трех тысячелетий, заменена совершенно другим типом отношений. Исцеление подменяется лечением, уход –

беспристрастним виконанням обов'язностей, а вміння слухати – технологічними процедурами. Лікар більше не займається особою хворого, а лише «ремонтують» окремі, неправильно працюючі частини біологічної системи. При цьому душевне стан хворого частіше за все не враховується.

Широке розвиток доказальної медицини веде до необхідності утвердження пріоритетів морального вибору і відповідальності лікаря, які далеко не завжди можна втиснути в певні моральні кодекси, оскільки тут не працюють жорсткі моральні норми. Сучасна медицина і сучасні технології не можуть бути морально нейтральними. Вони тісно пов'язані з долею людини, його здоров'ям і життям. Тому, відповідно, гуманізм і гуманність визначають моральну сторону медицини во всіх її теоретичних і практичних результатах.

#### Перелік посилань:

1. Мошинська Е.Ю. Моральний потенціал постнекласическої науки: Монографія. – Х.: Факт. - 2005. – 159 с.
2. Sackett D.L., Richardson D.S. Rosenberg W., Haynes R.B.E. Evidence Based Medicine: Now to Practice and Teach EBM/ Edinburgh: Churchill Livingstone; 1997.
3. Лісовий В.М., М'ясоєдов В.В., Ковальова О.М. Біоетичні принципи випробувань лікарських засобів. – Харків: ХНМУ. - 2012. – 144 с.

УДК 616-71:616-72

### ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ І ПОШКОДЖЕНЬ ШКІРИ

Л. В. Бабій, О. К. Білошицька

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

03056, Київ, пр. Перемоги 37, тел. (073) 092-95-99, e-mail: lubababiy2706@gmail.com

The given work is devoted to the one of the most effective methods of physiotherapy – the microwave therapy and its use for the treatment of skin diseases and injuries. This method has undeniable advantages, namely - safety, comfort, painlessness and at the same time very high efficacy. In the zone of action of microwaves there are a vasodilation, the acceleration of blood flow and the strengthening of circulation of the blood, especially capillary.

**Вступ.** Світова практика показує, що кожен сьомий-восьмий пацієнт, який звертається за медичною допомогою, має певні проблеми зі шкірою або слизовими оболонками. Також в останні десять років відзначається підвищення кількості дерматологічних захворювань в загальній структурі захворюваності в світі. В організмі людини шкіра, будучи важливим органом імунної системи людини, величезним рецепторним полем і потужним захисним покривом, здатна впливати на функціональний стан пов'язаних з нею органів і систем. Особливість шкірних хвороб в тому, що їх наявність стає очевидним з самих ранніх стадій. З одного боку це допомагає хворому - адже приступити до лікування можна негайно. З іншого боку, ці захворювання доставляють людям виражений психологічний дискомфорт, особливо коли швидко усунути симптоми не представляється можливим. Тому так важливо підібрати найбільш діюче, надійне та безпечне лікування для захворювань та пошкоджень шкіри [1].

**Основна частина.** Серед методів фізіотерапії особливе місце займає мікрохвильова терапія. Вона органічно поєднує в собі принципи давньосхідної медицини з новими досягненнями фундаментальної та біомедичної фізики. Це лікувальний метод, при якому на організм впливають електромагнітним полем надвисокої частоти. В спектрі електромагнітних хвиль мікрохвилі знаходяться на межі зі світловими і мають деякі властивості променевої енергії. Мікрохвилі проникають в організм людини на глибину до 11 см, вони мало поглинаються шкірою і підшкірної клітковиною. Більш інтенсивно йде поглинання в тканинах, багатих водою, тому вони сильніше нагріваються. Під час процедури задіюються шкіра, м'язи, лімфа, жирова клітковиною, кров, суглоби. При використанні мікрохвиль прогрівання тканин здійснюється за рахунок електромагнітної енергії глибоко і рівномірно. Почуття тепла, залежно від потужності, може зберігатися до 40-60 хвилин після процедури. У той же час, контактний нагрів, що застосовується в більшості нині існуючих лікувальних апаратів, малоефективний, так як контактне тепло проникає в тканини всього близько на 1 см, а потім температура прогресивно падає. Дія мікрохвиль на організм має ряд особливостей, що залежать від їх фізичних властивостей. Мікрохвилі, як і світло, можна сконцентрувати в досить вузький пучок, що дозволяє їх локалізувати на певній ділянці тіла. [2].



Мікрохвильова терапія здійснюється із застосуванням спеціальних апаратів. Генератори електричних коливань в цих апаратах є магнетронами, що поєднують функції радіоелектронної лампи і коливального контуру. Механізм роботи приладів наступний: вийшовши з апарату, хвилі збираються в короткі пучки; далі відбувається проникнення хвильових елементів в тіло пацієнта; потім хвилі поширюються і впливають на тканини протягом часу, визначеного фізіотерапевтом.

Потужність і час впливу можна регулювати на апараті залежно від поставлених задач. Вибір мікрохвильової терапії залежить від необхідної глибини впливу на патологічний процес. Сантиметрові хвилі проникають на глибину 3 см і викликають швидке нагрівання тканин, що при неконтрольованому використанні може призвести до опіку. Дециметрові хвилі проникають у тканини на глибину 8-11 сантиметрів, прогрів тканин при цьому є більш рівномірним. Як і при інших видах високочастотних коливань, при мікрохвильовій терапії проявляється не тільки теплова, а й нетеплова (осциляторна) дія, що залежить від частоти коливань [2].

Перевагами мікрохвильової терапії перед індуктотермією, УВЧ-терапією та іншими методиками є:

- можливість впливу на строго обмежені ділянки тіла пацієнта,
- більш точне дозування інтенсивності впливу,
- можливість програмованої роботи апарату,
- швидке і рівномірне по об'єму підвищення температури,
- більш вільна поза пацієнта під час процедури [2].

Мікрохвилі в терапевтичних дозах активізують тканинне дихання, стимулюють ферментативну активність і таким чином підвищують обмін речовин, підсилюють кровообіг в зоні опромінення, стимулюють регенеративні процеси. Болезаспокійлива дія мікрохвиль є більш вираженою, ніж при індуктотермії та УВЧ-терапії.

Також мікрохвильова терапія за рахунок осциляторного ефекту мікрохвилі надає протизапальну, антиалергічну та імуностимулюючу дію, перешкоджає утворенню мікротромбозів, підсилює мікроциркуляцію [3, 4]. Дана терапія є поширеною в лікуванні шкірних захворювань, таких як нейродерматит, псоріаз, екзема, нагноїння, алопеція, фурункул, герпес а також дуже ефективна при таких пошкодженнях шкіри, як обмороження, порізи та рани, пришвидшуючи та полегшуючи їх загоєння. Звичайно, як і будь яка терапія, лікування мікрохвилями має свої протипоказання, її не можна використовувати пацієнтам зі злоякісними новоутвореннями, туберкульозом легень, інфарктом міокарда в гострій стадії, вагітним та пацієнтам зі схильністю до кровотеч. Також процедуру не можна призначати пацієнтам перед хірургічним втручанням або здачею аналізів. Це обмеження пов'язане з тим, що апарати, що використовуються для мікрохвильової терапії, викликають гіперемію, і вона зберігається на довгий час. [1].

**Висновки.** Апарати для проведення мікрохвильової терапії знайшли застосування в різних сферах медицини. Прилади даного типу застосовуються для лікування захворювань опорно-рухового апарату, легенів, органів сечостатевої системи, очей, нервової системи і в тому числі – в дерматології. В даний час найбільшу увагу при лікуванні проблем шкіри приділяють антибактеріальній та імунокорегуючій терапії, залишаючи фізіотерапію, а в тому числі і мікрохвильову терапію, на жаль, все більше осторонь, хоча даний метод має безперечні переваги, а саме – безпечність, комфортність, безболісність і при цьому дуже високу ефективність. Всі зміни, що відбуваються під впливом мікрохвильової терапії позитивно впливають на роботу органів і систем організму. Застосування даного методу дозволяє покращити здоров'я пацієнта без виконання оперативного втручання та без прийому медикаментів [5].

#### **Перелік посилань:**

1. Панкратова В.Г., Дерматология. Учебное пособие в двух частях. Часть 1. Общая инфекционная дерматология. Минск БГМУ, 2008. С. 3-56.
2. Беловолова Р.А., Новосядлая Н.В., Новгородский С.В. Особенности иммунного статуса и возможности иммунокоррекции при посттравматических воспалительных осложнениях у больных с открытыми переломами нижней челюсти // Иммунология. 2002. № 5. С. 287–293.
3. Брискин Б.С., Букатко В.Н. Использование миллиметровой волновой терапии в лечении острого панкреатита // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2003. № 4. С. 22–25.
4. Пославский М.В., Корочкин И.М., Голант М.Б. и др. Применение электромагнитных волн миллиметрового диапазона для лечения и профилактики язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. М.: МТА КВЧ, 2007. С. 5–25.
5. Тамело А.А., Молодкин Д.Ф., Техника СВЧ и УВЧ в медицинских приборах. Минск, 2005. С. 4-11.

УДК 616.381-072.1-089.5-048.58-072-053.9:612.22:547.963.4

**МОНІТОРИНГ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАСИЧЕННЯ ГЕМОГЛОБІНУ КРОВІ КИСНЕМ (rSO<sub>2</sub>) У ГОЛОВНОМУ МОЗКУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАПАРОСКОПІЧНОЇ ХОЛЕЦИСТЕКТОМІЇ У ПАЦІЄНТІВ ПОХИЛОГО ТА СТАРЕЧОГО ВІКУ**

О. В. Белих, М. А. Георгіянц

Харківська медична академія післядипломної освіти

61176, Харків, вул. Амосова, 58, кафедра анестезіології, дитячої анестезіології та інтенсивної терапії,

e-mail: bielykholena@gmail.com, тел.: +380679530064

One of the most discussed issue is anesthesia safety. The aim was to evaluate the efficacy and safety of anesthesia with the determination of rSO<sub>2</sub> in the brain in elderly and senile patients with LCE. In the study were enrolled 50 patients. It has been proven that the use of monitoring rSO<sub>2</sub> enables to control the oxygenation different stages, minimizing the risk of hypoxia in elderly and elderly patients.

**Вступ.** У сучасній медицині питання безпеки анестезії є одним з найбільш обговорюваних. З метою підвищення рівня безпеки та недопущення епізодів гіпоксії впродовж анестезії, є доцільним здійснення моніторингу функціонального насичення гемоглобіну крові киснем (rSO<sub>2</sub>) у головному мозку. Церебральна оксиметрія є одним з небагатьох методів моніторингу, візуалізуючих кисневий статус головного мозку, та залишається єдиним неінвазивним методом оцінки тканинного насичення киснем. Донедавна зазначений метод використовували здебільшого в кардіохірургії та хірургії судин, у теперішній час показання до його застосування вельми розширилися [1, 2].

Одним з важливих напрямків сучасної анестезіологічної науки є розв'язання проблем, пов'язаних із загальною анестезією, зокрема проблеми когнітивних розладів. Метод церебральної оксиметрії є одним з найінформативніших у вивченні впливу загальних анестетиків на кисневий статус головного мозку [3, 4].

**Мета.** оцінити ефективність та безпечність анестезіологічного забезпечення з визначенням rSO<sub>2</sub> у головному мозку в пацієнтів похилого та старечого віку при лапароскопічній холецистектомії.

**Матеріали та методи дослідження.** До дослідження було залучено 70 пацієнтів, яким провели ЛХЕ з приводу жовчнокам'яної хвороби. Середній вік – 71,5 ± 5,5 років. Середня тривалість операції – 55,1 ± 9,8 хв. Пацієнти розподілені на 2 групи: I (n = 35) – інгаляційна анестезія на основі севофлурану (2–3 об.%) з ШВЛ; II (n = 35) – ТВА на основі пропофолу (2 мг/кг/год) з ШВЛ. В обох групах: аналгезія – фентаніл (1 мкг/кг/год), релаксація – атракуріум. За віком та тривалістю операції групи не відрізнялись.

Моніторинг включав: пульс, артеріальний тиск, середній артеріальний тиск, серцевий викид, SpO<sub>2</sub> (монітор «Vismo»). За показниками гемодинаміки хворі між групами не відрізнялися. Моніторинг rSO<sub>2</sub> головного мозку здійснювався системою неінвазивного регіонарного оксиметра Masimo O3.

За даними моніторингу rSO<sub>2</sub> ми отримали такі результати за групами: до премедикації – 65,1±3,8 vs 64,9±3,6 (p>0,05), після премедикації – 63,2±4,1 vs 62,9±3,9 (p>0,05), на момент інтубації – 65,2±3,4 vs 64,3±5,1 (p>0,05), під час операції – 75,8±3,9 vs 72,2±2,4 (p<0,001), екстубація – 67,4±3,4 vs 66,9±2,7 (p>0,05), через 20 хв після закінчення операції – 64,5±3,4 vs 64,1±3,6 (p>0,05). Суттєво rSO<sub>2</sub> відрізнявся під час операції, що може свідчити про те, що анестезія севофлураном краще зберігає церебральну оксигенацію, ніж анестезія пропофолом.

**Результати та обговорення.** Сучасні досягнення технічної науки роблять церебральну оксиметрію перспективним клінічним методом неінвазивного моніторингу та інформативним методом оцінки кисневого статусу головного мозку. Упродовж нашого дослідження спостерігалася суттєва відмінність rSO<sub>2</sub> під час операції, що може свідчити про краще збереження церебральної оксигенації при анестезії севофлураном, ніж пропофолом. Отримані дані корелювали з відомостями інших дослідників. Так, T. Ružman et al. [5] провели порівняльне дослідження впливу інгаляційної анестезії севофлураном і тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом на регіонарне церебральне насичення киснем (rSO<sub>2</sub>) під час лапароскопічної холецистектомії. Учені дійшли висновку, що анестезія севофлураном має значно вищі значення (на 4–11 %) rSO<sub>2</sub> при ЛХЕ, а також забезпечує значно меншу кількість критичних знижень rSO<sub>2</sub>.

**Висновки.** Використання моніторингу rSO<sub>2</sub> дає змогу контролювати оксигенацію і своєчасно корегувати її на різних етапах анестезії, зводить до мінімуму ризик виникнення епізодів гіпоксії впродовж анестезії у пацієнтів похилого та старечого віку. Усе зазначене доводить ефективність та

безпечність проведення анестезіологічного забезпечення з визначенням  $tSO_2$  у пацієнтів похилого та старечого віку при ЛХЕ.

**Перелік посилань:**

1. Green DW, Kunst G. Cerebral oximetry and its role in adult cardiac, non-cardiac surgery and resuscitation from cardiac arrest. *Anaesthesia*. 2017; 72 Suppl 1: 48-57.
2. Vretzakis G, Georgopoulou S, Stamoulis K. Cerebral oximetry in cardiac anesthesia. *J Thorac Dis*. 2014; 6 Suppl 1: S60-9.
3. Slupe AM, Kirsch JR. Effects of anesthesia on cerebral blood flow, metabolism, and neuroprotection. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2018; 38(12): 2192-2208.
4. Valencia L, et al. Does sevoflurane preserve regional cerebral oxygen saturation measured by near-infrared spectroscopy better than propofol? *Ann Fr Anesth Reanim*. 2014; 33(4): e59-65.
5. Ružman T, Šimurina T, Gulam D, et al. Sevoflurane preserves regional cerebral oxygen saturation better than propofol: Randomized controlled trial. *J Clin Anesth*. 2017; 36: 110-117.

**УДК 616.248-07-08.001.6**

**ОПТИМІЗАЦІЯ ДІАГНОСТИКИ ХВОРИХ НА БРОНХІАЛЬНУ АСТМУ З РЕФЛЮКС ЕЗОФАГІТОМ ТА ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ 2-ГО ТИПУ.**

Т. В. Бездітко, Г. В. Єрмоєнко, А. П. Левченко  
Харківський національний медичний університет,  
кафедра ПВМ №2 та медсестринства,

Обласний клінічний Центр радіаційного захисту населення

The features of the personalized approach to diagnostics, choice of treatment and recommendations on nutrition of patients with comorbid conditions in bronchial asthma are considered in the article.

Мета. Оптимізація діагностики хворих на бронхіальну астму (БА) з рефлюкс езофагітом (РЕ) та ЦД 2-го типу.

Матеріали та методи. Обстежено 64 хворих на БА з РЕ та ЦД 2-го типу (38 чоловік та 26 жінок), які перебували на стаціонарному або амбулаторному лікуванні у терапевтичному відділенні ОКЦРЗН м. Харкова. Залучено пацієнтів у віці від 34 до 61 років з верифікованим діагнозом БА з РЕ та ЦД 2-го типу. Обстежені були розподілені на дві групи: у 1-у групу включено 31 пацієнт з БА та поєднаною патологією (РЕ та ЦД 2-го типу), у 2-у групу увійшли 33 хворих на БА з РЕ. Аналізуючи демографічні характеристики, виявлено зіставлений розподіл за віком та статтю. Серед пацієнтів 1-ї та 2-ї груп переважали жінки: 72,3 % та 71,3 %, відповідно ( $p < 0,05$ ). Середній вік хворих 1-ї групи складав 59 [44,3; 63,5] років, 2-ї групи – 39 [28,3; 53,7] років. Крім загальноклінічного обстеження у хворих досліджували рівень глюкози, HbA1, функцію зовнішнього дихання ФЗД та ФГДС. Виявлені особливості перебігу захворювань у двох груп хворих. Так, у хворих 1 групи частіше спостерігалась кардіалгія (61,5 % проти 3,8 %  $p < 0,05$ ), нудота (53,8% проти 23,7%  $p < 0,05$ ), охриплість голосу (59,6% проти 19,2%  $p < 0,05$ ). Для 1 групи було характерним РЕ ступеню С – 75%, В – 17,9%, А – 7,1% проти С – 16,6%, В – 62,5 % та А – 20,9 %. Відомо, що у всіх хворих 1 групи ЦД 2-го типу був компенсованим. У пацієнтів із поєднанням БА з РЕ та ЦД 2-го типу мають місце домінуванням позастравохідних ознак (кардіалгії, нудоти), виражені порушення моторики стравоходу: зростання кількості рефлюкс-езофагітів ступеню С.

Висновки: Коморбідні стани при БА потребують персоніфікованого підходу до діагностики, вибору лікування та рекомендацій щодо харчування пацієнтів.

**УДК 616.1 005 07 08**

**МОЖЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗУ СЕРЦЕВОЇ НЕДОСТАТНОСТІ ВПРОДОВЖ РОКУ У ХВОРИХ НА ІШЕМІЧНУ ХВОРОБУ СЕРЦЯ У ПОЄДНАННІ ІЗ ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ 2 ТИПУ**

О. В. Більченко, К. Ю. Ліпакова

Харківська медична академія післядипломної освіти,  
61096, м.Харків вул. Героїв Сталінграду 160

Diabetes mellitus (DM) type II is an independent risk factor for cardiovascular system injury. To avoid progression of ischemic heart failure (IHF) it's important to find early signs of myocardial injury on the basis of ultrasound examination of the brachial arteries, measurement of pulse blood pressure, determination of insulin

content in blood and calculation of HOMA index, it is possible to determine the probability of adverse heart failure in patients with coronary heart disease in combination with DM type II.

Частота виникнення серцево-судинних ускладнень у хворих на ЦД 2 типу в 2-3 рази вище, ніж в середньому в популяції, а прогноз життя у хворих на ішемічну хворобу серця (ІХС) в поєднанні з ЦД 2 типу гірше в порівнянні з прогнозом у пацієнтів без такого [1]. Відомі способи прогнозування ризику серцево-судинної летальності у хворих з різними формами хронічної серцевої недостатності, а саме за рівнем мозкового натрійуретичного пептиду (NT-proBNP) і тканинного інгібітора матриксних металопротеаз (TIMP-I) в периферичній крові. Підвищення рівня NT-proBNP  $\geq 1520$  fmol/ml і TIMP-I  $\geq 865$  ng/mL дозволяє виділяти серед пацієнтів з ХСН хворих високого ризику, для яких необхідне інтенсивне лікування як серцевої недостатності, так і ускладнень [2].

Відомим є спосіб прогнозування серцевої недостатності у хворих на ІХС, що включає реєстрацію та якісний дихотомічний аналіз показників фракції викиду лівого шлуночка серця, кількості перенесених інфарктів, рівня фактору некрозу пухлини, дисперсії інтервалу "Q-T" або блокади проведення імпульсу на електрокардіограмі, значення кінцевого систолічного розміру правого передсердя [3]. Однак представлені способи не враховують наявність цукрового діабету 2 типу.

Мета – розробити спосіб прогнозування перебігу ХСН у хворих на ішемічну хворобу серця у поєднанні із цукровим діабетом 2 типу.

У дослідження включені 100 чоловіків віком від 50 до 67 років, які перенесли інфаркт міокарда (ІМ) в найближчі 5 років та знаходились на лікуванні в терапевтичному та кардіологічному відділеннях КЗОЗ «Харківська міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О.І.Мещанінова» протягом 2016-2017 років. Всі обстежені хворі були розподілені на дві групи в залежності від характеру перебігу ХСН: група I (n = 66) - пацієнти, зі сприятливим перебігом ХСН (середній вік -60,0 [55,8;63,3]), група II (n =34) - пацієнти із несприятливим перебігом ХСН (зниження фракції викиду лівого шлуночка, пацієнти з порушенням стану діастолічної функції та ті, хто померли (середній вік - 58,0 [55,0;60,3] років).

Проводився аналіз скарг, кардіологічного анамнезу, об'єктивного дослідження, досліджували пульсовий артеріальний тиск (ПАТ), визначали глікозильований гемоглобін, рівень глюкози сироватки крові, інсуліну, розраховували індекс інсулінорезистентності (НОМА), визначали рівні загального холестерину, ліпопротеїдів високої та низької щільності і тригліцеридів, розраховували коефіцієнт атерогенності, виконувалася трансторакальна ехокардіографія, досліджували ендотеліязалежну вазодилатацію плечових артерій (EDD).

Для визначення відмінностей між незалежними вибірками використовували U-критерій Манна-Уїтні. Частоту ознак в групах порівнювали за допомогою критерію  $\chi^2$ .

На підставі проведеного дослідження пропонується спосіб визначення прогнозу серцевої недостатності впродовж року у хворих на ІХС, в якому за рахунок додаткових досліджень та визначення клініко-лабораторних ознак з наступним розрахунком, досягається визначення прогнозу у хворих з цукровим діабетом 2 типу з наступним розрахунком за формулою з використанням коефіцієнтів до прогностичних факторів здійснюють ультразвукове дослідження плечових артерій, вимірювання артеріального тиску, визначення вмісту в крові інсуліну, за регресійним рівнянням визначають у пацієнта ймовірність несприятливого перебігу серцевої недостатності:

$$\hat{P} = [1 + \exp(0,180 X_1 - 1,494 X_2 + 3,371 X_3 - 21,016)]^{-1},$$

де  $\hat{P}$  – ймовірність несприятливого перебігу серцевої недостатності;

$X_1$  – ПАТ\_1 (пульсовий артеріальний тиск);

$X_2$  – EDD (ендотеліязалежна вазодилатація);

$X_3$  – ІН (індекс інсулінорезистентності (НОМА)).

Якщо значення  $\hat{P}$  лежить в межах від 0 до 1, чим ближче значення прогнозованої ймовірності до одиниці, тим вище ймовірність несприятливого перебігу серцевої недостатності, якщо значення  $\hat{P}$  знаходиться в діапазоні від 0 до 0,5, робиться висновок, що у пацієнта сприятливий перебіг захворювання.

Таким чином, на підставі ультразвукового дослідження плечових артерій, вимірювання пульсового артеріального тиску, визначення вмісту в крові інсуліну та розрахунку індексу НОМА,

можна визначити ймовірність несприятливого перебігу серцевої недостатності у хворих на ІХС у поєднанні із ЦД 2 типу.

#### Перелік посилань:

1. Martin Andreas, Harald Zeisler, Ammon Handisurya, Maximilian B Franz, Michael Gottsauner-Wolf, Michael Wolzt, Alexandra Kautzky-Wilier. N-terminal-pro-brain natriuretic peptide is decreased in insulin dependent gestational diabetes mellitus: a prospective cohort trial. *Cardiovasc Diabetol.* 2011; 10:28.
2. Соломахина Н.И., Беленков Ю.Н. Прогностическое значение тканевого ингибитора матричных металлопротеиназ-1 (TIMP-1) у больных ХСН // Сердечная недостаточность. - 2010. - №5. - С.281 - 284.
3. Спосіб прогнозування серцевої недостатності у хворих на ішемічну хворобу серця (патент на корисну модель No 11456, 15.12.2005, Кравчун П.Г., Шевченко О.С, Зосимов А. М., Шкляр С.П.)

#### УДК 004.9

### ВПЛИВ БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ НА ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ РИТМУ СЕРЦЯ

М. Г. Борейко, М. М. Будник

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова Національної академії наук України,  
відділ пристроїв, систем та технологій безконтактної діагностики,  
03187, Київ, пр. Академіка Глушкова, 40,  
тел.: +38 (066) 841-30-20; email: maxboreyko@gmail.com

The method of pain level estimation based on some heart rate variability parameters was proposed. Software for calculation of these parameters was developed. Correlation at level 77% between RMSSD/SDNN, HF/LF and Coherence with pain level was obtained based on clinical study of 18 patients – military servicemans. The use of proposed method is suggested for objective estimating of the pain level in resuscitative medicine, rehabilitation, combat trauma, etc.

**Вступ.** З необхідністю кількісної оцінки больового синдрому лікарі зіштовхуються досить часто. Вимір болю є складним комплексом проблем. На індивідуальне сприйняття болю впливають демографічні фактори, стать, вік, етнічні особливості, а також емоційний і фізичний стан пацієнта. Існуючі на даний момент часу способи оцінки больового синдрому вимагають безпосереднього контакту з пацієнтом, а також знаходження пацієнта у свідомості. Принципово іншим підходом до оцінки больового синдрому є об'єктивні методи, засновані на кореляції між деякими фізіологічними показниками людини та ступенем больового синдрому. Завданням даної роботи є розробка інформаційного засобу (програми) для дослідження впливу больового синдрому на різні показники варіабельності ритму серця (далі – ВРС).

**Метод.** Деякі параметри ВРС слугують індикаторами вагусної активності та можуть корелювати з рівнем болю [1,2]. Такими параметрами в часовій області є RMSSD та SDNN [3]. Показник SDNN відображає вплив як симпатичної, так і парасимпатичної нервової системи. Показник RMSSD є індикатором вагусно-парасимпатичної активності. У частотній області аналогом показника SDNN є потужність спектру в діапазоні низьких частот (LF) від 0.04 Гц до 0.15 Гц [4]. Аналогом показника RMSSD у частотній області є потужність спектру в діапазоні високих частот (HF) від 0.15 Гц до 0.4 Гц. У дослідженні [5] показано, що негативні емоції, такі як розчарування, гнів, тривога, та у тому числі біль призводить до «некогерентної» моделі серцевого ритму – тобто ритм серця сильно варіює та є непередбачуваним, у той час як позитивні емоції, навпаки – набагато більш когерентні та являють собою стабільні гармонічні коливання ритму серця. Згідно з [5] піком когерентності називають пік на спектрі ВРС у діапазоні частот від 0.04 Гц до 0.26 Гц. Алгоритм розрахунку показника когерентності наступний:

1. Пошук найбільшого піку на спектрі потужності ВРС у діапазоні від 0.04 Гц до 0.26 Гц.
2. Обчислення потужності піку у вікні 0.015 Гц вище та нижче частоти піку.
3. Обчислення загальної потужності спектру (від 0.033 Гц до 0.4 Гц).
4. Обчислення показника когерентності за наступною формулою:

$$Coherence = \frac{PP}{TP-PP}; \quad (1)$$

де PP – потужність піку когерентності, TP – загальна потужність спектру.

**Клінічні дослідження.** Для перевірки кореляції між обраними показниками ВРС та рівнем больового синдрому були проведені клінічні дослідження у Головному військовому клінічному госпіталі Міністерства оборони України. Було знято ЕКГ 18-ти пацієнтів в різному стані, тривалість кожного запису – 3 хв. Після зняття ЕКГ пацієнти оцінювали рівень болю за вербальною оціночною шкалою (біль відсутній – 0 балів; слабкий – 1 бал; помірний – 2 бали; сильний – 3 бали; найсильніший

– 4 бали). З отриманих даних побудовано графіки залежності зазначених вище параметрів від суб'єктивної оцінки рівня больового синдрому (Рис. 1).

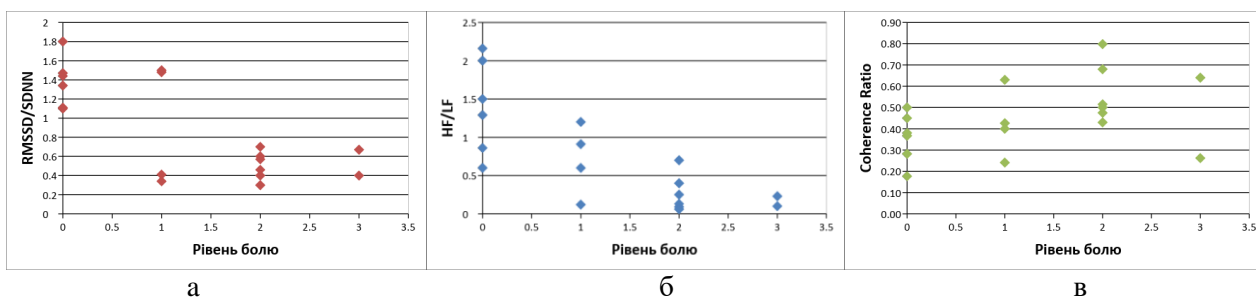


Рисунок 1 – Залежність показників ВРС від суб'єктивної оцінки рівня болю: а – RMSSD/SDNN, б – HF/LF, в – показника когерентності Coherence (1).

Аналіз даних Рис.1 показав, що з рівнем болю найкраще корелює показник HF/LF з рівнем 76%, потім RMSSD/SDNN – 74%, а останній показник когерентності – 42%. На основі цих 3-х показників була побудована лінійна регресійна модель, за якою рівень болю може бути кількісно оцінений за даними ВРС наступним чином:

$$Pain = 2.54 - 0.63 * \frac{RMSSD}{SDNN} - 0.88 * \frac{HF}{LF} - 0.38 * Coh \quad (2)$$

Обчислений інтегральний показник має коефіцієнт кореляції 77%.

**Висновок.** Запропоновано метод оцінки рівня больового синдрому за наступними показниками ВРС: RMSSD/SDNN; HF/LF; Показник когерентності. Обчислення показника когерентності з використанням авторегресійної моделі та використання показника RMSSD/SDNN в якості індикатора больового синдрому є новим в галузі аналізу ВРС. Створено програмний засіб для обчислення наведених вище показників ВРС. Проведено клінічні дослідження, результатом яких є розрахований інтегральний показник ВРС, який корелює з суб'єктивним рівнем болю з коефіцієнтом 77%. Отже, наслідком проведеної роботи є розробка інтегрального показника ВРС, який дозволяє об'єктивно оцінювати рівень больового синдрому та може використовуватися в медицині катастроф, реанімації, під час бойових дій, тощо.

#### Перелік посилань:

1. Koenig J, Jarczok MN, Ellis RJ, Hillecke TK, Thayer JF. Heart rate variability and experimentally induced pain in healthy adults: a systematic review. *Eur J Pain*. 2014;18: 301–314.
2. Broucqsault-Dédrie C, De Jonckheere J, Jeanne M, Nseir S. Measurement of Heart Rate Variability to Assess Pain in Sedated Critically Ill Patients: A Prospective Observational Study. *PLoS One*. 2016;11.
3. Koenig J, Loerbroks A, Jarczok MN, Fischer JE, Thayer JF. Chronic Pain and Heart Rate Variability in a Cross-Sectional Occupational Sample. *The Clinical Journal of Pain*. 2016. с. 218–225.
4. Padhye NS, Williams AL, Khattak AZ, Lasky RE. Heart rate variability in response to pain stimulus in VLBW infants followed longitudinally during NICU stay. *Dev Psychobiol*. 2009;51: 638–649.
5. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Bradley RT. The Coherent Heart Heart-Brain Interactions, Psychophysiological Coherence, and the Emergence of System-Wide Order. *Integral Review: A Transdisciplinary & Transcultural Journal for New Thought, Research, & Praxis*. 2009;5.

УДК: 616.211/.23-002.1-053.3-008.847.81-07:546.46./.47

### СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСТОТИ ВИПАДКІВ ГОСТРОГО РЕСПІРАТОРНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ У ДІТЕЙ РАНЬОГО ВІКУ З УРАХУВАННЯМ РІВНІВ ЦИНКУ ТА МАГНІЮ

О. В. Висоцька<sup>1</sup>, А. Г. Амаш<sup>2</sup>, Т. В. Фролова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,

<sup>2</sup>Харківський національний медичний університет,  
e-mail: anastasiyaamash@gmail.com

It is considered the issue of predicting frequency of acute respiratory diseases (ARD) in infants, taking into account increasing levels of zinc and magnesium from the environment and its influence on their organism. The predicting model, which was built, allows to prevent frequency of ARD at the preclinical stage.

**Вступ.** Гострі респіраторні захворювання (ГРЗ) займають провідне місце в структурі захворюваності дітей раннього віку, що обумовлено впливом мультифакторних чинників: станом імунної системи дитини, екологічним станом місця мешкання, дисбалансом харчування, особливостями мінерального профілю та інш. [1] – [4]. На тепер доведено, що надлишкове надходження цинку (Zn) та магнію (Mg) в організм людини з навколишнього середовища може обумовлювати тяжкість перебігу ГРЗ та уповільнювати одужання [5] - [8].

**Мета:** розробити спосіб прогнозування частоти випадків ГРЗ у дітей раннього віку на підставі визначення рівню цинку та магнію у волоссі.

**Методи дослідження.** Обстежено 144 доношені умовно здорові дитини, які отримували виключно грудне вигодовування, народжені від практично здорових матерів, які не мали шкідливих звичок. До I групи увійшло 89 дітей, які мали в анамнезі більш ніж два випадки ГРЗ (гострий риніт, гострий отит) у віці до 5 місяців життя та мешкали в промисловому районі великого міста. До II групи - 55 дітей, які жодного разу не хворіли ГРЗ на момент обстеження. Дослідження проводили в два етапи: у віці 5 місяців та в 1 рік. Визначення рівня цинку та магнію проводилося у волоссі методом спектрометрії на апараті Elvax Light (Україна, 2008 р.). Для синтезу математичної моделі прогнозу ГРЗ у дітей в залежності від рівня Mg та Zn в організмі застосовувалася бінарна логістична регресія. Для проведення даного аналізу використовували комп'ютерну програму SPSS 19.0.

**Обговорення.** За допомогою методу бінарної логістичної регресії отримана математична модель прогнозування частоти випадків ГРЗ у дітей.

Значення (p) перебуває в межах від 0 до 1. Чим ближче до 1, тим вище ймовірність прогнозу частоти виникнення ГРЗ у дитини. Коли значення знаходиться в діапазоні від 0 до 0,5, у дитини нижче ймовірність розвитку ГРЗ.

Для дослідження якості синтезованої математичної моделі проводився ROC-аналіз (receiver operating characteristic, аналіз операційної характеристичної кривої). Значення площі під ROC-кривою, що дозволяє оцінити діагностичну цінність моделі, склало 0,75 [0,75; 0,8], що говорить про гарну якість моделі.

Перевірка значущості підібраних коефіцієнтів в моделі проводилася за допомогою статистики Вальда. Всі змінні значущі ( $p < 0,05$ ) підібрані правильно.

Загальна оцінка згоди між впливом виявлених чинників прогнозування кількості випадків ГРЗ у дітей і реально зафіксованим настанням несприятливого результату проводився тест згоди Хосмера-Лемешова. Отримане значення HL = 2,684, при рівні значущості  $p < 0,05$  ( $p = 0,82$ ) свідчать про гарну якість підбраної моделі.

Показник Нейджелкерка є мірою визначеності і показує частку впливу всіх факторних ознак на дисперсію залежною змінною, який варіюється від 0 до 1, чим ближче коефіцієнти до одиниці, тим краще. Відповідно до значення розрахованого показника  $R^2$  Нейджелкерка, частина дисперсії, пояснене за допомогою отриманої логістичної функції, становить 87,3%.

**Висновок.** Наведені результати дослідження дозволяють прогнозувати частоту ГРЗ у дітей раннього віку, які проживають в великих промислових містах, своєчасно проводити профілактичні заходи щодо розвитку захворювання та його ускладнень шляхом корекції вмісту цинку та магнію, а відтак й всього мінерального профілю дитини.

#### Перелік посилань:

1. Burrell, M. H., et al. "Respiratory disease in thoroughbred horses in training: the relationships between disease and viruses, bacteria and environment." *Veterinary Record* 139.13 (1996): 308-313.
2. Po, June YT, J. Mark FitzGerald, and Chris Carlsten. "Respiratory disease associated with solid biomass fuel exposure in rural women and children: systematic review and meta-analysis." *Thorax* 66.3 (2011): 232-239.
3. Bai, Lijun, et al. "Exposure to traffic-related air pollution and acute bronchitis in children: season and age as modifiers." *J Epidemiol Community Health* 72.5 (2018): 426-433.
4. Mohammadi, Mahin, and Parviz Mohammadi. "INDOOR AIR POLLUTION AND ACUTE RESPIRATORY INFECTION AMONG CHILDREN: AN UPDATE BIOMASS SMOKE." *Journal of Air Pollution and Health* 3.1 (2018): 49-62.
5. Duruibe, J. Ogwuegbu, M. O. C. Ogwuegbu, and J. N. Egwurugwu. "Heavy metal pollution and human biotoxic effects." *International Journal of physical sciences* 2.5 (2007): 112-118.
6. Коньшина, Лидия Геннадьевна, and Владимир Леонидович Лежнин. "Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения." *Гигиена и санитария* 93.3 (2014).
7. Ибрагимова, Миляуша Якубовна, et al. "Взаимосвязь дисбаланса макрои микроэлементов и здоровье населения (обзор литературы)." *Казанский медицинский журнал* 92.4 (2011).

8. Черных Н. А., and Ю. И. Баева. "Тяжелые металлы и здоровье человека." Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности 1 (2004).

УДК 004.023/.616.12

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНИЖЕННЯ ТОЛЕРАНТНОСТІ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ДІТЕЙ

О. В. Висоцька<sup>1</sup>, Л. І. Рак<sup>2</sup>, Л. М. Рисована<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, вул. Чкалова, 17, каф. радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, e-mail: evisotska@ukr.net

<sup>2</sup>ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», Харків, пр.Ювілейний, 52-а, відділення педіатрії і реабілітації, e-mail: larisarakdoct@ukr.net

<sup>3</sup>Харківський національний медичний університет 61022, Харків, пр. Науки, 4, каф. медичної та біологічної фізики і медичної інформатики, тел.: 067-388-75-97, e-mail: rluba\_24@ukr.net

The purpose of this study is to evaluate the performance of the heart during physical load. For receive information about the reactive properties of the cardiovascular system, to compare was made between two groups of children with good cardiac performance in physical load and poor. This research identified factors that affect cardiac performance, which may improve the quality of prediction of cardiovascular pathologies.

На сьогоднішній день в Україні спостерігається значне збільшення негативних явищ під час фізичних навантажень у дітей. З іншого боку, доведено, що саме зниження фізичної активності, гіподинамія є незалежними чинниками розвитку так званих «хвороб цивілізації»: ожиріння, атеросклерозу, артеріальної гіпертензії тощо – і зумовлюють несприятливий перебіг цієї патології.

Оцінювання адаптаційних можливостей серця під час фізичного навантаження є актуальною проблемою сучасної медицини. Вивчаючи їх, можна ще на ранніх стадіях виявляти доклінічні прояви порушень серцево-судинної системи, а також контролювати вплив підвищених фізичних навантажень на дітей-спортсменів. Тому метою даного дослідження стало оцінювання толерантності дітей до фізичних навантажень і прогнозування її зниження, що сприятиме підвищенню якості ранньої діагностики патології серця та своєчасному проведенню медико-профілактичних заходів.

Основною задачею, поставленою перед нами, стала побудова математичної моделі, що дозволяє оцінити працездатність серця при фізичному навантаженні. Для оцінювання стану дитини можуть застосовуватися різні статистичні моделі, проте останнім часом найбільше поширення на практиці одержала модель логістичної регресії.

Було обстежено 267 дітей, проводилася антропометрія, оцінювалися стан вегетативної нервової й серцево-судинної систем, толерантність до фізичного навантаження (на підставі проби Руф'є), щотижнева фізична активність (за допомогою міжнародного опитувальника МОАФА). Пацієнтів було розділено на дві групи: у першу групу (157 осіб) увійшли діти з доброю та задовільною толерантністю до фізичного навантаження, у другу (110 осіб) – з поганою (незадовільною та слабкою). Залежною змінною в моделі логістичної регресії виступила приналежність обстежуваних до однієї із цих груп. До незалежним даних були віднесені всі показники, які було отримано під час обстеження дітей. На етапі дослідження було проаналізовано 53 показника стану дітей.

За допомогою методу логістичної регресії було виділено 6 значущих для класифікації показників: зріст, окружність стегон та талії, ширина плечей, вегетативний індекс Кердо та рівень фізичної активності дитини.

Перевірка значимості підібраних коефіцієнтів проводилася за допомогою статистики Вальда. Всі змінні значимі ( $p < 0,05$ ) й підібрані правильно. Загальна оцінка згоди між впливом виявлених у моделі показників і реально зафіксованим настанням несприятливого результату провадилася з використанням тесту Хосмера-Лемешова. Отримане на останньому кроці низьке значення Хосмера-Лемешова свідчить про високу якість підбраної моделі. Визначення частини поясненої дисперсії проводилося за допомогою показників Кокса, Шелла та Нейджелкерка, які є мірами визначеності та свідчать про частину дисперсії, яка пояснюється регресією.

Отримана модель показала, що з загального числа досліджених, віднесених до групи з доброю толерантністю до фізичного навантаження – 157 дітей -, тестом було правильно визнано 135, а 22 пацієнта помилково віднесено до групи зі зниженими адаптаційними можливостями. Коректність тесту становила 86,0 %. Водночас, у групі зі зниженням толерантності до фізичних навантажень, у яку увійшло 110 дітей, правильність підтверджено в 77 випадках і помилково - в 33 випадках. Коректність



тесту становила 70,0 %. Загалом правильно класифіковано 212 з 267 випадків, що коректно оцінює адаптаційні можливості серцево-судинної системи дітей у 79,4 % випадках.

Таким чином, при порівнянні представлених груп ми виявили статистично значимі показники, що дозволяють оцінити адаптаційні можливості серця при фізичному навантаженні, а отримана математична модель дозволяє коректно класифікувати 79,4% випадків. Правильне й своєчасне визначення функціонального стану серцево-судинної системи дитини дозволяє прогнозувати виникнення серцево-судинних захворювань, які, в подальшому, можуть призводити до інвалідизації та, навіть, смертності в молодому віці. Тому представлену модель доцільно використовувати в дитячих кардіологічних відділеннях, а також, вона може бути корисна для сімейних лікарів і терапевтів.

#### Перелік посилань:

1. Rysovana L., Vysotska O., Porvan A., Alekseenko R. Family Crisis Investigation on the Basis of Regression Analysis. The problems of empirical research in psychology and humanities: VIII International scientific conference. Europejskie Studia Humanistyczne: państwo i społeczeństwo (Krakow (Poland), 22-23 february 2016). Krakow, 2016. P. 83-91.

2. Рисована Л.М. Виявлення факторів розвитку кризи в сімейних відносинах. Математичне моделювання та математична фізика: Праці Всеукр. наукової конф. (Кременчук, 3-5 жовтня 2016). Кременчук, 2016. С. 51–52.

#### УДК 004.043

### ВИЗНАЧЕННЯ ГРУП ЛЮДЕЙ ІЗ ДИСФУНКЦІЄЮ ТРОМБОЦИТІВ

Ю. А. Кириленко, О. М. Дацок, І. Г. Перова

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. БМІ, тел. (057) 702-13-64  
e-mail: rikywenok@gmail.com, julia.kirilenko96@gmail.com

The method of clustering of medical data of people with platelet dysfunction with their simultaneous imaging based on the principal component method is considered in the paper, which makes it possible to diagnose diseases in a timely manner and purposefully start treatment.

У роботі розглянуто програмно метод кластеризації медичних даних людей із дисфункцією тромбоцитів з одночасною їхньою візуалізацією на основі методу головних компонент, що дає можливість своєчасно діагностувати захворювання та цілеспрямовано розпочати лікування.

Агрегація тромбоцитів з АДФ – діагностичний тест, який оцінює активовану реакцію злипання (агрегації) тромбоцитів з використанням спеціального індуктора агрегації – аденозиндифосфата (АДФ). Аналіз виконують за допомогою точного приладу – агрегометра, який записує показання в безперервному режимі і відображає їх у формі кривої лінії (агрегатограми). Інтерпретація тесту ґрунтується на аналізі характеру агрегації (одно- або двохвильова, повна або неповна, зворотна або незворотна), а також ступеню агрегації, часу агрегації, швидкістю за 30 сек (%/хв) та кількості тромбоцитів.

Тромбоцити – це клітини крові, які відповідають за згортання. Стани, що пов'язані зі зниженням агрегації (злипання) тромбоцитів, включають спадкові та набуті порушення функції клітин. Аналіз на агрегацію тромбоцитів проводять для виявлення і діагностики дисфункції тромбоцитів у пацієнтів з надмірними кровотечами. Найчастіше цей тест проводять в комплексі з іншими дослідженнями згортання крові. Найбільш поширеним спадковим захворюванням, яке характеризується дисфункцією тромбоцитів, є хвороба фон Віллебранда. Скорочення синтезу або порушення функції фактору згортання крові Віллебранда призводить до зниження згортання і підвищенню втрати крові при кровотечах. Аналіз на агрегацію тромбоцитів показаний також при невиношуванні вагітності, безплідді, невдалих спробах екстракорпорального запліднення.

Також оцінку агрегації тромбоцитів слід призначати при терапії антиагрегантними препаратами. Низькі дози аспірину призначають для профілактики тромбоутворення пацієнтам, що страждають на атеросклероз і захворювання серцево-судинної системи. Аналіз на агрегацію тромбоцитів дозволяє прогнозувати реакцію організму на антиагрегаційні препарати. На агрегацію тромбоцитів можуть вплинути деякі інші лікарські препарати, в тому числі антибіотики, антигістамінні засоби, нестероїдні протизапальні препарати, антидепресанти.

Виявлення факторів ризику у різних груп пацієнтів і прийняття відповідних профілактичних заходів дозволяє уникнути важких ускладнень.

У роботі використовуються кількісні характеристики результатів плазмового гомостазу, облік яких дозволяє об'єктивно дослідити і отримати прогностично значущі показники, які відіграють важливу роль у визначенні діагнозу пацієнта.

Як фактори, що впливають на результат були взяті такі характеристики, при додаванні різної концентрації індуктора АДФ (50 мкл, 25 мкл, 12.5 мкл):

- ступінь агрегації;
- швидкість агрегації за 30 сек;
- час агрегації;
- наявність/відсутність дезагрегації (процес, зворотний агрегації).

Значення яких були отримані у харківській філії мереж лабораторій Invivo.

При побудові даних кожного пацієнта в просторі трьох головних компонент був отриманий результат (рис. 1), дані були розфарбовані за результатами кластеризації. Кластеризація (або кластерний аналіз) – це задача розбиття множини об'єктів на групи, які називаються кластерами.

У середині кожної групи повинні виявитися «схожі» об'єкти, а об'єкти різних груп повинні бути якомога більш відмінні. Головна відмінність кластеризації від класифікації полягає в тому, що перелік груп чітко не заданий і визначається в процесі роботи алгоритму.

Застосування кластерного аналізу в загальному вигляді зводиться до наступних етапів:

1. Відбір вибірки об'єктів для кластеризації.
2. Визначення множини змінних, за якими будуть оцінюватися об'єкти у вибірці. При необхідності – нормалізація значень змінних.
3. Обчислення значень міри схожості між об'єктами.
4. Застосування методу кластерного аналізу для створення груп кластерів;
5. Представлення результатів аналізу.

Після отримання та аналізу результатів можливе корегування обраної метрики і методу кластеризації до отримання оптимального результату.

Отже, на рисунку 1 показано 3 групи людей, що мають різні захворювання, для поточної інтерпретації яких в подальшому потрібно звернутися до лікарів-гематологів, для того, щоб поставити остаточний діагноз.

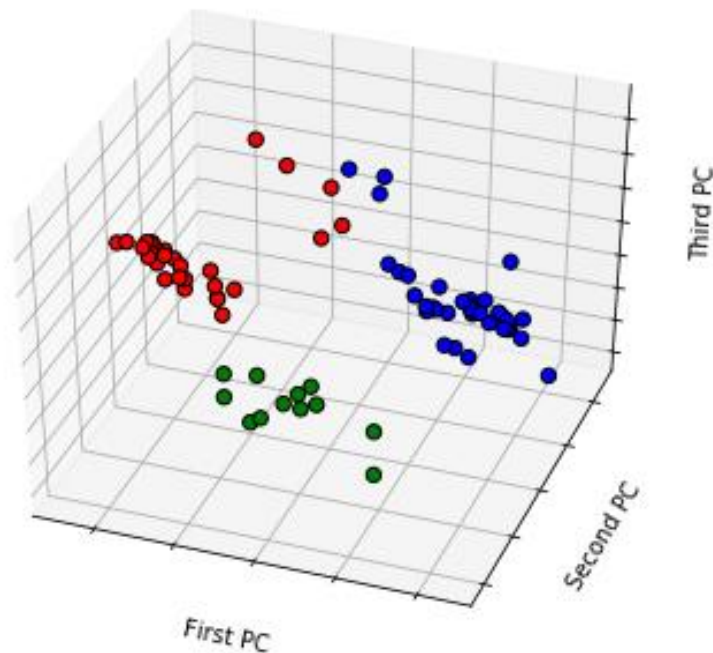


Рисунок 1 – Візуалізація отриманих даних

Реалізація даного методу, що дозволяє за результатами проведення лабораторних досліджень з математичних моделей, визначити різні групи людей із певними захворюваннями, що дає можливість підвищити ефективність проведення лікувально-профілактичних заходів.

#### Перелік посилань:

1. Савченко А.П., Медведєв І. М., Механізми функціонування тромбоцитарного гемостазу// Медичні науки №10 – 2009.
2. Гемостаз. Физиологические механизмы, принципы диагностики основных форм геморрагических заболеваний. Учебное пособие. Под редакцией: проф. Н.Н. Петришева, проф. Л.П.Папаян. Санкт-Петербург 1999.

УДК 616.12-008.331.1-072

**ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРОЛЮ АРТЕРІАЛЬНОЇ ГІПЕРТЕНЗІЇ У ХВОРИХ З ОЖИРІННЯМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ДОМАШНЬОГО МОНИТОРУВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ**

С. М. Коваль<sup>1</sup>, І. О. Снігурська<sup>1</sup>, В. В. Божко<sup>1</sup>, Д. К. Милославський<sup>1</sup>, Т. Г. Старченко<sup>1</sup>,  
М. Ю. Пенькова<sup>1</sup>, О. В. Мисниченко<sup>1</sup>, К. О. Юшко<sup>1</sup>, М. М. Дунаєвська<sup>1</sup>, В. С. Конькова<sup>1</sup>,  
О. М. Літвінова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДУ «Національний інститут терапії імені Л.Т.Малої» НАМН України,  
Харків, проспект Любові Малої, 2а, тел.: робочий-+38057-393-90-14, +38097-117-64-14,  
e-mail: sergekovalmd@gmail.com

<sup>2</sup>Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

In 204 patients with arterial hypertension and obesity, combined treatment was performed. 104 patients (group I) used the method of blood pressure home control, in 100 patients (group II) this method was not used. It was established that in patients of the I group, the target blood pressure level was reached in 77%; normalization of lipid metabolism rates - in 70% (in patients of group II - 48% and 37%, respectively). Using the method of blood pressure home monitoring can significantly improve treatment efficacy and prognosis in patients with arterial hypertension.

**Мета роботи** – підвищити ефективність контролю первинної артеріальної гіпертензії (АГ) у хворих з ожирінням на підставі застосування серед хворих домашнього моніторингу артеріального тиску (АТ).

**Матеріал і методи.** Обстежено 204 пацієнтів на АГ 2-3 ступеню [1] з абдомінальним ожирінням I-II ст. в умовах спеціалізованого відділення гіпертензій і захворювань нирок. Обсяг обстеження включав визначення: антропометричних показників, офісного АТ, параметрів добового моніторингу АТ (ДМАТ), морфо-функціональних параметрів серця (за допомогою УЗД), ліпідів крові (рівнів загального холестерину (ЗХС), ХС ліпопротеїдів високої щільності (ХСЛПВЩ), ХС ліпопротеїдів низької щільності (ХСЛПНЩ), ХС ліпопротеїдів дуже низької щільності (ХС ЛПДНЩ), тригліцеридів (ТГ), показників вуглеводного обміну (глюкоза крові натще та в умовах перорального глюкозотолерантного тесту (ПГТТ), рівнів сечової кислоти (СК), сечовини і креатиніну крові з розрахунком швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ).

У якості антигіпертензивної терапії застосовували олмесартан (препарат «Кардосал», фірми «Берлін-Хемі») одноразово в дозі 20-40 мг на добу і лерканідин (препарат «Леркамен» фірми «Берлін-Хемі») одноразово в дозі 10-20 мг на добу з додаванням у разі недостатньої ефективності торасемід (препарат «Трифас» фірми «Берлін-Хемі») одноразово натще в дозі 2,5-5 мг на добу або небіволол (препарат «Небілет» фірми «Берлін-Хемі») одноразово в добовій дозі 2,5-5 мг на добу. У якості ліпідзнуючої терапії застосовували аторвастатин (препарат «Аторіс», фірми КРКА) одноразово в дозі 20-30 мг на добу. Медикаментозна терапія проводилася на тлі гіпокалорійної дієти. Раціон харчування хворих базувався на трофологічному статусі хворих, був сезонним і збалансованим за енергетичною цінністю (1750-2100 ккал) і фізичними витратами [2].

104 хворим (I група) було запропоновано вимірювати АТ в домашніх умовах за допомогою полуавтоматичного валідного пристрою (вимірювання проводилося вранці і ввечері, після 5 хв. відпочинку; кількість вимірювань – не менше 6 на тиждень, із подальшою передачею даних лікуючому лікарю 1 раз на тиждень за допомогою E-mail або Viber з метою корекції лікування [3]. Контроль ваги хворі здійснювали 1 раз у місяць з подальшою передачею даних лікуючому лікарю (з метою корекції дієти).

100 хворих (II група) лікувалися за схемою терапії та дієтичними рекомендаціями, запропонованою лікуючим лікарем після виписки з відділення без застосування домашнього контролю АТ та ваги.

Ефективність комплексних заходів: медикаментозна терапія та модифікація способу життя оцінювали через 6 місяців.

**Результати.** У хворих I групи на тлі зниження індексу маси тіла від  $32,7 \pm 0,9$  кг/м<sup>2</sup> до  $29,9 \pm 0,6$  кг/м<sup>2</sup>,  $p < 0,001$  і стабілізації показників гемодинаміки (рівень систолічного артеріального тиску (САТ) знизився від  $174,1 \pm 7,7$  мм рт.ст. до  $136,5 \pm 5,6$ ,  $p < 0,001$ ; рівень діастолічного АТ (ДАТ) знизився від  $106,3 \pm 4,5$  мм рт.ст. до  $87,0 \pm 3,1$  мм рт.ст.,  $p < 0,001$ ) відзначалися позитивні зміни метаболічних показників - достовірне зниження рівнів в крові глюкози натще - від  $5,74 \pm 0,15$  ммоль/л до  $5,18 \pm 0,11$ ,  $p = 0,001$ ; рівнів ЗХС - від  $5,75 \pm 0,25$  ммоль/л до  $5,17 \pm 0,11$  ммоль/л,  $p = 0,01$  і ХС ЛПНП - від  $3,82 \pm 0,21$  ммоль/л до  $2,93 \pm 0,19$ ,  $p = 0,005$ .

В цілому у хворих I групи цільовий рівень АТ був досягнутий у 77% хворих; досягнення цільових рівнів ХС ЛПНЩ – у 70% хворих. За період спостереження не спостерігалось зростання індексу маси міокарда лівого шлуночка, порожнин серця і зниження фракції викиду лівого шлуночка, збільшення рівнів сечової кислоти, сечовини і креатиніну та зниження ШКФ.

У хворих II групи індекс маси тіла достовірно не змінився ( $33,1 \pm 1,7$  кг/м<sup>2</sup> – до початку лікування і  $31,5 \pm 0,8$  кг/м<sup>2</sup> – після,  $p > 0,05$ ). Однак відмічалась позитивна динаміка показників АТ: рівень САТ знизився від  $175,7 \pm 9,4$  мм рт.ст. до  $144,9 \pm 7,1$ ,  $p < 0,05$ ; рівень ДАТ знизився від  $105,9 \pm 8,1$  мм рт.ст. до  $88,3 \pm 5,5$  мм рт.ст.,  $p < 0,05$ . Вірогідних змін в показниках ліпідного, вуглеводного та пуринового обмінів отримано не було. В цілому по II групі хворих цільовий рівень АТ був досягнутий тільки у 48% хворих; досягнення цільових рівнів ХС ЛПНЩ – тільки у 27% хворих.

**Висновки.** Застосування методу домашнього моніторингування АТ і його використання на протязі тривалого часу (на додаток до клінічного (офісного) і добового моніторингування АТ) дозволяє достовірно підвищити ефективність контролю артеріального тиску та досягти позитивної динаміки прогностично важливих метаболічних показників у хворих на АГ з ожирінням. Однією з важливих умов ефективного застосування методу домашнього моніторингування АТ на етапі первинної медичної допомоги є розробка і широке впровадження в практику сучасних технологій збору, зберігання та передачі інформації.

#### Перелік посилань:

1. Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti E. et al.// 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. European Heart Journal, Volume 39, Issue 33, 01 September 2018, Pages 3021–3104
2. Piepoli M.F., Hoes A.W., Agewall S., et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts). Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR)// Eur. Heart J. 2016; Aug 1; 37(29): 2315-2381. doi: 10.1093
3. Ward A.M., Takahashi O., Stevens R. Heneghan C. Home measurement of blood pressure and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis of prospective studies// J. Hypertens. 2012; 30:449-456

УДК 001.891.573: 616.36-003.826-06:616.441-008.64

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ КАРДІОВАСКУЛЯРНОГО РИЗИКУ У ПАЦІЄНТІВ НЕАЛКОГОЛЬНОЮ ЖИРОВОЮ ХВОРОБОЮ ПЕЧІНКИ В ПОЄДНАННІ З СУБКЛІНІЧНИМ ГІПОТИРЕОЗОМ.

О. В. Колеснікова, А. В. Потапенко

ДУ «Національний інститут терапії імені Л.Т.Малої НАМН України»,  
пр. Л.Т.Малої 2а, Харків, Україна, 61039., науковий відділ вивчення процесів старіння і профілактики метаболічно-асоційованих захворювань  
тел.: (099) 766-31-75, e-mail: 22111986a53@gmail.com

Traditional risk factors for cardiovascular diseases are old age, smoking, adynamia, visceral obesity, insulin resistance, atherogenic dyslipidemia, arterial hypertension. Recently, much attention has been paid to the study of risk factors such as endothelial dysfunction, impaired lipid and carbohydrate metabolism. Patients with non-alcoholic fatty liver disease and subclinical hypothyroidism are a risk group for the development of cardiovascular complications, that causes cardiometabolic changes and allows us to expand our understanding of the risk of the occurrence and development of cardiovascular events in a patient with comorbidity.

**Вступ.** Традиційними факторами ризику ССЗ являється похилий вік, паління, адинамія, вісцеральне ожиріння, інсулінорезистентність (ІР), атерогенна дисліпідемія, артеріальна гіпертензія (Strazhesko I. D., 2012). Останнім часом велику увагу приділяють вивченню таких факторів ризику, як ендотеліальна дисфункція (ЕД), порушення ліпідного та вуглеводного обміну. Пацієнти з неалкогольною жировою хворобою печінки (НАЖХП) та субклінічним гіпотиреозом (СГ) являються групою ризику розвитку кардіоваскулярних ускладнень, що обумовлює кардіометаболічні зміни та дозволяє розширити наші уявлення про ризик виникнення та розвиток кардіоваскулярних подій у коморбідного хворого.

**Мета.** На підставі результатів дослідження побудувати власну багатофакторну модель прогнозування розвитку більш високих градацій кардіоваскулярного ризику у хворих на неалкогольну жирову хворобу печінки в поєднанні з субклінічним гіпотиреозом

**Матеріали та методи.** Для створення моделі прогнозування кардіометаболічного ризику у пацієнтів НАЖХП у поєднанні з СГ було відібрано 49 пацієнтів. Всі пацієнти були розділені на дві групи: 1-а група - пацієнти з низьким ризиком (6 пацієнтів); 2-а група - пацієнти з помірним ризиком (43 пацієнта). З метою побудови моделі прогнозу кардіометаболічного ризику більш високих градацій у хворих НАЖХП в поєднанні з СГ нами відібрано 65 пацієнтів. Всі пацієнти були розділені на дві групи : 2-а група – пацієнти з помірним ризиком (43 пацієнта); 3-я група – пацієнти з високим ризиком (22 пацієнта).

В якості потенційних предикторів використовували такі чинники: вік, маса тіла, ОТ, ОС, СРБ, ЦДЕК, ТКІМ, рівень ВЕФР; теломери в крові, теломери в буккальному епітелії, ЗХС, ТГ, ХСЛПДНЩ, ХСЛПВЩ, КА, АЛТ, АСТ, ГГТП, ЛФ, НbA<sub>1c</sub>, ТТГ, Т4 вільний, Т3 вільний, АТ-ТПО. Всі показники були закодовані і поставлені відповідно 27-мірному вектору, який враховує відсутність, наявність, спрямованість і величину кожного показника.

Математична обробка результатів проводилася з використанням пакету прикладних програм SPSS 19 для Windows. З урахуванням розглянутих показників склали рівняння логістичної регресії, за яким визначається ймовірність розвитку помірнього або високого КВР у пацієнтів з НАЖХП у поєднанні з СГ.

Корисність математичної моделі була перевірена на практиці при прогнозуванні розвитку кардіометаболічного ризику у пацієнтів з НАЖХП в поєднанні з СГ, що проходили обстеження і лікування в ДУ «Національний інститут терапії ім. Л.Т. Малої НАМН України». Було обстежено 25 пацієнтів, котрі розділені на наступні групи: 1-а група – пацієнти з помірним ризиком (9 пацієнтів); 2-а група – пацієнти з високим ризиком (16 пацієнтів).

**Результати:** Таким чином, порівняння груп 1 і 2 показало, що з усіх оцінюваних чинників статистично значимий вплив на ймовірність розвитку помірнього кардіометаболічного ризику у пацієнтів з НАЖХП в поєднанні з СГ надавали: довжина теломер в буккальному епітелію, рівні СРБ, ЦДЕК.

Підібрана з навчальної вибірки бінарна логістична функція має вигляд:

$$\hat{P} = [1 + e^{-(11,024 * X_1 + 0,533 * X_2 + 1,256 X_3 - 25,352)}]^{-1}$$

де  $\hat{P}$  - ймовірність мати помірний кардіоваскулярний ризик у пацієнтів з НАЖХП в поєднанні з СГ.

$X_1$  – довжина теломер в буккальному епітелію;

$X_2$  – СРБ;

$X_3$  – ЦДЕК;

При цьому, статистично значимий вплив на ймовірність розвитку високого кардіометаболічного ризику у пацієнтів з НАЖХП у поєднанні СГ надавали: довжина теломер в крові; ХСЛПНЩ; ВЕФР; ТТГ.

З урахуванням розглянутих показників склали рівняння логістичної регресії, за яким визначається ймовірність розвитку високого КВР у пацієнтів з НАЖХП у поєднанні з СГ:

$$\hat{P} = [1 + e^{-(4,366 X_1 + 0,860 X_2 + 0,009 X_3 + 0,871 X_4 - 19,391)}]^{-1}$$

де  $\hat{P}$  - ймовірність розвитку високого кардіоваскулярного ризику у пацієнтів з НАЖХП у поєднанні з СГ;

$X_1$  – довжина теломер в крові;

$X_2$  – ХСЛПНЩ;

$X_3$  – ВЕФР;

$X_4$  – ТТГ.

Згідно з отриманими результатами у 24 обстежуваних пацієнтів прогноз був поставлений безпомилково. Таким чином, прогноз підтвердився в 96% випадків.

**Висновки:** Таким чином, показники сироватки крові - ХСЛПНЩ; ВЕФР; ТТГ та довжина теломер в крові можуть слугувати факторами, що обумовлюють вірогідність формування кардіометаболічного ризику більш високих градацій. Застосування синтезованих логістичних моделей дозволить проводити прогнозування розвитку кардіометаболічного ризику, що забезпечить ранню діагностику та призначення лікувально-профілактичних заходів з метою попередження розвитку кардіометаболічних ускладнень високих градацій.

УДК 617.58 – 001.5 – 0.89.5 : 616.891

**КРИТЕРІЙ ВИБОРУ МЕТОДУ АНЕСТЕЗІЇ ПРИ ТРАВМАХ НИЖНІХ КІНЦІВОК  
ВЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ПАЦІЄНТА**

Е. Ю. Коробко, М. А. Георгіянец, В. І. Кривобок

Харківська медична академія післядипломної освіти

61176, Харків, вул. Амосова, 58, кафедра травматології, анестезіології та військової хірургії,

e-mail: elinakorobko87@gmail.com, тел.: 0937962440

The influence of psycho-emotional state on the course of anesthesia and early postoperative period has not been sufficiently studied. The purpose of the study was to investigate the psycho-emotional state of patients before surgery and its changes in the use of different methods of anesthesia. In patients with increased anxiety, the effectiveness of regional anesthesia is lower, so they need additional sedation, so it is appropriate to determine the psycho-emotional state when choosing anesthesia.

**Вступ.** Питання вибору методу знеболення у хворих з травмами нижніх кінцівок залишається актуальною анестезіологічною проблемою. Принципово у цих хворих може бути застосований будь-який з відомих методів анестезії, але останнім часом відзначається тенденція до переважання регіонарних методик [1]. Переваги регіонарних методів очевидні: відносна простота та економічна доцільність, менша кількість ускладнень. В той же час певна кількість хворих зі значним емоційним напруженням може відмовлятися від цих методів знеболення, віддаючи перевагу загальній анестезії, або ж наполягають на вимкненні свідомості під час операції [2], [3]. Взагалі питання психологічного стресу досить широко висвітлені в літературі, однак вони більшою мірою стосуються вивчення ефективності премедикації [4]. Вплив психоемоційного стану на перебіг анестезії та раннього післяопераційного періоду вивчений недостатньо [5]. Також в літературі бракує даних щодо диференційованого вибору методу знеболення в залежності від виявлених психологічних порушень, таких як тривожності, депресії, невротизації.

**Мета.** Дослідити психоемоційний стан пацієнтів з травмами нижніх кінцівок перед операцією та його зміни при застосуванні різних методів анестезії.

**Матеріали та методи дослідження.** Обстежено 80 хворих, яким проводились операції металоостеосінтезу з приводу травм нижніх кінцівок в КНП ХОР «Обласна клінічна травматологічна лікарня». В залежності від методу знеболення хворі були поділені на дві групи: в I (n=40) застосована блокада нервів; в II (n=40) – спинномозкова анестезія. Кожна з груп розподілена на дві підгрупи: Ia (n=20) – блокада нервів; Ib (n=20) – поєднання блокади нервів з внутрішньовенною седацією пропофолом; IIa (n=20) – спинномозкова анестезія; IIб (n=20) – спинномозкова анестезія в поєднанні з внутрішньовенною седацією пропофолом. В кожній з підгруп вивчали показники гемодинаміки, інтенсивності болю за ВАШ, рівень глікемії та рівень ситуативної та особистісної тривожності за шкалою Спілбергера-Ханіна.

**Результати та їх обговорення.** Всі показники, що характеризують клінічний перебіг анестезії (артеріальний тиск систолічний та діастолічний, частота серцевих скорочень, середній артеріальний тиск) перебували в межах нормальних значень та характеризували адекватність застосованих методів знеболення.

Інтенсивність болю за ВАШ до операції в Ia групі становила  $8,2 \pm 0,2$  бали та Ib  $8,1 \pm 0,2$  бали ( $p > 0,05$ ), через добу –  $6,5 \pm 0,1$  бали та  $4,6 \pm 0,3$  бали, відповідно ( $p < 0,05$ ). Інтенсивність болю перед операцією в групі IIa –  $7,1 \pm 1,3$  бали та IIб –  $6,7 \pm 0,5$  бали ( $p > 0,05$ ). В післяопераційному періоді ВАШ –  $5,9 \pm 1,3$  бали та  $4,5 \pm 0,7$  відповідно, ( $p > 0,05$ ).

При дослідженні психоемоційного стану за шкалою Спілбергера-Ханіна перед операцією встановлено, що жоден з пацієнтів не мав низьку особистісну та ситуативну тривожність (до 30 балів), у 55% пацієнтів визначали помірну тривожність (31-44 бали) та 45% пацієнтів мали високу тривожність ( $\geq 45$  балів). В післяопераційному періоді встановлено наступну динаміку цих показників у 70% пацієнтів була тривожність на рівні (31-44 бали) та 30% мали показники на рівні ( $\geq 45$ ).

Досліджено вплив ситуативної тривожності (СТ) та особистісної тривожності (ОТ) на інтенсивність болю до та після операції. Проведений кореляційний аналіз продемонстрував зв'язок ВАШ через добу п/о – ОТ до операції ( $r=0,6$ ;  $p < 0,05$ ) в Ia групі, у пацієнтів Ib групи взаємозв'язків не було. У пацієнтів IIa та IIб груп виявлений однакової сили зв'язок ВАШ до операції – СТ до операції ( $r=0,5$ ;  $p < 0,05$ ). Виявлено зв'язок ВАШ п/о - СТ до операції ( $r=0,51$ ;  $p < 0,05$ ) та ВАШ п/о – СТ п/о ( $r=0,53$ ;  $p < 0,05$ ) у IIa групі, у IIб групі зв'язків не виявлено.

Рівень глікемії, що характеризує метаболічну відповідь організму на стресову ситуацію та біль, у вихідному стану в усіх підгрупах був в межах норми.

**Висновки.** Регіонарна анестезія з поєднаною внутрішньовенною седатцією дає можливість знизити показники тривожності пацієнтів, таким чином, є доцільним визначення психоемоційного стану при виборі методу анестезії.

**Перелік посилань:**

1. Богуславська Н. М. Вибір метода анестезіологічного забезпечення травматологічних операцій у пацієнтів молодого віку. / Н. Н. Богуславська, М.А. Георгіянци // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. – №7/4(12). – С. 28-35.
2. Горянная Н. А., Ишекова Н.И., Попов В.В. Динамика психоэмоционального состояния пациентов на первом этапе реабилитации после эндопротезирования тазобедренного сустава // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3-1. – С. 49-52;
3. Prisca Bradshaw Seetharaman Hariharan and Deryk Chen. Does preoperative psychological status of patients affect postoperative pain? A prospective study from the Caribbean // British Journal of Pain 2016, Vol. 10(2) 108–115 DOI: 10.1177/2049463716635680
4. A.Rosiek, T.Kornatowski, A.Rosiek-Kryszewska, Ł.Leksowski, K.Leksowski. Evaluation of Stress Intensity and Anxiety Level in Preoperative Period of Cardiac Patients. Biomed Res Int. 2016; 1248396. PMID: 27042655 doi: 10.1155/2016/1248396 .
5. I. Astramskaitė, G. Juodžbalys. Scales used to rate adult patients' psycho-emotional status in tooth extraction procedures: a systematic review. // International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 2017. Vol.47(7) p. 886-898. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.03.015>

**УДК 004.9**

**КЛАСИФІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ТЯЖКОСТІ СТАНУ ПОРАНЕНИХ  
ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗА ДАНИМИ ЕКГ**

О. А. Кривова<sup>1</sup>, Л. М. Козак<sup>1</sup>, І. А. Чайковський<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН України та МОН України,

<sup>2</sup>Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України,  
e-mail: ol.kryvova@gmail.com

The goal is to develop an objective assessment of the severity of the physical status of the wounded combatants based on ECG records using the system of comprehensive ECG scoring. The regression and classification models complex index of functional state were developed. Models were built on the basis of K-means clustering and decision trees algorithms (C&RT). The best combination of ECG markers, including set of classification rules for the assessment of the severity of damage and functional state of cardiovascular system was found. The measures of diagnostic accuracy were calculated

**Вступ.** Об'єктивна оцінка тяжкості стану хворого є важливим інструментом для прийняття рішень про обсяг і тактику лікування. В екстремій військовій медицині необхідність об'єктивної оцінки стану поранених зумовлена тісним зв'язком тяжкості стану з прогнозом ризику смертності. Відомо, що бойові травми різного ступеня тяжкості супроводжуються ознаками патології серцево-судинної системи. Існує більше двох десятків загальних та спеціалізованих систем оцінювання ступеня тяжкості, однак лише деякі з них можна вважати загальноприйнятими.

**Метою роботи** є розробка нового підходу до оцінки тяжкості стану поранених на основі ЕКГ-аналізу.

**Методи.** Робота базується на даних клініко інструментальних обстежень військовослужбовців (141 чоловіків), які брали участь у проведенні АТО на Сході України та перебували на стаціонарному лікуванні в хірургічних відділеннях Головного військового госпіталю в 2014-2015 роках. Протягом перебування в госпіталі лікуючими лікарями визначалася тяжкість стану кожного пацієнта відповідно до класифікаційної системи фізичного стану Американського товариства анестезіологів (ASA PS). Виділено три ступеня тяжкості стану: «легкий», «середній», «критичний».

Для визначення функціонального стану серцево-судинної системи (ФС) військових використовувалась система багаторівневого аналізу ЕКГ (195 записів, 5-20 хвилин). Багаторівнева система, за якою формується індекс ФС, базується на кількісних параметрах ЕКГ, включає первинні

амплітудно-часові ознаки, відомі діагностичні маркери, розрахункові показники різних методів аналізу динаміки серцевого ритму, комплексні оцінки регуляції ССС, стану міокарду, психоемоційного стану, порушення серцевого ритму, а також оцінку хронічного перенапруження міокарда (ХПМ), ризику раптової серцевої смерті (РРС), бали за різними системами кодування ЕКГ. Комплексні оцінки включно з індексом ФС розраховуються за шкалою (0-100) [1].

Для побудови методу оцінки тяжкості стану військових з бойовим травмами була розроблена інформаційна технологія, яка складалася з таких основних етапів:

Етап 1. Кластеризація за комплексними показниками оцінки регуляції ССС та стану міокарду для поділу пацієнтів з бойовою травмою на однорідні типологічні групи за рівнем ФС.

Етап 2. Визначення оптимального набору первинних показників ЕКГ, що характеризують особливості типологічних груп.

Етап 3. Аналіз прогнозних можливостей встановлених предикторів ФС для визначення ступеня тяжкості пацієнтів з бойовими травмами.

Використовували алгоритми модуля Data Mining STATISTICA 10 (K-means, C&RT Trees, Boosted Trees, Neural networks).

**Результати.** За допомогою методів кластерного аналізу за комплексними показниками, що характеризують вегетативну регуляцію та стан міокарда (узагальнений метод K-means, 10-кратна крос-валідація) сформовано 3 однорідні групи серед поранених. Ці групи можна інтерпретувати як: кластер 1- з низьким рівнем ФС ( $60 \pm 7$ ), 2-й – середній ( $67,8 \pm 8$ ), 3-й з найвищим рівнем ФС ( $73,8 \pm 6,8$ ). Кожен пацієнт, крім ознаки «тяжкість стану» отримав мітку належності до відповідної групи (кластеру). Розрахована за статистична оцінка взаємозв'язку ознак «тяжкість стану» та «кластер», коефіцієнти взаємного спряження: Cramer's V= 0,45; Gamma =-7,86; Spearman R= - 0,59,  $p=0,00001$ . Високому рівню ФС ССС відповідає «легкий» ступень тяжкості стану і навпаки.

Визначення оптимального набору первинних ЕК ознак для регресійних моделей для кожного з комплексних індексів, включаючи індекс ФС, проводилось поетапно: 1) фільтрація ознак за статистичними критеріями; 2) побудова прогнозних регресійних моделей декількома методами (Neural networks, Boosted Trees, C&RT Trees). Визначено набір інформативних показників ЕКГ, які є найкращими предикторами індексу ФС. На навчальній вибірці результативність регресійної моделі за алгоритмом C&RT була високою: коефіцієнт кореляції  $R=0,94$ , похибка 9,3% для навчальної вибірки; на тестовій вибірці -  $R=0,83$ , похибка 29%.

Рівень ФС ССС можна визначити за показниками: 1) «порушення ритму серця»; 2) дихальна синусова аритмія (RSA SD), 3) «золотий перетин» кардіоциклу, 4) показник активності регуляторних систем (ПАРС Баєвського), 5) амплітуда зубця Т (II), 6) площа зубця Т (I), 7) інтегральний показник форми ST- Т (II).

Цей набір предикторів ФС ССС також може ефективно класифікувати ступень тяжкості поранених бійців. В таблиці 1 наведена матриця похибок (confusion matrix) класифікації алгоритмом C&RT після 10-кратної крос-валідації та отримання оптимального дерева.

Таблиця 1 – Матриця помилок класифікації за 7 показниками ЕКГ

Тяжкість стану за показниками ЕКГ	Тяжкість стану визначена лікарями		
	«легкий» 1	«середній» 2	«критичний» 3
Прогноз 1	83	11	5
Прогноз 2	14	49	15
Прогноз 3		1	16

Отримано за 7 показниками ЕКГ задовільну загальну точність класифікації – 76,3%, але для «критичного» ступеня тяжкості чутливість була низькою. Введення додаткової інформації – коду СІІS 6 (Cardiac Infarction / Injury Score) збільшує діагностичну точність класифікації (89,7%), підвищує чутливість, специфічність «критичного стану».

Побудова оптимальних дерев класифікації дозволила наглядно побачити вплив кожного з показників ЕКГ на визначення функціонального стану ССС та оцінку ступеня тяжкості загального стану поранених військових.

**Висновки.** Запропоновано новий підхід до класифікації тяжкості стану військовослужбовців з бойовою травмою на основі комбінації показників ЕКГ. За допомогою методів машинного навчання



визначено оптимальний набір предикторів функціонально стану ССС та розроблено класифікатор тяжкості стану пацієнтів. Застосування методу дерев класифікації дозволило сформулювати правила класифікації ступеня тяжкості фізичного стану. Такі правила автоматичної класифікації можуть бути застосовані в відділеннях інтенсивної терапії.

**Перелік посилань:**

1. Спосіб універсальної бальної оцінки електрокардіограми: пат. 104827 Україна, МПК: А61В 5/0402, А61В 5/0205; заявл. 13.07.2015; опубл. 25.02.2016, бюл. № 4.
2. Breiman L., Friedman J., Olshen R., Stone C. Classification and Regression Trees. Belmont: Wadsworth International Group. 1984, 259 p.
3. Quinlan J. R. Induction of decision trees. Machine Learning. 1986. № 1. P. 81-106.

УДК [616.12-005.4-06:616.379-008.64]-06;616.12-008.46-008.9

**ЗМІНИ ВУГЛЕВОДНОГО ТА ЛІПІДНОГО ОБМІНІВ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ  
НЕСПРИЯТЛИВОГО ПЕРЕБІГУ СЕРЦЕВОЇ НЕДОСТАТНОСТІ У ХВОРИХ ІХС У  
ПОЄДНАННІ ІЗ ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ 2-ГО ТИПУ**

К. Ю. Ліпакова

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м.Харків, Україна

Outcome of CHF among patients with IHD and DM type II with preserved LV EF in case of death is strongly associated with duration of IHD and DM type II, higher arterial hypertension level, high level of postprandial glucose, total cholesterol, low density lipoproteins and low level of fasting glucose.

На сьогодні є перспективним пошук доступних показників для більш раннього визначення несприятливих ознак прогресування ХСН, які з високою чутливістю і специфічністю дозволять виділити хворих на ІХС в поєднанні з ЦД 2-го типу з високим ризиком несприятливого перебігу ХСН, що дозволить вибрати адекватне і своєчасне лікування, а також планувати організацію медичного і соціального обслуговування цієї категорії хворих.

**Мета:** вивчення особливостей зміни вуглеводного та ліпідного обмінів при різних варіантах несприятливого перебігу серцевої недостатності у хворих на ІХС в поєднанні з ЦД 2-го типу.

**Матеріали та методи.** Після курсу стаціонарної терапії обстежено 34 чоловіки з ХСН ішемічного генезу на тлі поєданого перебігу ІХС і ЦД 2-го типу з несприятливим перебігом ХСН. Хворі розділені на 3 групи в залежності ступеня прогресування ХСН: I (n = 7) – ті, хто померли протягом року спостереження, II (n = 13) - зі зниженням ФВ ЛШ, III (n = 14) з порушенням стану діастолічної функції серця. Середній вік склав 60,0 [55,8; 63,3] років..

Проводився аналіз скарг, кардіологічного анамнезу, об'єктивного дослідження, визначали глікозильований гемоглобін (HbA1c), рівень глюкози сироватки крові, інсуліну, визначали рівні загального холестерину (ЗХ), ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ), ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ) і тригліцеридів (ТГ).

Для визначення відмінностей між незалежними вибірками використовували U-критерій Манна-Уїтні. Частоту ознак в групах порівнювали за допомогою критерію  $\chi^2$ .

**Результати.** Тривалість спостереження склала 12 місяців. Всі хворі отримували стандартне лікування. Несприятливий перебіг ХСН у хворих на ішемічну хворобу серця і ЦД 2-го типу, яка прогресувала і закінчилася летальним результатом, асоціювався з достовірно старшим віком чоловіків, з більш тривалим анамнезом по ІХС та ЦД 2-го типу, зниженою фізичною активністю, високим рівнем АГ, яка доказово є потенційною причиною розвитку ХСН.

**Висновки.** Тяжкість перебігу ХСН у хворих на ІХС і ЦД 2-го типу із збереженою ФВ ЛШ при летальному результаті асоціюється з тривалістю ІХС та ЦД 2-го типу, більш високим рівнем АГ, Хворі, які померли, протягом 12 місяців спостереження, відрізняються від пацієнтів з кращим прогнозом більшою тривалістю ІХС та ЦД 2 типу, достовірно більш високими рівнями в крові ЗХ, і ХС ЛПНЩ, біль високою постпрандіальною глікемією та більш низьким рівнем глікемії натщесерце.

УДК 616.12-008.331.1+616.379-008.64+616.441-008.64]-085

**ВПЛИВ ЗАМІСНОЇ ТЕРАПІЇ НА МАРКЕРИ СУДИННОГО СТАРІННЯ У ПАЦІЄНТІВ З КОМОРБІДНОЮ ПАТОЛОГІЄЮ.**

В. Д. Немцова, Г. Е. Семятічко

Харківський національний медичний університет,  
61039, Харків, пр. Науки-4, кафедра клінічної фармакології та внутрішньої медицини,  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, e-mail: valeriyana@ukr.net

The given work is devoted to the assessment of the effect of levothyroxine on the vascular aging factors, including relative telomere length, as markers of cardiovascular risk, in patients with combined course of hypertension, type 2 diabetes mellitus and subclinical hypothyroidism.

Значна кількість вчених у всьому світі визнають, що проблема коморбідності та поліморбідності є однією з найбільш складних в сучасній медицині. Роль субклінічного гіпотиреозу (СГТ) як фактора, що посилює кардіоваскулярний ризик (КВР) до сих пір не встановлено, однак все більше з'являється робіт, які підтверджують значення підвищених рівнів ТТГ, в тому числі і на ранніх стадіях порушення функції щитовидної залози (ЩЗ), в збільшенні КВР і розвитку як фатальних, так і не фатальних ускладнень [1;2]. Доцільність застосування левотироксину з метою зниження розвитку серцево-судинних ускладнень на тлі СГТ у пацієнтів різних вікових груп та різної коморбідної патології досі залишається предметом науково-практичних дискусій [3]. Крім того, досліджень впливу замісної терапії левотироксином на маркери судинного старіння, що впливають на загальний КВР, перед усім відносно довжину теломер у хворих з коморбідною патологією, яка включає субклінічний гіпотиреоз, проведено недостатньо. [3,4]. Беручи до уваги, що з віком захворюваність на СГТ, особливо у жінок, зростає, що обумовлює і соціальну значимість даної проблеми.

**Мета:** вивчити вплив замісної терапії левотироксином на показники судинного старіння у пацієнтів з поєднаним перебігом артеріальної гіпертензії (АГ), цукрового діабету 2 типу (ЦД2Т) та СГТ.

**Матеріали та методи.** У дослідження було включено 36 пацієнтів (11 чоловіків та 25 жінок у віці від 60 до 75 років (середній вік  $65,3 \pm 3,5$  років) з ГХ II стадії в поєднанні з ЦД2Т та СГТ. Критерієм включення була наявність рівня ТТГ більш  $6,0$  мкМОд/мл при скрінинговому дослідженні функціонального стану ЩЗ. Контрольну групу склали 30 осіб репрезентативних за статтю та віком пацієнтам з досліджуваної групи, які та не мають захворювань з боку серцево-судинної системи і ендокринопатій. Програма обстеження включала: визначення стану вуглеводного, ліпідного, тиреоїдного обміну. Концентрацію С-реактивного протеїну (СРП) («Бест Діагностік», Україна), натщесерце в сироватці крові досліджували методом ІФА. Довжину теломер в лейкоцитах крові та букальному епітелії визначали модифікованим методом монохромної мультиплексної кількісної ПЛР (Cawthon, Weischer) за допомогою системи детекції продуктів ПЛР в режимі реального часу CFX96 (Bio-Rad Laboratories). Ультразвукове дослідження (УЗД) ЩЗ за стандартною методикою виконувалось на апараті «LOGIQ 5». Після визначення рівня ТТГ, пацієнтам додатково був призначений левотироксин в індивідуально підібраних дозах від  $12,5$  до  $50$  мкг/добу з поступовим титруванням дози (крок титрування 21 день) до досягнення еутиреозу. Термін спостереження 1 рік. Статистична обробка даних проводилась за допомогою пакета програм Statistica, версія 8.0 з використанням критерія Стьюдента.

**Результати та обговорення.** Порівняльний аналіз метаболічних параметрів, що характеризують КВР, у пацієнтів з АГ, ЦД2Т та СГТ та контрольної групи продемонстрував наявність виражених порушень метаболізму, що було очікувано (Таблиця). Проведення лікування левотироксином супроводжувалося досягненням пацієнтами з АГ, ЦД2Т і СГТ еутиреозу (ТТГ -  $3,58 \pm 0,08$  мкМОд/мл,  $p < 0,001$ ), достовірним зниженням антитіл до ТПО ( $p = 0,015$ ). На тлі лікування левотироксином також спостерігалось зниження системного хронічного запалення (вірогідне зниження рівнів СРП), покращення вуглеводного та ліпідного обмінів, що проявлялося у вигляді вірогідного зниження рівнів загального холестерину (ЗХ) та глюкози крові натще, а також зниженні показника інсулінорезистентності- НОМА-IR.

Таблиця 1 – Показники тиреоїдного обміну, ліпідного та вуглеводного обміну, які мають достовірні відмінності ( $M \pm m$ )

Показник	Група контролю (n=30)	Пацієнти з АГ, ЦД2Т та СГТ (n=36)	
		До лікування левотироксином (n=36)	Через 12 місяців спостереження (n=36)
ТТГ, мкМОд/мл	2,10 ± 1,11	7,43±0,27*	3,58±0,08 p <sub>1-2</sub> <0,001
в.Т4, пмоль/л	12,20 ± 1,26	13,78±0,48	14,02±0,45 p <sub>1-2</sub> =0,002
в.Т3, пг/мл	4,22 ± 0,95	5,79±0,48	5,85±0,48 p <sub>1-2</sub> =0,006
ЗХ, ммоль/л	4,57± 0,42	5,84±0,31*	5,26±0,21* p <sub>1-2</sub> =0,011
НОМА -IR	2,23 ± 0,36	7,36±1,18*	6,35±0,84* p <sub>1-2</sub> = 0,009
Глюкоза плазми натще, ммоль/л	4,62±1,08	7,82±0,52*	7,42±0,43* p <sub>1-2</sub> =0,001
СРП, (мг/л)	3,87 ± 0,6	7,89±0,54*	7,69±0,35* p <sub>1-2</sub> <0,001

Примітка: \* -  $p < 0,05$  при порівнянні з групою контролю,  $p_{1-2}$  - при порівнянні групи хворих до та після лікування

Не було виявлено вірогідної зміни відносної довжини теломер лейкоцитів крові, що може бути пов'язано з терміном спостереження, але тенденцію до подовження відносної довжини теломер було знайдено.

**Висновки.** Застосування левотироксину в комплексному лікуванні хворих з поєднаним перебігом артеріальної гіпертензії, цукрового діабету 2 типу та субклінічним гіпотиреозом супроводжується поліпшенням ліпідного, вуглеводного обміну, що на тлі зниження інсулінорезистентності, хронічного системного запалення та відсутністю подальшого скорочення відносної довжини теломер, може розцінюватися як позитивний вплив на кардіо-васкулярної ризик, що покращує прогноз у цієї когорти хворих.

**Перелік посилань:**

1. Фадеев В. В. По материалам клинических рекомендаций по субклиническому гипотиреозу европейской тиреоидной ассоциации 2013 года.// Клиническая и экспериментальная тиреодология.- 2013.-№ 9(4).-С.10–4
2. Yang C, Lu M, Chen W, He Z, Hou X et al. Thyrotropin aggravates atherosclerosis by promoting macrophage inflammation in plaques.//J Exp Med. -2019 Apr 2. pii: jem.20181473. [Epub ahead of print]
3. Долбин, ИВ, Екимовских АЮ. Влияние заместительной терапии левотироксином на маркеры системного воспаления у больных с первичным субклиническим гипотиреозом и ишемической болезнью сердца. Вестник современной клинической медицины. 2017;10(2):18–24.
4. Nasmi Niknam, Noushin Khalili, Elham Khosravi, Mohsen Nourbakhsh. Endothelial dysfunction in patients with subclinical hypothyroidism and the effects of treatment with levothyroxine. Adv Biomed Res. 2016; 5: 38

**УДК 616-06-084:681.3**

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОННИХ КАЛЬКУЛЯТОРІВ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ РІВНЯ КАРДІОВАСКУЛЯРНОГО РИЗИКУ Й КОМОРБІДНОСТІ**

А. О. Несен, В. Л. Шкапо, І. А. Валентинова, А. А. Несен  
 ДУ «Національний інститут терапії імені Л.Т. Малої НАМН України»,  
 61039, Україна, Харків, проспект Л. Малої, 2-а, тел.: (0572) 370-61-72,  
 e-mail: info@therapy.gov.ua

Today, information systems and electronic technologies are becoming increasingly plane widespread in medical practice. The work is devoted to the study of cardiovascular risk level in chronic non-communicable diseases with comorbidity and the development of algorithm for personalized and group prevention programs.

**Вступ.** Сьогодні інформаційні системи й електронні технології набувають все більш масштабний розмах в медичній практиці. Широко впроваджуються сучасні апаратно-програмні комплекси, інформаційно-діагностичні й телекомунікаційні технології. Все більшої актуальності в еру новітніх

електронних технологій набуває формування різноманітних медичних реєстрів, що дає змогу одержати фактичне уявлення про існуючу медичну практику, її специфіку в різних регіонах і медичних закладах, а також можливість дослідження течії захворювань їх коморбідності, порівняння діагностичних методик та медикаментозних методів лікування й ефективності профілактичних заходів. Дослідження хронічних неінфекційних захворювань та їх коморбідності, покращання якості життя та збереження гідності пацієнтів з кінцевою стадією хронічних прогресуючих захворювань є однією з надважливих медико-соціальних задач [1] – [5].

**Мета.** Дослідження при хронічних неінфекційних захворюваннях рівня кардіоваскулярного ризику з урахуванням коморбідності та розробка покровоного алгоритму для персоналізованих й групових профілактичних програм.

**Матеріали та методи.** В динаміці дослідження застосовувались клініко-лабораторні, біохімічні та статистичні методи. Проведено створення реєстру та ретроспективна оцінка історій хвороб пацієнтів (n=1428) високого і дуже високого кардіоваскулярного ризику (КВР) з урахуванням коморбідності. Визначення рівня КВР здійснено відповідно до Європейських рекомендацій (ESC/EAS, 2013; ESC 2018) та рекомендацій Української асоціації кардіологів щодо профілактики і лікування серцево-судинних захворювань; розрахунок індексу коморбідності здійснено на Calculators (Charlson index and Score of Charlson) за сучасною електронною методою (M.E. Charlson et al.); на електронному калькуляторі проводилось визначення функціонального стану нирок за рівнем швидкості клубочкової фільтрації.

**Результати.** При створенні реєстру (паперові й електронні носії) занотовуються необхідні дані пацієнтів з хронічними неінфекційними захворюваннями (Харківський регіон); створюються спеціальні форми, які максимально відображують потрібний інформаційний об'єм; розробляється покрововий алгоритм для персоналізованих й групових профілактичних програм. Постійно поповнюються й аналізуються дані про коморбідний перебіг хронічних неінфекційних захворювань; досліджуються найчастіші варіанти сполучення патологічних станів та захворювань, розповсюдженість їх серед різних вікових й соціальних груп; визначається рівень КВР та ступінь інформованості громадян, щодо модифікованих та немодифікованих факторів ризику. В міжнародній практиці широко застосовуються різні системи оцінки коронарного ризику.

При веденні пацієнтів все більше значення набуває персоналізація терапії і підбір рекомендацій по кожному з фактору ризику і для розрахунку рівня КВР застосовується електронний калькулятор - Riskcalculator (CV-Risk and Prevention), розроблений компанією «Boehringer Ingelheim» (Німеччина). Даний Riskcalculator включає шкали SCORE, Framingham, PROCAM, DRS та дозволяє визначити ефективні профілактично-лікувальні методи для пацієнтів з КВР не тільки з вибором одного з п'яти запрограмованих профілів ризику («середній ризик» «гіперліпідемія»; «цукровий діабет+діабетична нефропатія»; «цукровий діабет+інфаркт міокарду+інсульт»; «артеріальна гіпертензія+ожиріння»), але й з урахуванням персоналізованих даних пацієнта (My patients profile). Система SCORE, яка розроблена на підставі ґрунтовних результатів клінічних досліджень з участю більше 205 тис. пацієнтів, дає можливість визначити протягом 10 років ризик фатальних серцево-судинних катастроф.

Шкала SCORE дозволяє визначити розвиток фатальної кардіоваскулярної події, шкала Framingham - розвиток кардіоваскулярних подій, шкала PROCAM - гострої коронарної події; шкала DRS - розвиток медикаментозно-залежного цукрового діабету 2 типу. При визначенні на електронному калькуляторі функціонального стану нирок (формули MDRD, Cockcroft D.W. and M. Gault) враховуються показники: маса тіла; вік; кліренс креатиніну; креатинін сироватки, а для жінок отриманий результат помножується на коефіцієнт 0,85 (поправка на меншу в середньому м'язову масу). При дослідженні рівня КВР встановлено: SCORE (7,71±0,24) %; Framingham (16,08±0,52) %; PROCAM (4,76±0,28) %; DRS(9,83±0,14) points. Слід зауважити, що після проведеного лікування спостерігалось достовірне (p<0,001) зниження рівня КВР за шкалами SCORE, Framingham та PROCAM. Зниження КВР - основне завдання медичного фахівця при лікуванні хворих підвищеного КВР й коморбідністю захворювань.

Для стандартизації наукових досліджень поєднаних патологій й прогнозування виживаності для пацієнтів з коморбідністю захворювань розраховується індекс Чарлсона (Charlson index). Charlson index використовується як прогностичний критерій летальності й базується на оцінці скорингової системи (від 0 до 40). При калькуляції Charlson index пункти (бали) акумулюються й додається до загальної оцінки 1 пункт (бал) за кожні 10 років для пацієнтів, яким понад 40 років, що дає змогу врахувати як вікову оцінку так і десятирічну виживаність. В рамках вивчення коморбідності встановлено: індекс Чарлсона - (4,87±0,18) балів; комбіновані стани і вікові оцінки - (5,98±0,16) балів; виживаність - (24,94±1,07) %. Збільшення рівнів показників комбіновані стани/вікові оцінки та індексу Чарлсона

корелює з погіршенням показників якості життя ( $p < 0,001$ ). При підвищеному КВР визначено основну коморбідність – сполучення ішемічної хвороби серця й артеріальної гіпертензії.

**Висновки.** Застосування новітніх електронних технологій, сучасних електронних калькуляторів та подальше формування електронного реєстру з проведенням оцінки поширеності коморбідності при підвищеному кардіоваскулярному ризику дозволить визначити ефективні підходи до корекції основних факторів ризику методами інтегрованої профілактики; з'ясувати ключові фармакоекономічні та клінічні вимоги до безпечності та ефективності медикаментозної й немедикаментозної терапії; розробити алгоритм для персоналізованих й групових профілактичних програм.

**Перелік посилань:**

1. Малая Л.Т. Интегрирующая роль клиники внутренних болезней на современном этапе развития медицины. «Листы у XXI століття»// Украинский терапевтический журнал. - 2000. - том 2, № 1. - С. 6-8.
2. Несен А.О. Чернишов В.А., Шкапо В.Л., Валентинова І.А. Хронічні неінфекційні захворювання: акцент на мультиморбідні патологічні стани та кардіоваскулярний ризик // Український терапевтичний журнал. Випуск журналу присвячений 100-річчю від дня народження академіка Любові Трохимівни Малої – 2019. - № 1. - С. 25-32.
3. Оспанова Т.С., Лесовой В.Н., Котулевич Н.Я., Чернякова И.А., Заозерская Н.В., Чернякова А.Е. Качество жизни пациентов при некоторых хронических заболеваниях // «Коморбідність: міждисциплінарні аспекти та сучасний пацієнт», матеріали наук.-практ. конф. з міжнарод. участю, присвяченій 80-річчю кафедри пропедевтики внутрішньої медицини № 2 та медсестринства, 27 вересня 2018 р., м. Харків – Х., 2018.- С. 749-51.
4. Gallacher Katie I., McQueenie Ross, Nicholl Barbara et al. Risk factors and mortality associated with multimorbidity in people with stroke or transient ischaemic attack: a study of 8,751 UK Biobank participants // Journal of Comorbidity. - 2018. - Vol. 8(1). - P. 1–8
5. Fadieienco G.D., Nesen A.A., Babenko O.V. Irritable bowel syndrome: risk factors and treatment features in persons of organized student population // Modern Gastroenterology. – 2017. - Vol. 5(97). - p. 12-17.

**УДК 006.91 (083.131)**

**СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В ЛАБОРАТОРІЯХ**

І. В. Новікова<sup>1</sup>, А. П. Порван<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Комунальне некомерційне підприємство Харківської обласної ради «Обласная клінічна лікарня»,

61058, Харків, пр. Незалежності, 13, Багатопрофільна клініко-діагностична лабораторія,

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»,

61070, вул. Чкалова, 17, +38 (057) 788-48-06, e-mail: a.porvan@khai.edu

Approaches to the estimation of measurement uncertainty in medical laboratories are considered in accordance with the requirements of ISO 15189: 2015, which have the ultimate goal of reducing diagnostic uncertainty.

У сучасному світі інформаційні технології є невід'ємною частиною медичної галузі. Використання обчислювальної техніки та програмного забезпечення дозволяють підвищувати якість роботи з медичною інформацією, забезпечувати ефективний доступ до неї як співробітників медичних лабораторій (МЛ), так і користувачів лабораторної інформації. Від того, наскільки ефективно інформація МЛ, а саме результатів дослідження, використовується лікарями, залежить якість медичної допомоги. Впровадження сучасних стандартів і європейського досвіду в роботу МЛ спрямовані на підвищення якості і ефективності їх діяльності.

Інститут клінічних та лабораторних стандартів (CLSI) розробив модель системи управління якістю МЛ. Цілісна система управління якістю діяльності МЛ, калібрувальних та випробувальних лабораторій регламентується міжнародними стандартами, а саме, ДСТУ ISO EN 15189:2015 «Лабораторії медичні. Вимоги до якості та компетентності»; ІСО/МЭК 17025:2017 «Загальні вимоги до компетентії випробувальних та калібрувальних лабораторій». Об'єднаним комітетом із керівництв в галузі метрології (JCGM) було розроблене «Керівництво із вимірювання невизначеності» (Guide Uncertainty Measurement (GUM)), яке вперше було опубліковане у 1993 р. «Керівництво із вимірювання невизначеності», GUM прийнятий в якості стандарту у багатьох країнах світу.

Застосування основних принципів GUM до лабораторних вимірювань описано в посібниках: «Кількісний опис невизначеності в аналітичних вимірюваннях» (Eurachem Quantifying Uncertainty in

Analytical Measurement, 3rd Edition (2012): [www.eurachem.org](http://www.eurachem.org)); «Настільна книга по обчисленню невизначеності вимірювання в екологічних лабораторіях» (Nordtest TR537; Ed.4 Handbook for Calculation of Measurement Uncertainty in Environmental Laboratories (2017:11): [www.nordicinnovation.net](http://www.nordicinnovation.net)); Technical Report No. 1/2007; «Перегляд невизначеності вимірювань: Альтернативні підходи по оцінюванню невизначеності» (Measurement uncertainty revisited: Alternative approaches to uncertainty evaluation, 2007 : [www.eurolab.org](http://www.eurolab.org)).

Крім того, існує більше двадцяти міжнародних рекомендацій, що видані Національними інститутами стандартизації, професійними Асоціаціями та органами з акредитації, які пояснюють методи оцінки та вираження невизначеності вимірювань (НВ) в МЛ. Зазначені рекомендації базуються на основних принципах до розрахунку НВ, що представлені в GUM та пропонують різні підходи для оцінки НВ в МЛ.

В Україні, відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 15189:2015 (п.5.5.1.4), лабораторія повинна встановити НВ для кожної методики вимірювання на усіх етапах дослідження, які використовуються для кількісної характеристики значень вимірюваних величин у зразках пацієнтів. Прикладами практичної використання НВ може бути можливість порівняння результатів дослідження, що отримані в різних МЛ; використання для поліпшення процедур тестування.

Якщо дослідження включають у себе етап вимірювання, але не передбачають повідомлення значення вимірюваного показника, лабораторія повинна обчислити невизначеність етапу вимірювання, якщо ця невизначеність вживатиметься для оцінювання надійності методики дослідження або впливатиме на результати дослідження.

Існує декілька підходів до розрахунку НВ результатів дослідження. Перший підхід заснований на ретельному аналізі всіх етапів процедури вимірювання з ідентифікацією та кількісною оцінкою всіх потенційних джерел НВ. За таких умов, величина НВ кожної складової може бути оцінена за допомогою статистичного аналізу (Тип А), або за допомогою інших методів, тобто даних літературних джерел і специфікацій обладнання (Тип В). Далі, ідентифіковані величини НВ, що пов'язані з окремими компонентами вимірювальної системи поєднують у моделі для відображення їх ефекту у повній вимірювальній системі. Цей підхід називають «знизу – вгору». Зазначений підхід не практичний для МЛ, тому що пов'язаний із труднощами в кількісному розрахунку НВ, визначенні внеску будь-якої окремої перемінної, наприклад, неточності дозування, зважування, контролю температури, тощо. Більшість необхідної інформації в МЛ можна отримати шляхом аналізу результатів внутрішньолaboratorного контролю якості (ВЛКЯ) або даних валідаційного експерименту відповідно до ISO 21748, тобто використовувати підхід «зверху вниз».

Для оцінки НВ за даними ВЛКЯ, необхідно використовувати результати, що отримані протягом тривалого періоду часу, впродовж 6 місяців. ВЛКЯ надає достатньо інформації для оцінки НВ при дотриманні таких умов: використання результатів проміжних даних прецизійності, що отримані впродовж 6 місяців з використанням комутабельного контрольного матеріалу при концентрації, що близькі до прийняття клінічного рішення.

Тобто спеціалісти МЛ на основі статистичного аналізу серії результатів дослідження концентрації аналітів повинні визначити стандартну невизначеність вимірювання ( $u$ ) та розширену невизначеність вимірювання ( $U$ ).  $U$  є результатом стандартної невизначеності та коефіцієнта покриття ( $k$ ), який дорівнює 2 для 95,4% ймовірності виконання досліджень.

Таким чином, нові технології, вимоги, що змінюються і нове розуміння інтеграції лабораторних та сучасних інформаційних технологій роблять інтеграційну сферу дуже цікавою для вивчення та практичного застосування сучасних алгоритмів оцінки НВ. Сучасні підходи до розрахунку невизначеності вимірювань в МЛ мають кінцеву мету – зменшення діагностичної невизначеності, а для адекватного розрахунку НВ лабораторних тестів, необхідні професійна лабораторна практика та розуміння аналітичних аспектів тесту для кожної окремої лабораторії, що допомагає реалізувати хорошу клінічну практику.

#### УДК 004.046

#### ВЗАЄМОДІЯ ІМУННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ З ІНФЕКЦІЙНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

І. Г. Перова, П. Є. Жернова, В. В. Клімов

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. БМІ, тел. (057) 702-13-64  
e-mail: rikywenok@gmail.com, polina.zhernova@gmail.com

The human immune system is much more complex than the nervous system. But due to gaps in understanding the mechanisms of immunity, the only model that explains all the immunological phenomena is still missing. It is worth noting that in terms of data processing organization, the immune system is a highly

parallel structure that implements the mechanisms of learning, memory and associative search to solve recognition and classification problems. The paper considers the modeling of the spread of an infectious disease. The developed approach consists in mathematical modeling of the interaction of the human immune system with an infectious disease.

**Вступ.** Відомим фактом є те, що імунна система людини в порівнянні з нервовою системою набагато більш складна. Але внаслідок прогалин в розумінні механізмів імунітету, єдина модель, яка пояснює все імунологічні явища, до цих пір відсутня. Організм людини в процесі своєї життєдіяльності постійно знаходиться під впливом факторів різної природи: біологічні, фізичні, хімічні. До біологічних факторів можна віднести нанорозмірні біологічні структури (об'єкти), такі як патогенні грибки, віруси і бактерії; до фізичних – різні природні явища і поля (наприклад, електромагнітне випромінювання); до хімічних – контакт з різними хімічними сполуками. Ці фактори здатні чинити негативний вплив на функціонування організму людини в цілому і на його окремі органи. Для захисту та адаптації до існування в умовах навколишнього середовища в організмі існує імунна система, яка здатна розпізнавати величезна кількість молекулярних структур – антигенів, в тому числі і не існуючих в природі, наприклад синтезовані в лабораторії речовини.

Варто відзначити, що з точки зору організації обробки даних імунна система – це високопаралельна структура, в якій реалізовані механізми навчання, пам'яті і асоціативного пошуку для вирішення завдань розпізнавання і класифікації. В організмі людини підтримується велика кількість імунокомпетентних клітин, які циркулюють по всьому тілу. Основним типом клітин, що беруть участь в імунній відповіді і володіють властивостями специфічності, різноманітності, пам'яті і адаптивності, є лімфоцити. В організмі є два основних типи лімфоцитів – Т- і В-лімфоцити. При попаданні антигену в організм лише мала частина клітин імунної системи здатна до розпізнавання його пептидів. Таке розпізнавання стимулює процеси розмноження і диференціювання лімфоцитів, що призводять до утворення клонів ідентичних клітин (або антитіл). Цей процес, званий розмноженням клону, формує численну популяцію специфічних до антигену клітин, які продукують антитіла. Розмноження клону імунокомпетентних клітин призводить до руйнування або нейтралізації антигену. Частина клітин, що утворилися зберігається для імунної пам'яті. В результаті, наступний вплив схожого антигену призводить до більш швидкої імунної реакції (вторинної відповіді). Отже метою роботи є прогнозування перебігу інфекційного захворювання шляхом створення відповідної математичної моделі.

Для отримання основних закономірностей функціонування імунної системи людини в 1975 році Г.І. Марчук запропонував математичну модель інфекційного захворювання (1), яка описує фундаментальні механізми імунного захисту [1-3]:

$$\begin{cases} \frac{dV}{dt} = \beta V - \gamma FV, \\ \frac{dF}{dt} = \rho C - \eta \gamma FV - \mu_f F, \\ \frac{dC}{dt} = \xi(m) \alpha F(t-\tau) V(t-\tau) - \mu_C (C - C^*), \\ \frac{dm}{dt} = \sigma V - \mu_m m, \end{cases} \quad (1)$$

де  $V$  – концентрація розмножуються антигенів в органі, част/мл;  $C$  – концентрація антигенспецифічних лімфоцитів в лімфоїдній тканини, кліт/мл;  $F$  – концентрація антитіл в крові, част/мл;  $m$  – частка зруйнованих антигеном клітин в органі;  $\beta$  – швидкість розмноження антигенів;  $\gamma$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність зустрічі вірусів з антитілами і ступінь їх взаємодії;  $\alpha$  – коефіцієнт стимуляції імунної системи;  $\rho$  – швидкість виробництва антитіл однієї плазмоклітиною;  $\mu_C$ ,  $\mu_f$  – величини, зворотні тривалості життя плазмоклітин і антитіл;  $\eta$  – кількість антитіл, необхідне для нейтралізації одного вірусу;  $\sigma$  – швидкість поразки органу;  $\mu_m$  – швидкість відновлення маси ураженого органу;  $C^*$  – попереднє значення рівня імунокомпетентних клітин (плазмоклітин),  $\tau$  – час, необхідний для формування каскаду плазмоклітин;  $\xi(m)$  – функція, що враховує порушення нормальної роботи імунної системи при значному ураженні органу.

В рамках даної роботи пропонується провести доповнення запропонованої Г.І. Марчуком моделі шляхом додавання в неї функції, що характеризує введення біостимуляторів  $u(k)$ . Також пропонується перейти від диференціальних рівнянь в рівняння у дискретному вигляді для того, щоб з'явилася можливість визначити коефіцієнти моделі, які в звичайних умовах можна визначити тільки клінічно.

Таким чином, в результаті перетворення ми отримаємо систему рівнянь (2):

$$\begin{cases} V(k) = aV(k-1) + bFV(k) + u(k), \\ F(k) = cF(k-1) + fC(k) + gFV(k), \\ C(k) = \xi(m)hFV(t-\tau) + lC(k-1), \\ m(k) = pm(k) + qV(k), \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{де } a = \frac{1}{1-T_0\beta}; b = -\frac{T_0\gamma}{1-T_0\beta}; c = \frac{1}{1+T_0\mu_f}; f = \frac{T_0\rho}{1+T_0\mu_f}; g = -\frac{T_0\eta\gamma}{1+T_0\mu_f}; h = \frac{\alpha T_0}{1+T_0\mu_C}; l = \frac{1+T_0\mu_C}{1+\mu_C};$$

$$p = \frac{1}{1+T_0\mu_m}; q = \frac{T_0\sigma}{1+T_0\mu_m}; k - \text{шаг дискретизації}; h = \frac{\alpha T_0}{1+T_0\mu_C} - \text{період.}$$

**Висновки.** Отже, в результаті основним завданням є прогнозування зміни коефіцієнтів моделі з урахуванням відомих даних про перебіг інфекційного захворювання.

**Перелік посилань:**

1. Марчук, Г.И. Математические модели в иммунологии. М.: Наука, 1991. 304 с.
2. Vertosick F.T., Kelly R.H. The immune system as a neural network: A multi-epitope approach // J. Theor. Biol. 1991. V. 150. P. 224-237.
3. Дасгупта Д. Искусственные иммунные системы и их применение / пер. с англ. под ред. А.А. Романюхи. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 344 с.

УДК: 616-005.4:616.441-006.5:575.191:615.37

**КЛІНІЧНІ АСПЕКТИ ПЛІНУ СЕРЦЕВОЇ НЕДОСТАТНОСТІ У ХВОРИХ  
З НЕТОКСИЧНИМ ЗОБОМ**

С.М. Пивовар

ДУ «Національний Інститут терапії ім. Л.Т. Малої НАМН України» (Україна)  
61039, Харків, пр. Л. Малої, 2А, відділ клінічної фармакології та фармакогенетики неінфекційних захворювань. тел.0573739090

E-mail: sn\_p@ukr.net; факс 0573706105

222 patients with HF (with myocardial infarction) were examined. The patients with a heart failure who run on a background of non-toxic goiter have a significantly higher rate of re-hospitalization for 2 years. The reason for the unfavorable course of heart failure in patients with non-toxic goiter is likely to be a higher frequency of syndrome of low T3. Patients with heart failure and non-toxic goiter do not differ from those without morphological pathology of the thyroid gland by age, gender distribution and parameters of intracardiac hemodynamics.

Прогнозування несприятливого плинку серцевої недостатності (СН) є актуальним завданням кардіології. Щоб стратифікація за групами ризику була клінічно значущою, вона має враховувати внесок різних чинників прогресування хвороби одночасно. Це особливо важливо при СН, оскільки пацієнти мають кілька супутніх захворювань [2]. В Україні спостерігається зростання кількості хворих із різними ендокринопатіями, в більшій мірі цукрового діабету та патології щитоподібної залози (ЩЗ) [3]. Поширеність за-хворювань ЩЗ перевищує 15 % серед дорослої жіночої популяції та дещо менше серед чоло-віків. Із збільшенням віку гендерна відмінність нівелюється [1]. Актуальність цього питання в Україні підвищилася після аварії на Чорнобильській АЕС. Нетоксичний зоб (НЗ) являє со-бою, ймовірно, найчастіше захворювання ЩЗ [4]. Точних статистичних даних про частоту НЗ в Україні немає. Літературні дані зазвичай свідчать про частоту вузлових зобів серед хворих, оперованих з приводу різних патологій ЩЗ [5]. Важливими є секційні дані, згідно з котрими серед клінічно незмінених ЩЗ в 50% спостережень виявляються вузли (одиначні або множинні). Близько 5% людей в популяції мають вузли більше 1 см в діаметрі, меншого розміру зустрічаються навіть частіше. В ендемічних по зобу районах вузлові форми складають іноді 50-70 %. Використання сучасних методів візуалізації підвищило кількість виявлених вогнищевих органічних змін ЩЗ. Майже у 1/3 жінок у віці



старше 30 років можуть відзначатися ті чи інші вогнищеві зміни тиреоїдної тканини при ультразвуковому дослідженні. Частота виявлення вузлового зобу у жінок у віці старше 50 років за даними пальпації становить 21% , ультразвукового дослідження – 67%. З урахуванням розповсюдженості НЗ, є доцільним дослідження особливостей перебігу СН у хворих даної категорії

**Матеріали та методи.** Обстежено 222 пацієнтів з СН (з перенесеним інфарктом міокарда (ІМ)). При госпіталізації була проведена стандартизована оцінка стану, визначені параметри внутрішньосерцевої гемодинаміки, клінічного та біохімічного аналізів крові, рівні гормонів щитоподібної залози. Виконувалось ультразвукове дослідження щитоподібної залози (ЩЗ).

**Результати.** Згідно до даних автоматичного регресійного аналізу для НЗ наступні перемінні мають вирогідний зв'язок у хворих з СН: частота повторної госпіталізації на протязі 2 років ( $R^2 = 0,381$ ;  $p = 0,0001$ ), наявність СНТ ( $R^2 = 0,141$ ;  $p = 0,0001$ ), наявність субклінічного гіпотиреозу ( $R^2 = 0,139$ ;  $p = 0,0001$ ), рівень холестерину ЛПВЩ ( $R^2 = 0,09$ ;  $p = 0,004$ ), маса тіла ( $R^2 = 0,052$ ;  $p = 0,028$ ), кількість перенесених ІМ ( $R^2 = 0,042$ ;  $p = 0,049$ ). Найменша частота повторної госпіталізації протягом 2 років була зареєстрована у хворих з СН без НЗ (15,8 %), в той час, як серед хворих з СН на фоні НЗ, даний показник склав 50 % ( $\chi^2 = 27,881$ ;  $p < 0,0001$ ). У групі хворих з СН, що пліне на фоні НЗ частота СНТ склала 32,1 % проти 10,6 % серед хворих без НЗ ( $\chi^2 = 11,073$ ;  $p < 0,001$ ). Найбільша частота сприятливого перебігу СН (відсутність повторної госпіталізації) спостерігається в групі хворих без НЗ та без СНТ (49,0 %). В той же час при поєднанні СН одночасно і з НЗ та з СНТ, ймовірність повторної госпіталізації становить 59,2 % (9 з 17 хворих) ( $\chi^2 = 13,271$ ;  $p = 0,005$ ). У хворих з НЗ виявлена тенденція до більшої частоти субклінічного гіпотиреозу (15,1 %), порівнюючи з такою серед пацієнтів без нетоксичного зобу (5,8 %) ( $\chi^2 = 3,759$ ;  $p = 0,053$ ). Групи хворих різнилися за сироватковим рівнем ХС ЛПВЩ та трийодтироніна. Так в групі хворих з НЗ рівень  $T_{3v}$  був нижчий, в порівнянні з групою пацієнтів без НЗ (3,15 [1,93 – 3,3,64] пмоль/л, проти 3,40 [2,62 – 3,77] пмоль/л) – на 7,35 % ( $p = 0,048$ ) та вищою концентрація ХС ЛПВП (1,18 [1,06 – 1,18] ммоль/л, проти 1,06 [1,06 – 1,21] ммоль/л) – 11,32 % ( $p = 0,016$ ).

**Висновки.** Хворі з серцевою недостатністю, що пліне на фоні нетоксичного зобу, мають вірогідно вищу частоту повторної госпіталізації протягом 2 років. Причиною несприятливого перебігу серцевої недостатності у хворих з нетоксичним зобом, ймовірно є більша частота синдрому низького трийодтироніну. Пацієнти з серцевою недостатністю та з нетоксичним зобом не відрізняються від хворих без морфологічної патології щитоподібної залози за віком, розподілом статі та параметрами внутрішньосерцевої гемодинаміки.

#### Перелік посилань:

1. Вацеба Т.С., Скрипник Н.В. Корекція інсулінорезистентності у хворих на первинний гіпотиреоз в умовах йодної недостатності // Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2013. – № 6 (54). – С. 92–93. doi:10.22141/2224-0721.6.54.2013.84646
2. Коломоєць М.Ю., Вашеняк О.О. Коморбідність і поліморбідність у терапевтичній практиці // Український медичний журнал. – 2012. - № 5 (91) – ІХ/Х.
3. Юзвенко Т.Ю. Особливості перебігу цукрового діабету 2-го типу у поєднанні з гіпотиреозом // Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2015. – № 8 (72). – С. 73–77. doi:10.22141/2224-0721.8.72.2015.72341
4. Zimmermann M.B., Boelaert K. Iodine deficiency and thyroid disorders // Lancet Diabetes Endocrinol. – 2015. – Vol. 3 (4). – P. 286-95. doi: 10.1016/S2213-8587(14)70225-6.
5. Moghaddam P.A., Virk R., Sakhdari A. et al. Five Top Stories in Thyroid Pathology // Arch. Pathol. Lab. Med. – 2016. – Vol. 140 (2). – P. 158-70. doi: 10.5858/arpa.2014-0468-RA.

#### УДК 004:61

### ВИКОРИСТАННЯ ПІДХОДІВ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ПОЯВИ СІАЛОАДЕНІТУ ЯК ПОБІЧНОГО ЕФЕКТУ РАДІОЙОДТЕРАПІЇ ПРИ ЛІКУВАННІ ХВОРИХ НА РАК ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ.

Є. Б. Радзішевська, Н. О. Гордієнко, С. С. Гранкіна, І. В. Шуба

Харківський національний медичний університет,

61022, Харків, пр. Науки, 4, кафедра медичної та біологічної фізики і медичної інформатики,

тел.: (097) 6632515, e-mail: holdami@ukr.net.

The given work is devoted to the problem of sialoadenitis as a possible complication of radioiodine therapy in the treatment of patients with thyroid cancer. The issue was solved on the basis of a thorough statistical analysis of the array of digital data of the immediate consequences of the special antitumor treatment of 120 patients. It has been shown that low blood calcium levels and some combinations of specific treatment factors contribute to sialadenitis.

Сіалоаденіт (запалення слинних залоз) є одним з найбільш типових ускладнень радіоїодтерапії (РІТ) під час проведення спеціального лікування хворих на диференційований рак щитоподібної залози (РЩЗ). Незважаючи на чисельні публікації, проблема не є остаточно вирішеною та залишається в зоні пильної уваги науковців та лікарів практичної медицини. Можливим шляхом одержання нових знань у цій царині є підходи доказової медицини, а саме – статистичний аналіз клінічних даних.

Для проведення дослідження, про яке йдеться, було проведено комплексний статистичний аналіз цифрованих даних про безпосередні наслідки спеціального протипухлинного лікування 120 хворих на РЩЗ із урахуванням анамнестичних даних і даних про характер всіх методів лікування, зокрема - РІТ.

Статистичну обробку проводили за допомогою пакета програм Statistica Basic Academic 13 for Windows, (License Number: 139-956-866). Статистичну значущість результатів оцінювали за допомогою критерію  $\chi$ -квадрат Пірсона (КХП), та критерія Манна-Уїтні (КМУ).

Сіалоаденіт, як ускладнення радіотерапії, з'явився у 27,5 % пацієнтів (33 особи) та на статистично значущому рівні ( $p = 0,005$ , КМУ) залежав від віку пацієнта. Найбільш типовим ускладнення було для осіб у віці від 35 до 52 років. Частота появи у пацієнтів вікового діапазону від 18 до 37 років становила 47,8 %, у пацієнтів вікового діапазону від 56 до 65 років – 14,3 %, а у пацієнтів, які біли старшими за 65 років не зустрічалось взагалі.

Досить прогнозованою була залежність появи сіалоаденіту від кількості операцій, стенозу гортані та парезу. У пацієнтів із однією операцією ускладнення зустрічалось у 23,8 % (25 осіб), із двома операціями – у 50 % (7 осіб); стеноз гортані призводив до сіалоаденіту у 40,5 % випадках (17 осіб), а за відсутності стенозу – майже вдвічі рідше (20,5 %, 16 осіб); у хворих із парезом ускладнення діагностовано у 41,2 % (14 осіб) та у 22,1 % (19 осіб) без парезу. Всі залежності мали статистично значущий характер ( $p < 0,05$ , КХП).

Поява сіалоаденіту пов'язана із кількістю курсів  $^{131}\text{I}$  ( $p = 0,035$ , КМУ) та загальною активністю терапії ( $p = 0,050$ , КМУ).

Кількість курсів  $^{131}\text{I}$  у хворих із післялікувальним ускладненням у вигляді сіалоаденіта становила, у середньому, 2,5 курсів проти 2,2 без сіалоаденіту, активність – 143 МБк проти 123 МБк. Рівень загальної активності вищий за 130 МБк (верхня квартиль показника у групі без сіалоаденіту) та кількість курсів  $^{131}\text{I}$ , що перевищує 3 курси (права межа 95 % інтервалу середньої кількості курсів у групі без ускладнення) становить потенційну загрозу щодо появи сіалоаденіту.

Цікавим результатом було одержання статистично значущих залежностей між появою сіалоаденіта та рівнем кальцію на початку лікування ( $p = 0,001$ , КМУ) (рис. 1).

У пацієнтів з сіалоаденітом рівень кальцію у крові становив 2,12 ммоль/л (медіальне значення) з інтерквартильним розмахом 1,96 ÷ 2,32 ммоль/л, а у пацієнтів без сіалоаденіту відповідні значення становили 2,39 ммоль/л та 2,19 ÷ 2,58 ммоль/л.

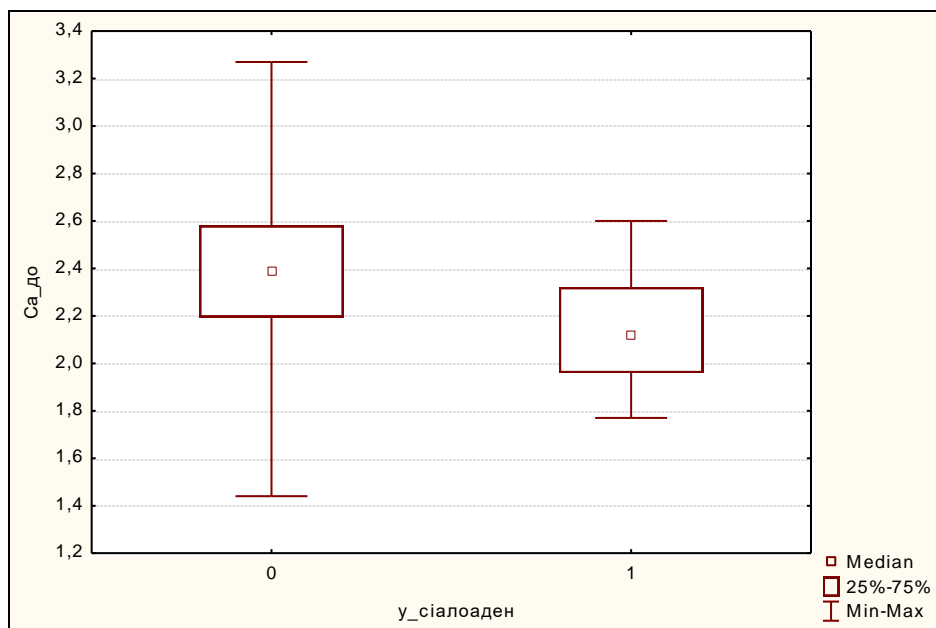


Рисунок 1 – Коробчасті графіки рівня Са у крові хворих на РЩЗ до проведення спеціального лікування з огляду появи та не появи сіалоаденіту після лікування (1 – поява сіалоаденіту після лікування; 0 – відсутність сіалоаденіту після лікування).

Ураховуючи викладене вище можна стверджувати, що ризиком появи сіалоаденіту як побічного ефекту РЙТ є низький (нижчий за 2,19 ммоль/л) рівень кальцію в крові до початку лікування, рівень загальної активності РЙТ вищий за 130 МБк, кількість курсів, що перевищує три, два або більше операційних втручання, стеноз гортані та парез.

Таким чином, використання методів математичної статистики при пошуковому розвідувальному аналізі масивів медичних даних є потужним інструментом та надійним джерелом для одержання нових нетривіальних знань.

#### Перелік посилань:

1. Absence of survival benefit of radioactive iodine after thyroidectomy in low risk differentiated thyroid cancer patients / C. Schvarzi, F. Bonnettaion, M. Gauthier et al. // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imag.* – 2011. – Vol. 38. – P. 113–116.
2. Carter Y. Hypothyroidism after a cancer diagnosis: etiology, diagnosis, complications, and management / Y. Carter, R. S. Sippel, H. Chen // *Oncologist.* – 2014. – Vol. 19, № 1. – P. 34–43.
3. Нечаева О. А. Дифференцированный рак щитовидной железы: современные подходы к диагностике, тера-пии и динамическому наблюдению (обзор) / О. А. Нечаева, Л. Г. Бавыкина, А. В. Древаль // *Русский мед. журн.* – 2016. – Т. 24, № 1. – С. 9–12.
4. Результати аналізу безпосередніх ускладнень протипухлинного лікування у хворих на рак щитоподібної залози / Л. Я. Васильєв, Г. В. Кулініч, Є. Б. Радзішевська, А. С. Савченко // *Укр. радіол. журн.* – 2017. – Т. XXV, вип. 4. – С. 268–276.

#### УДК 004:61

### ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТАНДАРТНИХ СХЕМ ЛІКУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО РАКУ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ.

Є. Б. Радзішевська, Т. Р. Кочарова, А. С. Солодовников, Т. О. Утицьких

Харківський національний медичний університет,

61166, Харків, пр. Науки, 4, кафедра. Медичної та біологічної фізики і медичної інформатики,

тел.: (057) 707-73-67, e-mail: radzishevaska@ukr.net

The article demonstrates the use of mathematical statistics to obtain fundamentally new knowledge in the processing of data on comorbid conditions of patients with thyroid cancer. This approach allowed to identify concomitant diseases and their combinations that have a prognostically unfavorable prognosis for the possible occurrence of such complications as anemia, gastritis, cardiac arrhythmias and polyneuropathy during radioiodine therapy as an element of special treatment.

**Вступ.** Під доказовою медициною розуміють нову систему поглядів в клінічній медицині, що відрізняється від колишньої стандартизованим критичним підходом - аналізом якості первинної медичної інформації, а також стандартизованим узагальненням відомостей - статистичним аналізом клініко-епідеміологічних даних.

В охороні здоров'я, як у системі організації медичної допомоги населенню, а також в профілактичній та клінічній медицині повсюдно використовуються різні чисельні методи. Вони застосовуються в клінічній практиці, коли лікар має справу з окремим хворим, в організації медико-соціальної допомоги населенню при прогнозуванні й оцінці результатів тих чи інших медико-соціальних програм. Знання цих методів необхідно при плануванні і проведенні наукових досліджень, для правильного розуміння їх результатів, критичної оцінки даних, що публікуються. Чисельні методи лежать в основі рішення будь-якого питання про застосування способу, тактики лікування або профілактики патології. Історично склалося так, що великий набір чисельних методів, що застосовуються в медицині, отримав загальну назву - статистика. Підходи та методи біомедичної статистики, зокрема, дозволяють одержувати нові знання шляхом обробки архівних паперових історій хвороби, які трансформуються у електронні масиви формалізованої медичної інформації. Безумовною перевагою використання методів математичної статистики, реалізованих у сучасних програмних статистичних середовищах, є можливість одержання принципово нових знань при обробці коморбідних станів пацієнтів.

**Основна частина.** У комплексному лікуванні диференційованого раку щитоподібної залози (ДРЩЗ) радіоїодотерапія (РЙТ) займає одне з ключових місць. Цей метод лікування дає можливість

значно поліпшити прогноз захворювання, успішно лікувати метастази і рецидиви, підвищити тривалість безрецидивного періоду. Незважаючи на більш ніж 70-річний досвід роботи з І, вивчення безпосередніх і віддалених ускладнень і наслідків його застосування, ряд питань залишається недослідженими. Це пов'язано з тим, що, в основному, вивчаються такі найближчі нестохастичні ефекти опромінення, як загальна інтоксикація, кістковомозкова депресія, променевиї паротит, сіалоаденіт, цистит, пульмоніт, зниження функціональної активності гонад, алергічні реакції на йод [1-3].

На відміну від цих досліджень, метою даної роботи було виявлення факторів, що на статистично значущому рівні впливали на появу анемії, гастриту, порушення серцевого ритму (ПСР) та полінейропатії (ПНП) на тлі коморбідних станів пацієнтів. Аналізувалися такі супутні хвороби, як гіпертонічна хвороба (ГХ), виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки (ВХ), ішемічна хвороба серця (ІХС), гіпопаратиреоз (ГПТ), цукровий діабет (ЦД), серцева недостатність (СН), сполучнотканинна хвороба (СТХ), варикозне розширення вен нижніх кінцівок (ВРВНК). Також враховувалися бали за шкалою оцінки стану онкологічного хворого ECOG на початку лікування. Аналізувалися вік хворих, рівень АТТГ, показники функцій паращитоподібних залоз [4].

Для проведення дослідження було створено інформаційну модель аналітичної бази даних хворих на ДРЦЗ, розроблено відповідне програмне забезпечення та накопичено масив формалізованих катамнестичних даних про перебіг захворювання у 120 хворих. Дослідження проводилося із використанням пакету прикладних програм «Statistica».

На підставі створеної аналітичної бази даних було проаналізовано безпосередні ефекти РЙТ та з'ясовано, що частота появи несприятливих ранніх соматоневрологічних наслідків у вигляді анемії складає 15,8 %, гастритів – 2,5 %, ПСР – 72,5 %, ПНП – 67,5 %.

Вперше виявлено залежність їх появи від наявності супутньої патології (ГПТ, гіпокальцемія, ВХ, ЦД, ГХ, СН, СТХ, ВРВНК), а також – від анамнестичних даних (вік, стать, стадія захворювання, кількість оперативних втручань та курсів РЙТ, стану хворого за шкалою ECOG).

Доведено, що у пацієнтів, хворих на ДРЦЗ, такі супутні захворювання, як ВХ, ГПТ та гіпокальцемія є факторами ризику появи анемії після спеціального протипухлинного лікування. При цьому, наявність деяких супутніх захворювань, навпаки, відіграє роль «запобіжних» факторів щодо появи анемії: шанси появи анемії у хворих з ГХ у чотири рази нижче за хворих без ГХ, а у пацієнтів з ГХ та ІХС анемії не зустрічалися взагалі.

Показано, що гастрит як ускладнення РЙТ є найбільш типовим для пацієнтів, старших за 65 років.

Порушення серцевого ритму на статистично значущому рівні залежало від віку хворих, наявності ГХ, ІХС, СН, ЦД, СТХ, ВРВНК.

Несприятливість стану пацієнта за шкалою ECOG на початку лікування асоціювалася із коморбідністю у вигляді комбінації АГ, ІХС, ЦД та СТХ та віком хворих (переважно діапазон 49 – 53 роки та літні пацієнти, старші за 65 років).

Встановлено, що факторами ризику появи ПНП є наявність ГХ, ІХС, СН, ЦД та ШКХ. Найбільш типовим для появи ПНП є вік, старший за 45 років.

Показано, що найвищі рівні АТТГ після лікування спостерігалися у пацієнтів з ГХ на тлі ГПТ та у пацієнтів з комбінацією АГ+ІХС+СТХ+ВРВНК.

**Висновки.** Таким чином, використання методів математичної статистики як базової складової доказової медицини стосовно масиву даних про перебіг захворювання пацієнтів, хворих на ДРЦЗ, дозволило виявити супутні хвороби та їх комбінації, що мають прогностично несприятливий прогноз щодо можливої появи таких ускладнень РЙТ, як анемії, гастрити, порушення серцевого ритму та полінейропатії. Одержані результати дозволяють покращити заходи терапевтичного супроводу пацієнтів, хворих на ДРЦЗ під час проведення РЙТ для попередження появи несприятливих ранніх соматоневрологічних наслідків у вигляді анемії, гастритів, ПСР та ПНП.

#### Перелік посилань:

1. Багатофакторний аналіз відділених результатів лікування хворих на рак щитоподібної залози / В. С. Процик, А. В. Тимошенко, О. І. Трємбач та ін. // Онкологія. – 2003. – Т. 5, № 1. – С. 32–35.
2. Carter Y. Hypothyroidism after a cancer diagnosis: etiology, diagnosis, complications, and management / Y. Carter, R. S. Sippel, H. Chen // Oncologist. – 2014. – Vol. 19, № 1. – P. 34–43.
3. Петунина Н. А. Особенности терапии заболеваний щитовидной железы у пациентов с кардиальной патологией / Н. А. Петунина // Русский медицинский журнал. – 2005. – Т. 13, № 28. – С. 19–27.

4. Результаты анализа непосредственных усложнений протипухлинного лікування у хворих на рак щитоподібної залози / Л. Я. Васильев, Г. В. Кулініч, Є. Б. Радзішевська, А. С. Савченко // Укр. радіол. журн. – 2017. – Т. XXV, вип. 4. – С. 268–276.

УДК 616.1/4-084

## ПОШИРЕНІСТЬ ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНА *KLOTHO* У ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ 2 ТИПУ З НЕФРОПАТІЄЮ

П. С. Семенових, І. І. Топчій, В. Ю. Гальчинська, К. О. Савічева

ДУ «Національний інститут терапії імені Л.Т. Малої НАМН України»,

61039, Харків, пр. Любові Малої 2а, тел.: 373-90-93, e-mail: polinasemenovykh@ukr.net

The aim of the study was to determinate the prevalence of Klotho gene polymorphism in patients with type 2 diabetes mellitus with nephropathy and cardiovascular complications. In patients with the heterozygous genotype of the F352V polymorphism of the Klotho gene, lower levels of vasoendothelial growth factor in serum were determined to be significantly lower than in the common F352F genotype. The presence of a heterozygous variant of the F352V polymorphism may be protective in the development of vascular complications in patients with diabetes mellitus.

**Вступ.** В патогенезі макросудинних уражень у хворих на діабетичну нефропатію (ДН) приймає участь велика кількість факторів, пов'язаних як з діабетом, так і з захворюванням нирок. [1] Поряд з рівнями ліпопротеїнів й іншими традиційними маркерами до важливих факторів, які зазвичай оцінюються в клінічних умовах і свідчать про судинні події в цілому, відносять циркулюючі рівні деяких факторів росту, зокрема васкулоендотеліального фактору росту (VEGF). Проте, дані показники можуть суттєво змінюватись при наявності супутньої патології, а також під впливом зовнішніх факторів, таких як алкоголь, куріння та споживання деяких продуктів харчування. Низька специфічність зазначених агентів підкреслює необхідність пошуку нових надійних біомаркерів судинних порушень. [2,3] Останнім часом в якості потенціального маркера судинних подій активно вивчається білок Клото. Показано, що нокаут гена Klotho (гена, відповідального за синтез та каталітичну активність білка Клото) у тварин призводив до передчасної дегенерації, яка характеризувалася скороченням тривалості життя, гіпогонадізмом, затримкою розвитку росту, кальцифікацією судин та гіперфосфатемією. [4]

Визначення поширеності поліморфізму гена Klotho у хворих на цукровий діабет 2 типу з нефропатією і при серцево-судинних ускладненнях та виявлення можливого асоціативного зв'язку перебігу захворювання з генетичним профілем обстежених. [5]

**Основна частина.** Обстежено 76 хворих на цукровий діабет (ЦД) 2-го типу та 29 хворих на гострий коронарний синдром (ГКС). Контрольну групу склали 40 здорових осіб.

Пацієнти були розподілені на наступні групи: I група – хворі на ЦД 2 типу без ознак нефропатії – з нормальною швидкістю клубочкової фільтрації (ШКФ) та без альбумінурії (n=21), II група – хворі на ЦД 2 типу з нормальною ШКФ та альбумінурією (n=32), III група – хворі на ЦД 2 типу зі зниженою ШКФ та альбумінурією (n=23), IV група – хворі на ГКС (n=29).

ШКФ розраховували за формулою СКД-ЕРІ. Концентрацію VEGF визначали методом імуноферментного аналізу з використанням тест-системи Вектор-Бест.

Виділення та очищення ДНК з цільної крові проводили за допомогою набору реактивів "ДНК-сорб-В" згідно інструкції виробника. Ампліфікацію ДНК та генотипування поліморфізму KL-VS (F352V, rs9536314) гена Klotho здійснювали методом полімеразної ланцюгової реакції в режимі реального часу.

**Висновки.** Як показали результати молекулярно-генетичного дослідження, розподіл генотипів поліморфізму F352V гена Klotho відповідав рівновазі Харді-Вайнберга в усіх досліджених групах та суттєво не відрізнявся від європейських популяцій. Нами не виявлено вірогідної різниці у частоті зустрічальності генотипів та алелей досліджуваного поліморфізму в групах пацієнтів в порівнянні з контролем.

У хворих на ЦД розподіл генотипів був наступним: F352F (гомозигота за мажорним алелем) – 75,4 %, F352V (гетерозигота) – 24,6 % і V352V (гомозигота за мінорним алелем) – не виявлена. Розподіл алельних варіантів в даній групі становив: алель 352F – 87,7 %, алель 352V – 12,3 %.

Для групи контролю характерним був наступний розподіл генотипів та алелей: F352F – 65,0 %, F352V – 30,0 % і V352V – 5,0 %, алель 352F – 80,0 %, алель 352V – 20,0 %. Подібний розподіл відповідає частоті, характерній для європейської популяції за даними численних авторів.

Вірогідних гендерних відмінностей в частоті генотипів поліморфізму F352V гена Klotho в групах хворих на ЦД не виявлено ( $p_{\chi^2}=0,44$ ). Гомозиготний генотип за мажорним алелем зустрічався у 77,8 % чоловіків та у 68,8 % жінок (OR=0,63, CI=0,19-2,04), генотип F352V - у 22,2 % чоловіків та у 31,3 % жінок (OR=1,59, CI=0,49-5,15). Результати дослідження поліморфізму F352V гена Klotho у хворих з ГКС також не виявили вірогідної різниці в частоті генотипів поліморфізму F352V гена Klotho в порівнянні з контрольною групою.

У пацієнтів з ГКС розподіл генотипів був наступним: F352F (гомозигота за мажорним алелем) – 74,4 %, F352V (гетерозигота) – 23,1 % і V352V (гомозигота за мінорним алелем) – 2,6 %. Розподіл алельних варіантів в даній групі становив: алель 352F – 85,9 %, алель 352V – 14,1 %.

Як і в групі хворих на ЦД у пацієнтів з ГКС та у осіб контрольної групи вірогідних гендерних відмінностей в частоті генотипів поліморфізму F352V гена Klotho не виявлено ( $p_{\chi^2}=0,27$ ;  $p_{\chi^2}=0,15$ , відповідно).

Висновок про відсутність вірогідної різниці в розподілі генотипів та алелей поліморфізму F352V гена Klotho не є остаточним та скоріш за все може бути обумовленим недостатньою кількістю обстежених. В перспективі подальшого дослідження планується збільшення чисельності в групах.

Встановлено, що у носіїв гетерозиготного генотипу поліморфізму F352V гена Klotho мають місце вірогідно нижчі рівні VEGF в сироватці крові в порівнянні з поширеним генотипом F352F.

Розподіл генотипів поліморфізму F352V гена Klotho відповідав рівновазі Харді-Вайнберга в усіх досліджених групах та суттєво не відрізнявся від європейських популяцій.

Вірогідних гендерних відмінностей в частоті генотипів поліморфізму F352V гена Klotho в обстежених групах не виявлено.

У носіїв гетерозиготного генотипу поліморфізму F352V гена Klotho визначено вірогідно нижчі рівні васкулоендотеліального фактору росту в сироватці крові в порівнянні з поширеним генотипом F352F. Наявність гетерозиготного варіанту поліморфізму F352V може мати протективне значення в розвитку судинних ускладнень у хворих на цукровий діабет.

#### Перелік посилань:

1. Shaw J. E. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030 // J. E. Shaw, R. Sicree, P. Z. Zimmet / Diabetes Res. Clin. Pract. – 2010. – Vol. 87, N. 1. – P. 4–14.
2. Kannel W. B. Diabetes and Cardiovascular Disease. The Framingham Study / JAMA. – 1979.- Vol. 241, N. 19. – P. 2035.
3. Seshasai S. K. Diabetes mellitus, fasting glucose, and risk of causespecific death // S. K. Seshasai, S. Kaptoge, A. Thompson / N. Engl. J. Med. – 2011. - Vol. 364, N.9. – P.829–841.
4. Arking D. E. KLOTNO allele status and the risk of early-onset occult coronary artery disease // D. E. Arking, D. M. Becker, L. R. Yanek et al. / Am J Hum Genet. – 2003. – N. 72.- P. 1154–1161.
5. Di Bona D. Association of Klotho polymorphisms with healthy aging: a systematic review and meta-analysis // D. Di Bona, G. Accardi, C. Verruso et al. / Rejuvenation Res. – 2014. – N. 17. – P. 212-216.

УДК 618.4-089.5:617-089

### ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ГОРМОНІВ СИМПАТО-АДРЕНАЛОВОЇ СИСТЕМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД МЕТОДУ АНЕСТЕЗИОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ АБДОМІНАЛЬНОМУ РОЗРОДЖЕННІ.

Н. П. Середенко

КНП «Харківський міський клінічний пологовий будинок №6»,

e-mail: natalia\_seredenko@ukr.net

The choice of anesthesia method for abdominal delivery is aimed to provide an adequate protection for mother and fetus from stress reactions caused by surgical trauma. The dynamics of cortisol, insulin, prolactin levels are an adequate reflection of body reaction to the stress. The study has found increased concentration of cortisol, prolactin, K / I, and decreased level of insulin in I and II groups. Dynamics of stress hormones content in case of caesarean section with spinal anesthesia gives reason to consider this method of anesthesia as optimal and adequate for protection from surgical stress.

**Актуальність.** Кесарів розтин (КР) є незамінною операцією, що сприяє зниженню материнської, перинатальної дитячої захворюваності та смертності. Вибір методу анестезії (МА) при КР спрямований на забезпечення адекватного захисту організму матері і плоду від стрес-реакцій, викликаних хірургічною травмою [1-3].

**Мета роботи.** Оцінка стрес-протективних ефектів різних МА при операції КР.

**Матеріали і методи.** 93 вагітних, які були розродженні КР, розподілені на 3 групи в залежності від МА: I (n=31) - загальна анестезія (ЗА) з використанням кетаміна, II (n=31) - ЗА з використанням тіопентала натрію, III (n=31) - спінальна анестезія (СА) з інтратекальним введенням 0,5% розчину бупівакаїну. Досліджували рівень кортизолу (К), інсуліну (І), пролактину (П) імуноферментним методом, розраховували К/І. Оцінка проводилася на 4 етапах: 1 - вихідний; 2 – вилучення плода; 3 - через 6 годин; 4 - через 12 годин після операції.

**Результати.** При дослідженні гормональної ланки не було виявлено статистично значущих міжгрупових відмінностей у вихідному рівні (ВР) К, П, І на 1-му етапі дослідження. Рівень І на 2-му етапі в I групі знизився на 23,9% ( $p < 0,05$ ), в II групі на 34,1% ( $p < 0,05$ ) від ВР, в III групі рівень І на 2-му етапі наближався до ВР та залишався без істотних коливань до 3-го етапу. Концентрація інсуліну у жінок II групи визначалась вірогідно нижчою на всіх етапах дослідження ( $p < 0,001$ ) (рис. 1).

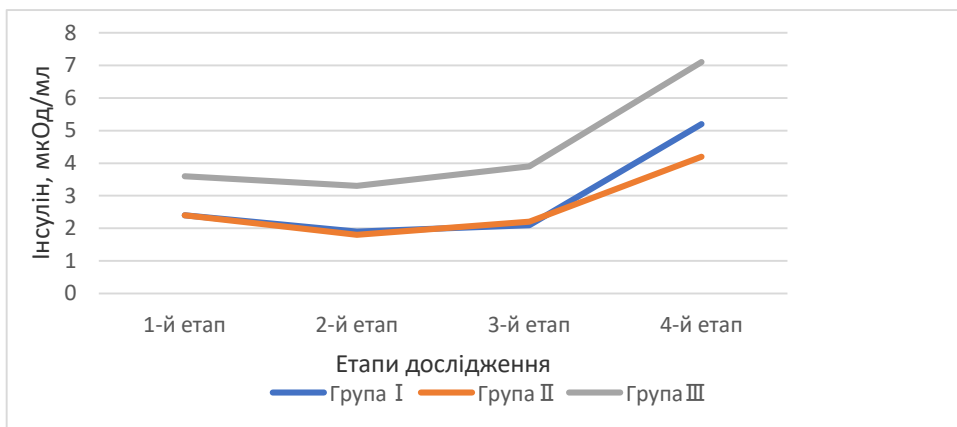


Рисунок 1 – Динаміка рівня концентрації інсуліну на етапах дослідження.

Рівень К на 2-му етапі збільшився до  $826,3 \pm 50,8$  нмоль/л ( $p < 0,001$ ) в I групі та до  $922,5 \pm 52,5$  нмоль/л в II групі ( $p < 0,001$ ). На 3-му етапі дослідження у жінок III групи спостерігалось зниження концентрації кортизолу на 29,4% ( $p < 0,001$ ) від ВР, тоді як в I та II групах наближався до вихідного (рис.2). На 4-му етапі рівень концентрації К знижувався у всіх групах, залишаючись достовірно вищим у жінок II групи ( $p < 0,001$ ).

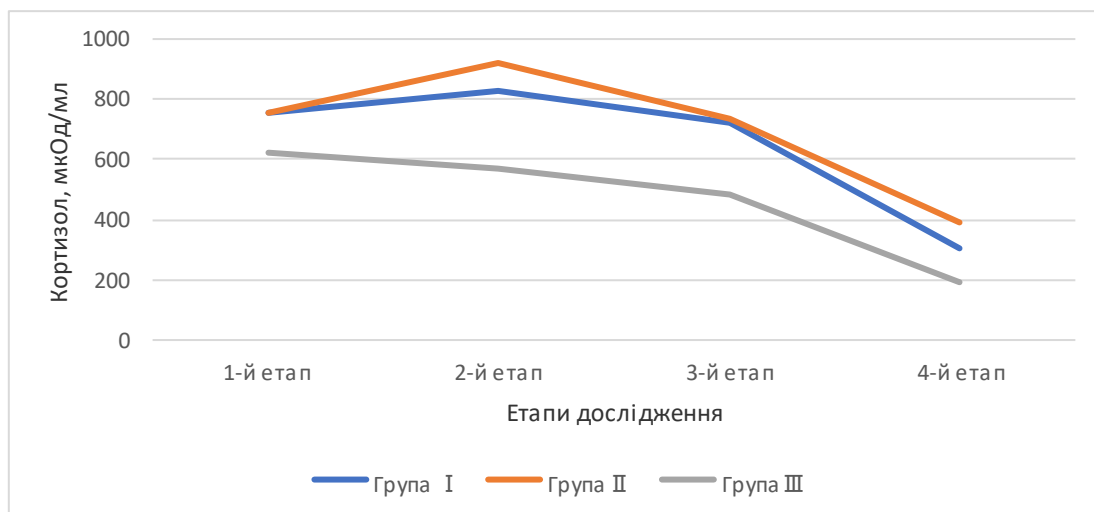


Рисунок 2 – Динаміка концентрації кортизолу на етапах дослідження.

На 2-му етапі встановлено високий К/І в I та II групах ( $1,47 \pm 0,1$  та  $1,85 \pm 0,2$ ), в III групі - статистично незначне підвищення К/І з нормалізацією к 3-му і 4-му етапам (рис. 3).

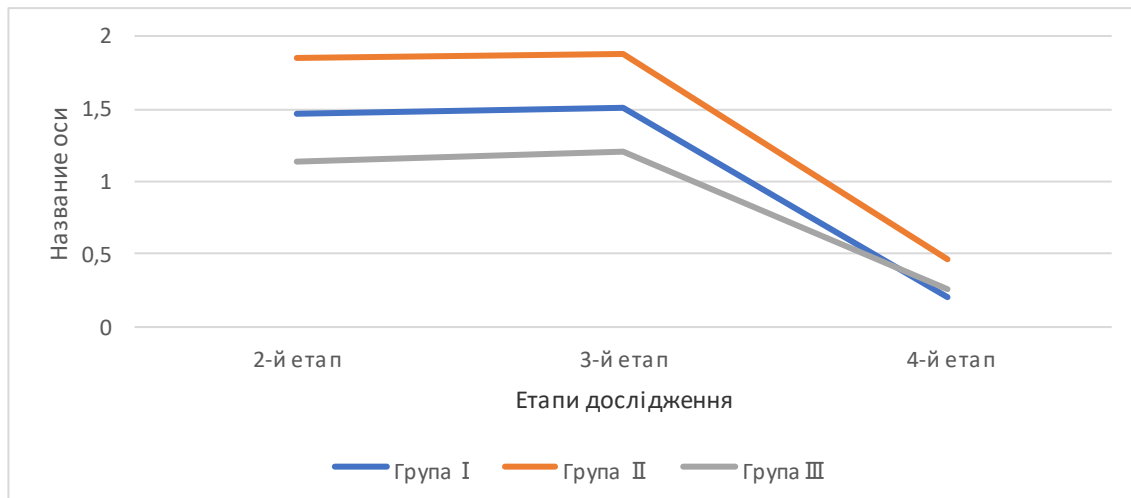


Рисунок 3 – Динаміка К/І на етапах дослідження.

На 2-му етапі дослідження виявлено збільшення рівня П в I групі на 51,4% ( $p < 0,001$ ) та на 47,0% в II групі ( $p < 0,001$ ), приріст П у пацієток III групи залишився статистично незначущим ( $p > 0,05$ ). На 3- та 4-м етапах дослідження рівень пролактину у пацієток всіх груп визначався в межах вікових норм.

**Висновки.** Динаміка вмісту стрес-гормонів у пацієток, розроджених КР в умовах СА, дає підстави вважати даний МА оптимальним і адекватним в якості захисту від хірургічного стресу.

#### Перелік посилань:

1. N. Kiriakopoulos et al., Investigating Stress Response during Vaginal Delivery and Elective Cesarean Section through Assessment of Levels of Cortisol, Interleukin 6, Growth Hormone and Insulin-Like Growth Factor 1, J. Clin. Med. 2019; 8, 1112.
2. Nejad RK et al., Comparison of Oxidative Stress Markers and Serum Cortisol between Normal Labor and Selective Cesarean Section Born Neonates. J Clin Diagn Res. 2016 Jun; 10(6): BC01–BC03.
3. Vogl S, Worda C, Egarter C, et al., Mode of delivery is associated with maternal and fetal endocrine stress response. BJOG 2006; 113:441–445.

УДК616.24-002-02-089.5:[615.015.8:615.33]

### ВИБІР АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ В ЛІКУВАННІ ГОСПІТАЛЬНИХ ІНФЕКЦІЙ РЕСПІРАТОРНОГО ТРАКТУ У ХВОРИХ ВІДДІЛЕННЯ ІНТЕНСИВНОЇ ТЕРАПІЇ

В. С. Скорик

Харківська медична академія післядипломної освіти,  
61096, Харків вул. Героїв Сталінграду 160, кафедра анестезіології, дитячої анестезіології  
та інтенсивної терапії, e-mail: vitaskoryk@gmail.com

Hospital-acquired pneumonia is the second most common nosocomial infection, and is the most common hospital infection leading to death in critically ill patients. Antibiotic resistance has become a major public health problem that due to easy resistant spread and transfer resistant gene within gram negative bacteria, also might led to limitations of treatment options. This study was aimed to determine the prevalence of Extended Spectrum  $\beta$ -Lactamase (ESBL)-producing Enterobacteriaceae isolates from sputum samples in patients admitted in ICU.

Вступ. Проблема вибору адекватної антибіотикотерапії особливо гостро постає в умовах відділення інтенсивної терапії. Це пов'язано з резистентністю збудників госпітальних інфекцій до більшості антибактеріальних засобів. Проведення мікробіологічного моніторингу локальних ВІТ є необхідним інструментом у виборі тактики призначення антибактеріальних засобів хворим.



Мета роботи. Дослідити мікробіологічний пейзаж трахеобронхіального аспірату у хворих, які перебувають у ВІТ понад 72 год і зробити висновок щодо актуальних антимікробних препаратів у відділенні інтенсивної терапії.

На базі кафедри анестезіології, дитячої анестезіології та інтенсивної терапії у ВІТ КНП ХОР «ОКІЛ» проведено проспективне комплексне клініко-лабораторне дослідження до якого увійшло 24 хворих. Трахеобронхіальний аспірат отримували в стерильних умовах через 72 год від надходження у ВІТ. Верифікація збудника проводилася бактеріологічним дослідженням отриманого матеріалу. Аналіз антибіотикочутливості виділених патогенів диско-дифузійним методом.

Після обстеження 24 хворих у 18 (75%) отримано позитивний результат мікробіологічного дослідження, у 6 (25%) – виділено одразу 2 збудника. В сумі отримано 22 культури мікроорганізмів: *A. baumannii* 11 (50%), *K. pneumoniae* 5 (22,73%), *S. aureus* 3 (13,63%), *S. epidermidis* 2 (9,09%), *P. aeruginosa* (4,55%). Серед Gr+ патогенів чутливість до відповідних антибактеріальних засобів збережена. В групі Gr- патогенів чутливість збережена до обмеженої кількості препаратів: коломіцин (100%), цефоперазон-сульбактам (21,42% чутливі, 78,58% малочутливі). Виділені Gr- збудники продемонстрували високий рівень резистентності до антимікробних засобів, що найчастіше використовуються в лікуванні тяжких інфекцій 15(88,23%) зразків стійкі до карбапенемів, 14 (82,35%) проявили стійкість до цефалоспоринов.

Висновки. В проведеному дослідженні основними збудниками госпітальних інфекцій респіраторного тракту визначено мультирезистентні Gr- неферментуючі бактерії, що загалом відповідає світовим тенденціям. Згідно результатів мікробіологічного дослідження найвживаніші препарати в терапії важких інфекцій не мають клінічного ефекту. В лікуванні критичних хворих необхідно розглянути можливість призначення коломіцину.

Розуміння мікробіологічної ситуації в локальних ВІТ може покращити результати інтенсивної терапії, шляхом прогнозування можливих інфекційних ускладнень і відповідного вибору емпіричної терапії.

#### Перелік посилань:

1. C. Sarda, F. Fazal, J. Rello. Management of ventilator-associated pneumonia (VAP) caused by resistant gram-negative bacteria: which is the best strategy to treat? Expert Review of Respiratory Medicine. 2019 Jun 24:1-12.
2. Bassetti M., Righi E., Vena A., Graziano E., Russo A., Peghin M. Risk stratification and treatment of ICU-acquired pneumonia caused by multidrug-resistant/extensively drug-resistant/pandrug-resistant bacteria. Current Opinion in Critical Care 2018 Oct;24(5):385-393

#### УДК 616.89-02:616.61-036.12-053.5

### ВМІСТ ВАСКУЛОЕНДОТЕЛІАЛЬНОГО ФАКТОРУ РОСТУ В СИРОВАТЦІ КРОВІ ХВОРИХ НА ДІАБЕТИЧНУ НЕФРОПАТІЮ

І. І. Топчій, Т. Д. Щербань, В. Ю. Гальчинська, А. В. Жуліна

ДУ «Національний інститут терапії імені Л.Т. Малої НАМН України»,

61039, Харків, пр. Любові Малої 2а, тел.: 067-770-77-32, e-mail: std\_19@ukr.net

The aim of the study was to assess serum level of vascular endothelial growth factor (VEGF) in type 2 diabetic patients depending on kidney function. Our findings suggest that increased levels of VEGF in type 2 diabetic patients without clinical signs of kidney damage may indicate the development of subclinical renal dysfunction. Blood VEGF in patients with diabetic nephropathy may be an integral marker of endothelial dysfunction and pathological angiogenesis

**Вступ.** Поширеність цукрового діабету (ЦД) за останнє десятиліття зросла до масштабів епідемії. Число хворих на ЦД у всьому світі складає приблизно 366 мільйонів відповідно до оцінки Міжнародної федерації діабету, з яких цукровий діабет 2-го типу становить приблизно від 90 % до 95% [1]. Для ЦД 2-го типу характерна мікросудинна дисфункція та, як наслідок, високі ризики виникнення мікросудинних ускладнень, зокрема діабетичної нефропатії (ДН) [2, 3]. В свою чергу, зниження ниркової функції внаслідок розвитку ДН прискорює розвиток серцево-судинної патології. Як в патогенезі ДН, так і в механізмах впливу захворювання нирок на виникнення і розвиток серцево-судинної патології у хворих на ЦД принципове значення має порушення мікро- та макроциркуляції. Останнє обумовлено впливом різноманітних патогенетичних факторів, таких як гіперінсулінемія, альбумінурія, азотемія, дисліпідемія, анемія, призводять до активації медіаторів запалення, фіброзу і факторів росту та до розвитку ендотеліальної дисфункції. Одним з визнаних біомаркерів дисфункції ендотелію є васкулоендоТЕЛІАЛЬНИЙ фактор росту (vascular endothelial growth factor – VEGF), який активується при формуванні атеросклерозу, гіпертонічної хвороби, цукрового діабету 2-го типу [4]. Було показано, що

VEGF є раннім маркером ушкодження нирок у хворих з серцево-судинною патологією [5]. Метою нашого дослідження було вивчення клініко-лабораторних показників та вмісту васкулоендотеліального фактору росту в сироватці крові хворих на діабетичну нефропатію.

**Основна частина.** Обстежено 64 хворих на ЦД 2-го типу. Середній вік пацієнтів - (53,4 ± 2,7) року. Контроль - 20 здорових осіб.

Пацієнти були розділені на наступні групи: I група - хворі на ЦД 2 типу без ознак нефропатії - з нормальною швидкістю клубочкової фільтрації (ШКФ) без альбумінурії (n = 26), II група - хворі на ЦД 2 типу з нормальною ШКФ та альбумінурією (n = 22), III група - хворі на ЦД 2 типу із зниженою ШКФ та альбумінурією (n = 18). ШКФ розраховували за формулою СКД-EPI (KDIGO 2012). Концентрацію VEGF визначали методом імуноферментного аналізу з використанням тест-системи Вектор-Бест.

За результатами дослідження у хворих всіх досліджуваних груп мали місце суттєві зміни рівнів VEGF в сироватці крові в порівнянні з контролем,  $p < 0,05$ . Рівень VEGF склав (156,98±21,16) пг/мл в першій групі (ЦД без ниркових порушень), (192,63±20,31) пг/мл у другій групі (альбумінурія) і (367,43±36,15) пг/мл в третій групі (зі зниженою ШКФ) обстежених. У контрольній групі середні значення VEGF склали (105,75±18,23) пг/мл.

З метою виявлення взаємозв'язків між VEGF та показниками функціонального стану нирок, а також основними клініко-лабораторними характеристиками у хворих на ДН нами був проведений кореляційний аналіз, представлений в таблиці 1.

Кореляційний аналіз виявив достовірну асоціацію VEGF з рівнями креатиніну та альбумінурії, що доводить безперечну роль нирок в розвитку ренокардіального синдрому у пацієнтів з ДН. Крім того, встановлено зворотній кореляційний зв'язок швидкості клубочкової фільтрації з концентрацією VEGF. Високі показники кореляції свідчать, що рівень останнього в певній мірі відображає функціональний стан нирок та може бути використаний як доповнення до традиційних методів обстеження хворих.

Отримані нами дані відображають як наявність ендотеліальної дисфункції, так і активацію механізмів ангиогенезу, які є ланками процесів ремоделювання мікросудинного русла нирки при ДН та можуть вносити вклад в розвиток серцево-судинних ускладнень. Перспективним є подальше вивчення значення VEGF у розвитку серцево-судинних ускладнень при ДН, в основі яких лежать процеси порушення кровообігу й ішемія (ішемічна хвороба серця, порушення периферичного кровообігу, ренального кровотоку). Актуальним також є розробка нових методів лікування ДН, заснованих на корекції вмісту даного фактора.

Таблиця 1. – Взаємозв'язки між функціональним станом нирок, клініко-лабораторними характеристиками та вмістом VEGF в крові хворих на ДН.

Показники, що корелюються	r	p
альбумінурія, г/л	+ 0,66	< 0,02
креатинін, мкмоль/л	+ 0,71	< 0,03
ШКФ, мл/хв/1,73м <sup>2</sup>	- 0,58	< 0,05
САТ, мм рт.ст.	+ 0,43	< 0,04
ДАТ, мм рт.ст.	+ 0,52	< 0,05
загальний ХС, ммоль/л	+ 0,74	< 0,01
НbA1c, %	+ 0,55	< 0,03
ІМТ	+ 0,38	< 0,05

**Висновки.** Таким чином, у хворих на ДН виявлено суттєве підвищення рівня VEGF в сироватці крові, яке має тісний взаємозв'язок з функціональним станом нирок. Встановлено прямий кореляційний зв'язок концентрації VEGF з рівнями альбуміну сечі й креатиніну крові та зворотній кореляційний зв'язок зі ШКФ, що доводить безперечну роль нирок в розвитку ренокардіального синдрому у пацієнтів з ДН. У пацієнтів з ДН, які не мають клініко-лабораторних ознак ураження нирок, підвищення VEGF в крові може свідчити про розвиток субклінічної ниркової дисфункції. Результати проведених досліджень свідчать про доцільність практичного використання визначення VEGF в сироватці крові хворих на ДН в якості раннього діагностичного маркера кардіальних порушень, оцінки прогнозу, а також вдосконалення кардіонефропротекторної стратегії.

**Перелік посилань:**

1. Silvestre JS, Levy BI. Molecular basis of angiopathy in diabetes mellitus. Circ Res. 2006;98:4–6. doi:10.1161/01.RES.0000200396.90220.41

2. Belovol AM, Knyazkova II. Serdechno-sosudictye zabolevaniya i saharnyi diabet/ Health Ua J. 2014;3(27):28-29. Available from: <http://repo.knmu.edu.ua/handle/123456789/8535> [In Russian].
3. Senger DR. Vascular endothelial growth factor: much more than an angiogenesis factor. Mol Biol Cell. 2010;21:377–9. doi:10.1091/mbc.E09-07-0591
4. Zhang Q., W. Fang, L. Ma, Z.-D. Wang, Y.M. Yang, Y.-Q. Lu VEGF levels in plasma in relation to metabolic control, inflammation, and microvascular complications in type-2 diabetes. Medicine (Baltimore). 2018;97(15):415. doi:10.1097/MD.0000000000010415
5. Zorena K., Mys'liwska J., Mys'liwiec M. et al. Association between vascular endothelial growth factor and hypertension in children and adolescents type I diabetes mellitus. J Hum Hypert. 2010;24:755-62. doi:10.1038/jhh.2010.7

УДК 159.96: 615.851+51-7

### ВИКОРИСТАННЯ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРЕДИКТОРІВ ТА ПРЕВЕНТОРІВ САМОРЕАЛІЗАЦІЇ У ЖІНОК З РІЗНИМ СТАНОМ СІМЕЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

О. Є. Фальова<sup>1</sup>, М. В. Маркова<sup>1</sup>, Л. М. Рисована<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харківська медична академія післядипломної освіти,

61176, Харків, вул. Амосова, 58, тел.: 095-055-35-42, e-mail: alyonafalyova@ukr.net,

<sup>2</sup> Харківський національний медичний університет,

61022, Харків, пр. Науки, 4, каф. медичної та біологічної фізики і медичної інформатики,  
тел.: 067-388-75-97, e-mail: rluba\_24@ukr.net

The article represents the material on using of correlation and factor analysis, which revealed certain problems concerning: family relations, self-actualization, individual-psychological qualities, locus of control, self-doubt, communicative abilities and inadequate strategies of behavior in conflict situations, relationships in sex, not awareness and not understanding of own feelings, no understanding or lack of own values, conformality of behavior, non-constructive ways of getting out of difficult life situations, destructive psychological protections, psychopathological symptoms.

Аналіз актуального психоемоційного стану, факторів сімейної кризи, індивідуально-психологічних особливостей та визначення їх взаємозв'язку у жінок та чоловіків з кризисних сімей, розлучених жінок та жінок з нормативних сімей дозволив приступити до визначення особистісних якостей особистості, що співвідносяться з її особистісним зростом, чинників і критеріїв прогнозу розвитку сімейної кризи (особистісний зріст та деструктивне реагування особистості) та на основі цього розробити систему психокорекційних заходів, спрямованих на зростання самореалізації особистості жінки, що є найбільш важливим, значимим для реальної життєдіяльності сім'ї та функціонування особистості.

Завданням даного етапу дослідження було встановлення мішеней психокорекції психічної дезадаптації та порушення розвитку самореалізації жінки в умовах порушення сімейного функціонування.

Первинне психологічне обстеження проводилось за допомогою тестових методик: опитувальник вираженості психопатологічної симптоматики Дерогатіс (Symptom Check List'90/Revised SCL-90R), шкала психосоціального стресу Л. Рідера, госпітальна шкала тривоги та депресії (HADS) (А. S. Zigmond, R P. Snaith), 16 – факторний опитувальник Р. Б. Кеттелла, самоактуалізаційний тест (САТ) (Ю. Є. Альошина, Л. Я. Гозман, М. В. Загіка, М. В. Кроз), рівень суб'єктивного контролю (РСК) (Є. Ф. Бажин, Є. А. Голинкіна, Л. М. Еткінд), вихід зі скрутних життєвих ситуацій (Р.С.Немов), індекс життєвого стилю (діагностика частоти використання і вираженості механізмів психологічного захисту) (R. Plutchik, H. Kellerman, H.Conte, адаптація Л. Й. Вассерман, О. Ф. Єришев, Є. Б. Клубова), тест-опитувальник задоволеності шлюбом (В. В. Столін, Т. Л. Романова, Г. П. Бутенко), діагностика можливих стилів поведінки особистості у конфліктних ситуаціях (К.Томас) в адаптації Н. В. Гришиної, опитувальник установок до сексу (Г.Айзенк), опитувальник «Шкала любові та симпатії» З. Рубін, модифікація Л.Я. Гозман, К. Е. Альошина), опитувальник РЕА (розуміння, емоційне притягання, авторитетність) (А. Н. Волкова). Одержані результати були піддані математико-статистичній обробці за допомогою факторного аналізу.

Перед виконанням факторного аналізу за кореляційними матрицями була проведена перевірка доцільності використання факторної моделі для дослідження результатів показників тестів і опитувальників. З результатів випливає, що кількість виділених факторів рівно 8, і вони пояснюють 61,177% загальної дисперсії вихідних ознак.

На першому етапі дослідження було проаналізовано 89 психологічних показників актуального психоемоційного стану, факторів сімейної кризи та особистісних якостей жінок та чоловіків з кризисних сімей, розлучених жінок та жінок з нормативних сімей.

Проведений факторний аналіз дозволив трансформувати 89-ти мірний простір у восьмимірний простір об'єднаних факторів, які впливають на розвиток кризи, емоційний стан та самореалізацію

особистості. З ціллю кращого розподілу ознак за факторами було проведено обертання факторів методом варімакс з нормалізацією Кайзера для вихідних факторних навантажень.

Витягнутими факторами найбільш пояснені такі показники, як: загальна інтернальність – 90,1%; шкала підтримки – 80,3%; сексуальне лібідо – 81,7%; суперництво – 80,8%. Найменшу пояснену дисперсію мають такі показники, як: інтернальність міжособистісних відносин – 21,4%; розуміння – 38,5%; сексуальна невротичність – 37,7%).

У кожному рядку поверненої факторної матриці відзначені факторні навантаження з найбільшим абсолютним значенням. Їх величину треба розуміти як кореляційні коефіцієнти між перемінними (шкалами) і факторами.

Перший фактор «Самоактуалізація» включає шкали підтримки, ціннісних орієнтацій, самоповаги, спонтанності, прийняття агресії, контактності, самоприйняття, гнучкості поведінки, сензитивності, креативності, компетентності у часі ( $\text{сог} (F1; X_{54}) = 0,866$ ,  $\text{сог} (F1; X_{55}) = 0,785$ ,  $\text{сог} (F1; X_{59}) = 0,748$ ,  $\text{сог} (F1; X_{58}) = 0,721$ ,  $\text{сог} (F1; X_{63}) = 0,668$ ,  $\text{сог} (F1; X_{64}) = 0,653$ ,  $\text{сог} (F1; X_{60}) = 0,652$ ,  $\text{сог} (F1; X_{56}) = 0,639$ ,  $\text{сог} (F1; X_{57}) = 0,597$ ,  $\text{сог} (F1; X_{66}) = 0,593$ ,  $\text{сог} (F1; X_{53}) = 0,541$ ).

Другий фактор «Інтернальність» включає шкали загальної інтернальності, інтернальності у галузі досягнень, сімейних та виробничих відносин ( $\text{сог} (F2; X_{82}) = 0,908$ ,  $\text{сог} (F2; X_{83}) = 0,885$ ,  $\text{сог} (F2; X_{85}) = 0,833$ ,  $\text{сог} (F2; X_{87}) = 0,828$ ).

Третій фактор «Сексуальна розкутість» включає шкали сексуального лібідо, знеособленого сексу, дозволеності, порнографії, маскулінності-фемінінності ( $\text{сог} (F3; X_{50}) = 0,877$ ,  $\text{сог} (F3; X_{42}) = 0,741$ ,  $\text{сог} (F3; X_{39}) = 0,710$ ,  $\text{сог} (F3; X_{43}) = 0,699$ ,  $\text{сог} (F3; X_{52}) = 0,669$ ).

Четвертий фактор «Сімейні відносини» включає шкали розуміння, емоційного притягання, авторитетності та задоволеністю шлюбом ( $\text{сог} (F4; X_8) = 0,825$ ,  $\text{сог} (F4; X_9) = 0,771$ ,  $\text{сог} (F4; X_{38}) = 0,767$ ,  $\text{сог} (F4; X_7) = 0,590$ ).

П'ятий фактор «Психологічні захисти» включає регресію, компенсацію, заміщення, проєкцію ( $\text{сог} (F5; X_{12}) = 0,761$ ,  $\text{сог} (F5; X_{13}) = 0,727$ ,  $\text{сог} (F5; X_{15}) = 0,683$ ,  $\text{сог} (F5; X_{14}) = 0,654$ ).

Шостий фактор «Відношення у сексі» включає шкали сексуальної збудливості, фізичного сексу, сексуальної відрази, сексуальної невротичності ( $\text{сог} (F6; X_{47}) = 0,754$ ,  $\text{сог} (F6; X_{48}) = 0,752$ ,  $\text{сог} (F6; X_{46}) = -0,604$ ,  $\text{сог} (F6; X_{41}) = 0,507$ ).

Сьомий фактор «Поведінка у конфлікті» включає суперництво та пристосування ( $\text{сог} (F7; X_1) = 0,806$ ,  $\text{сог} (F7; X_5) = -0,766$ ).

Восьмий фактор «Сензитивність, уникнення» включає уникнення та сензитивність ( $\text{сог} (F8; X_4) = 0,730$ ,  $\text{сог} (F8; X_5) = -0,449$ ).

Використовуючи значення надійності індикатору, визначаємо дисперсії всіх змінних, що пояснюються відразу всіма факторами. Витягнутими факторами найбільш пояснені такі показники: загальна інтернальність ( $X_{82}$ ) – 90,1%; шкала підтримки ( $X_{54}$ ) – 80,3%; сексуальне лібідо ( $X_{50}$ ) – 81,7%; суперництво ( $X_1$ ) – 80,8%. Найменшу пояснену дисперсію мають такі показники як: інтернальність у галузі міжособистісних відносин ( $X_{86}$ ) – 21,4%; розуміння ( $X_7$ ) – 38,5%; сексуальна невротичність ( $X_{41}$ ) – 37,7%.

Таким чином, проведення кореляційного та факторного аналізу дозволило виявити певні проблеми, що стосуються: сімейних відносин (шкали розуміння, емоційного притягання, авторитетності та задоволеності шлюбом), самоактуалізації (шкали компетентності у часі, підтримки, ціннісних орієнтацій, самоповаги, спонтанності, прийняття агресії, контактності, самоприйняття, гнучкості поведінки, сензитивності, креативності), індивідуально-психологічних якостей, локус контролю (інтернальність у галузі досягнень, сімейних та виробничих відносин), невпевненості у собі, комунікативних здібностей та неадекватних стратегій поведінки у конфліктних ситуаціях (суперництво, пристосування, уникнення), недостатнього розуміння власної сексуальності, відсутності уваги до неї, сексуальної розкутості (шкали сексуального лібідо, знеособленого сексу, дозволеності, порнографії, маскулінності-фемінінності), відношень у сексі (шкали сексуальної збудливості, фізичного сексу, сексуальної відрази, сексуальної невротичності), не усвідомлення і не розуміння власних почуттів, не розуміння або відсутності власних цінностей, конформності поведінки, неконструктивних способів виходу зі складних життєвих ситуацій, деструктивних психологічних захистів, психопатологічної симптоматики.

Відповідно, були виявлені мішені психокорекції психічної дезадаптації та порушення розвитку самореалізації особистості жінки в умовах сімейної кризи: індивідуально-психологічні якості, зовнішній локус контролю, самооцінка, комунікативні якості, стратегії поведінки у конфліктних ситуаціях, сексуальна невротичність, власні почуття, цінності, конформність, способи виходу зі складних життєвих ситуацій, деструктивні психологічні захисти, психоемоційні стани, вербальна культура, ерудитія та креативність.

**Перелік посилань:**

1. Вассерман Л. И. Психологическая диагностика индекса жизненного стиля / Л. И. Вассерман, О. Ф. Ерышев, Е. Б. Клубова. – Санкт-Петербург, 2005. – 50 с.
2. Гозман Л. Я. Социально-психологические исследования семьи: проблемы и перспективы / Л. Я. Гозман, Ю. Е. Алешина // Вестник Московского университета. – 1985. – Сер. 14. Психология. – № 4. – С.186–187.
3. Карелин А. А. Большая энциклопедия психологических тестов / А. А. Карелин. – Москва: Эксмо, 2007. – 416 с.
4. Оцінка психосоціальних чинників ризику розвитку хвороб системи кровообігу у пацієнтів первинної ланки медико-санітарної допомоги (методичні рекомендації) / В. М. Корнацький, М. В. Маркова та ін. – Київ, 2007. – 12 с.
5. Практическая психодиагностика. Методики и тесты / ред.-сост. Д. Я. Райгородский. – Самара: Бахрах-М, 2001. – 672 с.
6. Фальова О. Є. Психологія самореалізації жінки в умовах порушення сімейного функціонування: психодіагностика і психологічна корекція. Монографія / О. Є. Фальова. – Київ : LAT&K, 2016. – 324 с.

**УДК 611.018.43****ЗАСТОСУВАННЯ КІСТКОВО-ПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІМПЛАНТІВ**

Р. М. Федорова, О. К. Білошицька

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

03057, Київ, вул. Янгеля, 16/2, кафедра біомедичної інженерії, e-mail: fedorova556rt@gmail.com

This work is devoted to a very relevant task - the problem of reconstruction of the large areas of bone tissue. Namely, about the use of bone-ductile materials for the implants production. These materials have many advantages over common biological implants, because they are made of donor bone tissue and have undergone through the chemical processing for improving their properties.

**Вступ.** На даний час дуже важливою задачею залишається проблема відновлення великих ділянок кісткової тканини [1]. Для сучасної медицини наразі є актуальним пошук нових матеріалів і способів впливу на остеогенез з метою формування типового органу-регенерата з допомогою кістково-пластичних матеріалів (КПМ). У різних областях хірургії починають використовувати, крім біологічних імплантів, КПМ, який виготовлений з кісткової тканини донора.

**Основна частина.** Для того, щоб змінити структуру та властивості алогенної кісткової тканини, а також її біологічну поведінку при імплантації в живий організм, виконується попередня хімічна обробка. Вона дозволяє отримати демінералізовану кісткову тканину, яка позбавлена мінерального компонента [2].

При пересадці значних по площі кісткових дефектів можливі ускладнення, наприклад, інфекція, тромбоемболічна хвороба, пошкодження кровоносних судин. Тому потрібно щоб матеріал мав наступні властивості: не викликав відторгнення, мав здатність до біодеградації з поступовим заміщенням кісткою, збереження фізичних і анатомічних особливостей донорської кістки, високу міцність, швидку фіксацію в зоні імплантації [3]. Ці вимоги може задовольняти тільки жорстка або пружна матриця, яка містить кісткові клітини реципієнта. Ці клітини здатні ділитися, диференціюватися і синтезувати міжклітинний матрикс, що підтримує життєдіяльність клітин [4].

Одним із сучасних тенденцій біомедичної інженерії тканин є заселення матриці поліпотентними клітинками з подальшим керованим інкубуванням імпланта [5].

В процесі інкубування поліпотентні клітини повинні диференціюватись і формувати тканинний імплант, який підходить для імплантації. Для цього можна використовувати керований вплив на клітини фізико-хімічними сигналами. Для реалізації такої технології виготовлення імплантів необхідно щоразу визначати фізико-механічні властивості, які використовуються для заготовки матриці.

**Висновки.** Досить актуальною задачею регенеративної медицини є дослідження та подальше вивчення впливу фізико-механічних властивостей демінералізованого кісткового матриксу на клітини остеогенного і хондрогенного рядів, з метою керування процесами їх диференціювання при заселенні матриксів.

**Перелік посилань:**

1. Кирилова И.А. Анатомо-функциональные свойства кости как основа создания костно-пластических материалов для травматологии и ортопедии. Новосибирск; 2011.
2. Kirilova I. A., Sharkeev Yu. P., Nikolaev S. V., et al. Physicomechanical properties of the extracellular matrix of a demineralized bone. 1760 (1): 020027 doi: 10.1063/1.4960246.
3. Савельев В.И., Родюкова Е.Н. Трансплантация костной ткани. Новосибирск, 1992

4. Vitor E.S., Manuela E.G., Joao F.M., Rui L.R. Controlled release strategies for bone, cartilage and osteochondral engineering–Part I: Tissue engineering; Part B. 2013; 19 (4): 308-326.

5. Murphy S.V., Atala A. Organ engineering – combining stem cells, biomaterials, and bioreactors to produce bioengineered organs for transplantation. Bioessays. 2012; 35: 163–172.

УДК 616.12-008:616.71:612.085:612.06

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЦИРКУЛЯТОРНОЇ ДИСФУНКЦІЇ КОРОНАРНИХ СУДИН**

В. В. Шликов, В. А. Данілова

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

e-mail: v.shlykov@kpi.ua, valnaa@ukr.net

A method that allows detection of 2×2 mm ischemia in the myocardium is considered. Its probability depends on the temperature sensitivity of the thermograph 0.1°C and is determined by a coefficient of determination of 0.739 for the regression equation compared to needle thermocouples.

Температура на поверхні серця відображає стан метаболічних процесів і коронарного кровопостачання міокарда під час регульованого охолодження та зігрівання. Основною причиною зміни локальної температури в серці є порушення мікроциркуляції в тканинах міокарду внаслідок запальних процесів. При цьому на поверхні серця виникає температурний градієнт, що являє собою різницю температури між поверхневим і глибинним шарами тканин міокарду.

Для визначення умов кровопостачання серця по дрібним коронарним судинам оцінюється зміна величини  $S_i/S_m$ , яка являє собою відношення прогрітої площі міокарда  $S_i$  до загальної площі поверхні  $S_m$  за рівні проміжки часу  $\Delta t$  протягом гіпотермії та гіпертермії (рис. 1):

$$\Delta F = (S_i - S_{i+\Delta t}) / S_m, \tag{1}$$

де  $S_m$  – загальна площа поверхні міокарда,  $M^2$ ,  $S_i$  – площа поверхні міокарда, крізь яку відбувається процес теплообміну  $M^2$ .

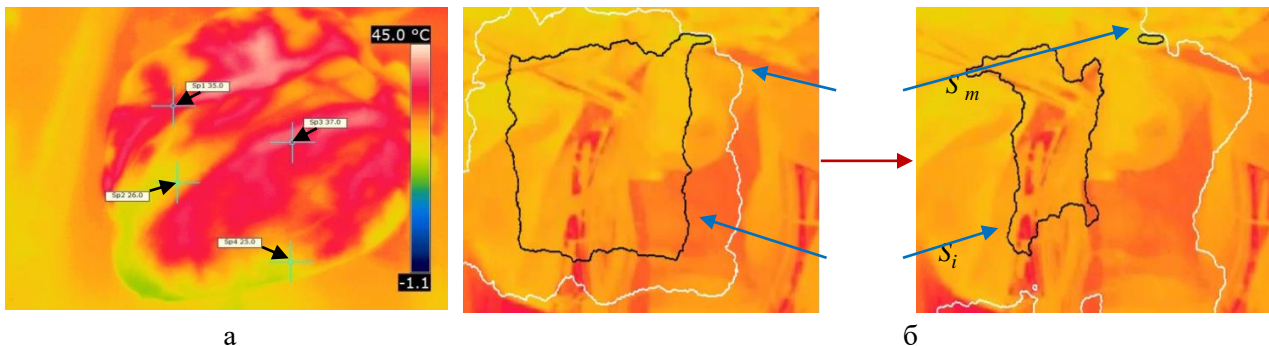


Рисунок 1 – Застосування алгоритму контурування у методі визначення циркуляторної дисфункції коронарних судин: а – серце; б – алгоритм Канні

Визначення меж прогрітих і охолоджених ділянок міокарда здійснюється на основі алгоритму Канні [1], що модифіковано для дослідження градієнтів температури у міокарді [2]. Дослідження за методом визначення циркуляторної дисфункції коронарних судин проводились у Національному інституті серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова. Метод дозволяє виявляти в міокарді ділянки ішемії розміром 2×2 мм, його вірогідність залежить від температурної чутливості термографа 0,1°C та визначається коефіцієнтом детермінації 0,739 для рівняння регресії у порівнянні з голчастими термодавачами.

**Перелік посилань:**

1. Canny, J. A computational approach to edge detection / J. Canny // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 1986. – Vol. 8, Issue 6. – P. 679–698. doi: 10.1109/tpami.1986.4767851

2. Vladyslav Shlykov, Vitalii Kotovskyi, Nikolaj Višniakovc, Andžela Šešok / The IR-thermal imaging method for evaluation of the status of myocardial coronary vessels under the condition of artificial blood circulation // Technology and Health Care, vol. Pre-press, no. Pre-press, P. 1-6, 2018. doi: 10.3233/THC-182504



*Секція 4*

**СУЧАСНІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ТА  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ, БІОЛОГІЇ,  
ПСИХОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ. M-HEALTH.**



УДК 004.9

## ASSESSMENT OF TOLERANCE TO THE PSYCHOEMOTIONAL TENSION ON THE BASIS OF A NEW METHOD FOR THE ANALYSIS OF SUBTLE CHANGES IN THE ELECTROCARDIOGRAM

<sup>1</sup>Illya Chaikovsky, <sup>2</sup>Alexey Ena, <sup>3</sup>Tetyana Romanenko, <sup>3</sup>Vitaliy Vishnevsky, <sup>4</sup>Anatoly Ena,  
<sup>4</sup>Vasyly Masluk, <sup>1</sup>Vitalii Budnyk<sup>1</sup>Glushkov Institute of Cybernetics, Kyiv, Ukraine,<sup>2</sup>State Center for Professional Psychophysiological Selection, Kyiv, Ukraine,<sup>3</sup>Institute of Mathematical Mashines and Systems, Kyiv, Ukraine,<sup>4</sup>Expert-Training Center, Kyiv, Ukraine,

40, Academician Glushkov prospect, Kyiv, 03187

tel.: (+380) 097 4146582, e-mail: illya.chaikovsky@gmail.com

The study is aimed to assess validity the system of comprehensive ECG scoring, using Data Mining. The regression and classification models of complex index of functional state were developed. Models were built on the basis of cluster analysis and decision trees algorithms (C&RT). Predictive indices for diagnosis of the functional state of the cardiovascular system of children with rheumatic diseases were selected

**Introduction.** The work of a policeman is associated with considerable mental, emotional and physical activity. The training of a highly qualified specialist requires considerable financial expenses, the addition of a large number of personnel and time. Therefore, an important role is given to the professional selection of candidates, whose purpose is to save these resources through the addition of persons in the national police who, in the short term, will be able to quickly master the chosen profession and qualitatively fulfill their responsibilities in the future. Psychophysiological testing is an integral part of the medical examinations of workers involved in the work of high-risk work, namely the work of a policeman, and is defined as a complex of measures aimed at the professional selection of an employee for his psychophysiological qualities.

The optimal assessment of individual indicators provides an integrated approach when conducting professional selection. As practice shows, the indices obtained during researches against the background of functional tension, which partially simulate the complex conditions for further professional activity, give an opportunity to further evaluate the functional reserves of the organism and the ability to adapt. Taking into account this, the purpose of our study is to supplement the procedure of psychophysiological examination with the technology of assessing the functional reserve and taking into account the vegetative reactions of the body in response to emotional stress during the psychophysiological testing.

Defining the functional reserve of the candidate during s professional selection testing will allow more accurately predict the success and reliability of professional activities of police officers. It will also allow to form a more complete profile of the candidate, completing it with indicators of the functioning of the functional systems of the body under the influence of different working conditions

**Methods and Models.** Registration of the limb electrocardiogram was carried out three times: in a state of rest until the test was started within 3 minutes, continuously during the psychoemotional testing, and after testing for 3 minutes in a state of rest.. The experiment used the signals of the standard ECG leads - I, II, III.

An electrocardiogram in a state of rest before the test was taken as a reference. Its characteristics compared the characteristics of the second and third ECGs. This made it possible to analyze the state of functional systems during the test and in the recovery period after the action of the psychoemotional stimulus. In total, 107 candidates (men and women) were screened.

With the help of special algorithms, a preliminary processing of these signals, which is filtration and dividing into cardiac cycles and cyclic elements [1], was performed. For calculations, parts of all electrocardiograms from the beginning of the P-wave to the end of the T-wave were used.

By setting the axes X, Y, Z for the signals of the three ECG leads, we received a three-dimensional arc of the curve corresponding to a single averaged cardiocycle. Each averaged ECG consists of a certain number of cardiocycles, which are represented in the experiment by a plurality of three-dimensional arcs of curves. To calculate the characteristics of the reference ECG and the current ECG, which was compared with the reference, the Hausdorff metric was used - the distance between a pair of curves in a three dimensional space. The Hausdorff metric calculation for two sets of points was performed according to the formula:

$$\rho_H(A, B) = \max \left\{ \max_{x \in A} \min_{y \in B} \rho(x, y), \max_{x \in B} \min_{y \in A} \rho(x, y) \right\}$$

where  $\rho_H(A, B)$  – Hausdorff metric for two sets of points,  $\rho(x, y)$  – Hausdorff metric for two points from different sets, A, B – set of points, x, y – points from these sets.

Initially, the Hausdorff metric was calculated for all cycles of the reference ECG and all cycles were ranked for increasing value of these metrics. Next, we performed extraction of atypical cardiocycles. We consider those types of cycles as non-typical, in which Hausdorff's metrics are much larger than the rest of the cycles of this ECG. All subsequent actions were performed with ECG, from which non-typical cardiocycles were removed. Then calculation of the average Hausdorff cycle was done and distance from this cycle to the rest of the ECG cycles was defined. We took the first half of the cycles from the ranked sequence of cycles (by the value of the Hausdorff metrics) and calculated the Hausdorff metrics from them to the averaged ECG cycle. Then we found the maximum among them (MaxDistVarEtalon) - this value is called the variability of the reference ECG. The calculation of the characteristics of the current ECG was performed similarly: using the Hausdorff metric, extracted non-typical cycles and calculated the averaged cycle. Then we calculated the Hausdorff metric from this averaged cycle to the averaged cycle of the reference ECG (AverCurAverEtalon). After that we compared this metric with the value of the variability of the reference ECG, and calculated their ratio (AverCurAverEtalon / MaxDistVarEtalon). We believe that if in the result a number is less than one, the current ECG has a slight difference from the reference, if the number received is more than one but less than two, then the current ECG has a moderate difference from the reference, if this number is more than two, then the current ECG has significant differences from the reference.

**Results.** During testing, insignificant differences in current ECG compare to reference ECG in a state of rest were found in 94 persons (87.9%), moderate changes – in 10 (9.3%), significant changes – 3 (2.8%). During the recovery after psychoemotional tension, 86 persons (80.4%) shown slight changes compare to reference initial ECG, 13 persons (12.1%) – moderate changes, 8 (7.5%) persons – significant changes.

For 79 subjects (73.8%), both ECGs (during loading and in rest after exercise) had minor differences, for 3 (2.8%) – moderate, for 2 (1.9%) – significant. Insignificant differences in ECG during loading became ECG moderate after resting for 9 of the subjects (8.4%), insignificant at significant – for 6 (%), moderate to insignificant – for 6 (5.6%), significant on moderate – for 1 (0.9%).

**Conclusion.** In the individual analysis of the data, three groups (clusters) of the examined are clearly exuded: candidates whose physiological parameters have changed by less than 10% (32 persons), candidates in whom they have significantly worsened (4 persons), and candidates in whom physiological parameters improved (14 persons).

The results obtained prove the possibility of supplementing the procedure of professional selection in the Ministry of Internal Affairs with the technology of determining the functional reserve.

In the future, we consider it appropriate to investigate the relationship between the level of functional reserve of the organism and the development level of PVPFYA on basis of analysis of the obtained assessments during the psychophysiological testing. More reliable and indicative data can be expected as the number of people examined increases.

#### References:

1. Chaikovsky I., Batushkin V., Visnevsky W. ECG Universal score system: new instrument for electrocardiogram analysis. // ICCIHD'16, London, UK, 2016, – pp. 254-268.

#### UDC 004.91

#### MODELING THE TARGETED DRUGS SELECTION PROCESS USING MODERN CALCULATING TOOLS

A. P. Porvan<sup>1</sup>, A. I. Bykh<sup>2</sup>, L.V. Feshchuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», 61070, Kharkiv, Chkalov St., 17

<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics, 61166, Kharkiv, Nauky Ave., 14

e-mail: a.porvan@khai.edu

The article considers the approach to the algorithmization process of the selection of drugs for the construction of automated decision support systems.

Today the most interesting are the methods of therapy affecting the human body in the gentlest way. The success of drug treatment for chronic diseases largely depends both on the skill level of the doctor and on a set of drugs that a doctor uses when prescribing treatment. The choice of drugs is a rather difficult task for multidimensional analytical comparison of a person's symptom complex with drug pathogenesis, the solution of which is relevant [1, 2].

It is necessary to build an appropriate modeling algorithm for computer simulation of the repertory process. A computer system that implements a modeling algorithm for selecting drugs and choosing a treatment

regimen performs the sequence of operations dictated by the program. Moreover, the computing system performs only those operations that are provided for by its instruction system.

As a rule, writing an algorithm designed to simulate a complex process in the form of a program presents considerable difficulty. The modeling algorithm for the formation of therapeutic and preventive measures can be considered as a special form of recording a mathematical model. However, there will be no complete coincidence of the mathematical model and the corresponding modeling algorithm, because among the operators of the modeling algorithm are operators that are not related to the reproduction of a mathematical model of the repertory process.

In order to show the approximate structure of the modeling algorithm corresponding to the mathematical model recovery process impaired body equilibrium, the following operators should be considered:

$F_1$  is formation of an expanded information base for the diagnosis and symptoms of the patient.

$F_2$  is formation of the prescription space of medicinal information for each information characteristic.

$F_3$  is formation of an input array of information on the pharmacological actions of drugs required for the repertory process.

$F_4$  is formation of a control coefficient matrix KDE.

$A_5$  is determination of the total treatment coefficient for the entire symptom complex of the patient.

$A_6$  is determination of the number of drugs  $j$  involved in the process of forming preventive measures.

$P_{718}^9$  is checking the conditions for choosing drugs  $j \geq m$  from the entire set included in the database.

$K_8$  is number of implementations counter  $J$  (acts  $J+1$ ).

$A_9$  is determination of the relative magnitude of the treatment effectiveness of the patient's symptom complex  $i$  in terms of unit of drug.

$P_{10111}^{12}$  is checking the conditions for enumerating the relative values of the treatment effectiveness of the patient's symptom complex  $i \geq n$ .

$K_{11}$  is number of implementations counter  $I$  (acts  $I + 1$ ).

$A_{12}$  is determination of the relative value of the treatment effectiveness of each patient's diagnosis  $k$  in terms of unit of drug.

$P_{13114}^{15}$  is conditional test  $k \geq l$ .

$K_{14}$  is number of implementations counter  $K$  (acts  $K + 1$ ).

$H_{15}$  is determination of the prescription space with the maximum treatment effect.

$H_{16}$  is definition of prescription space, including the minimum number of drugs.

$F_{17}$  is formation of the output array of information about drugs involved in the formation of therapeutic and preventive measures.

$F_{18}$  is formation of an input array of information about the probability of severity changes of patient's current condition.

$A_{19}$  is determination of the likelihood of adverse reactions  $P_K$  for the entire treatment period.

$P_{20121}^{22}$  is conditional test  $i \geq n$ .

$K_{21}$  is number of implementations counter  $I$  (acts  $I + 1$ ).

$F_{22}$  is formation of an output array of information about predicted probabilities of changing the severity of the patient's condition.

$P_{23124}^{29}$  is conditional test  $t = 0$ .

$K_{24}$  is number of implementations counter  $T$  (acts  $T + \tau$ ).

$A_{25}$  is health function approximation  $F(t) = \sum_{i=1}^n [a(1 - e^{-t_i/\tau}) - y_i]^2$  for given values  $a$  and  $\tau$ , where  $a$  is a numerical value of the effectiveness of therapy,  $\tau$  treatment curve time constant.

$A_{26}$  is determination of the time to achieve the maximum treatment effect  $t^*$ .

$P_{27128}^{29}$  is verification of the condition  $a < 0.75 * \tau < t^*$ .

$R_{28}$  is formation of a control rule for changing the control coefficient matrix KDE.

$OUT_{29}$  is end of the calculation and the issuance of the result.

The operator form of the modeling algorithm is as follows:

$$F_1 F_2 F_3 F_4 A_5 A_6 P_{7\uparrow 8}^9 K_8 A_9 P_{10\uparrow 11}^{12} K_{11} A_{12} P_{13\uparrow 14}^{15} K_{14} H_{15} H_{16} \\ F_{17} F_{18} A_{19} P_{20\uparrow 21}^{22} K_{21} F_{22} P_{23\uparrow 24}^{29} K_{24} A_{25} A_{26} P_{27\uparrow 28}^{29} R_{28} OUT_{29}.$$

Thus, the developed algorithm fully reflects the process of forming therapeutic and preventive measures when restoring disturbed equilibrium of the human body with drugs. This algorithm allows you to simulate the repertory process using modern computing systems, considering both the individual characteristics of the human body and the pharmacological properties of the drugs used for treatment.

The operator presentation scheme of the algorithm allows to freely navigate in the repertory process and quite fully reflects its logical structure which gives the prospect for the further development of information technology of individual choice of treatment tactics for patients with chronic diseases.

#### References:

1. Саканян Е.И., Шемерянкина Т.Б., Малкина Ю.К., Лякина М.Н., Постоюк Н.А. Современные подходы к оценке эффективности и безопасности лекарственных средств растительного происхождения в России и за рубежом // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-podhody-k-otsenke-effektivnosti-i-bezopasnosti-lekarstvennyh-sredstv-rastitel'nogo-proishozhdeniya-v-rossii-i-za-rubezhom>
2. Yakubovska, S., Vysotska, O., Porvan, A., Yelchaninov, D., & Linnyk, E. (2016). Developing a method for prediction of relapsing myocardial infarction based on interpolation diagnostic polynomial. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(9), 41-49. doi:10.15587/1729-4061.2016.81004

UDC 004.621

### DEVICE FOR DISPLAYING INFORMATION OF THE STATE OF BIOLOGICAL SEMI-TRANSPARENT OBJECTS

E. I. Sokol, K. V. Kolesnik, T. V. Bernadskaya

National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute",

61000, Kharkiv, vul. Kirpicheva, 2, department. «Industrial and biomedical electronics»

тел. (057) 707-66-09, E-mail: kolesniknet@ukr.net

In this work, we consider a device for creating a three-dimensional image of microobjects that refract light, in particular, red blood cells in order to study the state of their plasma membranes, which contributes to the improvement of laboratory diagnostic techniques. In the proposed version of the experimental setup, the method of interferometry was used, and targeted optimization and modernization of the methods for forming the reference and object beam of rays were carried out, which significantly increased the technical and economic characteristics of the device.

The most important stage in the treatment of diseases of the human body is the diagnosis, the reliability of which is determined by the experience and knowledge of the doctor, as well as the results of laboratory tests. Modern methods of laboratory diagnostics are impossible without the use of the latest technology in the field of biophysics, nanoelectronics and other scientific fields, which allow to obtain information about the state of the course of vital metabolic processes of the patient's body. It is blood that most fully reflects this information; therefore, it is so important to improve precisely laboratory studies of blood organoids.

About half of the total blood volume of an adult is in red blood cells. Their cytoplasm contains hemoglobin containing a divalent iron atom, which is able to bind oxygen and is responsible for the transport of oxygen and carbon dioxide throughout the body [1]. To obtain complete information about these cells, it is not enough to conduct a quantitative assessment of them in a unit volume, but it is important to examine their shape. The difference in the form of red blood cells from normal is an indicator of the pathogenic process. The shape of red blood cells can be qualitatively assessed by having a three-dimensional image of them.

For blood biomicroscopy, a conventional light or electron microscope is used. The first gives only the opportunity to carry out only a quantitative calculation of Fig. 1a, and the second - to give another opportunity to evaluate the shape of the micro-object of Fig. 1b. [2].

However, along with the undeniable advantages, the electronic holographic interference microscope has several disadvantages: the need for fine tuning, high sensitivity to vibrations, complexity of implementation, significant

aberrations, a large number of optical elements of high cost. We have proposed a device not only combining all the positive factors of its predecessors, but also having higher medical, technological and economic indicators. The low cost and improved technical characteristics of this device will allow its use in biomedicine, and in particular in laboratory blood tests, and make diagnostics more accessible to the general public.

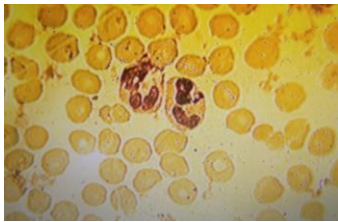


Figure 1a – Image of red blood cells under a light microscope



Figure 1b – Image of red blood cells by electron microscope

The proposed device is based on the fact that transparent microobjects change the phase of the light passing through them. This is due to the fact that transparent microobjects have their own refractive index different from the refractive index of the environment, and because of the complexity of the structure of such objects, the light wave passing through them acquires a phase character.

The principle of operation of this information display device is based on the phenomenon of interference and image fixing by a photodetector, with its further processing by a computer program for calculating the sphericity coefficient. We have created an experimental stand for obtaining a three-dimensional image of human blood red blood cells, which is the prototype of a digital holographic interference microscope, and is an optical-electronic device with a coherent light source. In order to obtain a strictly monochromatic light beam, a semiconductor laser was used to illuminate the sample under study [3]. The interference of light waves in this device is achieved by dividing a monochromatic beam of light into two - object and reference, followed by superimposing them on top of each other. The interference pattern that arises as a result of the interaction of the object and reference waves contains complete information about the amplitude and phase of the signal wave, that is, about the optical properties of the object.

To date, using the experimental stand, the first results of Fig. 2 have been obtained. Having conducted an analytical review of the currently available image options, we can confidently say that the results we obtained far exceed their analogues.

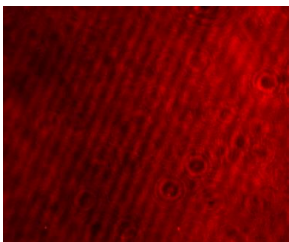


Figure 2a - The interference pattern in the absence of an object

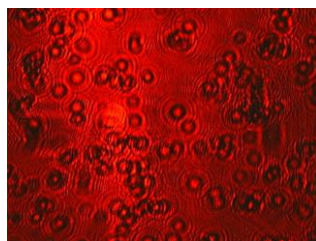


Figure 2b - The interference image of red blood cells with a magnification of 400<sup>x</sup>



Figure 2c - The interference image of red blood cells with a magnification of 900<sup>x</sup>

Subsequent computer processing of the image of the interference pattern without an object, together with the interference picture with an object, using the inverse Fourier transform methods, allows to obtain a three-dimensional image of a red blood cell.

Thus, the use of this device will significantly improve the quality of laboratory diagnostics of biological microobjects with a significant reduction in laboratory research costs.

#### References:

1. Ronin V.S., Starobinets G.M. Guide to practical exercises on clinical laboratory research techniques. M.: Medicine, 1989.pp. 217-237.
2. V.V. Moroz, A.M. Golubev, A.V. Afanasyev, A.N. Kuzovlev, Structure and function of an erythrocyte in norm and in critical conditions, M, General resuscitation, 2012, VII I; p. 2
3. Yevgen Sokol, Kostyantyn Kolisnyk Roman Tomashevskiy, Tatyana Bernadskaya Improving the Method of Interference Holography to Determine the State of Plasma Membranes // IEEE 39<sup>th</sup> international conference on electronics and nanotechnology / ELNANO-2019. april 16-18. 2019.. Igor Sicorski Kyiv Polstechnic insninune . Kyiv. Ukraint (Scopus)

UDC 004.9:616-71

**MEASUREMENT AND EVALUATION OF BLOOD PRESSURE, BLOOD FLOW PARAMETERS BY USING CAMERA**

V. Shulgin, A. Jadooei, O. Viunytskyi

National Aerospace University,

61070, Kharkiv, st. Chkalova 17, dep. 501, dep. 504,

e-mail: Leshauhrin@gmail.com

This paper attempts to survey a new approach of continuous measurement of blood pressure, that based on pulse propagation time between two points of blood vessel (PTT). In order to measure this time, signal processing and analysis of electrocardiogram (ECG), photoplethysmogram (PPG) were used. One of the new ways of the PTT measuring is recording and processing of the skin color changes due to the blood volume pulsations in the arteries and capillaries by using webcam and video image processing. In this study the ECG, PPG and the processed video taken from the camera are used to evaluate the accuracy of measurement of blood pressure using ECG-RGB and ECG-PPG methods.

One of the important parameters in the circulatory system of the human is blood pressure (BP). There are two traditional methods for BP measuring - invasive and non-invasive. In recent years, the search for new methods of continuous and non-invasive measurement of blood pressure has intensified. One of these methods is based on the measuring the rate of blood flow in different points of the artery or blood propagation time difference (PTT) in different points of arterial vessel [1, 2, 3]. For measuring this time, the processing and analysis of electrocardiography (ECG), and photoplethysmography (PPG) signals are used. In this paper, the possibility of BP estimation on the base of pulse propagation time measurement using patient face video image processing has been investigated. Around 100 years ago, I. Moens and DJ Korteweg investigated the dependency between blood pressure and velocity of the blood pulse wave in order to measure the arterial BP. This relationship can be written as follow:

$$PWV = \frac{\Delta d}{PTT} = \sqrt{\frac{g}{\rho} * \frac{Ea}{d}} \quad (1)$$

These parameters are: PWV - pulse rate, g - length of the vein part, E - elasticity of vein wall, a - blood vein wall thickness, d - dimension of vein,  $\rho$  - blood density. Several years later, Geddes L.A. stated Equation (1) as [4, 5] which indicated that stretching of the vein wall is not fixed and it depends on blood pressure:

$$E = E_0 * e^{\alpha P} \quad (2)$$

These parameters are: E - at zero pressure,  $\alpha$  - a constant value that depends on the vein wall, P - pressure value. Assuming that part of the artery with a fixed length L as well as replacing the equation (2) in equation (1) we can relate the propagation time of blood pressure to the pulse of the PTT. The equation is as follow:

$$(PTT)^2 = \frac{L^2 * \rho d}{g * E_0 * a} * (e^{\alpha P})^{-1} \quad (3)$$

The relationship between the PTT and P (BP) can be written as follow:

$$P = -\frac{2}{\alpha} \ln (PTT) + \frac{1}{\alpha} \ln \frac{L^2 * \rho d}{g * E_0 * a} \quad (4)$$

Finally, with regard to the relatively small changes of PTT and blood pressure (BP) by using Taylor series and linear approximation the relation (4) can be written as follow [6]:

$$P = -C_1 (\Delta PTT) + C_0 \quad (5)$$

This equation shows the line relationship between BP and PTT parameters. In this equation C1, C0 are coefficients for determining the fixed ratios for each sick. These coefficients in accordance to the above relations depend on the type of the artery, age and density of the patient's blood.

The studies were conducted for a group of 10 persons, aged between 20 to 33 years old. All test participants were in good health, without the circulatory system complications when tested. The position of the

participants during recording was in sitting state on a chair with an angle of 90 angles, with the left hand on the table without any movements. The measuring packet consists of a synchronous recording the ECG, PPG, colour video, and periodical BP measuring, using XAI-MEDICA CardioSens ECG+BP Holter monitor recorder - figure 1. In order to measure the PTT, a device for measuring ECG and PPG signals was designed. The device samples the ECG and PPG signals at the rate of 500 Hz. Data are transmitted to PC using the Bluetooth communication channel. The device is shown in figure 2.



Figure 1 – The CardioSens ECG+BP Holter monitor recorder



Figure 2 – The ECG+PPG recorder

The measurement procedure has been shown in figure 3. The patient video recorded by Logitech C210 PC webcam, automatically processed using Java Pulse-webcam software, together with the synchronously registered ECG and PPG signals. The webcam is capable the recording of 40 video frames per second. The view of the working window of the Pulse-webcam program is shown in figure 4.

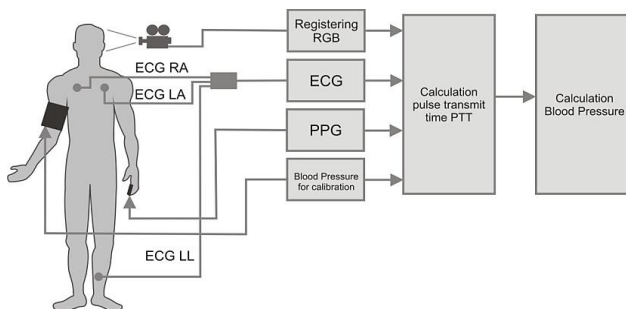


Figure 3 – Algorithm of blood pressure estimation using ECG\_PPG and ECG\_RGB

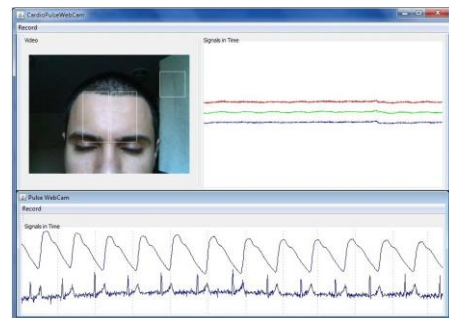


Figure 4 – The Pulse webcam software for synchronic recording the ECG, PPG signals, and video.

The results of investigation of two BP measurement algorithms on the basis of ECG\_PPG and ECG\_RGB are discussed below. According to the results, systolic blood pressure of relation (5) can be calculated using pulse propagation time parameter between the ECG, PPG, and the green channel of RGB\_PPG, obtained from the video. The way to calculate the systolic and diastolic blood pressure using PTT using ECG and PPG, has been shown in relations (6) and (7), as well as the way to calculate blood pressure using ECG and green channel of the video - in relations (8) and (9). The comparison between traces of ECG\_PPG, and ECG\_RGB estimated (predicted) BP, and actual BP data, measured by CardioSens BP recorder, is represented in figure 5. The comparison between ECG\_RGB estimated SBP and actual BP data is represented in figure 6.

$$SBP(PPG) = C0\_SBP + C1\_SBP = 269 - 0.66 \times PTTECG\_PPG \quad (6)$$

$$DBP(PPG) = C0\_DBP + C1\_DBP = 147 - 0.30 \times PTTECG\_PPG \quad (7)$$

$$SBP(RGB\_PPG) = C0\_SBP + C1\_SBP = 320 - 0.59 \times PTTECG\_RGB \quad (8)$$

$$DBP(RGB\_PPG) = C0\_DBP + C1\_DBP = 132 - 0.16 \times PTTECG\_RGB \quad (9)$$

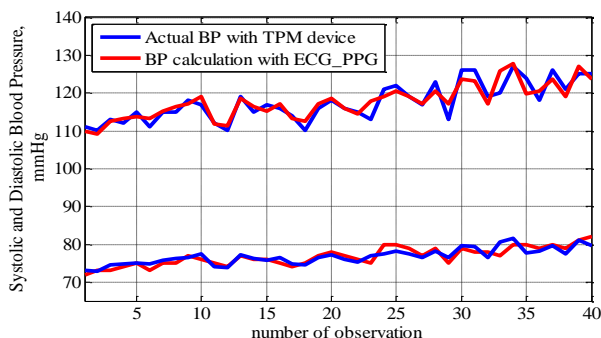


Figure 5 – SBP and DBP estimates using PTT

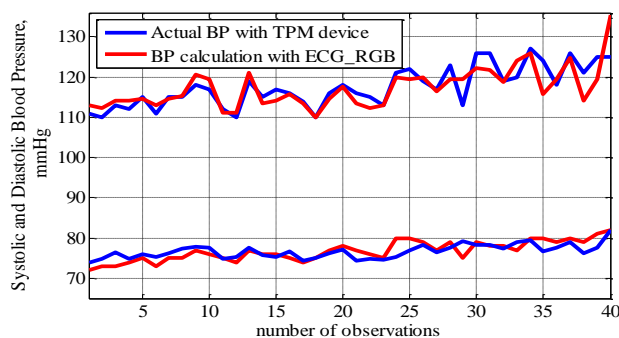


Figure 6 – SBP and DBP estimates using RGB\_PTT

The results of the study show that, based on a video image of a person's face recorded by a conventional personal computer's webcam, blood pressure can be measured. The accuracy of BP measuring using the proposed method is slightly lower than when using a standard pulse oximetric sensor applied to the finger as a pulse wave sensor. Further studies suggest the measurement of blood pressure without using an ECG channel. In this case, the PTT measurement will be performed between two points of the arterial bed - on the patient's face and at the point of the finger sensor.

#### References:

1. Hannu Sorvoja, «Noninvasive blood pressure pulse detection and blood pressure determination», 2006, pp. 17-33.
2. Federico S., Harinath Garudadri, «Noninvasive Cuffless Estimation of Blood Pressure from Pulse Arrival Time and Heart Rate with Adaptive Calibration», in Proc. IEEE BSN Conf., Cambridge, 2009, pp.114-115.
3. Soo-young Ye, «Estimation of Systolic and Diastolic Pressure using the Pulse Transit Time», J. World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 43, 2010, pp.726-731.
4. R. A. Payne, «Pulse transit time measured from the ecg: an unreliable marker ofbeat-to-beat blood pressure», J. Appl. Physiol., vol. 100, pp. 163–141.
5. Heiko Gesche, «Continuous blood pressure measurement by using the pulsetransit time: comparison to a cuff-based method», J. J. Appl. Physiol., 2011, pp.726-731.
6. V. I. Shulgin, Ali Jadooei,D.I., «Measurement of arterial blood pressure, on the basis of co-processing of a set of physiological parameters», J. Clinical Informatics and Telemedicine, vol. 9, 2012, pp.42-48.
7. Adaptive Algorithm for Continuous Monitoring of Blood Pressure Using a Pulse Transit Time/ Ali Jadooei, Zaderykhin O., Shulgin V.I.// XXXIII International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology in Proc. IEEE, April 19, 2013 Kyiv, Ukraine, pp.297–301.

#### УДК 628.1.033

### ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ В ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШКАХ БЕЗКОНТАКТНИМ МЕТОДОМ

А. Г. Андреева

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, тел.0978895474, e-mail: andrejevanst@gmail.com

In this paper, the aim of work – the study of informative indicators of the quality of drinking water in polyethylene terephthalate containers and the choice of methods for evaluating these parameters. Analysis of information sources proves that bottled drinking water requires constant quality assessment. Informative criteria for water quality in polyethylene terephthalate bottles can be assessed by contactless methods, including: contactless conductometry, infrared-radiation, ultraviolet-radiation, nuclear magnetic resonance. Analysis of information sources showed a significant deviation of the parameters of water quality in polyethylene terephthalate containers from existing standards, which confirms the need to develop technical means of control.

**Вступ.** Кількість споживаної людиною води на добу складає не менше 3-5л. Частина цієї води людина отримує в процесі живлення з їжі, але обов'язковою складовою повинна бути питна вода. Хімічний склад, наявність біологічних компонентів, складу розчинених газів істотно впливають на перебіг фізіологічних процесів в організмі людини. Як надлишок одних елементів, так і недолік інших



впливає на якісні показники води, які повинні відповідати нормативним характеристикам. Індустрія водопостачання в мегаполісах, масового виготовлення бутильованої води постійно піддається критиці служб санепідстанцій, екологічної безпеки, а особливо населенням. Тому завдання контролю якості води, напоїв на основі води є актуальною в сучасному цивілізованому суспільстві.

**Мета та завдання дослідження:** метою роботи є обґрунтування інформативних показників якості питної води в поліетілентерефталатовій тарі (ПЕТ) та вибір методів оцінки цих параметрів.

Серед загальної кількості показників якості питної води в ПЕТ тарі до найбільш інформативних відносяться наступні: загальна жорсткість, загальна лужність, вміст магнію, калію, кальцію, йоду, натрію, фтору [1].

Відхилення від норми цих показників (їх надлишок, або недолік) спричиняє погіршення якості питної води, на це, в свою чергу, позначається на загальному стані людини, яка її вживає.

Для оцінки даних параметрів існує ряд методів: хімічний, електрохімічний, оптичний, фотохімічний, хроматографічний. Поставленою задачею є вибір методів, які оцінюють якість безконтактно. А серед таких маємо тільки оптичні (фотометричний, спектрометричний, люмінесцентний) та електрохімічні (засновані на вимірі електрохімічних властивостей компонентів – окисного потенціалу, електричної провідності і т. д.). В основі оптичних методів лежить здатність всіх речовин поглинати променисту енергію у вигляді квантів, відповідних певним довжинам хвиль. Лінії або смуги поглинання при цьому розташовуються в ультрафіолетовій (УФ), видимій або інфрачервоній областях спектру і можуть використовуватися для кількісної оцінки. Використання фотоколориметричних аналізаторів води та інфрачервоних (ІЧ) аналізаторів вважаються найрезультативнішими, але за рахунок необхідності використовувати дуже рідкісне і складне устаткування є і найменш вживаними, дорогими [2]. На відміну від оптичних методів, електрохімічний є більш доступним. Простота виконання вимірювань, легкість автоматизації, висока чутливість роблять ці методи досить перспективними в аналізі води.

Одна із основних електричних характеристик будь-якого середовища - діелектрична проникність – у випадку води демонструє незвичайні для рідин особливості. Велике значення діелектричної проникності пояснюється особливостями молекули  $H_2O$ . Для визначення діелектричної проникності поширене використання безконтактної високочастотної кондуктометрії, яка заснована на взаємодії електромагнітного поля високої частоти (від 1 до 100 МГц) з речовиною, через ізольовані від речовини електроди.

Також застосовується метод радіочастотної спектроскопії на основі ядерного магнітного резонансу (ЯМР). В результаті резонансного поглинання випромінювання електромагнітної енергії речовиною, що містить ядра з ненульовим спіном в зовнішньому магнітному полі, на частоті ЯМР-резонансу, можливе визначення наднизьких концентрацій хімічних сполук [3].

В сьогоденній практиці оцінки якості води використовується методика визначення концентрацій солей, розчинених в питній воді. Для оцінки цього показника застосовують контактне вимірювання електропровідності, зумовлене наявністю солей в розчині. Прилади, які реалізують цей підхід отримали назву солеміри. Наприклад, Солемір TDS Meter 3, кишеньковий кондуктометр CD 601, професійний прилад-аналізатор Milwaukee H58 Martini, який вимірює рівень кислотності рН, окислювально-відновний потенціал і температуру води. Хоча ці прилади мають високу точність, малі габарити, невеликий розмір, низьке енергоспоживання і є зручними для користувача, все ж таки вони потребують обов'язкового контакту з оцінюваним середовищем [4].

**Висновки.** Таким чином, до основних інформативних показників якості питної води можна віднести: загальну жорсткість, загальну лужність, вміст магнію, калію, кальцію, йоду, натрію, фтору. Проаналізувавши методи оцінки якості води, до найбільш перспективних для аналізу якості питної води в пластикових пляшках безконтактним методом віднесені: безконтактна кондуктометрія, ІЧ- та УФ-фотометрія, ЯМР-спектроскопія. Але серед існуючих апаратних реалізацій немає жодного пристрою, який оцінював би показники якості води безконтактним методом [5]. На розробку апаратних радіоелектронних засобів спрямовані подальші дослідження за даною тематикою.

#### Перелік посилань:

1. ГОСТ 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання", реєстраційний № 136/1940 від 15.04.97 р
2. Грачев, И. А. Современные методы контроля качества и безопасности воды / И. А. Грачев, И. В. Антонович // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2011»: мат. VI междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 20-23 сент. 2011. – Новочеркасск : Лик, 2011. – С.181-186.
3. Жебентяев А. И. Электрохимические методы анализа / Жебентяев А. И., Жерносек А.К., Талуть И.Е. - Витебск, 2015. – 135с.

4. Оцінка можливості доочистки питної води міста Черкаси за допомогою побутового фільтру «Бар`єр-норма» / Т.П. Гончаренко, О.Г. Гончаренко / Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2/2008 (49) Частина 2, 2008. - С.129-132.

5. Краснова Т.А. Экспертиза питьевой воды. Качество и безопасность: учеб. пособие./ Краснова Т.А., Юстратов В.П., Позняковский В.М. - М.: ДеЛи принт, 2011. - 280 с.

УДК 621.372 + 681.3

**ТЕХНОЛОГІЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЦЕБИТТЯ У РАКОПОДІБНИХ**

О. В. Архіпов

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків  
61070, Харків, вул. Чкалова 17, кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, тел. 0960235945, e-mail: arhipov.alexander98@gmail.com

There are several systems that work with crayfish cardiac activity, such as CAPMON and NICCAM. Mostly these systems work IR sensors which are placed on crayfish carapace that can influence crayfish behavior. We are looking for a solution of this problem by creating contactless systems of crayfish heartbeat detection.

Зараз у всьому світі стоїть питання моніторингу екологічного стану водойм, тому що близько 80% питної води йде з водойм. Тому забезпечення водою населення є актуальним питанням донині. Якщо є забруднення води, ми повинні посилювати системи фільтрації. За статистикою, в сільській місцевості близько 90% всіх сільських жителів постійно використовує забруднену воду. Біологи довели, що індикатором екологічного стану дна є донні мешканці, зокрема, раки. Раки чутливі до змін у хімічному складі води. Частота їх серцевих скорочень (ЧСС) у активний період (рис. 1) є індикатором стану їх здоров'я [1]. Однак для її виміру необхідний неінвазивний метод без будь-якого контакту з панциром раку, щоб не вводити його в стресовий стан. Відомі методи зняття ЧСС за допомогою ІЧ датчиків [2], але ці методи використовувалися у акваріумах і не можуть бути застосовані у природних водоймах.

Пропонується визначати ЧСС ракоподібних у природних водоймах за технологією ультразвукового дистанційного зондування. Вважається, що серцеві скорочення мають приводити до частотної модуляції відбитого сигналу, яка може бути виявлена за рахунок кореляційної обробки сигналів, що приймаються. Для виявлення цих кореляційних зв'язків проводилися лабораторні дослідження за методикою, що запропоновано у [3]. Структура стенду наведена на рис.2.

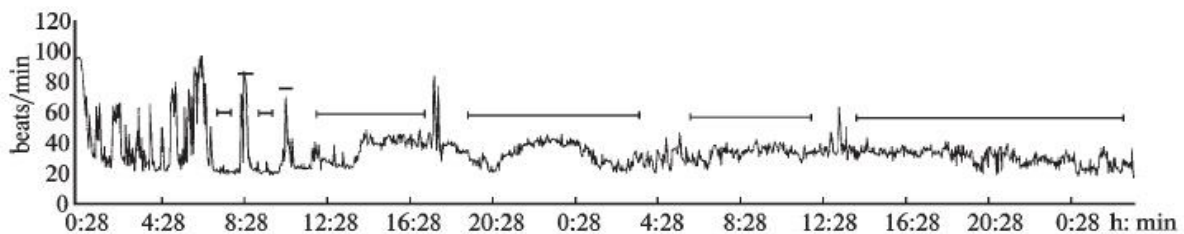


Рисунок 1 – Динаміка показників ЧСС у раків за 2 дня запису. Ордината (уд / хв), абсциса: час 24-годинного періоду. Проміжки між прямими - періоди активного неспання, пряма лінія - періоди відпочинку (тварина нерухома).

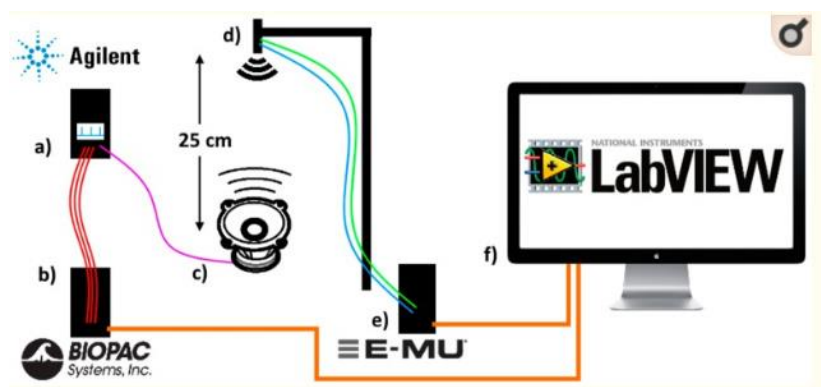


Рисунок 2 – Стенд для експериментальних досліджень [3]

У експерименті генератор сигналів (рис. 2 -а) генерує імпульсний сигнал з коефіцієнтом заповнення 0,5%, імітуючи серцебиття об'єкту дослідження. Форма сигналу вводиться до ЕОМ за допомогою аналого-цифрового перетворювача (b). Імпульсом генератору збуджувалася мембрана динаміка (c), яка вібривала з обраної частотою (від 0,75 Гц до 3,6 Гц), імітуючи коливання панциру раку. На відстані 25 см ультразвуковий сенсор (d) фіксував ці коливання. Через аналого-цифровий перетворювач (e) данні вводяться у ЕОМ (f), де обидва отриманих сигнали обробляються за допомогою програмного забезпечення LabVIEW.

У якості моделі опорного сигналу використовувався сигнал з частотно-імпульсною модуляцією:

$$e(t) = \cos((w + \omega(t)) \cdot t), \quad (1)$$

де  $w$  – центральна частота ультразвукового перетворювача,  $\omega(t)$  – частотна модуляція сигналу внаслідок коливання об'єкту.

Порівняння відбитого сигналу  $s(t)$  з еталонним (1) виконувалося шляхом обчислення взаємної кореляційної функції:

$$R(\tau) = \int s(t) \cdot e(t - \tau) dt \quad (2)$$

Взаємна кореляційна функція (2) обчислювалася методом швидкого перетворення Фур'є для частини сигналу. Зареєстрований сигнал та його взаємна кореляційна функція наведені на рис. 3.

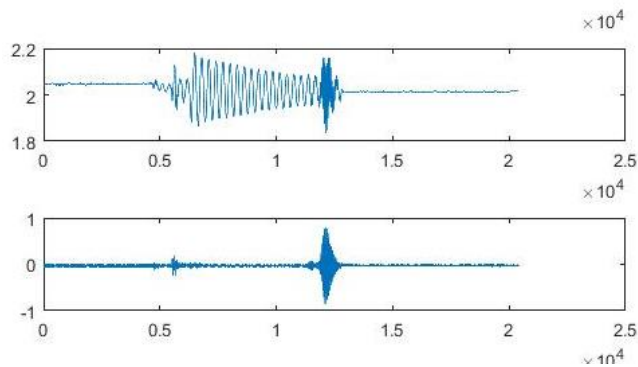


Рисунок 3 – Обробка вхідного сигналу

Таким чином для оперативного екологічного моніторингу стану водойм пропонується використовувати дані дистанційних досліджень стану здоров'я ракоподібних. Запропоновано вимірювати їх ЧСС методами ультразвукового дистанційного зондування з наступною кореляційною обробкою отриманих сигналів.

**Перелік посилань:**

1. V. P. Fedotov, S. V. Kholodkevitch, and G. P. Udalova Cardiac Activity of Freshwater Crayfish at Wakefulness, Rest, and “Animal Hypnosis” [Електронний ресурс]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S0022093006010078>
2. A. Aagaard, B. B. Andersen, M. H. Depledge Simultaneous monitoring of physiological and behavioural activity in marine organisms using non-invasive, computer-aided techniques [Електронний ресурс]. URL: <https://www.int-res.com/articles/meps/73/m073p277.pdf>
3. J. Kranjec, S. Beguš, G. Geršak, M. Šinkovec, J. Drnovšek, and D. Hudoklin “Design and clinical evaluation of a non-contact heart rate variability measuring device [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5712847/>

**УДК 621.38.004:519.876.2**

**УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БИМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ МАРКОВСКОМ ДИФфуЗИОННОМ ОПРЕДЕЛЯЮЩЕМ ПАРАМЕТРЕ**

М. Ф. Бабаков, А. С. Албул

Национальный аэрокосмической университет им. Н.Е. Жуковского\

«Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, кафедра радиоэлектронных и биомедицинских компьютеризированных средств и технологий, тел. (057)788-43-53, e-mail: m.babakov@khai.edu

The optimal operation algorithm for the state of electronic equipment, a change in the determining parameter, which is described by a homogeneous Markov process, is considered. It is proposed to use a diffusion non-monotonic distribution with an a priori and a posteriori parameter estimation for its synthesis.

Эффективным путем обеспечения надежного функционирования биомедицинской радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА) является переход от традиционной системы её эксплуатации по ресурсу к эксплуатации по состоянию [1, 2].

При проведении периодических проверок устанавливается техническое состояние систем (блоков) БРЭА. В качестве параметров, характеризующих уровень технического состояния блоков, используют величину отклонения от номинальных значений их выходных сигналов (величины выходного напряжения для блоков питания, частоты сигналов для стабилизаторов и генераторов частоты и т.п.).

Реализация этой стратегии позволяет сократить число отказов, вносимых при выполнении работ по обслуживанию, регулировке, монтажу и демонтажу БРЭА. Коэффициент готовности систем, управляемых по состоянию, выше, чем у систем управляемых по наработке [1].

Известно решение задачи оптимального управления состоянием системы с определяющим параметром  $x(t)$  при его описании однородной цепью Маркова с матрицей стационарных вероятностей перехода  $\|q_{ij}\|$  с уровня  $i$  на уровень  $j$  и минимизацией средних удельных потерь от принимаемых решений (или максимизацией коэффициента готовности) [1, 2].

Основной трудностью при этом является определение элементов  $q_{ij}$  матрицы переходов.

Прямой путь их статистического оценивания на основе предварительного опытного наблюдения за достаточно предварительной выборкой одинаковых объектов является проблематичным из-за экономических соображений и уникальности самих объектов.

Авторы рассматривают использование для решения данной задачи адекватной модели деградации определяющего параметра, допускающей возможность применения оценки параметров модели по априорным (справочным) данным на этапе планирования наблюдений и их коррекции при апостериорном наблюдении процесса. В качестве такой модели рекомендуется использовать марковский немонотонный диффузионный процесс деградации, свойственный радиоэлектронным (электронным) компонентам и в целом БРЭА.

Рассмотрение краевых условий, соответствующих немонотонному характеру реализаций параметра  $x(t)$ , наличию или отсутствию мгновенной индикации отказа, а также одностороннему или двустороннему ограничению области работоспособности позволяет получить решение уравнение Фоккера-Планка-Колмагорова  $\omega(x, t, x_0, t_0, a, b)$  в виде плотностей вероятностей перехода процесса  $x(t)$ .

Параметры деградации  $a, b$  оцениваются как априорно по справочным данным о надежности комплектов элементов и частей БРЭА, так и апостериорно по наблюдениям реализаций процесса  $x(t)$ .

Знание оценок параметров  $a, b$  позволяет рассчитать по приведенным в докладе соотношениям значения элементов  $q_{ij}$  матрицы переходов процесса  $x(t)$  и синтезировать дискретный оптимальный алгоритм управления состоянием БРЭА.

#### Перечень ссылок:

1. Бабаков М. Ф. Алгоритм управления состоянием электронной аппаратуры при диффузионной модели деградации определяющего параметра / М. Ф. Бабаков, И. И. Дерюга // Радиоэлектронные и компьютерные системы – 2007, №1 (20) – с. 17 – 24.
2. Бабаков М. Ф. Управление состоянием радиоэлектронной аппаратуры при эксплуатации: учебное пособие / М. Ф. Бабаков, И. И. Дерюга – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 68 с.

#### УДК 614.2+004.89

### КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ АКУСТИЧНИХ ШУМІВ ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЛЕГЕНЬ

М. Ф. Бабаков, Д. В. Іщенко, В. І. Луценко

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»,

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра радіоелектронних і біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій (№ 502), тел.: (057) 763-43-45, e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua, факс: (057) 315-05-21

The concept of building a multi-channel automated system for the analysis of acoustic noise for the differential diagnosis of the lung state is considered. The system is built on a hierarchical principle: the first step is individual means, the second and third are subsystems of the regional level (district, city, region), the fourth level is nationwide. To describe the information exchange processes, mathematics of fuzzy sets and queuing theory are used.

**Вступ.** Захворювання легень займає одне з перших місць в статистиці втрат працездатності у всіх країнах світу (особливо, що мають розвинену промисловість). Використання сучасних інформаційних технологій при створенні автоматизованої системи аналізу акустичних шумів для диференціальної діагностики стану легень і серця дозволяє створити сучасну систему диспансеризації та моніторингу захворювань легень і серця у населення України.

**Метою роботи** є обговорення концепції побудови багатоканальної автоматизованої системи аналізу акустичних шумів для диференціальної діагностики стану легень.

**Основна частина.** Для вирішення проблеми диспансеризації та моніторингу стану легень і серця у населення на основі аналізу акустичних шумів можуть використовуватися підходи, засновані на сучасних інформаційних технологіях, що дозволяють створити просторово розподілену - «хмарну» систему аналізу, яка будується за ієрархічним принципом. Першою сходинкою є індивідуальні споживачі (населення), які використовують інтелектуальні акустичні сенсори, з'єднані зі смартфонами, а також системами бездротового зв'язку з домашніми РС, на яких встановлені спеціальні програмні продукти для автоматизації процесу моніторингу стану легень по акустичним шумам. Це дозволить вирішувати проблему первинної діагностики стану легень на дому і створити «віртуального домашнього лікаря». Автоматизація процесу первинної діагностики на дому дозволить істотно знизити навантаження на другу сходинку системи - районні поліклініки та лікарні. Записи акустичних шумів споживачів передаються в їх районні поліклініки для додаткової обробки, діагностики та зберігання в базах даних шумів і особистій папці споживача, де будуть накопичуватися протягом життя акустичні портрети шумів його легень, як у нормальному стані, так і при патологіях. Районні поліклініки та лікарні, які будуть складати другу сходинку системи диспансеризації повинні бути обладнані багатоканальними системами моніторингу акустичних шумів легень. Поєднання одноканальних індивідуальних засобів моніторингу на основі смартфонів і РС споживача з багатоканальними професійними, якими обладнуються лікарні та поліклініки, дозволить створити гнучку розгалужену інформаційну систему, необхідну для диспансеризації населення країни. Крім того такий підхід дозволяє створити розгалужену базу даних еталонних шумів, властивих патологіям органів дихання людини, що дозволить проводити підготовку студентів медиків та перепідготовку лікарів пульмонологів і терапевтів з метою підвищення їх кваліфікації. На третьому рівні, що включає міські та обласне управління охорони здоров'я будуть узагальнюватися дані диспансерного обстеження населення отримані на другому рівні, що створить умови для обробки даних третього рівня в межах країни на четвертій сходинці системи.

В системі управління процесом диспансеризації легеневих патологій населення по акустичних шумам, особливо у випадках неповноти даних, пропонується застосування систем, заснованих на математиці нечітких множин (fuzzy sets) і нечіткої логіки (fuzzy logics). Завдання забезпечення населення медичними послугами різного рівня складності є багатокритеріальною завданням [1, 2] з невідомими параметрами, які можуть бути представлені нечіткими числами. Для цього випадку завдання багатокритеріального аналізу може бути визначено, як процес знаходження екстремуму нечіткого відгуку  $\tilde{Z}$  від вектора  $\tilde{X}$  рішення на наборах нечітких функцій:

$$\tilde{Z}(\tilde{X}) = \{\tilde{f}_1(\tilde{x}), \tilde{f}_2(\tilde{x}), \dots, \tilde{f}_n(\tilde{x})\}, \quad (1)$$

де:  $\tilde{f}_j(\tilde{x})$  - цільові нечіткі функції, визначені на векторах  $\tilde{X}$  нечітких критеріїв.

Для знаходження рішення використовуються модифіковані для математики нечітких чисел градієнтні методи пошуку оптимуму регресійних моделей [1].

Для оцінки обсягів інформаційних потоків, якими відбувається обмін між різними ієрархічними рівнями системи можна використовувати теорію масового обслуговування і математичну теорію поширення епідемій. Моделювання інформаційних потоків показує, що якщо на першому рівні системи для окремих користувачів потрібний обсяг інформації, що зберігається не більше 1,5 ГБ, то на наступному рівні в поліклініках і лікарнях біля 10ТБ. На рівні обласних управлінь охорони здоров'я він збільшується до 1000ТБ, а в загальнодержавному масштабі - до 20000ТБ. Зберігання та обробка таких великих обсягів інформації неможлива без застосування грид-технологій, створення, починаючи з другого рівня системи диспансеризації грид-кластерів, що використовують спеціальне програмне забезпечення (Middleware), яке забезпечує можливість паралельного програмування, раціонального розподілу інформаційних потоків і функціонування грид середовища.

#### **Висновки:**

1. Система аналізу шумів легень будується за ієрархічним принципом. Першим її рівнем є технічні засоби індивідуального споживача (смартфони, РС і інтелектуальні сенсори), які дозволяють

реалізувати концепцію віртуального особистого лікаря, забезпечуючи можливість постановки первинного діагнозу і обміну інформацією з підсистемами більш високого рівня. Ця ж підсистема забезпечує зберігання індивідуальних даних стану шумів легень в межах всього життєвого циклу об'єкту.

2. Системи вищих рівнів від регіонального до загальнодержавного (другого, третього і четвертого) служать для проведення більш складних видів багатоканальної, багатокритеріальної діагностики та зберігання баз даних акустичних шумів населення як в нормальному так і патологічному станах, які використовуються для моніторингу і диспансеризації населення, створення і оптимізації технологій діагностики, лікування та профілактики захворювань легень.

3. У зв'язку з величезними обсягами інформації, що зберігається і переробляється доцільно застосування смарт-грид хмарних інтелектуальних технологій, що дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів між ієрархічними рівнями системи.

#### Перелік посилань:

1. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях. Вопросы анализа и процедуры принятия решений: сб. переводов под ред. И. Ф. Шахнова / Р. Беллман, Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – С. 178-215.

2. Луценко В.И. Концепция построения и математическая модель многоканальной автоматизированной смарт-грид системы диспансеризации населения с использованием акустических шумов для дифференциальной диагностики состояния легких Луценко В.И., Ло Иян, Бабаков М.Ф // VII Міжнародна науково-практична конференція «Обробка сигналів і негаусівських процесів», 23 – 24 травня 2019 р., м. Черкаси, Україна./ Праці VII Міжнародної науково-практичної конференції "Обробка сигналів і негаусівських процесів".-2019. -С.97-99.

#### УДК 32.50.5

### АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАПАЛЕНЬ ТА КОНТРОЛЮ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ

М. Є. Білов, О. Г. Дудко, К.І. Голунга, О. М. Сорочан, О. Г. Шайко-Шайковський  
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,

58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2, кафедра професійної та технологічної освіти і загальної фізики,  
тел.: 050-255-77-50, e-mail: shayko@bk.ru

Developed by the authors examined the equipment using the sensor on the anisotropic semiconductor crystals. The measurements are performed remotely, in a contactless manner to assess the radiative heat fluxes of biological and industrial objects in static and (or) dynamic modes, depending on the specifics of the object, the conditions of research and possible methods of measurement. Temperature accuracy was 0,05° C.

**Вступ.** Серед заходів, які передують процесу лікування хворих є стадія первинної діагностики, коли первинно визначається імовірне захворювання, та плануються ті чи інші лікувальні заходи, обирається технологія лікування та її медикаментозне забезпечення. Одним із симптомів захворювання, розладів є змінення температури всього, або деяких ділянок тіла пацієнта. Причиною таких температурних «аномалій» можуть бути запалення (поверхневі та внутрішні), інфекційні хвороби тощо. В деяких випадках контактне вимірювання температури небажано, а в деяких – просто не можливо. Сюди слід також віднести контроль швидкості загоєння післяопераційних швів, ран, опіків. Проте, - об'єктивна оцінка величини температури в місці подразнення може дати дуже цінну інформацію про стан організму та метаболізму в цілому.

**Основна частина.** В ЧНУ ім. Ю. Федьковича розроблено апаратно-програмний діагностичний комплекс, який дозволяє дистанційно вимірювати температуру певних ділянок тіла пацієнта. Точність вимірювань складає 0,05° C. Вимірювання можуть здійснюватися в двох режимах: дискретному та неперервному (сканування). Тривалість експозиції при вимірюванні кожної точки, а також інтервал часу між контрольними точками при дискретному визначенні температури залежить від того, який орган обстежується, на якій глибині він знаходиться. Отримана інформація записується в пам'ять приладу, фіксується там та може бути проаналізована на ноутбучі в будь-якому закладі чи лабораторії, оглянута одразу, або – за участю групи лікарів. Програма, яка спеціально була створена для роботи комплексу заздалегідь передбачає накопичення інформації, аналіз її та узагальнення. При цьому на екрані монітора висвічується можливий попередній діагноз, який в подальшому буде уточнюватися спеціалістами-медиками. За допомогою комплексу можуть досліджуватися хвороби ендокринної системи, мамологічні дослідження, гінекологія, хвороби нирок, розлади кишківника, контролюватися процеси загоєння післяопераційних швів, опіки тощо. Отримана інформація, у відповідності із розробленим програмним забезпеченням систематизується, класифікується та міститься у базі даних із

датою обстеження, прізвищем хворого та його даними, які обов'язково фіксуються згідно протоколу в історії хвороби й можуть в необхідний момент часу бути виведеними на екран монітора, а також – передаватись до лікаря по мобільним каналам зв'язку. Наявність такої апаратури в клінічних закладах може суттєво прискорити та полегшити первинне обстеження хворих, адже в багатьох випадках втрата часу може створити дуже непоправні наслідки. Нижче, у таблиці 1 наведено деякі технічні характеристики комплексу.

Таблиця 1. – Технічні характеристики інформаційно-вимірювального діагностичного комплексу

№ п/п	Параметр	Одиниці вимірювання	Значення
1	Приймач ІЧ випромінювання, неохолоджуваній, на основі анізотропних термоелементів, розділення не гірше	В/Вт	0,2 – 0,4
2	Ціна поділки цифрової шкали, не гірше	°С	0,05
3	Температура досліджуваного об'єкта	°С	20 - 42
4	Час однієї експозиції	с	1
5	Час виходу на режим, не більше	хв	30
6	Тривалість неперервної роботи, не менше	година	8
7	Температура оточуючого середовища	°С	10 - 35
8	Відносна вологість повітря при 25°С, не більше	%	80

Комплекс оснащений вимірювальною головкою, чутливий блок якої працює на анізотропних напівпровідниках, розмір самої головки разом із запам'ятовуючим пристроєм – приблизно складає габарити пачки цигарок. Для забезпечення неперервності вимірювань на кришку вимірювальної головки виведено сигнальну лампочку, яка сигналізує про завершення зняття показань у кожній точці. Крім того, в цей момент включається також звуковий сигнал, щоб привернути увагу дослідника. Всі перераховані конструктивні характеристики комплексу підвищують його надійність та зручність вимірювань з його допомогою.

**Висновки.** Комплекс може експлуатуватися в умовах мобільних пересувних амбулаторій, сільських клінік, фронтних шпиталів. Перевірка надійності роботи комплексу здійснена на базі декількох лікувальних закладів України, де він показав свою високу надійність та ефективність.

#### Перелік посилань:

1. Калугін В.О., Пішак В.П. Динамічна радіаційна теплотрія. Можливості і перспективи.-Чернівці, - Прут. -2009.- 244 с.
2. Калугін В.А., Гоженко А.И., Ветошников В.С., Белов М.Е. Способ динамической теплотрии. - Медицинская техника, №4, Москва: Медицина. -1989.-с.44.
3. Белов М.Е., Ветошников В.С., Гоженко А.И. и др. А.С. СССР, № 1261621, Открытия и изобретения. - 1986.-№37.
4. Комплекс «Термодин» для дистанционного измерения температуры / Труды Междунар симпозиума «Надёжность и качество-2014»,/Зиньків О.И., Белов М.Е., Сапожник В.Н., Бильк Г.А., Шайко-Шайковский А.Г. - Пенза, Россия,-2014.- с.113-116.

#### УДК 004.052.4

### ДООПРАЦЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКГ-ФОТОМЕТРИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ

В. М. Будник, Т. М. Риженко, М. І. Мудренко, М. М. Будник  
 Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова Національної академії наук України,  
 Відділ пристроїв, систем та технологій безконтактної діагностики,  
 03187, Київ, проспект Академіка Глушкова, 40,  
 тел.: +380 (067) 2858760, e-mail: budnykv@meta.ua

Purpose of work is development of improved software for ECG-photometric device. General structure and software work of is described. Main electromagnetic compatibility tests for conformity assessment of device are presented. Software errors were detected during testing. Changes were implemented in software to fix errors.

**Вступ та постановка задачі.** На сьогодні вже більше 20 років в Інституті кібернетики розробляється біомагнітна апаратура. Одним з актуальних та перспективних напрямків у цій сфері є поєднання у одному приладі електрокардіографії та фотометрії [1-3] для оцінки стану серцево-судинної системи. У зв'язку з цим починаючи з 2015 року в Інституті кібернетики відбувається розробка «ЕКГ-фотометричного комплексу». Для забезпечення можливості використання комплексу за призначенням у медичних закладах проводиться доопрацювання комплексу, що включає модифікацію не тільки апаратної частини, а й програмного забезпечення (ПЗ). Мета роботи – доопрацювати програмне забезпечення комплексу, яке б дозволило пройти оцінку відповідності комплексу у ДП «Укрметртестстандарт».

**Опис будови і принципу роботи комплексу.** Комплекс призначений для введення, зберігання та аналізу ЕКГ та пульсометричного сигналу, що дозволяє провести оцінку стану серцево-судинної системи. До складу комплексу входять блоком обробки сигналів (БОС), ЕКГ-кабель з 4-ма стандартними електродами, один кабель USB для обміну даними між ноутбуком та БОС та 2 кабелі USB, на одному з яких оптична плоска головка (для прикладання до певної ділянки тіла), а на другому – оптична пальцева головка, ноутбук, ПЗ “PulseWave”. Робота комплексу полягає у наступному: сигнали безконтактно реєструються сенсорами і ЕКГ електродами та передаються через БОС до ПК.

ПЗ “PulseWave” включає наступні модулі: 1) модуль керування та введення даних; 2) модуль обробки і аналізу ЕКГ та пульсометричних сигналів; 3) модуль зберігання електронної картки пацієнта, зареєстрованих сигналів, результатів обробки та аналізу у базі даних; 4) інтерфейс користувача.

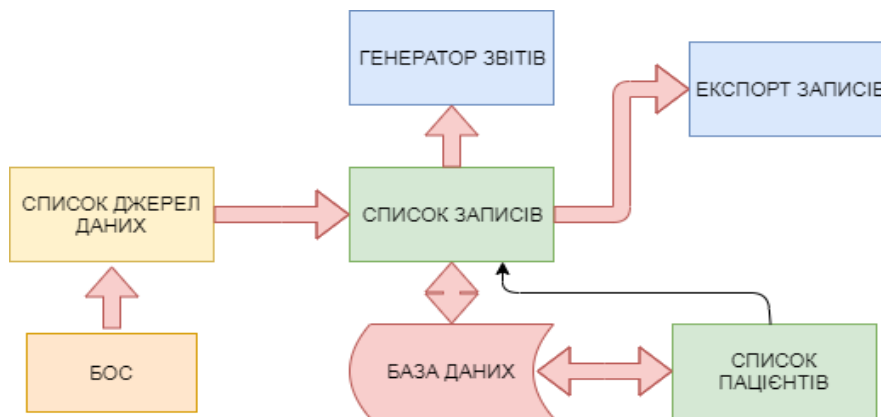


Рисунок 1 – Схема роботи з базою даних

Схема роботи ПЗ з базою даних на рис.1. У ПК сигнали записуються і зберігаються у «Базі даних». Перед початком запису сигналу користувач має вибрати джерело вхідного сигналу зі «Списку джерел даних». Він також може налаштувати параметри запису та каналів. У будь-який час після проведення запису сигналів користувач може переглянути список пацієнтів та їх записів із бази даних, обробити їх, експортувати записи пацієнтів. Результат роботи ПЗ: у результаті обробки «Генератор звітів» генерує звіт про обстеження, який може бути використаний лікарем для встановлення діагнозу.

**Матеріали і методи.** Проведення оцінки відповідності починається з тестування приладу на електромагнітну сумісність (ЕМС). ЕМС проводиться у два етапи:

1) стійкість до випромінювання – перевіряється реакція приладу на вплив випромінюючої антени з синусоїдальним сигналом частотою 50-70Гц. Для проведення цього етапу тестування комплекс було встановлено і запущено у екранованій кімнаті. Після цього спеціальною випромінюючою антенною проводиться опромінення приладу з різних боків тривалістю не менше ніж 0,5 секунди кожен та з частотами сигналу від 50 до 70Гц. При кожному з таких опромінь перевіряється стійкість приладу і його ПЗ до збоїв у роботі.

2) стійкість до зовнішніх завад – випробування на електростатичний розряд  $\pm 2, 4, 8, 16$ кВ. Для цього етапу тестування комплекс було розміщено на стенді (стіл, вкритий металічною пластинною з приєднаними контактами заземлення). Тестування полягало у подачі розряду на корпус БОС, на ЕКГ електроди та на пульсометричні головки з напругою  $\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16$  кВ. При цьому перевірялась робота складових частин комплексу, включаючи програмне забезпечення на ноутбуці. При тестуванні виявлено наступні збої: зависання мікроконтролера БОС, блокування портів USB, зависання ПЗ.

**Результати доопрацювання ПЗ.** Для усунення виявлених збоїв було вирішено внести наступні зміни:



1) можливість примусового перезапуску приладу кнопкою «Reconnect» у програмі зчитування сигналу;

2) реалізовано програмний модуль WatchDoc, що передбачає протягом 5 секунд аналіз вхідного сигналу від приладу до ПК та обнулить їх за необхідності, тим самим перезапустити модуль реєстрації даних;

3) застосовано світлофорну логіку у програмі реєстрації даних. У верхній частині екрану добавлено світловий індикатор, зміна кольору якого попереджує користувача про вихід сигналу за межі робочого діапазону. Крім цього у такій ситуації ПЗ примусово зупиняє запис сигналу і потім проводить самодіагностику для повернення до роботи протягом 5 сек після примусової зупинки.

**Висновки.** В роботі розглянуті структура та принцип роботи ПЗ ЕКГ-фотометричного комплексу. Описано основні етапи, що проходить комплекс при проведенні оцінки відповідності у ДП «Укрметртестстандарт». Також описано основні зміни, що внесені в ПЗ комплексу та ефект від їх застосування. Ці зміни в поєднанні з апаратним вдосконаленням БОС дадуть змогу успішно пройти оцінку відповідності вимогам технічного регламенту на медичні вироби.

#### Перелік посилань:

1. А.П. Казмірчук, Г.В. Мясников, С.В. Софієнко, О.О. Бугай, А.А.Воронко, І.А. Чайковський, М.М. Будник, В.І. Дегтярук, Ю.О. Фролов. Інноваційний портативний електрокардіографічно-фотометричний програмно-апаратний комплекс: нові діагностичні можливості в різних галузях військової медицини // Сучасні аспекти військової медицини: збірник наукових праць Головного військово-медичного клінічного центру "ГВКГ" МО України/ Військ.-мед. Департамент МОУ, НВМКЦ «ГВКГ», Київ, 2016, – с. 74-83.

2. В.І. Дегтярук, М.І. Ходаковський, І.А. Чайковський, В.М. Будник, Т.М. Риженко, М.І. Мудренко, М.В. Дордієнко, М.М. Будник Розробка приладів для неінвазивної пульсометрії // Інформаційні системи та технології в медицині (ISM–2018): Міжн. наук.-практ. конф., м. Харків, 28-30.11.2018: Зб. мат./ХНУРЕ: – с.274-276.

3. Дегтярук В.І., Ходаковський М.І., Будник М.М., Будник В.М., Мудренко М.І., Тимошенко Я.М. Розробка Метрологічного Забезпечення Фотометричних Приладів Для Пульсометрії // Науково-Виробничий Журнал «Метрологія І Прилади». – 2019, №4 – С.10-16.

#### УДК 004.94

### ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕПОНУВАННЯ ТА ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІЙ СИСТЕМІ «FUNCTIONAL DISEASES 1.0»

Г. С. Доброродня<sup>1</sup>, М. С. Каленіченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки,

61166, Харків, просп. Науки, 14, кафедра біомедичної інженерії, e-mail: hanna.dobrorodnia@nure.ua,

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,  
61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій

The work considers the human organism as a complex and structural-functional system from the point of view of two processes. It is the process of accumulated and consumption. Developed a model that represents the human organism from the point process of accumulated and consumption. Using the model will allow us to deepen the understanding of the functioning of energy processes. Also, the model is using to increase the level of adaptation of the data warehouse of the "Functional diseases 1.0" information-analytical system.

**Актуальність роботи.** Організм людини - це цілісна, структурно-функціональна система, що володіє різними рівнями організації. Кінцевою метою роботи функціональної системи є підтримка в організмі гомеостазу [1]. Відомо що кожна система є унікальною за своєю природою. Для однієї системи характерний набір одних вагомих для неї властивостей, для іншої системи цей набір може відрізнятися, оскільки деякі з обраних властивостей можуть носити додатковий характер або взагалі бути відсутніми [2].

Однією з найважливіших для людського організму, як системи, властивостей є саморегуляція, яка підтримує в певних умовах рівновагу і стабільність елементів всередині структури, обумовлює його існування, функціонування і зміну. Саме високий рівень саморегуляції є найважливішою характеристикою властивостей системи. Саме вона характеризує здатність створювати необхідні умови для задоволення різноманітних потреб індивідів.

Визначення порушень на початкових етапах розвитку, прогнозування та оцінка стану об'єкта, його процесів, характеризується наявністю великої кількості інформації, яку необхідно враховувати при діагностиці, тому необхідно розробити математичне та інформаційне забезпечення для покращення уявлення про енергетичні процеси, які наявні в організмі людини, що можливо за рахунок формального їх представлення.

**Метою роботи** є формалізоване представлення процесів депонування та витрати енергії для розробки інформаційно-аналітичної системи «Functional diseases 1.0».

**Сутність роботи.** Організм людини пропонується розглядати з точки зору процесів накопичення та витрати енергії. Вхідними даними для моделі є показники антропометричних характеристик пацієнта, основні біографічні, статеві та вікові дані, показники, які відображають дані периферичної гемодинаміки, обміну вуглеводів, ліпідів та адипокінів.

Стан пацієнта можливо представити наступним чином:

$$M_1 = \langle ACCUMUL = [attr_{j1}; attr_{j2}; \dots; attr_{jn};] \rangle$$

$$Parameters = [attr(key\_accumul); attr_{p1}; attr_{p2}; \dots; attr_{pk}]$$

$$ACCUMUL = [attr_{k1}; attr_{2k}; \dots; attr_{kp}]$$

$$Diag_{accumul}, Parameters, ACCUMUL = [attr(key\_accumul); attr(key\_indic); attr_k(key\_accumul); attr(value\_indic); attr(t^n)] \rangle$$

$$M_2 = \langle CONS = [attr_{j1}; attr_{j2}; \dots; attr_{jn};] \rangle$$

$$Parameters = [attr(key\_cons); attr_{p1}; attr_{p2}; \dots; attr_{pk}]$$

$$CONS = [attr_{k1}; attr_{2k}; \dots; attr_{kp}]$$

$$Diag_{cons}, Parameters, CONS = [attr(key\_cons); attr(key\_indic); attr_k(key\_cons); attr(value\_indic); attr(t^n)] \rangle$$

де ACCUMUL – сутність, що містить атрибути  $attr_{j1}, \dots, attr_{jn}$ , які описують стан і-го пацієнта з точки зору процесів накопичення;

CONS – сутність, що містить атрибути  $attr_{j1}, \dots, attr_{jn}$ , які описують стан і-го пацієнта з точки зору процесів споживання (витрати);

Parameters – сутність, що містить атрибути  $attr(key\_cons), attr_{p1}, \dots, attr_{pk}$ , які описують показники пацієнта, які відповідають за процес витрат;

$attr(key\_accumul)$  – підмножина атрибутів, що ідентифікують стан організму і-го пацієнта, як накопичення;

$attr(key\_cons)$  – підмножина атрибутів, що ідентифікують стан організму і-го пацієнта, як витрати;

$attr(key\_indic)$  – підмножина атрибутів, що ідентифікують виміряні параметри і-го пацієнта в момент часу  $t^n$ ;

$attr(value\_par)$  – атрибут, що містить значення показника організму і-го пацієнта.

**Висновок.** В роботі розглядається організм людини як цілісна, структурно-функціональна система з точки зору двох процесів накопичення та витрати енергії.

Використання розробленої моделі дозволить поглибити уявлення про функціонування енергетичних процесів та визначити (діагностувати) направленість порушень балансу процесів депонування та витрати енергії, підвищити рівень адаптації сховища даних інформаційно-аналітичної системи «Functional diseases 1.0»

#### Перелік посилань:

1. Гомеостаз биологических систем и некоторые механизмы его обеспечения: метод. пособие для студ. 1-го курса мед. вузов / М. Г. Гевандова, Н. Н. Федоренко, А. Б. Ходжаян, А. К. Михайленко [и др.] – Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2017 – 36 с.

2. Платонов В. Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов / В. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – №1. – 2017. – С.29-47.

#### УДК 004.621

### МОБІЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАДАЧ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Н. В. Дорош<sup>1</sup>, К. І. Ільканич, І. Й. Ермакова<sup>2</sup>, О. І. Дорош<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького,

79010, Львів, вул. Пекарська, 69, кафедра медичної інформатики,

<sup>2</sup> Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій,

03680, Київ, проспект. Академіка Глушкова, 40, e-mail: nvdorosh54@gmail.com;

This paper analyzes the functionality of modern medical information systems. It is shown, that for remote monitoring of patients' health it is advisable to use means of mobile medicine. A multifunctional information system with the use of medical gadgets and applications for measurement of physiological indices and corresponding software is suggested.

Медичні інформаційні системи активно впроваджуються у всі сфери охорони здоров'я.

Основними функціями таких систем є управління роботою медичних закладів, об'єднання в єдину мережеву структуру різних підрозділів, автоматизація документообігу, рішення задач комунікації медичного персоналу та пацієнтів та ін. Новітніми прикладами таких МІС є Doctor Eleks (Lviv), Doctor Booster, Dicom Hub, SimplexMis (IT4Medicine), Health24, TutoCare, IDIS та ін.

Медична інформаційна система Doctor Eleks є технологічним рішенням для великих медичних закладів з потужним функціоналом модульного типу (більше 40 підсистем та модулів). Мобільний додаток додатково поставляється на замовлення користувачів[1]. Doctor Booster-це професійний додаток для ефективної комунікації лікаря та пацієнта (електронний кабінет лікаря). За його допомогою лікар має швидкий доступ до електронної карти пацієнта, може ефективно призначити консультацію пацієнту згідно розкладу прийомів, скористатися інформацією з електронних довідників та призначити необхідні лабораторні обстеження, організувати роботу з діагностичним обладнанням та МІС. Передбачено можливість роботи із застосунком на смартфоні та планшеті [2]. Комплексні медичні інформаційні системи SimplexMis, Health24 та ін. дозволяють забезпечити ефективну роботу з електронною медичною документацією, обрати медичний заклад, організувати електронний запис на прийом до лікаря, підключитися до діагностичного обладнання та реалізувати функції обліку. Однак, у таких системах обмежені можливості дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів з використанням портативних медичних приладів та засобів мобільної медицини (m-health). Наприклад, мобільні (портативні) діагностичні комплекси IDIS дозволяють проводити за допомогою портативної апаратури ЕКГ дослідження, вимірювання артеріального тиску та частоти пульсу, рівня глюкози у крові, дослідження функцій дихання та виводити результати досліджень на монітор функцій пацієнта з цифровим інтерфейсом, а обмін даними та результатами обстеження здійснюється за допомогою веб-платформи, а також хмарного сервісу IDIS cloud [3].

Важливим напрямком є розроблення інформаційних платформ для рішення діагностичних задач у роботі лікаря з використанням мобільних гаджетів та мобільних додатків.

Нами запропонована багатофункціональна мобільна інформаційно-аналітична система модульного типу із сервісною платформою, яка дозволяє проводити моніторинг основних фізіологічних показників стану здоров'я людини за допомогою медичних гаджетів типу MioFuse з додатком MioGo, та СК11К та проводити професійний аналіз результатів вимірювання за допомогою спеціального програмного забезпечення. Наприклад, для аналізу варіабельності серцевого ритму розроблено спеціальну програму, яка дозволяє розраховувати кардіоінтервалограму, визначати функцію розподілу та проводити спектральний аналіз на основі даних, що передані з медичного гаджету на смартфон та на серверну частину системи.

Запропонована система дозволить ефективно реалізувати переваги мобільної медицини.

#### Перелік посилань:

1. Доктор Елекс. – URL: <http://doctoreleks.com> (дата обращения: 10.07.2019).
2. IT4medicine. – URL: <http://it4medicine.com> (дата обращения: 10.07.2019).
3. Medstar. – URL: <http://medstar.ua> (дата обращения: 10.07.2019).

УДК 004.9:612.741

### МЕТОД ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ

О. А. Єрошенко, І. В. Прасол

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, пр. Науки, 14, кафедра біомедичної інженерії, тел.: (057) 702-13-64,

E-mail: [olha.yeroshenko@gmail.com](mailto:olha.yeroshenko@gmail.com)

The paper considers the possibility of changing the parameters of the stimulating effect based on the analysis of the electromyogram signal, that allows you to take into account the individual characteristics of the patient with an eye to achieving the maximum positive therapeutic and training effect.

Електростимуляція (ЕС) скелетних м'язів, які є основою опорно-рухового апарату людини, дає позитивний лікувальний, профілактичний і тренувальний ефекти.

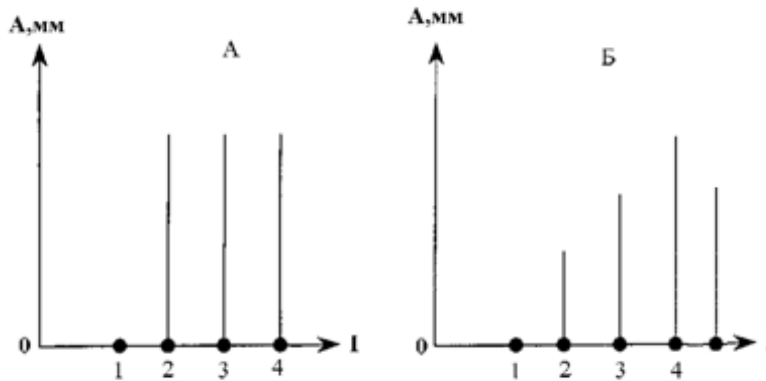
Під час проведення електростимуляції нервово-м'язового апарату важливий раціональний вибір режимів і поєднання тонічних і кінетичних скорочень, які істотно впливають на збільшення маси, розвиток сили, підвищення збудливості і працездатності м'язів [1, 2].

В основі дослідження м'язів лежить визначення параметрів потенціалів окремих рухових одиниць, що є функціональним елементом кожного скелетного м'яза. Основними параметрами потенціалів рухових одиниць (ПРО) є їх тривалість і амплітуда [3].

Електрична стимуляція успішно поєднується з традиційною лікарською терапією. Щоб посилити обмінно-трофічні процеси, проводиться стимуляція м'язової тканини за допомогою спрямованого збудження і скорочення певної групи м'язів.

Важливою властивістю нервово-м'язових структур при подразненні електричними струмами є залежність збуджуваності від швидкості зміни амплітуди стимулюючого сигналу [1].

Залежно від амплітуди сигналів і порога збудження нервово-м'язової структури, що стимулюється, розрізняють наступні режими електростимуляції: підпороговий, пороговий і надпороговий (рис. 1) [4].



а) – м'язове волокно, б) – м'яз

Рисунок 1 – Залежність амплітуди сигналів і порога збудження нервово-м'язової структури:

- 1) підпороговий подразник, 2) пороговий подразник, 3) субмаксимальний надпороговий подразник, 4) максимальний надпороговий подразник

Залежність амплітуди скорочення м'яза від сили подразника відбувається за законом силових відносин (рис. 2).

Закон силових відносин має кілька властивостей:

- Кожна збудлива тканина має свій функціональний резерв.
- Кожна збудлива тканина має свою функціональну межу (оптимум).

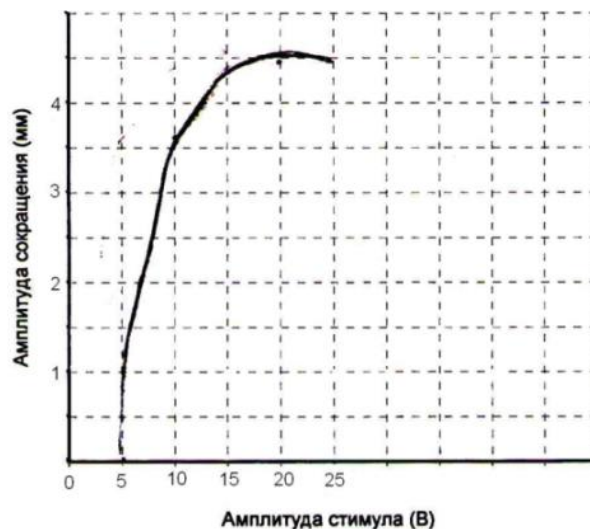


Рисунок 2 – Залежність амплітуди скорочення м'яза від сили подразника

Для якісної і кількісної оцінки стану нервово-м'язового апарату людини за допомогою електроміограми (ЕМГ) може бути використаний інформаційний метод частотно-часового аналізу на основі спектрограм (рис. 3).

Для кількісної оцінки сумарної електроміограми виконано розрахунок середньої амплітуди сигналу.

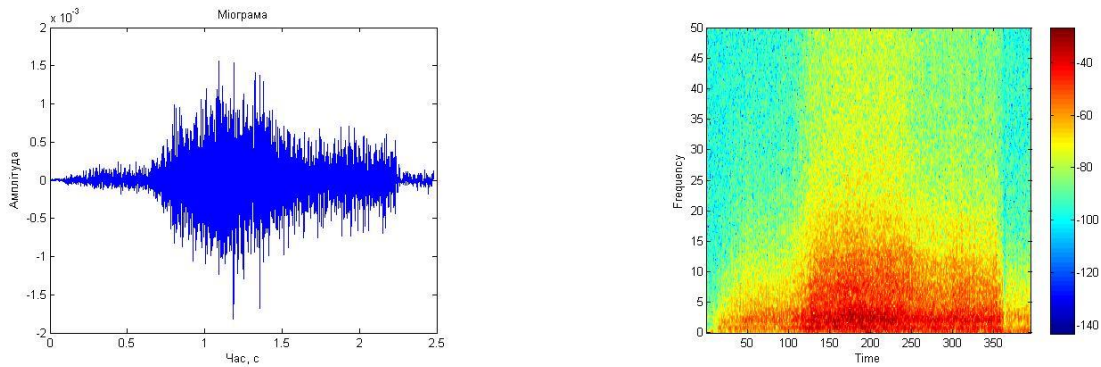


Рисунок 3 – Електроміограма (ліворуч) і відповідна спектрограма (праворуч) м'язу *m. biceps brachii*

Таким чином, амплітудно-частотним критерієм для оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату людини є показник відношення середньої амплітуди ЕМГ-сигналу до ефективної ширини спектра.

Обробка ЕМГ-сигналів дозволяє здійснити поточний контроль ефективності терапевтичних впливів за рахунок оптимального підбору параметрів стимулюючих впливів.

#### Перелік посилань:

1. Ерошенко О.А. О построении системы мышечной электростимуляции для курсантов / О.А. Ерошенко, И.В. Прасол, В.В. Семенец. – Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 14–15 бер. 2018 р. Харків: НАНГУ. – С. 120–122.
2. Дацок О.М. Побудова біотехнічної системи м'язової электростимуляції / О.М. Дацок, І.В. Прасол, О.А. Ерошенко // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2019. – № 13 (1338). – С. 165 – 175.
3. Никитин С.С. Электромиографические стадии денервационно-реиннервационного процесса при нервно-мышечных болезнях: необходимость ревизии / С.С. Никитин. – Нервно-мышечные болезни. Москва: 2015. №2. – С. 16-24.
4. Колесников Г.Ф. Электростимуляция нервно-мышечного аппарата / Г.Ф. Колесников. – Киев: Здоров'я, 1977. – 167 с.

УДК 004.94

### АПАРАТНІ ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ СПОТВОРЕНЬ НА ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНИЙ СИГНАЛ

К. О. Караченцева, О. М. Дацок

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, просп. Науки, 14, кафедра біомедичної інженерії,  
e-mail: katelyna.karachentseva@nure.ua

In work the basic sources of noise and hindrances which arise during registration of the electrocardiogram are considered and complicate the analysis of the received data. The breadboard model which recreates typical structure of the single-channel amplifier of biopotentials is offered. The breadboard model allows to spend measurement of key parameters of biopotentials amplifier and research of influence of distortions on electro-cardio-signal. Knowledge and skills of practical work with such devices – important compound the competence of experts in biomedical engineering.

Під час реєстрації електрокардіограми (ЕКГ) можливе виникнення спотворень (артефактів) її сигналу, що спричинено різноманітними факторами та ускладнює аналіз отриманих даних. Значний (до 43%) рівень помилкової тривоги від приліжкових моніторів ЕКГ, помилки в висновках Холтер-моніторів викликані неправильною інтерпретацією артефактів програмним забезпеченням.

Серед основних джерел шумів та завад, що можуть накладатися на сигнали ЕКГ можна виділити такі, як вплив завади від мережі з частотою 50 Гц та гармонік напруги; високочастотні шуми та електромагнітні наведення від освітлювальних та інших електронних апаратів; вплив зміни параметрів контакту шкіра-електрод; вплив дихальних рухів та електричні сигнали скорочення м'язів тощо.

Незмінною складовою апаратних засобів реєстрації ЕКГ є підсилювач біопотенціалів (ПБП), що має типову структуру і може бути побудований на дискретних компонентах (операційні та вимірювальні підсилювачі) або спеціалізованих мікросхемах. Знання принципів побудови, основних параметрів ПБП, навички практичної роботи з такими приладами – важлива складова компетенції фахівців з біомедичної інженерії.

Для вимірювання основних параметрів ПБП дослідження впливу спотворень на ЕКГ сигнал запропонований лабораторний макет, що відтворює типову структуру одноканального ПБП. Складовими частинами макета є диференціальний підсилювач з високим вхідним опором, підсилювач нейтралізації синфазної завади, допоміжні кола та комутаційні елементи. Генератор сигналів гальванічно не пов'язаний з іншими вузлами макета, що дозволяє імітувати реальні умови роботи ПБП під час впливу суттєвих синфазних завад. Під час проведення дослідження можливе регулювання та вимірювання коефіцієнта підсилення диференціального сигналу, коефіцієнта передачі синфазного сигналу, дослідити вплив асиметрії вхідних кіл на роботу ПБП, оцінити стабільність кола негативного зворотного зв'язку за синфазним сигналом, дослідити вплив артефактів на реєстрацію ЕКГ тощо.

Запропонований апаратний засіб є важливою складовою схемотехнічної підготовки фахівців в галузі медичного приладобудування. Перспективним напрямом розвитку такого лабораторного обладнання є застосування як базового елемента спеціалізованих інтерфейсних мікросхем провідних світових виробників.

#### Перелік посилань:

1. Аль-Хайдри В. А. Нейроситетивная система обнаружения искажений при автоматическом распознавании электрокардиосигнала : автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.11.17 "Приборы, системы и изделия медицинского назначения" / Аль-Хайдри В. А. – Рязань, 2016. – 19 с.
2. Hazinski M. F. Can healthcare expansion rapidly reduce out-of-hospital cardiac arrest? / M. F. Hazinski, C. R. Myers. // Journal of the American Heart Association. – 2017. – №7.

#### УДК 621.391

### ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВПЛИВУ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ОПЕРАТОРА

К. М. Кірсанова

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, тел.: (099)725-77-23, e-mail: kirsanova0001katerina@gmail.com

It is proposed to use acoustic emission spectra of aircraft engines in the mode of long-range flight, randomly shifted, to simulate acoustic noise by the frequency difference within the infrasound range. It is recommended to evaluate the response of the operator to the effect of this factor by known diagnostic methods, such as phasography. The advantages of this method are the ability to detect early functional abnormalities in the patient.

Як у процесі польоту, так і в процесі обслуговування сучасної авіаційної техніки льотний та інженерно-технічний склад знаходиться під впливом небезпечних виробничих факторів, одним з яких є шум зі специфічними характеристиками. У комплексі це викликає зниження працездатності людини-оператора. Негативна дія шуму призводить до зміни функціонального стану центральної нервової системи, аналізаторів кровообігу, втрати слуху та інші зміни [1]. Тривала дія сильного звукового подразника викликає неприємні суб'єктивні відчуття у вигляді різкого дзвону у вухах, зниження слухового сприйняття, неприємні відчуття в області серця у вигляді поколювань, серцебиття. Недавні дослідження показали більш згубний вплив шуму на серцево-судинну систему, ніж це вважалося раніше [2].

У більшості проведених досліджень автори не приводять об'єктивних кількісних характеристик шуму, особливо спектральний розподіл інтенсивності акустичних чинників. Не розглядаються також механізми впливу поза слуховим апаратом, наприклад через механорецептори, або через резонансні явища на інфранизьких частотах. Як відомо, акустичні коливання від часток до десятків герців слабо

поглинаються біологічними тканинами, тому вони безперешкодно проникають в порожнини організму викликаючи деформації в органах серцевої, дихальної, шлункової та інших систем організму. Все це призводить до розладів функціонального стану організму.

Таким чином, до актуальної задачі дослідження віднесено дослідження реакції організму оператора на дію інфразвукових складових акустичних шумів. На прикладі засобів авіаційної техніки інфразвукова складова шумів може виникати на низьких обертах приводу двигунів (короткочасна дія) та різниці частот обертів окремих двигунів (при довготривалому польоті).

Пропонується для моделювання акустичних шумів використовувати спектри акустичного випромінювання авіаційних двигунів в режимі довготривалого польоту, зміщені випадковим чином, на різницю частот в межах інфразвукового діапазону. Реакцію оператора на дію вказаного фактору рекомендується оцінювати відомими діагностичними методами, як наприклад – фазаграфія. Переваги цього методу полягають у можливості виявлення ранніх функціональних відхилень у пацієнта. Завдяки цьому можна з високою точністю оцінити форму ЕКГ і виявити ледь помітні зміни сигналу, які несуть важливу інформацію про патологічні процеси в серці, але не помітні при традиційному способі обробки ЕКГ [3].

#### Перелік посилань:

1. Кардаш О.Ф., Кардаш Г.Ю. Шум оказывает вредное воздействие на сердечнососудистую систему работников. Охрана труда. Технологии безопасности [Електронний ресурс]//– Минск: Минский государственный медицинский университет – 2016. – Режим доступа: <https://otb.by/articles/shum-gubit-serdechnosudistuyu-sistemu>
2. Eichwald J.A., Scinicariello F.K., Howard J. H., Radke M.S. Noise-Induced Hearing Loss Among Adults [Електронний ресурс]// – United States: Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR) – 2017. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5657963>
3. Файнзильберг Л.С. Основы фазаграфии. – Киев: Освіта України, 2017. – 264 с.

УДК 616.71:621.382

### ПОБУДОВА СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ПОВТОРНОГО КРОВОПОСТАЧАННЯ У АКСАЛЬНИХ ДІЛЯНКАХ ШКІРИ

Є. М. Кісельов<sup>1</sup>, Н. І. Строїтелева<sup>2</sup>, М. О. Галчанський<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Запорізький національний університет, кафедра електронних систем, 69006, Запоріжжя, пр. Соборний, 226, тел.: (061) 236-90-34,

<sup>2</sup>Запорізький державний медичний університет, кафедра медичної та фармацевтичної інформатики і новітніх технологій, 69035, Запоріжжя, пр. Маяковського, 26, тел.: (061) 239-33-01  
e-mail: enk.nmv@gmail.com, nina.str.nina@gmail.com

The structure of the diagnostic system for the repeated blood supply of the acral regions was developed, which differs from existing analogues in that two identical non-selective radiation sensors are used. Such typization of sensors makes it possible to increase the measurements accuracy and simplify the hardware and software processing of information and measurement signals.

При діагностиці захворювань шкіри використовують системи, що засновані на вимірюванні кровопостачання у аксальних ділянках, які знаходяться під впливом нагріву або охолодження [1]. Відомі прилади [2] будуються на використанні ІЧ – болометрів у якості безконтактних вимірювачів температури шкіри і фотоплетизмографічних датчиків на основі оптопари «світлодіод – фотодіод» з відкритим каналом. Однак, використання таких вимірювачів передбачає застосування додаткових апаратних і програмних засобів з нормалізації вимірювальних сигналів.

Для вирішення зазначених проблем пропонується побудова системи діагностики, що базується на двох комбінованих піроелектричних датчиках [3] у якості приймачів ІЧ – випромінювання від шкіри (для вимірювання її температури) і від світлодіоду (для визначення наповнення кров'ю судин ділянки шкіри). При цьому типізація датчиків приладу дозволить підвищити точність вимірювань та спростити побудову блоків аналогової і цифрової обробки сигналів за рахунок синтезу однакових фільтрів в різних вимірювальних каналах.

Як показали дослідження [4], оптимальною частотою оптичної модуляції сигналів комбінованих піроелектричних датчиків [3] є діапазон частот від 35 до 145 Гц. Тому було розроблено фільтри низької частоти восьмого ступеню з характеристикою Баттерворту і граничною частотою 150 Гц. До того ж у розробленій системі, на відміну від існуючої, виконується не програмна, а апаратна адаптація чутливості датчиків до зміни інтенсивності джерела випромінювання.

Дослідження розробленої системи проводились шляхом моделювання і показали, що використання запропонованих рішень дозволяє підвищити точність вимірювань на 50%. Подальші дослідження спрямовані на реалізацію системи у базисі відлагоджувальної платформи Arduino Nano.

**Перелік посилань:**

1. Nilsson A. L., Eriksson L. E., Nilsson G. E. Effects of local convective cooling and rewarming on skin blood flow //International journal of microcirculation, clinical and experimental. – 1986. – 5 (1). – P. 11-25.
2. Мефферт, Б. Современные методы обработки сигналов – основы, приложения и задачи [Электронный ресурс] / Б. Мефферт, О. Хохмут. Режим доступа: <https://www2.informatik.hu-berlin.de/~hochmuth/ru7065.pdf> – Дата доступа: вер. 2019.
3. Швец, Е. Я. Разработка и исследование интегрированных комбинированных датчиков мощности излучений / Е. Я. Швец, Е. Н. Киселев // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2005. – №2(14). – С. 37–42.
4. Тимченко, Р. В. Дослідження системи керування MEMS модулятором / Р. В. Тимченко, Є. М. Кісельов // Матеріали XXI науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА, 25-29 квітня 2016 р. – Запоріжжя, 2016. – Т. III. – С. 21.

**УДК 004.03**

**КОНЦЕПЦИЯ ОПИСАНИЯ АРТЕФАКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

В. М. Левыкин, М. В. Евланов, О. Е. Неумывакина, А. В. Петриченко  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
e-mail: maksym.ievlanov@nure.ua

The given work is devoted to the development of the concept of a formal description of artifacts formed within the life cycle of information systems and technologies. It is proposed to consider descriptions of requirements and elements of information systems and technologies as artifacts. The proposed concept is based on a process approach and allows you to formally describe any artifact of an information system as an interconnected collection of data, information and knowledge.

**Введение.** Современные представления о жизненном цикле (ЖЦ) информационных систем (ИС) и информационных технологий (ИТ) в том числе – медицинских, позволяют представить совокупность работ любой конкретной ИТ-компании по созданию, внедрению, сопровождению и развитию ИС или ИТ как множество частных случаев отдельных типовых процессов, выполняемых последовательно или параллельно друг другу. Связь между такими процессами осуществляется через множество артефактов, которые являются результатами выполнения (выходами) одного процесса и одновременно необходимой информацией для начала другого процесса (входами). Однако и сегодня остается неясным: возможно ли унифицированное представление подобных артефактов для ИС и ИТ различного назначения. В то же время, положительное решение этого вопроса позволит значительно повысить эффективность и качество управления процессами ЖЦ ИС или ИТ за счет обоснованного переноса выделенных на основе накопленного опыта наиболее удачных моделей, методов и практик управления. Поэтому исследования по разработке единых формальных описаний ИС, ИТ и их элементов являются актуальными не только с теоретической, но и с практической точки зрения.

**Основная часть.** Переход к современному процессному представлению ЖЦ ИС и ИТ повлек за собой следующие изменения. Во-первых, разделение процесса определения требований правообладателей на два самостоятельных процесса – процесс анализа бизнеса или назначения и процесс определения потребностей и требований заинтересованной стороны. Во-вторых, работы по анализу требований перестали рассматриваться как отдельный типовой технический процесс ЖЦ системы и стали частью других технических процессов. Это привело к выделению вместо процесса анализа требований нового процесса определения системных требований. В-третьих, выделены новые типовые технические процессы определения проекта и системного анализа, которые являются своего рода «связующим звеном» между техническими процессами и группой процессов технического управления, отвечающими за управление различными аспектами ИТ-проектов, относящихся к системе. В-четвертых, процесс функционирования ИС или ИТ был разделен на два процесса – процесс функционирования и процесс сопровождения.

Рассмотренные изменения указывают на проявление таких основных тенденций:

- а) смещение интересов участников ИТ-проектов, выполняемых на разных стадиях ЖЦ системы, к подробному анализу аспектов бизнеса, в рамках которого предполагается функционирование данной системы;
- б) особое внимание, которое уделяется взаимосвязям технических процессов и процессов,



связанных с управлением проектами, выполняемыми в рамках ЖЦ системы.

На основе этих тенденций и с учетом опыта работ по формальному описанию требований к ИС [1] предлагается представить базовую концепцию формирования знание-ориентированных описаний любой ИС или ИТ на любой стадии их ЖЦ как набор следующих положений:

а) любое описание любого артефакта ИС (требования к ИС или элемента ИС) является элементом универсума, включающего в себя как известные, так и неизвестные Поставщику, Потребителю или им обоим требования к ИС или элементы ИС, а также методы формирования этих требований или элементов;

б) любое описание любого артефакта ИС рассматривается как изначальное многообразие представлений требования или элемента на уровне данных, информации и знаний;

в) любое описание любого артефакта ИС должно базироваться на процессном подходе, определяющем минимальную процессную атрибутивную модель требования к ИС или элемента ИС;

г) управление любым артефактом ИС должно базироваться на подходе, основанном на принципе постепенного преобразования множества начальных значений атрибутов, описывающих этот артефакт, в множество желаемых значений тех же атрибутов (а именно значений, которые приобретают атрибуты при описании успешно реализованного артефакта, проверенного соответствующими тестами).

В соответствии с данной концепцией любая знание-ориентированная модель требования к ИС, ИС в целом или отдельных элементов ИС должна, прежде всего, быть открытой для возможных изменений. Эти изменения могут быть вызваны в результате:

а) появления новых, модификации существующих или исключения устаревших требований или элементов ИС;

б) изменения методов и способов формирования представлений на уровне данных и информации (в частности, алфавитов и технологий моделирования), используемых для описания требований к ИС, ИС в целом или отдельных элементов ИС;

в) изменения (главным образом, расширения) процессной атрибутивной модели требования к ИС или отдельного элемента ИС.

**Выводы.** Формирование знание-ориентированных описаний ИС и ИТ на основе предложенной концепции позволяет сформулировать и перейти к решению целого ряда научно-прикладных задач и проблем, возникающих в ходе повышения эффективности работ по созданию, внедрению и эксплуатации ИС и ИТ различного назначения. Среди этих проблем и задач можно, в частности, выделить следующие:

а) повторное использование знаний, выявленных в ходе формирования и анализа требований, выдвинутых к различным ранее разрабатывавшимся ИС и ИТ;

б) автоматизация работ по синтезу описания архитектуры создаваемых или модернизируемых ИС и ИТ;

в) автоматизация комплексирования ИС и ИТ из отдельных элементов;

г) автоматизация синтеза описания отдельного элемента ИС или ИТ на основе знаний, выделенных из описаний требований к этому элементу;

д) автоматизация процессов управления эксплуатацией ИС или ИТ.

Решение (в том числе и в виде новых ИТ и средств автоматизации проектирования) указанных и других проблем и задач позволит формировать варианты описаний создаваемых ИС и ИТ, наиболее рациональные с точки зрения удовлетворения требований Поставщика и Потребителя и требующие минимальных затрат на реализацию.

#### Перечень ссылок:

1. Евланов, М.В. Концепция представления требований к информационной системе // Вісникнаціонального технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – 2012. - № 68 (974). – С. 32-40.

#### УДК 681.326

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ «СОВЕТЧИК ЛПР»

И. В. Левыкин

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

e-mail: ihor.levykin@nure.ua

A feature of the “decision-maker Advisor” tool is that decision-maker can make its own choice of business process launch procedures based on conditions and limitations that could not be foreseen during operational calendar planning. In addition, the obtained options are automatically adjusted for subsequent analysis and selection of the best option for setting launch priorities.

Назначением инструментального средства <СОВЕТЧИК ЛПР> является поддержка процесса получения различных вариантов Решений по управлению сквозными бизнес-процессами в виде установления приоритетов их запуска. Такие варианты предоставляются лицу принимающему решение (ЛПР), для того чтобы он мог выбрать лучший вариант для каждого бизнес-процессов, в соответствии с их текущими ограничениями. Кроме того это инструментального средство также реализует следующие дополнительные функции:

1. Вычисления времени выполнения действий для группы сквозных бизнес-процессов, конкурирующих за общие ресурсы, начиная с 1-ой для нового ключевого процесса и последующих конкурентных точек.

2. Установления приоритетов вариантов запуска каждого бизнес-процесса во всех конкурентных точках в зависимости от оставшегося времени их обязательного выполнения в соответствии со сроками определёнными соответствующими договорами.

3. Определения времени выполнения так называемых собственных не конкурирующих процессов, которое вычитается из оставшегося времени на выполнения соответствующего бизнес-процесса. Этот параметр учитывается при расчётах временных показателей бизнес-процесса в соответствующей конкурентной точке.

4. Нахождения лучшего варианта Решения в виде установления приоритетов запуска каждого бизнес-процесса по критерию минимального времени ожидания их доступа к требуемым ресурсам.

Таким образом, с использованием инструментального средства ЛПР предоставляется возможность проанализировать полученный результат и найти максимально эффективное решение о возможности запуска в производство нового бизнес-процесса с использованием количественной и качественной оценок создавшихся ситуаций [1].

При реализации инструментального средства в базу данных из документов заносятся данные о бизнес-процессах, ресурсах (оборудование) за какие они будут конкурировать и в каких конкурентных точках. При этом по каждому бизнес-процессу в каждой конкурентной точке фиксируется время начала и окончания его выполнения, вводится нормативное время выполнения действия бизнес-процесса и время ожидания его доступа к ресурсам, вычисляется оставшееся время выполнения каждого бизнес-процесса.

Время выполнения каждого бизнес-процесса в каждой конкурентной точке определяется суммой времени ожидания и нормативного времени выполнения действия. Эти данные берутся из нормативных документов. Оставшееся время выполнения соответствующего бизнес-процесса определяется вычитанием из времени выполнения бизнес-процесса по договору, время его выполнения в конкурентной точке. Для того чтобы реализовать поставленную задачу с использованием разработанного инструментального средства, опишем технологию его работы в виде последовательности следующих этапов:

Этап 1. По данным о длительности выполнения операций бизнес-процесса в конкурентных точках, длительности выполнения операций вне конкурентных точек, а также о календарных ограничениях на их выполнение автоматически формируется такая последовательность порядков прохождения бизнес-процессов, при которой общее оставшееся время выполнения всех заказов должно быть максимальным. По полученным результатам просчётов в каждой конкурентной точке ЛПР определяет, выполнены ли эти условия. Если условия выполнены, то он устанавливает полученную последовательность порядков запуска бизнес-процессов в соответствующих конкурентных точках. Если эти условия не выполнены или полученная последовательность порядков по каким-либо причинам его не удовлетворяет, то ЛПР продолжает её корректировку переходя к этапу 2.

Этап 2. В инструментальном средстве автоматически осуществляется расчёт всех последовательностей возможных вариантов определения приоритетов с их изменением в одной конкурентной точке в отличии от последовательности полученной после 1-го этапа. В соответствии с определением приоритета бизнес-процесса, по суммарному значению оставшегося времени его выполнения, необходимо изменить варианты последовательностей порядков. Все результаты данных последовательностей сохраняются, что даёт возможность ЛПР проведения детального анализа полученных данных. Информация для ЛПР в виде оставшегося времени выполнения заказов или его невыполнения представлена в поле «время». По результатам полученных данных ЛПР принимает решения об окончании или продолжении поиска лучшей последовательности на этапе 3.

Этап 3. ЛПР рассматривает все возможные варианты полученные после изменений в двух конкурентных точках, путём фиксации одной с последующими изменениями в другой в остальных точках. Все расчёты проводятся автоматически исходя из определения возможных приоритетов запуска бизнес-процесса в конкурентных точках, приоритет которых необходимо изменить. По результатам полученных данных об оставшемся общем времени выполнения бизнес-процессов, ЛПР принимает решение о выборе лучшей последовательности или при необходимости продолжения поиска на этапе 4.

Этап 4. На данном этапе ЛПР вручную по данным этапа 3, проводит поиск таких вариантов, которые могут быть получены после изменения приоритетов в трёх конкурентных точках. По лучшему общему максимуму оставшемуся времени на выполнения всех заказов определяется сумма отклонений установленной приоритета от лучшей соответствующей последовательности. Для поиска лучшей последовательности вначале фиксируется конкурентная точка с минимальным значения, а затем последовательно фиксируется вторая и третья конкурентные точки с минимальным оставшимся временем. ЛПР перебираются все варианты запуска, удовлетворяющие заданным условиям. Как показывает практика таких вариантов обычно бывает от 3 до 5, что занимает не более 1-2 минуты. Если вариант определения последовательности порядков запуска, удовлетворяющий условиям выполнения заказов найден, то значение оставшегося общего времени выполнения заказов сравнивается с аналогичным значением, полученным на 3 этапе. При этом выбирается та последовательность, у которой оставшееся время большее.

Таким образом, преимуществом использования разработанного инструментального средства является то, что ЛПР может осуществлять выбор приоритетов запуска бизнес-процессов исходя из условий и ограничений, которые невозможно было предвидеть при оперативно-календарном планировании. Кроме того, автоматический в режиме just in time, может проводиться корректировка полученных вариантов определения приоритетов выполнения бизнес-процесса в каждой конкурентной точке, исходя из изменившихся предыдущих или появившихся новых условий запуска бизнес-процесса, получая соответствующие результаты вычислений с учётом текущих условий для последующего анализа и выбора лучшего варианта.

#### Перечень ссылок:

1. Чалий С. С. Разработка подхода к формированию процессной модели решения задачи в составе прецедента с интервальным представлением времени / С. С. Чалий, І. В. Левикин // ВІСНИК ХНТУ - 2016. - № 4(59). - С. 212-217

#### УДК 615.84

### БИОФИЗИОТОН - АППАРАТ КОМПЛЕКСНОЙ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ БИОФИЗИО ТЕРАПИИ ДЛЯ ЛИЧНОГО И ДОМАШНЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

В. Е. Лизунов

61009, Харьков, въезд Достоевского, 3а, кв. 28, тел. (095) 14-99-024, e-mail: zd5ballov@gmail.com

BiopHysioTone – the device complex improving biophysio therapies for personal and house application. The device restores the broken functions of the person by activization of protective systems of an organism electric signals, which in a form, the frequency and other parameters are most similar to natural signals and rhythms of a human body. Influence is recruited through connected to the device of portable zone and segmentary electrodes.

Давно замечено, что лекарства полного здоровья не дают. Неудовлетворенность многих пациентов и врачей результатами длительного приема лекарств объясняется привыканием к препаратам, а также различными побочными эффектами и осложнениями. А в случае хронических болезней современная симптоматическая медицина практически бессильна!

Кроме того, отечественная медицина переживает сложный период, снижается качество медицинских услуг, ликвидируются отделения физиотерапии. Но *физиотерапия является важной и неотъемлемой частью любого комплексного реабилитационного и лечебного процесса!* И получается, что сегодня болеть дорого и накладно, а нынешний темп жизни вообще не оставляет времени на болезни и «хождении по кабинетам».

Поэтому *требуется изменение подходов к комплексному оздоровлению и реабилитации* особенно при наличии хронических заболеваний или при желании укрепить свое здоровье. Поэтому, если обследованы и поставлены диагнозы, то оздоровление на дому немедикаментозными средствами, среди которых центральное место занимают естественные и искусственные физические факторы, имеет шансы на самое широкое распространение.

*Восполнение дефицита естественных физических энергий является важным недостающим звеном в комплексном восстановлении организма.* Важное место в этом занимают приборы для личной и домашней физиотерапии. Так как они имеют достаточно невысокую мощность, то их применение не требует постоянного наблюдения медицинского работника, они могут быть использованы пациентами согласно прилагаемой инструкции в домашних условиях. Правильное применение методов воздействия на биологически активные зоны и точки абсолютно безвредно и не может нанести ущерба организму.



**Перечень ссылок:**

1. Теоретические, фундаментальные и методологические аспекты динамической электростимуляции. Том 1, Екатеринбург, 2004 г.
2. Динамическая электронейростимуляция. Методологические рекомендации, Москва, 2005 г.
3. Биорезонансная терапия. Методические рекомендации №2000/74 МЗ РФ. Москва, 2000 г.
4. Экзогенная биорезонансная терапия фиксированными частотами. Методическое пособие, «Имедис», Москва, 2011 г.
5. Х. Кларк. Неизлечимых болезней нет. Санкт-Петербург, 2007 г.

**УДК 616-71**

**АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИНГА**

А. В. Ляшенко, В. П. Олейник,

Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского

«Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, кафедра Радиоэлектронных и биомедицинских компьютеризированных средств, и технологий», e-mail: movinguser@gmail.com

This article discusses the design features of ECG equipment for long-term monitoring. A description of the technical solutions used in devices on the market. Recommendations on the optimal structure of long-term monitoring of cardiac activity are given.

**Введение.** Диагностика сердечно-сосудистых заболеваний на основе регистрации биоэлектрических потенциалов получила широчайшее распространение в современной медицине. Разработано большое количество аппаратных средств для электрокардиографии (ЭКГ). Особое место среди них занимают устройства, которые обеспечивают долговременное наблюдение за сердечной деятельностью пациента. Начиная с 80-х годов прошлого века доминируют методы и технические средства, получившие название «Холтеровского мониторинга» в честь его основателя Нормана Холтера. Отличительной особенностью данной технологии является выявление скрытых патологий работы сердца в процессе длительного мониторинга (1...3 суток). Эффективность такого подхода в ЭКГ диагностике подтверждена медицинской статистикой [1]. Длительность процесса диагностики наложила особые требования на технические средства и методику проведения исследования.

К особенностям технических решений относят:

- использование самофиксирующихся электродов с противоаллергическими свойствами;
- наличие носимого электронного блока, который располагается на теле пациента и должен иметь автономное питание и допустимую массу;
- применение цифровых методов обработки информации, ее накопление и передача для дальнейшей обработки;
- введение элементов сигнализации в случае возникновения крайних патологических состояний.

**Целью настоящего исследования** является определение перспективных направлений конструирования радиоэлектронных средств холтеровского мониторинга.

Источником сигнала любого ЭКГ исследования являются биопотенциалы величиной от десятков микровольт до единиц милливольт, в частотном диапазоне 0,01...100 Гц. Для съёма этих потенциалов используют специальные электроды конструкция и технология производства, которых достигла оптимальных параметров. Однако, остается дискуссионным вопрос о их количестве в используемых отведениях, достаточности или избыточности информации.

Первоначально использовалась модифицированная 12-ти канальная система отведений. Однако, эта конфигурация оказалась неудобной при долговременном мониторинге, особенно наличие грудных отведений. Поэтому в дальнейшем была применена пятиэлектродная система отведений, которая позволяла сформировать от пяти до семи информационных сигналов. Стремление адаптировать холтеровский мониторинг к стандартному 12-ти канальному виду привело к введению системы отведений EASI [2]. Эта система при использовании пяти электродов, расположенных также, как и в модифицированной векторкардиографической системе Франка, позволяет путем математического моделирования сформировать 12 информационных сигналов. Как показала дальнейшая медицинская практика, математическое моделирование приводило к частичному несовпадению с результатами, полученными по классической системе ЭКГ отведений.

Поэтому в большинстве современных аппаратов холтеровского мониторинга используют всего три электрода, располагающихся на груди пациента. Электронный блок при этом крепится в комфортном для пациента месте на поверхности тела [1].

Электронный блок ЭКГ мониторинга представляет собой n-канальный инструментальный усилитель биопотенциалов с цифровой обработкой информации. Разрядность, частота дискретизации аналоговых сигналов зависят от количества отведений и массивов данных, которые подвергаются первичной обработке или накоплению. По последним данным объём энергонезависимой памяти позволяет сохранять полную информацию о ЭКГ сигналах, накопленную за трое и более суток. Такое техническое решение обладает существенным недостатком в случае возникновения внезапных нарушений работы сердца. В лучшем случае имеется звуковая или световая сигнализация, подсказывающая пациенту о необходимости неотложной медицинской помощи.

Более совершенные холтеровские мониторы обеспечивают непосредственную передачу текущей информации средствами телекоммуникаций (Bluetooth, WIFI) с дальнейшей обработкой и наблюдением в режиме реального времени с применением облачных технологий [3]. Такое техническое решение позволяет не только упростить и уменьшить массу носимого электронного блока, но и обеспечить применение совершенных программных средств диагностики, сформировать виртуальные кабинеты пациента и врача, оказать экстренную помощь в случае критических состояний пациента. Несмотря на указанные преимущества, такое техническое решение требует устойчивых и надежных телекоммуникаций, что ограничивает перемещение пациента относительно систем связи. Также, сложно предусмотреть реальные условия электромагнитной совместимости в современной среде пребывания человека.

**Выводы.** Таким образом в целях повышения надежности мониторинга состояния пациента, а именно устранения потери данных при использовании только передачи информации по радиоканалу или невозможности своевременного выявления критического состояния пациента при автономной записи данных, предлагается следующая конфигурация средств холтеровского мониторинга: три самофиксирующихся, долговременного действия электрода; электронный блок с элементами аналоговой и цифровой обработки данных [4]; модули радиоканалов (Bluetooth, WIFI); энергонезависимые накопители данных (SD/MMC); модули звуковой и световой сигнализации патологического состояния. Данная конфигурация не приводит к существенному увеличению массы устройства при использовании специализированных модулей медицинской радиоэлектроники и стандартных систем связи.

#### Перечень ссылок:

1. Дабровски А., Суточное мониторирование ЭКГ / А. Дабровски, Б. Дабровски, Р. Пиотрович – М.: Медпрактика, 2000. – 208 с.
2. Шульгин, В.И. 12-ти канальное холтеровское мониторирование с использованием системы 12-lead EASI [Электронный ресурс] / В.И Шульгин // «ХАИ МЕДИКА» – 2003. – С.8-11 – Режим доступа: <https://xai-medica.com/ru/index.html>
3. Кузнецов В.И., Применение облачных технологий в медицинских дистанционных диагностических устройствах / В.И. Кузнецов, С.А. Тараканов, Н.И. Рыжаков, А.А. Рассадина// «Биотехносфера» - 2010. – С.68-71.
4. Броедерс Дж. – Г. GEN II – носимый «Монитор здоровья» компании Analog Devices / Дж. – Г. Броедерс // Электронные компоненты и системы. – 2018. – №1 (221). – С. 5-6.

#### УДК 62-1/9

#### СИСТЕМА ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗРАЗКІВ ДЛЯ СКВІД-МАГНІТОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Є. В. Мельник, Ю. Д. Мінов, П. І. Сутковий, М. І. Мудренко

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України,  
відділ пристроїв, систем та технологій безконтактної діагностики,

03187, Київ, проспект Академіка Глушкова 40, тел.: +380 (063) 677 39 81, e-mail: [evgm1991@gmail.com](mailto:evgm1991@gmail.com)

Specific requirements for the positioning system are defined. The most essential demand is the accuracy of the positioning of the samples along two coordinates in the horizontal plane, the absence of magnetic noises due to shift of materials from which positioning system is made, and the distance between the electromechanical drive and sample.

**Вступ.** Останнім часом у світі все більше уваги приділяється ретельному дослідженню магнітних властивостей біологічних тканин. Насамперед це пов'язано з особливістю значних змін їх магнітних властивостей, що виникають при певних видах захворювань або при токсикації організмів. Реєстрація змін магнітних властивостей біологічних тканин дозволяє неінвазивно діагностувати певні види захворювань, зокрема онкологічних, на ранніх стадіях, накопичення організмом токсичних речовин, важких металів, аерозолів заліза, тощо.

Дослідження магнітних властивостей матеріалів, також є актуальним завданням. Так багато речовин - діаманетиків можуть під впливом зовнішніх факторів, таких як тиск, температура, магнітні поля, значно змінювати свої магнітні властивості. З метою дослідження цих змін, було створено лабораторну дослідницьку магнітометричну систему, здатну досліджувати магнітні властивості зразків під впливом тестового однорідного поля, що створюється системою котушок Гемгольца. Однорідне магнітне поле підмагнічує зразок, що досліджується і це підвищує чутливість системи.

Дослідження зразків проводиться методом сканування їх у однорідному магнітному полі. Тобто зразок закріплений на рухомій площині, послідовно переміщується по координатній сітці з відповідним кроком, зупиняється в вузлах сітки, де проводиться реєстрація наведеного сигналу. Реєстрація об'єкту проводиться в 36 пунктах координатної сітки розміром 10 x 10 мм. Крок сітки залежить від розміру зразків, що досліджуються. Максимальний діапазон сканування по напрямку X складає 150 мм, у напрямку Y складає також 150 мм[1]. Такий діапазон переміщення пов'язаний насамперед з необхідністю оперативно змінювати крок координатної сітки в залежності від розміру досліджуваних зразків. Причому переміщення рухомої площини здійснюється вручну оператором. З метою усунення людського фактору при проведенні реєстрацій, зручності роботи оператора та скорочення часу позиціонування було створено автоматизовану двох координатну систему позиціонування з електромеханічним приводом та комп'ютерним керуванням переміщення зразків.

**Конструкція механічної частини.** Механічна частина системи позиціонування не є надто складною, проте має певну специфіку. При переміщенні площини із зразками у двох перпендикулярних напрямках не має бути переміщення жодного з двигунів приводу. Положення корпусів обох двигунів, що мають у своєму складі феромагнітні частини, не має змінюватись відносно системи позиціонування та системи котушок підмагнічування.

Основні деталі механічного приводу виконано з немагнітних матеріалів. Так силовий гвинт, муфту, ковзний вал, зубчаті колеса та рійку, лінійні направляючі, гвинти кріплення виготовлено з капролону, Основа системи позиціонування та рухомі столи з МДФ, деякі фіксуючі деталі та елементи кріплення двигунів з алюмінієвого сплаву.

Щоб максимально віддалити мотори приводу від зони вимірювань, на рухомий стіл встановлюється куб з МДФ, на якому закріплюються зразки матеріалів, що досліджуються, площини з піддослідними щурами, тощо. Керування приводом здійснюється дистанційно оператором, який проводить запис сигналу з комп'ютера.

**Електрична частина.** Прецизійне управління рухомим столом без використання датчиків лінійного переміщення забезпечує використання крокових двигунів з відповідними драйверами. Управління кроковими двигунами може здійснюватись у двох режимах – ручному та автоматичному. Під час підготовки до вимірювання об'єкту дослідження необхідно виконати його попереднє позиціонування. Для цього переміщувати рухомий стіл в ручному режимі за допомогою кнопок управління, знаходячись поряд з системою сканування. Джерелом сигналів покрокового переміщення в цьому режимі є опорний генератор. Під час безпосередніх вимірювань можна продовжувати переміщення рухомого столу кнопками управління, контролюючи положення об'єкту дослідження за допомогою встановлених координатних лінійок, або перейти в режим управління від ПК. В цьому режимі імпульси покрокового переміщення надходять по кабелю довжиною 5 м від мікроконтролерного модуля управління, який входить до складу блоку управління магнітометричною системою [2]. Переключення між двома згаданими режимами забезпечує селектор команд управління по команді модуля управління від ПК. Діапазон переміщення системи позиціонування обмежений кінцевими вимикачами, при досягненні яких блокується подальша подача сигналів покрокового переміщення у відповідних напрямках. Драйвери крокових двигунів мають напівкроковий режим, який може забезпечити більш точне, але вдвічі повільніше переміщення. Особливої потреби в напівкроковому режимі немає, так як одному кроку двигуна ( $0,72^\circ$ ) відповідає переміщення 0.002 мм. Але, оскільки така можливість є, напівкроковий режим також передбачений відповідним перемикачем.

**Висновки та подяки.** Система позиціонування пройшла успішне випробування у тестовому режимі із зразком вагою 2 кг. При цьому точність позиціонування склала 0.5 мм, чого цілком достатньо для позиціонування малих тварин та зразків матеріалів. Також система була випробувана для вимірювання магнітних властивостей біологічних тканин, зразків вугілля, сплавів, тощо. При цьому була продемонстрована значна перевага керування процесу вимірювань та запису результатів з місця оператора без залучення додаткового співробітника для позиціонування дослідних зразків. Робота виконана в рамках конкурсного проекту НАНУ ВК 220.31.19 «Розробка, дослідна експлуатація та впровадження у виробництво біомедичних інформаційно-діагностичних систем та інтелектуальних сенсорних приладів» (керівник – Будник М.М.).

**Перелік посилань:**

1. Примин М.А., Недайвода И.В., Бурчак А.В., Сутковий П.И., Минов Ю.Д. Бесконтактные исследования и анализ магнитных сигналов образцов угольного вещества. Комп'ютерні засоби мережі та системи. 2017. №16. С. 30-39
2. Budnyk M.M., Dudchenko N.O., Stavynska O.M., Alekseytsev Y.O., Dudchenko O.K., Chaikovskiy I.A., Minov Y.D., Sutkovyi P.G., Shpylyovy P.B., Ryzhenko T.M., Budnyk V.M., Voytovych. I.D. SQUID-imaging technology to study magnetic nanocarriers for targeted magnetic transport. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik Vol. 40 №4-March 2009

**УДК 331.101.1****ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра фізики, тел.: (050) 756-08-29,

кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури, тел.: (050) 636-87-17,

e-mail: valeriymygal@gmail.com; mygal.galina@gmail.com

The possibility of cognitive visualization of the structure of human electrophysiological signals is shown. Their spatio-temporal configurations are patterns of the corresponding reverse biocycle. In the case of stressors, changes in configurations reflect the features of transient functional states of a person, which can be analyzed by complementary deterministic and statistical methods. The basis of the identification of the transient functional state of a person is the comparison of current patterns with the known ones, which also allows us to predict its evolution.

Ідентифікація функціонального стану (ФС) людини в режимі реального часу надзвичайно важлива для: а) систем інтелектуальної підтримки; б) оперативної діагностики в медицині катастроф; в) індивідуалізації навчання і розвитку інтуїції; г) інженерії людських чинників. Однак стрімкий розвиток інформаційних технологій збільшив різноманіття: а) методів обробки біосигналів (вейвлет перетворення та інші); б) типів візуалізації біосигналів (графіки, діаграми, мережі і т.п.); в) параметрів, показників і критеріїв стану людини. Це призвело до появи нових проблем (індивідуальності тощо), які не дозволяють в режимі реального часу ідентифікувати перехідні до функціональних відмов стани.

Міждисциплінарні дослідження нейронаук (нейроергономіки, нейропсихології і інших) та когнітивних наук (когнітивні ергономіка, психологія, обчислення тощо) дозволили виявити значний вплив стрес-чинників на ФС людини. Він проявляється у збільшенні індивідуальних особливостей біосигналів, в яких прихована інформація про можливі функціональні відмови. Такі перехідні до зривів ФС людини впливають на когнітивну і фізичну діяльність, а їх ідентифікація потребує візуальної аналітики декількох електрофізіологічних сигналів [1]. Отже необхідний міждисциплінарний підхід до обробки сигналів, їх візуалізації та аналізу. Для цього будь який цифрований електрофізіологічний сигнал організму людини розглядається як джерело інформації, яке породжує просторово-неоднорідний інформаційний потік. Це дозволяє флуктуації (скачки і т.п.) аналізувати як сукупність взаємопов'язаних джерел інформації. Саме вони породжують просторово-часову неоднорідність інформаційного потоку. Тому всі електрофізіологічні сигнали можна перетворити в подібні по формі подання просторово-часові структури. Когнітивна візуалізація просторово-часової структури різних електрофізіологічних сигналів людини в одному просторі дозволяє шляхом їх порівняння оцінювати ФС людини (пілота і інших), що приймає відповідальні рішення.

**Метою роботи** є показати можливість когнітивної візуалізації різних електрофізіологічних сигналів організму людини в одному просторі.

Оскільки локальні характеристичні ознаки електрофізіологічних сигналів найбільш чутливі до стрес-чинників середовища і діяльності, то їх просторово-часова структура взаємозв'язків найбільш інформативна. Виявлення закономірностей в інформаційних потоках як одновимірних часових рядах вимагає пошуку методу перетворення їх динаміки в статику. Це дозволяє реконструкція моделі функціонування з електрофізіологічних сигналів за допомогою теореми Такенса. Однак вона не дозволяє виявляти тонкі індивідуальні особливості, які визначають індивідуальні особливості. Разом з тим, індивідуальні характеристичні ознаки структури будь-якого електрофізіологічного сигналу проявляються при перетворенні його в топологічну 3D-траєкторію простору динамічних подій. Така геометризація інформаційного потоку супроводжується просторово-часовою декомпозицією на упорядковані та взаємопов'язані складові. Геометрично вони відрізняються крутизною чи кривизною, а фізично – швидкістю чи прискоренням динамічних подій [2].



Просторово-часова впорядкованість складових найбільше проявляється в ортогональних проєкціях траєкторії, конфігурації яких є індивідуальними графічними образами – сигнатурами джерела інформації 1-го і 2-го порядку [2]. Вони є природними паттернами структури відповідних біоциклів зворотного зв'язку [3]. Їх конфігурації можна аналізувати взаємодоповнюючими детермінованими і статистичними методами. Зокрема, складові конфігурації відрізняються статистично: а) лінійною щільністю динамічних подій; б) характером розподілу складових по квадрантам фазового простору. Важливими параметрами сигнатур також є підмножини мікростанів, потужності яких пропорційні площам конфігурацій сигнатур і статистично відображають ентропію. Отже, когнітивна візуалізація динаміки біосигналів різної природи у вигляді конфігурацій паттернів надає можливість їх порівнювати, а також зрівнювати їх ентропії.

Індивідуальні особливості зміни ФС людини в складних умовах можна зв'язати з особливостями і характером перебудови просторово-часової структури електрофізіологічних сигналів. Установлено, що саме локальні характеристичні ознаки найбільш чутливі до дії стрес-чинників та найбільше проявляються при пакетному поданні сигнатур. Тому пакети сигнатур електрофізіологічних сигналів людини (ЕКГ, ЕЕГ, ЕОГ і інших) можуть слугувати паттернами перехідних ФС. Їх використання дозволяє досліджувати особливості функціонування людини в екстремальних умовах. Так сигнатурний аналіз характеру перебудови когнітивних графічних образів електрофізіологічних сигналів людини в пакетах відповідних сигнатур дозволив виявити сукупності характеристичних ознак (маркерів) ФС (стресу, втоми і інших) [4]. В характері перебудови конфігурацій когнітивних графічних образів проявляються особливості адаптації та функціональні можливості людини. За допомогою маркерів функціональних зривів та атласу патернів циклів зворотного зв'язку та патернів адаптації можна виявляти психофізіологічні ризики.

Застосування засобів когнітивної візуалізації біосигналів і їх сигнатурний аналіз дозволить збільшити ефективність відбору людей для ризикованих видів діяльності (пілоти, диспетчери і інші), а також збільшити вимоги при їх допуску до роботи. Включення в базу знань патернів циклу зворотного зв'язку та патернів еволюції (адаптації) самоорганізованих об'єктів дозволить: а) значно підвищити ефективність навчання людини шляхом розвитку аналітичних здібностей, інтелектуальної інтуїції; б) здійснювати експрес-ідентифікацію ФС людини шляхом порівняння їх патернів з існуючими в базі даних або промодельованими; в) виявляти, ідентифікувати і класифікувати перехідні ФС, які є провісниками функціональних відмов; г) виявляти динамічну адаптацію людини до стрес-чинників в процесі навчання і підвищувати її стресостійкість; д) здійснювати експрес-діагностику ФС людини в режимі реального часу, а також прогнозувати стресостійкість людини. Включення патернів в базу знань надасть нові можливості для візуальної аналітики в системах інтелектуальної підтримки прийняття рішень [5].

#### Перелік посилань:

1. Parasuraman R, Mehta R (2013) Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. *Front Hum Neurosci.* 7: 889. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00889.
2. Mygal V. P., But A. V., Mygal G. V., Klimenko I. A. An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning // *Scientific Reports / Nature Publishing Group*, Jul 14, 2016. № 6. P. 387–391. Article number: 29512 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep29512>
3. Mygal V.P., But A.V., Phomin A.S., Klimenko I.A. (2015) Geometrization of the dynamic structure of the transient photoresponse from zinc chalcogenides. *Semiconductors*, no. 49, pp 634–637. DOI: 10.1134/S1063782615050152
4. V.P. Mygal, G.V. Mygal, L.M. Balabanova. Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects / *Journal of nano- and electronic physics*, Vol. 11 No 2, 02013(4pp) (2019) DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
5. Gilbert K.J. “Visualization in science education”, Springer Science & Business Media (2006). ISBN 978-1-4020-3613-2.

#### УДК 616-71

### ДООПРАЦЮВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ЕКГ-ФОТОМЕТРИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЗГІДНО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ

М. І. Мудренко, В. І. Дегтярук, М. М. Будник, В. М. Будник, Т. М. Риженко  
Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова Національної академії наук України,  
відділ пристроїв, систем та технологій безконтактної діагностики,  
03187, Київ, проспект Академіка Глушкова, 40,  
тел.: +38(063)625-37-42, +38(066)208-06-05, email: mudrenko.m.i@gmail.com

The results of revision and testing of the portable ECG-photometric complex in accordance with the requirements of the technical regulation for medical devices are considered. One of the main tasks of revision is

to create protection against electromagnetic interference (EMI) and electrostatic discharge (ESD). In addition, the medical device itself should not generate interference above the specified level.

**Вступ та постановка задачі.** Обов'язковій реєстрації на території України підлягає все медичне обладнання, що застосовується в медичній практиці. Реєстрація передбачає зокрема проходження процедури оцінки відповідності Технічному регламенту. З 1 Липня 2015 року стали обов'язковими до застосування Технічні регламенти у сфері медичних виробів, одним з яких є технічний регламент (ТР) щодо медичних виробів № 753 від 02.10.2013 року [1]. Одним із основних вимог даного ТР є захист медичного виробу, від електромагнітних завад (ЕМЗ) та електростатичних розрядів (ЕСР). Крім того, медична техніка не повинна сама генерувати надлишкові рівні завад.

Портативний ЕКГ-фотометричний комплекс, як виріб медичного призначення, потребує доопрацювання та тестування для забезпечення проходження процедури оцінки відповідності ТР.

**Виклад основного матеріалу.** ЕКГ-фотометричний комплекс призначений для діагностики та точкової реєстрації в часі в певних ділянках на поверхні тіла людини змін ЕКГ потенціалів у 6-ти відведеннях, які генеруються біоелектричною активністю серця та змін оптичної густини у двох фотоплетизмографічних (ФПГ) відведеннях, викликані зміною об'єму крові у приповерхневому шарі біотканин, яка генерується біомеханічною активністю серця.

Фотометричний метод реєстрації пульсових хвиль поєднує в собі всі переваги традиційних. Крім високої інформативності він дозволяє виконувати дослідження на протязі тривалого часу без впливу на перебіг досліджуваних процесів. Це дає можливість аналізувати досить тривалі відрізки записів пульсу, що в свою чергу дозволяє відслідковувати та давати цифрову або кількісну оцінку окремих компонентів пульсових кривих які носять самостійний характер і за аналогією з ритмологічним підходом до динаміки серцевої діяльності [2].

Прилад має наступні експлуатаційні характеристики:

- комплекс є відновлювальним виробом і за наслідками можливих відмов в процесі експлуатації відноситься до класу В згідно з РД 50-707;
- стосовно потенційного ризику застосування прилад відноситься до класу ІІб, як неінвазивний медичний виріб згідно ДСТУ 4388;
- прилад є засобом вимірювальної техніки (ЗВТ) і підлягає повірці раз на 1 рік;

Доопрацювання приладу згідно вимог ТР. Вимоги ТР на медичні вироби до ЕКГ-фотометричного комплексу були враховані шляхом внесення змін в блок обробки сигналів (БОС). Для забезпечення захисту від ЕМЗ та ЕСР були застосовані практичні рішення рекомендовані в «Керівництві з проектування високошвидкісних платформ USB» компанії Intel [3]. Електричні схеми захисту USB портів БОС від ЕМЗ та ЕСР зображено на рис.1.

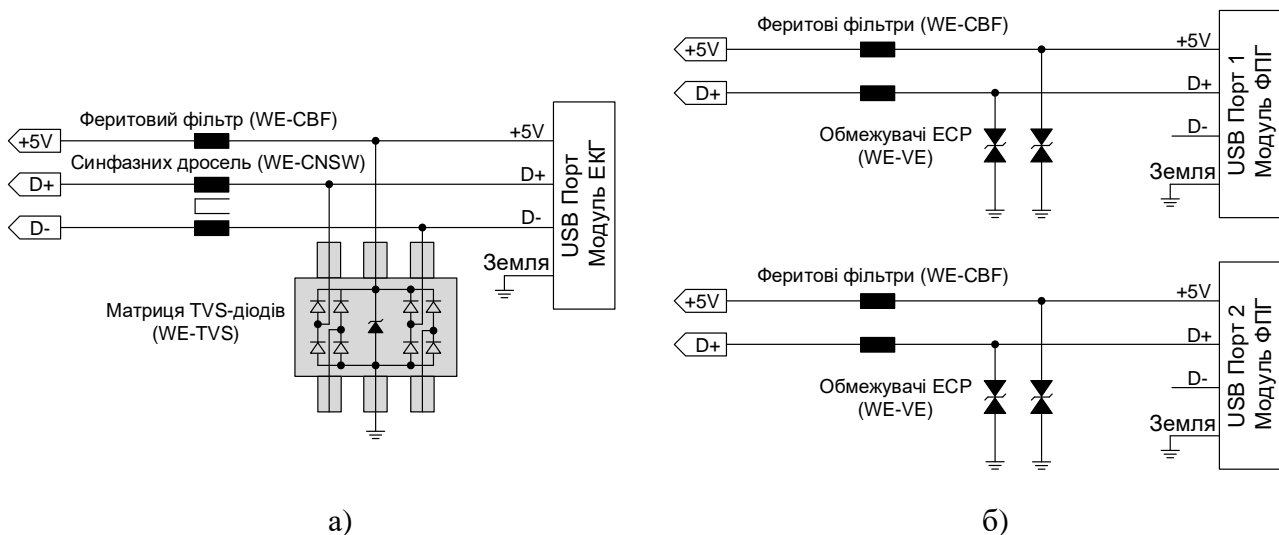


Рисунок 1 – Електричні схеми захисту USB портів БОС від ЕМЗ та ЕСР. Модуль ЕКГ (а), Модуль ФПГ (б).

Було виконано екранування корпусу БОС для захисту від ЕСР за допомогою оболонки із металу з високою провідністю. Для захисту внутрішніх частин і корпусу БОС використано кремнійорганічний

герметик ЕКП-102 марки Е. Також були встановлені феритові фільтри на кабелі БОС для забезпечення фільтрації високочастотних перешкод.

*Тестування приладу.* Проведено тестування ЕКГ-фотометричного комплексу на електромагнітну сумісність (ЕМС) та стійкість до ЕСР різної величини (+/-2 кВ, +/-4 кВ, +/-6 кВ, +/-8 кВ). Тести проводилися в лабораторіях ДП «Укрметртестстандарт».

**Результати.** Після проведення попередніх тестів на ЕМС було виявлено, що DC/DC перетворювач, який входить до складу БОС, є джерелом завад, які перевищують допустимі показники. Даний перетворювач було замінено на Resom Power RV-0505S, що забезпечило успішне проходження тесту на ЕМС.

При тестуванні на стійкість до дії ЕСР спостерігались збої в роботі приладу. Для покращення стійкості ЕКГ-фотометричного комплексу до дії ЕСР замінено корпус роз'єму ЕКГ на корпус з вищим класом захисту (IP67). Також були сформовані пропозиції для внесення змін у програмне забезпечення.

**Висновки та подяки.** Доопрацьована конструкція БОС комплексу згідно вимог технічного регламенту, з урахуванням вимог міжнародних стандартів для проходження тестування на електромагнітну сумісність та стійкість до електростатичних розрядів. Проведено тестування на ЕМС та стійкість до ЕСР в ДП «Укрметртестстандарт». За результатами тестів були внесені зміни в конструкторську документацію на ЕКГ-фотометричний комплекс.

Робота виконана в рамках проекту НАНУ ВФК 220.30 «Створення інформаційно-медичних засад технології комбінованої ЕКГ та пульсової діагностики для її впровадження у практичну медицину» (керівник – Будник М.М.).

#### **Перелік посилань:**

1. Про затвердження Технічного регламенту щодо медичних виробів. Постанова Кабінету Міністрів України від 02 жовтня 2013 року, №753 - URL: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/753-2013-%D0%BF>
2. Дегтярук В.І. Пульсові процеси в серцево-судинній системі людини та їх використання для діагностики // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2014, №13. – с 43-52.
3. The Protection of USB 2.0 Applications - URL: [https://www.we-online.com/web/en/electronic\\_components/produkte\\_pb/application\\_notes/robustes\\_design\\_von\\_usb\\_anwendungen.php](https://www.we-online.com/web/en/electronic_components/produkte_pb/application_notes/robustes_design_von_usb_anwendungen.php)

#### **УДК 534.2**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИОГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ В 2-УХ ПОЛОСНЫХ АКСИАЛЬНЫХ И КООКСИАЛЬНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

В. Н. Олейник, В. В. Афанасьев

Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»,

61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, тел.: 050-55-75-634, e-mail: Svika96@gmail.com

This article investigates and compares the directivity pattern in 2-way axial and coaxial speaker systems. The appropriateness of the use of two-way kaoxial acoustic systems, their sound and perception by a person are evaluated. As well as the calculation of optimal speaker spacing in axial systems.

**Введение.** На сегодняшний день по разным причинам широко применяются многополосные акустические системы, используемые в медицине в реабилитационных центрах, кабинетах психологической разгрузки и др. В зависимости от оформления (аксиальные и коаксиальные), они имеют различную диаграмму направленности. Одной из проблем акустики, является обеспечение достоверности пространственного распределения звуковых объектов в прослушиваемой фонограмме.

**Цель.** Оценить возможность замены, идеализированной коаксиальной акустической системы на аксиальную без потерь достоверности пространственного распределения звуковой картины.

Бинауральность слуха обеспечивает человеку возможность воспринимать пространственный звуковой мир и оценивать перемещение звуковых сигналов в пространстве. Наличие двух приемников информации позволяет человеку локализовать, разделять, и выделять звуковые сигналы.

Источники звука могут располагаться как в горизонтальной локализации, так и в вертикальной. Так, в горизонтальной локализации звук, исходящий из источника, расположенного справа от слушателя, должен пройти большее расстояние к левому уху, чем к правому, и поэтому возникает некоторая разница по времени прихода звуковой волны. В целом анализ способности к локализации в горизонтальной плоскости показывает, что наименьший осязаемый угол отклонения источника при восприятии звуковых импульсов составляет около 3°. Способность определять направление прихода

звука в вертикальній площині у человека розвита значительно слабее, чем в горизонтальной и составляет 10-15°[1].

Эту способность связывают обычно с анатомией ушных раковин. Ушная раковина действует как фильтр, внося максимальные искажения в области 6-16 кГц, причем форма этих искажений зависит от того, спереди или сзади находится источник звука и под каким углом подъема он расположен в медианной плоскости.

Задача достижения достоверности звуковой картины при звуковоспроизведении заключается в построении такой акустической системы, в которой природная картина звуков, либо задумка звукорежиссера не была бы искажена техническими средствами звуковоспроизведения.

В последнее время некоторые производители высококачественных акустических систем, таких как KEF [2], создают многополосные акустические системы с коаксиальным расположением излучателей, дабы избежать ощущения разнесенного звука. Такое техническое решение требует применения дорогостоящих, сверхновых материалов и технологий, что приводит к резкому удорожанию техники звуковоспроизведения.

Традиционные высококачественные многополосные акустические системы как правило реализуются в виде пространственно-разнесенных аксиальных акустических излучателей, расстояние между которыми определяется геометрическими размерами самих излучателей. В наибольшей степени это проявляется в области среднечастотного и высокочастотного диапазона (150-4500Гц). Для того чтоб не потерять фазу сигнала, особенно в высокочастотной области, конструкцию высокочастотных стремятся делать такой, чтобы максимально приблизить центры излучателей. В результате этих действий появились твиттеры с формой корпуса в виде «полумесяца».

Если промоделировать процесс прослушивания фонограммы слушателя, то при типовой стереобазе между левым и правым акустическим излучателем равной 1,5-2,5м и расстоянием между фронтальной плоскостью излучения и слушателем, равной тому же расстоянию, как показано ниже на рис.1, при смещении излучателя в вертикальной плоскости (рис.2.) на угол 12° (зона нечувствительности уха человека) [1], расстояние  $h = l \cdot \operatorname{tg} \lambda$  составит не менее 0.32м.

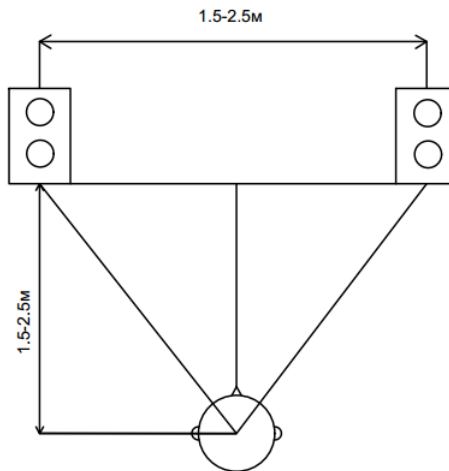


Рисунок 1 – Локализация по горизонтали

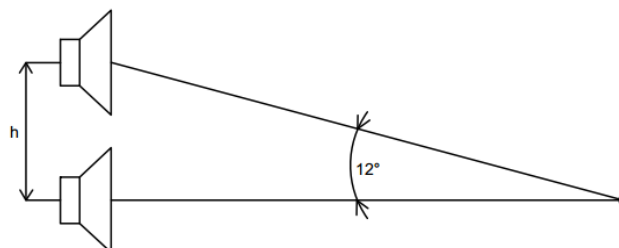


Рисунок 2 – Локализация по вертикали

Полученное расстояние свидетельствует о том, что усложненные конструкторские и технологические решения в акустических системах малооправданны. Однако процесс распознавания звуковых образов человеком, является сложной комплексной психофизической задачей, и не поддается

столь простому аналізу, поэтому следует провести ряд дополнительных экспериментальных исследований, позволяющих прийти к окончательному резюме.

**Выводы.** Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для получения достоверного пространственного распределения звука, достаточно применять аксиальную систему на ряду с более дорогой коаксиальной.

**Перечень ссылок:**

1. Алдошина И.А. Музыкальная акустика. Санкт-Петербург. 2006 – 719с.
2. KEF. HOME AUDIO. Интернет ресурс «international.kef.com». – Режим доступа к материалу: [https://international.kef.com/pages/homeaudio].

УДК 621.391

**ВИКОРИСТАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ В ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБАХ ФІЗИОТЕРАПІЇ**

В. П. Олійник

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»,

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, e-mail: v.oliinyk@khai.edu

Physiotherapy methods based on the use of gas discharges of different types are considered in the paper. It is noted that the conditions of the origin of the discharge and its course combine a number of physical processes. This leads to a simultaneous impact on the patient's body as a major factor and minor factors. It is recommended that these factors be considered to determine the ultimate therapeutic effect.

**Вступ.** Як відомо, фізіотерапія ґрунтується на використанні природніх, або штучно створених фізичних факторів впливу на людину з лікувальним чи профілактичним ефектами. У кожному випадку діючий фактор створюється, формується, вимірюється спеціальними технічними засобами. Цілий ряд визнаних в медичній практиці методів фізіотерапії використовують безпосередньо, чи опосередковано електричний розряд в атмосферному повітрі або в спеціальній суміші газів. До таких методів і відповідних технічних засобів відносяться: електростатичний душ (франклізація), дарсонвалізація (рис. 1), ультратонова терапія, інформаційно-хвильова терапія, довго- та короткохвильова ультрафіолет терапія (ДУФ, КУФ), ефлювіальна аероіонотерапія [1, 2].



Рисунок 1 – Апарат для дарсонвалізації «Корона» з газорозрядними насадками

Кожний з перерахованих методів орієнтований на дію основного фізичного фактору впливу на організм, як наприклад: електризація та поляризація біотканин в електростатичному полі, протікання струмів зміщення в змінному або імпульсному електричному полі, випромінювання в діапазоні надвисоких частот, ультрафіолетове випромінювання оптичного діапазону, аероіони кисню з від'ємним зарядом.

Але виникнення і протікання газового розряду є сукупністю цілого ряду специфічних процесів. Тому, **ціллю даної роботи** є визначення додаткових (не основних) факторів впливу на організм пацієнта, які в поєднанні з основним, викликають підсумковий біологічний ефект.

За визначенням, газовий розряд – сукупність процесів, що виникають при протіканні електричного струму через речовину, що знаходиться в газоподібному стані [3]. Зазвичай перебіг

струму стає можливим тільки після достатньої іонізації газу і утворення плазми. Іонізація в електричному полі відбувається за рахунок зіткнень носіїв заряду (в основному електронів та іонів), що прискорюються в електромагнітному полі, з атомами і молекулами газу. Узагальнений енергетичний баланс процесу іонізації в електричному полі можна представити як –

$$Uq = A_i + hv + W_k,$$

де:  $U$  – напруга прискорюючого електричного поля,  $q$  – заряд частки,  $A_i$  – робота яка витрачається на іонізацію,  $hv$  – енергія кванта електромагнітного випромінювання ( $v$  – частота,  $h$  – стала Планка),  $W_k$  – сумарна кінетична енергія часток після зіткнення. Вказані складові енергетичного балансу мають ймовірнісні характеристики, але для виникнення іонізації повинна обов'язково виконуватись умова  $Uq \geq A_i$ . Величина  $A_i$  характеризується потенціалом іонізації, який залежить від виду газу. Якщо, після первинного процесу іонізації  $W_k \geq A_{in}$  та, або  $hv \geq A_{in}$ , де  $A_{in}$  значення роботи на іонізацію газів з меншим іонізаційним потенціалом, то можливі повторні удари і фотоіонізація. Зауважимо, що у повітряній суміші газів, кисень має один з найнижчих потенціалів іонізації 12,1 В. Це ефективно використовується газорозрядних генераторах аероіонів. Процеси іонізації врівноважуються процесами рекомбінації – виникненням нейтральних атомів при захваті позитивними іонами електронів. Рекомбінація іонів супроводжується виділенням енергії у вигляді квантів випромінювання відповідної довжини хвилі. Це випромінювання відносять до характеристичного (з лінійчатим спектром) і супроводжуються світінням газу в оптичному діапазоні.

Ще один різновид електромагнітних процесів в іонізованому газі (плазмі) виникає гальмуванням руху прискорених електронів при зіткненнях з атомами і молекулами. Цей процес породжує гальмівне випромінювання з неперервним спектром, який охоплює діапазон електромагнітних хвиль від радіочастотного до рентгенівського. Також, неперервний спектр має теплове випромінювання плазми.

Теоретично, в складові електромагнітних явищ в плазмі відносять випромінювання Вавилова – Черенкова та магнітогальмівне, але їх вклад для режимів розрядів медичної техніки незначний [3, 4]. Також, електричні струми розряду породжують магнітні поля динаміка яких корелюється з типом розряду.

**Висновки.** Використання газових розрядів в медичній техніці потребує наявності високих постійних, змінних або імпульсних електричних напруг. В біологічних структурах які перебувають в зоні безпосередньої дії електричного поля виникають процеси характерні для речовин з іонною провідністю. Результатом розряду є іонізація газу і виникнення плазми і аероіонів. Для плазми характерне електромагнітне випромінювання, спектр якого охоплює радіочастотний і оптичний діапазони, а в окремих випадках сягає низько інтенсивного рентгенівського.

Таким чином, біологічну дію газорозрядної фізіотерапевтичної техніки необхідно оцінювати з урахуванням не тільки основного чинника, а і додаткових факторів, які в сукупності відповідають за позитивний лікувальний результат.

#### Перелік посилань:

1. Улащик В.С. Общая физиотерапия: Учебник / В.С. Улащик, И.В. Лукомский. – Мн.: Интерпрессервис; Книжный Дом, 2003. – 512 с.
2. Медицинские приборы: Разработка и применение / Авт. кол.: Джон В. Кларк мл., Майкл Р. Ньюмен, Валтер Х. Олсон и др.; Ред. Джон Г. Вебстер. К.: Медторг, 2004. – 620 с.
3. Основы физики плазмы / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. – М.: Атомиздат, 1977. – 384 с.
4. Моделирование параметров газоразрядного источника широкополосного излучения низкой интенсивности ММ диапазона в полосе биологически значимых частот / Рояи Бахман, В.П. Олейник, С.Н. Кулиш, В.В. Литвин // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. . – 2012. – Вып.168. – С. 120 – 131.

УДК 004.62

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТЬ

И. Ю. Панферова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: iryna.panforova@nure.ua

The given work is devoted to the modification of the method of analysis of functional requirements for a medical information system for consistency. The method of analysis of individual frames for representing the functional requirements at the knowledge level was considered as the initial one. During the modification, this

method was adapted to analyze the publication of requirements fulfillment scenarios made in the form of UseCase diagrams of the UML language.

**Введение.** Одним из наиболее перспективных современных направлений развития IT-сферы является сокращение непроизводительных затрат на инициацию, планирование, выполнение и управление IT-проектами создания или развития сложных медицинских информационных систем. Одним из подходов к подобному сокращению затрат является стремление выявить и устранить максимально возможное количество ошибок в ходе анализа описаний информационной системы и ее элементов сразу же после формирования требований правообладателей к этой системе. Целью работ по такому анализу является, как правило, подтверждения адекватности сформулированных требований предметной области и создаваемой или развиваемой информационной системы.

Однако большинство существующих методов и способов предполагают неавтоматизированное выполнение работ по анализу требований к информационным системам. Эта особенность серьезно затрудняет применение методов анализа требований в IT-проектах создания и развития крупных и сложных медицинских информационных системах. Следствием этого является высокий риск необнаружения ошибок, вызванных неверным определением отдельных требований и синтезом описания архитектуры ИС без согласования описаний отдельных требований. Сказанное выше позволяет считать проблему разработки методов анализа требований, предполагающих автоматизированную обработку публикаций отдельных требований, актуальной с теоретической и прикладной точек зрения [1].

**Основная часть.** В общем случае метод анализа отдельных фреймов представления  $K_i^f$  на непротиворечивость предполагает выполнение следующих этапов [1].

Этап 1. Выбрать ранее не рассмотренный фрейм  $fr^{ia} \in K_i^f$ .

Этап 2. Выбрать ранее не рассмотренный фрейм  $fr^{jb} \in K_j^f$ ,  $K_j^f \in \{K_j^f\}$ .

Этап 3. Если выполняется условие

$$(d_n^{ia} = d_n^{jb}) \wedge ((\langle d_{el\_fr}^{ia}, d_{el\_fr\_t}^{ia} \rangle) / \langle d_{el\_fr}^{jb}, d_{el\_fr\_t}^{jb} \rangle) = \emptyset), \quad (1)$$

то признать наличие противоречия между  $i$ -ым и  $j$ -ым функциональными требованиями в описаниях фреймов  $fr^{ia}$  и  $fr^{jb}$ , после чего перейти к Этапу 5.

Этап 4. Если выполняется условие

$$((d_n^{ia} \subseteq d_n^{jb}) \vee (d_n^{ia} \supseteq d_n^{jb})) \wedge ((\langle d_{el\_fr}^{ia}, d_{el\_fr\_t}^{ia} \rangle) \cap \langle d_{el\_fr}^{jb}, d_{el\_fr\_t}^{jb} \rangle) = \emptyset), \quad (2)$$

то признать наличие противоречия между  $i$ -ым и  $j$ -ым функциональными требованиями в описаниях фреймов  $fr^{ia}$  и  $fr^{jb}$ .

Этап 5. Исключить фрейм  $fr^{jb}$  из дальнейшего рассмотрения. Если не рассмотрены все фреймы  $fr^{jb} \in K_j^f$ , то перейти к Этапу 2.

Этап 6. Исключить представление  $K_j^f$  из дальнейшего рассмотрения. Если не рассмотрены все представления множества  $\{K_j^f\}$ , то выбрать ранее не рассмотренное представление  $K_j^f \in \{K_j^f\}$  и перейти к Этапу 2.

Этап 7. Исключить фрейм  $fr^{ia}$  из дальнейшего рассмотрения. Если не рассмотрены все фреймы  $fr^{ia} \in K_i^f$ , то перейти к Этапу 1, в противном случае – завершить применение метода.

Применение рассмотренной в [2] модели представления сценария выполнения функционального требования на уровне знаний позволяет упростить рассмотренный выше метод. Главным образом это упрощение связано с невозможностью точного описания элементов фрейма. Поэтому Этап 3 и Этап 4 рассмотренного выше метода для случая анализа сценариев выполнения функциональных требований к медицинской информационной системе предлагается привести к следующему виду.

Этап 3. Если выполняется условие

$$(d_n^{ia} = d_n^{jb}), \quad (3)$$

то признать наличие противоречия между  $i$ -ым и  $j$ -ым функциональными требованиями в описаниях фреймов  $fr^{ia}$  и  $fr^{jb}$ , после чего перейти к Этапу 5.

Этап 4. Если выполняется условие

$$((d_n^{ia} \subseteq d_n^{jb}) \vee (d_n^{ia} \supseteq d_n^{jb})), \quad (4)$$

то признать наличие противоречия между  $i$ -ым и  $j$ -ым функциональными требованиями в описаниях фреймов  $fr^{ia}$  и  $fr^{jb}$ .

Подобное усовершенствование хотя и снижает точность выявления противоречивых требований, но зато предоставляет возможность обнаружения таких требований на самых ранних стадиях формирования и анализа функциональных требований правообладателей медицинской информационной системы.

**Выводы.** Предлагаемая модификация позволяет адаптировать ранее разработанный метод выявления анализа отдельных фреймов функционального требования на непротиворечивость к сценарному описанию функциональных требований. Такая адаптация позволяет сократить затраты на анализ функциональных требований к медицинским информационным системам за счет отказа от применения большого количества специализированных методов анализа требований. Для повышения эффективности применения предложенной модификации метода следует в дальнейшем реализовать единый в рамках IT-проекта создания или модификации медицинской информационной системы словарь терминов предметной области. Такой словарь следует рассматривать как специализированную базу знаний, устанавливающую связь между семантикой отдельного термина или описания действия и формализованным представлением этого термина или действия в виде сущностей базы данных или классов программного обеспечения информационной системы, атрибуты и методы которых однозначно характеризуют данный термин или действие.

#### Перечень ссылок:

1. Ievlanov M. Development of methods for the analysis of functional requirements to an information system for consistency and illogicality / M. Ievlanov, N. Vasiltskova, I. Panforova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. - № 1/2 (91). – pp. 4-11. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.121849

2. Mohammed Q. Mohammed, Saif Q. Muhamed, M. Ievlanov, Z. Gazetdinova. Improvement of the method of scenario analysis of functional requirements to an information systems // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. -2019. -№ 3/2 (99). – pp. 25-35. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.170351.

УДК 615.471:616-071:004.032.26

### ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ МІЖПЕРІОДНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ РИТМІВ СЕРЦЯ НА ОСНОВІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ

О. К. Польшин, М. В. Скуріхін

Компанія VPS.UA, 61057, Харків, пров. Театральний, 10,  
тел.: +38066 380 96 79, e-mail: snv@vps.ua; alpolsh@ukr.net

Consideration is given to the creation of a software-technical complex for the normalization of ПТК-НРС heart rhythms, which will reduce the need for the use of drugs in the occurrence of arrhythmia and use non-medication to reduce the duration and severity of arrhythmias, especially when the causes are psycho-emotional stress, prolonged stress as well as to prevent panic attacks.

**Актуальність.** Проблема порушень серцевого ритму є дуже актуальною. Порушення серцевого ритму - одне з найчастіших і значущіших ускладнень різних захворювань [3]. Часто порушення серцевого ритму, навіть у випадку, якщо вони не мають значного впливу на кровообіг, переносяться досить важко і змушують змінити стиль життя [5].

Аритмія - порушення частоти, ритмічності і послідовності скорочень відділів серця. Нормальний ритм забезпечується автоматизмом синусного вузла. Види аритмії: синусова тахікардія – пульс частішає і може досягати більше 100 уд/хв; синусова брадикардія – пульс знижується до 45 уд/хв; синусова аритмія – різкі коливання пульсу від підвищення до пониження; пароксизмальна тахікардія – серце працює нормально, але пульс раптово збільшується до 140-160 уд/хв; мерехтлива аритмія – «тріпотіння» серця: збільшення пульсу до 150-300 уд/хв.

Більшість аритмій може бути діагностовано і диференційовано по клінічних і електрокардіографічних ознаках. Важкість аритмії може не відповідати тяжкості основного



захворювання серця. Достатньо часто, особливо у молодих людей, аритмія не пов'язана із захворюванням серця. В окремих випадках аритмії обумовлюються індивідуальними природженими аномаліями провідної системи серця. Аритмія виявляється в тому, що починає змінюватись тривалість сусідніх періодів між ударами серця, або миттєва частота серцевих скорочень (ЧСС). Саме по собі підвищення чи пониження ЧСС може бути нормальною реакцією на навантаження організму. Але міжперіодна нестабільність між сусідніми ударами серця є діагностичним показником певних проблем діяльності серця.

**Обґрунтування методу.** З клінічної точки зору важливим є не стільки величина – періоду між ударами серця, скільки саме міжперіодна нестабільність цих ударів. За даними досліджень існують біологічно обумовлені коливання миттєвої ЧСС в межах 2-4 уд/хв. Ці коливання відбуваються за період в декілька хвилин. Нормальне серце в спокійному стані скорочується практично з постійним інтервалом. Для мінімізації міжперіодної нестабільності ритмів серця і скорочення тривалості аритмії був розроблений ПТК-НРС.

Прилад здійснює перетворення величини міжперіодної нестабільності ритмів серця у частоту звукового тону (ЧЗТ). Це дозволяє людині впевнено і усвідомлено розрізнити збільшення або зменшення періоду між серцебиттями. В свою чергу така можливість дозволяє людині зосередити увагу на змінах періодів між серцебиттями і оцінити, наскільки ці зміни є прийнятними або неприйнятними.

Структурна схема приладу:

- модуль вибору джерела кардіосигналу: ЕКГ, пульсова хвиля, тонометр;
- модуль формування реперного імпульсу з кардіосигналу – Rimp.;
- модуль перетворення міжперіодної нестабільності слідування Rimp. в ЧЗТ;
- модуль формування частоти звукового тону;
- модуль вибору типу звукового тону: безперервний, імпульсний, затухаючий.

Прилад має режим фонові роботи, коли гучність звукового тону залежить від діапазону коливань миттєвої ЧСС. Також є функція «тривожного включення», яка вмикає велику гучність звукового тону при перевищенні діапазону аритмії за встановлені межі.

**Результати дослідження.** Нами був виявлений ефект стабілізації періоду серцевих скорочень під час прослуховування звукового тону, висота якого змінювалась відповідно до зміни періоду між серцебиттями. Якщо на початку прослуховування коливання періоду між ударами серця становив, в перерахунку на число ударів серця за хвилину, від 4 до 7 уд/хв., то після 5 хвилин прослуховування цей діапазон зменшився до 3-4 уд/хв. Тобто відбулось не тільки зменшення діапазону змін періоду, але й зниження ЧСС.

Для досягнення такого результату пацієнту потрібне певне зосередження на частоті звукового тону і певне внутрішнє, можливо вольове, зусилля і бажання досягти потрібного результату. Є підстави вважати, що досягнення ефекту стабілізації ЧСС без свідомих внутрішніх зусиль можливе за рахунок психофізіологічної системи саморегуляції на біологічному рівні. Підставами для такої думки є біологічно обумовлена схильність людини сприймати більш низькі тони як заспокійливі, а більш високі – як збуджуючі. Звичайно, це «працює» у певних межах. Занадто низькі, а тим більше інфранизькі, і занадто високі, ультразвукові тони викликають стан тривоги, аж до паніки включно. Вибраний нами діапазон зміни звукового тону знаходиться в межах 250-1200 Гц., і вказані біологічно обумовлені асоціативні відповідності зберігаються.

**Висновки.** В сучасній медицині і психології широкого використання набули різноманітні програмно-технічні комплекси як наприклад медико-інформаційна система «МІС-ДЕС» для діагностики і терапії психо-емоційних стресів [4], або програмно-технічний комплекс «Ітераційна музична терапія - ПТК-ІМТ» [2].

Створення програмно-технічного комплексу для нормалізації ритмів серця ПТК-НРС дозволить зменшити необхідність в застосуванні ліків при виникненні аритмії і використовувати не медикаментозні засоби для зменшення тривалості і тяжкості нападів аритмії, особливо коли причинами є психо-емоційні напруження, тривалі стреси, а також для запобігання панічних атак.

Програмно-апаратні можливості ПТК-НРС дозволяють використовувати його в якості телеметричної системи для дистанційного контролю показників основних життєво важливих функцій організму. Такий контроль є особливо важливим, коли стан людини може несподівано погіршитись і потрібна термінова медична допомога. Для цього використовуються хмарні обчислювання показників стану, які надходять від користувачів комплексу. Первинний етап аналізу даних здійснюється безпосередньо в самих девайсах (планшетах, смартфонах), де контролюються граничні значення

показників, а далі отримані дані через мобільний Інтернет надходять на web-сервер для подальшої обробки і зберігання в базі даних. Реалізація ПТК-НПС стає основою для створення електронних кабінетів лікаря і пацієнта з можливістю прогнозування і попередження порушень ритмів серця.

**Перелік посилань:**

1. Білецький І. А., Будник М. М. Створення електронних кабінетів лікаря і пацієнта для телемедичної системи кардіомоніторингу. 1 Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи і технології в медицині (ISM-2018)». Збірка наукових праць. ХНУРЕ. – Харків: «Друкарня Мадрид», 2018. С. 145-147.
2. Польшин О.К., Скуріхін М.В. Програмно-технічний комплекс для проведення музичної терапії методом ітерації. 1 Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи і технології в медицині (ISM-2018)». Збірка наукових праць. ХНУРЕ. – Харків: «Друкарня Мадрид», 2018. С. 145-147.
3. Серцево-судинні захворювання. Класифікація, стандарти діагностики та лікування. За редакцією академіка В.М. Коваленка, професора М.І. Лутая, професора Ю.М. Сіренка, професора О.С. Сичова. Всеукраїнська асоціація кардіологів. 3-є видання, перероблене і доповнене. Моріон. 2018.
4. Сучасні методи і засоби для визначення і діагностування емоційного стресу : монографія / за заг. ред. О. П. Мінцера. –Вінниця: ВНТУ, 2010.–228 с.
5. Хвороби системи кровообігу як медико-соціальна і суспільно-політична проблема (Аналітико-статистичний довідник). Національна Академія Медичних Наук України. Державна установа «Національний науковий центр інститут кардіології імені акад. М.Д. Стражеска». Київ. 2014.

**УДК 616.12-073.97**

**ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ АМБУЛАТОРНОГО МОНІТОРУВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ**

С. А. Серік, В. І. Строна

«Національний інститут терапії ім. Л.Т.Малої НАМН України»,

e-mail: serik123@ukr.net

The given work considers the main characteristics and diagnostic capabilities of current noninvasive invasive methods of ambulatory electrocardiogram monitoring used in diagnosis of cardiac rhythm and conduction disturbances. Strength and weaknesses of different methods of long-term electrocardiogram monitoring are discussed.

Моніторування електрокардіограми (ЕКГ) є важливим діагностичним методом сучасної медицини, що дозволяє виявити наявність серцевих аритмій, які можуть бути причиною підвищеного ризику серцево-судинних подій, дати оцінку ефективності та безпеки антиаритмічної та антишемічної терапії та роботи терапевтичних пристроїв (зокрема, електрокардіостимуляторів) [1]. Сучасні технології реєстрації ЕКГ дозволяють виконувати запис і збереження ЕКГ-сигналу різної тривалості і хорошої якості. Вони представлені портативними автоматичними пристроями для стаціонарного та амбулаторного застосування, забезпечують як автоматичну реєстрацію серцевих подій, так і можуть бути активовані самим пацієнтом при появі будь-яких симптомів. В той же час, зберігається низка невирішених проблем для виробників і для клініцистів щодо забезпечення надійності і функціональності при передачі, аналізі та безпечному зберіганні великого обсягу даних.

В останній час з'явився новий клас пристроїв для реєстрації ЕКГ-безперервні зовнішні реєстратори одного або двох відведень ЕКГ з бездротовою передачею-петч-монітори ЕКГ. Таке моніторування надає можливість здійснювати безперервний запис ЕКГ на протязі до 14 днів в 1 або 2 відведеннях з використанням двох розташованих поруч на шкірі електродів, які не впливають на повсякденну активність.

Перспективним методом дослідження є застосування зовнішнього реєстратора, що активується пацієнтом або автоматично активується після події (зовнішній реєстратор подій). Такі реєстратори прикладаються безпосередньо до грудної клітки для запису одного відведення ЕКГ на протязі дуже короткого періоду часу. Нещодавно були розроблені нові системи запису ЕКГ на основі смартфонів [2]. Такий реєстратор має можливість передавати дані ЕКГ майже в реальному часі, дозволяючи пацієнтові розпізнати симптоми і своєчасно активувати функцію запису. Для аналізу ритму серця використовуються запатентовані алгоритми, засновані на виявленні кожного комплексу QRS.

Порівняно недавно в якості альтернативи традиційним методам ЕКГ-моніторування були розроблені спеціальні мобільні системи амбулаторного серцевого моніторингу (mobile cardiac out patient telemetry system – MCOT). Ці системи мають можливість передавати інформацію в реальному часі в моніторинговий центр, з якого при дотриманні певних критеріїв может бути відправлено інформаційне повідомлення безпосередньо лікарю.

Портативні пристрої моніторингу ЕКГ в недалекому майбутньому мають всі можливості стати новим стандартом амбулаторної діагностики для виявлення серцево-судинної патології в Україні. Важливе значення така методика може мати також для оцінки ефективності довгострокового лікування пацієнтів. Проте, її застосування в нашій країні гальмується суттєвими прогалинами, як в технічному забезпеченні, так і в регламентації юридичних, страхових аспектів її використання.

**Перечень ссылок:**

1. Steinberg J.S., Varma N., Cygankiewicz I. et al. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring telemetry // Heart Rhythm.-2017- Vol. 14, Issue 7.-P. e55-e96.
2. Sanders D., Ungar L., Eskander M. et al. Ambulatory ECG monitoring in the age of smartphones //Cleveland Clinic Journal of Medicine.- 2019.- July;86(7)-P.483-493.

**УДК 004.9**

**РОЗРОБКА ТЕЛЕМЕДИЧНОГО ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО  
КОМПЛЕКСУ «ПТК КАРДІО»**

М. В. Скуріхін<sup>1</sup>, О. К. Польшин<sup>1</sup>, А. І. Печерська<sup>2</sup>, І. Д. Івков<sup>2</sup>, Я. С. Маслов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Компанія VPS.UA, 61057, Харків, пров. Театральний, 10,  
тел.: +38(066)380-96-79, e-mail: snv@vps.ua, alpolsh@ukr.net

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,  
кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій  
61070, Харків, вул. Чкалова, 17, e-mail: a.pecherska@khai.edu

The work is devoted to the development of a telemedicine cardiological software and hardware complex accessible to the masses of users, which will provide round-the-clock monitoring, processing and analysis of the patient's ECG, and round-the-clock access to their results for both the doctor and the patient.

У всьому світі кількість пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями (ССЗ) величезна. Смертність, викликана ССЗ, становить 30% смертей у світі, а в Україні – 67%. Головною умовою профілактики і контролю хронічних захворювань є їх раннє виявлення [1].

Запорукою коректних діагностичних, терапевтичних та профілактичних рішень лікаря-кардіолога є використання сучасних методів та засобів медико-біологічних досліджень. Розвиток телемедичних технологій спростило віддалений моніторинг ЕКГ та призвело до значного зростання кількості прихильників портативних ЕКГ моніторів як з числа лікарів, так і пацієнтів. Проте більшість портативних електрокардіографів мають надто високу ціну та характеризуються такими недоліками як занадто великі розміри, занадто мала обчислювальна потужність, обмеженість обсягів інформації, що може зберігатися. Це обумовлює актуальність розробки та удосконалення телемедичних кардіологічних програмно-технічних комплексів, які забезпечать якісну цілодобову реєстрацію та передачу ЕКГ пацієнта лікарю, а також забезпечать зберігання, обробку та аналіз цієї ЕКГ з метою діагностування ССЗ та визначення ризику розвитку патології серцево-судинної системи [2] - [3].

Мета дослідження – розробити телемедичний кардіологічний програмно-технічний комплекс доступний за ціною для широкого загалу користувачів-пацієнтів та користувачів-лікарів, який би забезпечував:

- цілодобове моніторування ЕКГ;
- цілісність інформації після багаторазового перетворення сигналу;
- зберігання великих масивів даних;
- обробку та аналіз ЕКГ з метою діагностування захворювань серцево-судинної системи та визначення ризику їх виникнення;
- доступність результатів обробки та аналізу даних для пацієнтів і лікарів.

Для реалізації поставленої мети та здешевлення вартості користування розроблюваним телемедичним програмно-технічним комплексом пропонується обробку та аналіз ЕКГ здійснювати в хмарному web-сервері. Таким чином, користувач-пацієнт потребуватиме придбати лише портативний ЕКГ-монітор, функції якого обмежуються реєстрацією та передаванням ЕКГ в хмарний сервер. Цей пристрій має бути універсальним і працювати як з класичною схемою відведень, яка дозволяє отримувати максимальну інформативність спостереження, та також із схемою відведень EASI, щоб пацієнт мав можливість рухатись, не турбуючись щодо виникнення артефактів. Розроблюваний портативний ЕКГ-монітор має можливість підключення до смартфона, планшета або персонального комп'ютеру через радіоканал Bluetooth 4.0 або з'єднувач USB C. На хмарному web-сервері здійснюватиметься зберігання зареєстрованих ЕКГ, результатів їх обробки та аналізу. Всі операції щодо

обробки та аналізу зареєстрованих даних здійснюватимуться на цьому ж хмарному web-сервері за допомогою відповідного програмного забезпечення. Доступ до результатів моніторингу, обробки та аналізу ЕКГ для користувачів-пацієнтів і користувачів-лікарів буде здійснюватись у їх власних віртуальних кабінетах на тому ж самому хмарному web-сервері.

Таким чином, розвиток телемедичних технологій створив передумови розробки доступного для широкого загалу користувачів телемедичного кардіологічного програмно-технічного комплексу, який забезпечить цілодобове моніторування, обробку та аналіз ЕКГ пацієнта, та цілодобовий доступ до їх результатів і лікаря, і пацієнта.

#### Перелік посилань:

1. Основні причини високого рівня смертності в Україні. – К.: ВЕРСО-04 – 2010. – 60 с.
2. Мешков, В. В. Розробка та впровадження у виробництво діагностичного автоматизованого комплексу «КАРДІО+» / В. В. Мешков, М. М. Ткаченко, М. М. Будник, В. В. Берсеньов, М. С. Вербний // Збірник наукових праць I Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» 28-30 листопада 2018 р., м. Харків. – С.57-59.
3. Білецький, І. А. Створення електронних кабінетів лікаря та пацієнта для телемедичної системи кардіомоніторингу / І. А. Білецький, М. М. Будник // Збірник наукових праць I Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» 28-30 листопада 2018 р., м. Харків. – С. 145-146.

УДК 616.5-056-43-036.11-02;615.2/3:614.2

### ОПТИМІЗАЦІЯ ДІАГНОСТИКИ, ТЕРАПІЇ І ПРОФІЛАКТИКИ ЛІКАРСЬКОЇ ХВОРОБИ І ПОШИРЕНИХ ДЕРМАТОЗІВ З УСКЛАДНЕНИМ АЛЕРГОЛОГІЧНИМ АНАМНЕЗОМ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Е. М. Солошенко

ДУ «Інститут дерматології та венерології НАМН України»?

61057, Харків, вул. Чернишевська 7/9, тел.:707-32-02, e-mail: elvirasolo@ukr.net

There are three automated information systems such as “Early diagnostics, prognosis and therapy of professional dermatoses”, “Dermapharm” and “Pharmaderm” made in collaboration with National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute (Department of Higher Mathematics; Department of Computer Engineering and Programming) and Kharkiv National University of Radio Electronics (Department of Biomedical Engineering). These systems allows to perform diagnostics and differential diagnostics as well as an individual selection of the best way to treat each patient considering drug compatibility / non-compatibility, drug interaction, indications / contraindications, side and pharmacological effect.

**Вступ.** Згідно з даними всесвітньої охорони здоров'я до 33 % населення земної кулі страждає на алергічні захворювання, серед яких переважає шкірна патологія, котра має чітку тенденцію до зростання. Невпинне розповсюдженість лікарської хвороби (ЛХ) і алергодерматозів, розбіжність в оцінці патогенетичних механізмів їх розвитку і, як наслідок, не завжди ефективні результати лікування диктують необхідність пошуку як нових способів діагностики, так і терапії, які були би позбавлені побічних ефектів. На сучасному етапі серед різних способів удосконалення діагностики і ефективності лікування ЛХ і алергодерматозів одним із найприваблівших є способи з використанням автоматизованих інформаційних систем (АІС). Це обумовлене тим, що, по перше, при постановці клінічного діагнозу існують складності в проведенні аналізу всієї інформації щодо хворого, в зв'язку з тим, що при ЛХ і більшості шкірних захворювань є подібна симптоматика з різноманітними клінічними проявами, але немає узагальнених кількісних діагностичних і прогностичних критеріїв. По друге, в процесі терапії поширених дерматозів існує велика загроза розвитку лікарської хвороби (ЛХ) у зв'язку з розвитком сенсibiliзації до лікарських засобів (ЛЗ), оскільки в Україні сертифіковано їх більше 7 тисяч, які виробляються у 76 країнах світу [3]. ЛХ може порушувати життєво важливі функції організму, приводити до ускладнення перебігу основного захворювання, до формування нових видів патології, негативно впливати на особистість хворих, погіршувати якість їх життя, а інколи призводити до втрати працездатності і навіть до смертельних випадків. В той же час враховувати взаємодію ЛЗ, а також прогноз розвитку алергічних, токсикоалергічних та псевдоалергічних реакцій без АІС практично неможливо. Тому індивідуальний підбір ЛЗ з використанням АІС для хворих на поширені дерматози, особливо зі скомпromетованим алергологічним анамнезом, поряд з удосконаленням діагностики ЛХ і

алергодерматозів, є актуальною проблемою. *Мета роботи* - Розробка алгоритму заходів з ранньої діагностики і прогнозування ЛХ і алергодерматозів, їх терапії та профілактики з використанням АІС.

**Основна частина.** Сумісно з НТУ «ХПІ» (кафедра вищої математики; кафедра обчислювальної техніки і програмування) і ХНУРЕ (кафедра біомедичних електронних пристроїв і систем) розробили 3 багатоцільових АІС «Рання діагностика, прогноз та терапія і профілактика професійно обумовлених алергодерматозів», «Дермафарм - біотехнічна система багатокритеріального підбору ЛЗ в дерматології», «Фармадерм – диференційна діагностика поширених дерматозів і оптимізація їх комплексної терапії». В основу розробки АІС була покладена багатопараметрична математична модель. З метою реалізації АІС використовували анкету збору клініко-лабораторної інформації на робітників фармацевтичної промисловості та хворих на поширені дерматози для створення реляційної бази даних.

Загальна схема «Ранньої діагностики, прогнозу та терапії і профілактики професійно обумовлених дерматозів» представлена наступними блоками: 1) блоком картотеки паспортно-демографічних даних робітників і службовців підприємства; 2) блок ранньої діагностики та прогнозу розвитку алергічних захворювань з під блоками: а) визначення індексу ранньої діагностики за даними алергологічного анамнезу; б) визначення сенсibilізації за допомогою специфічних імунологічних тестів; в) визначення стадії розвитку алергодерматозу за результатами порівняння індивідуальних імунологічних показників робітників у момент їх обстеження з відповідними показниками практично здорових осіб; 3) блок прийняття рішень із вибору індивідуальних профілактичних рекомендацій; 4) блок терапії. З метою спрощення диференціальної діагностики алергічних і псевдо алергічних реакцій до ЛЗ, а також дерматозів медикаментозного генезу від дерматозів неалергічного генезу реалізовували дискримінантну функцію. Ця АІС *дозволяє*: виявляти групи ризику серед робітників та службовців шкідливих підприємств; давати кількісну оцінку ступеня ризику захворюваності на алергодерматози; проводити автоматизований профвідбір на підприємствах зі шкідливим виробництвом при прийманні на роботу; контролювати екологічну обстановку на підприємстві; проводити в умовах підприємства (медсанчасть, профілакторій) корекцію стану осіб груп ризику за мінімумом лабораторних тестів згідно з рекомендованими курсами терапії і профілактики [2].

АІС «Дермофарм», як алгоритм терапії поширених дерматозів, розроблена на основі штучної нейронної мережі (ШНМ) [1]. Програмне забезпечення даної системи створено на базі мови програмування Delphi з використанням зручного середовища візуального програмування Borland Delphi версії 7. Структура системи складається з модуля медичної бази даних (БД) і бази знань (БЗ). БД представляє собою сукупність таблиць, що містять інформацію трьох видів: дані про препарати, про пацієнтів і про діагнози. Модуль БЗ містить інформацію про поточні значення коефіцієнтів нейронної мережі, а також матриць парних порівнянь (МПП) аналогів і локальних критеріїв з розрахованими по методу аналізу ієрархій (МАІ) глобальними пріоритетами. Для реалізації АІС використали медичну БД, що включала 194 хворих на поширені дерматози, у 117 із яких була супутня патологія. Діагностика проводилась за 3 основними діагнозами (псоріаз, екзема, лікарська хвороба), котрі відповідали 43 терапевтичним діям, для реалізації яких у БД було внесено 340 ЛЗ. Сформовано БЗ експертних оцінок і параметрів ШНМ.

В основу розробки АІС «Фармадерм» покладено метод багатопараметричного вибору оптимального рішення. АІС працює таким чином, що через пристрій введення інформації всі відомості про хворого, що отримані в результаті опитування, огляду і його обстеження, заносяться в базу даних. На другому етапі ці відомості надходять у блок обробки діагностичної інформації, на третьому етапі – через пристрій виведення інформації результат надходить до лікаря, а потім – в терапевтичний блок [4], [5]. Ця АІС при проведенні комплексної терапії ЛХ і поширених дерматозів з ускладненим алергологічним анамнезом дозволяє враховувати взаємну несумісність ЛЗ, можливі протипоказання, вплив одного ЛЗ на інший, безліч побічних ефектів, доступність не тільки ціни, але і придбання ЛЗ у аптеках. Ефект оптимізації терапії полягає в мінімальному наборі ЛЗ, який забезпечує максимальний ефект лікування хворого.

**Висновок.** Розроблено 3 АІС «Рання діагностика, прогноз та терапія і профілактика професійно обумовлених алергодерматозів», «Дермафарм - біотехнічна система багатокритеріального підбору ЛЗ в дерматології», «Фармадерм – диференційна діагностика поширених дерматозів і оптимізація їх комплексної терапії», які дозволяють не тільки здійснювати діагностику та диференційну діагностику дерматозів, але і підбирати індивідуально для кожного хворого найбільш оптимальний спосіб лікування з урахуванням сумісності і несумісності ЛЗ, їх взаємного впливу один на одного, показань та

протипоказань, побічної та фармакологічної дії.

**Перелік посилань:**

1. Дмитриенко В. Д., Поворознюк О.А. Дискретная нейронная сеть адаптивной резонансной теории для решения задач подбора лекарственных препаратов // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып.: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2009. – №13. – С. 61–68.
2. Солошенко Э. Н., Чикина Н. А. Автоматизированная информационная система (АИС) по диагностике и профилактике профессионально обусловленных аллергодерматозов //Дерматовенерология, Косметология, Сексопатология. – 2006, № 1 – 2 (9). – С. 46 -53.
3. Солошенко Э.Н. Лекарственная болезнь в проблеме побочного действия лекарственных средств: Современное состояние. Вопросы диагностики и лечения //Международный медицинский журнал. - 2012.- Т. 18. - № 3 (71). – С. 80-88.
4. Солошенко Е. М., Бих А.І., Висоцька Е.В., Порван А. П. Структурна схема автоматизовано інформаційної системи оптимізації підбору лікарських засобів в дерматовенерології //Тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2014).– (у чотирьох частинах, Ч. III.), Х., 2014– С. 123.
5. Высоцкая Е. В., Печерская А. И. Солошенко Э. Н. Математическое моделирование в дифференциальной диагностике лекарственной болезни //Материалы международной медико-практической конференции (2013 г., 27 октября-5 ноября). - 22 раздел, Математика. Современные информационные технологии. - Прага, 2013. – С.27-30.

**УДК 004.418**

**ЗАСТОСУВАННЯ 5G МЕРЕЖ У МЕДИЧНИХ ІОТ СИСТЕМАХ**

А. А. Стрелкіна, В. О. Масленникова, Д. Д. Узун

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»  
61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра. 503, тел. (057) 788-45-03,  
e-mail: a.striekina@csn.khai.edu, v.maslennikova@student.csn.khai.edu, d.uzun@csn.khai.edu

The features and prospects of application of 5G networks in medical IOT systems have been researched. The possibilities of ensuring cybersecurity of medical IOT systems are considered. Wireless communications trends show the most anticipated innovations over the next decade: the widespread introduction of 5G networks.

Спираючись на доповідь про світову демографічну ситуацію і перспективи її розвитку[1], чисельність населення планети та середній вік життя громадян зростають, збільшується кількість захворювань[2], що безпосередньо впливає на масштаби обміну інформацією елементами медичних ІоТ(ІоМТ) систем. Існуючі рішення на базі Wi-Fi мереж не в змозі забезпечити надійне функціонування таких систем. Це регулюється технічними характеристиками точки доступу та продуктивністю, що в неї закладена. Наразі для 5G мереж виділяють збільшення швидкості передачі до десятків Гбіт/с, збільшення загальної кількості пристроїв, які можуть бути підключені, а також збільшення енергоефективності вдвічі, що дозволить складовим ІоТ працювати довше без підзарядки. Тому впровадження 5G мереж в ІоМТ обґрунтоване та актуальне.

Досліджено вразливості ІоМТ систем та стандартів. Сформовано профілеутворюючу базу стандартів, які враховують вимоги до вбудованих медичних пристроїв, комунікацій та хмарних сервісів.

Окрім того, враховуючи особливості стандарту бездротового зв'язку 5G[3] з'являється потенційна можливість модифікації існуючих протоколів передачі інформації або розробка нових з метою забезпечення вимог кібербезпеки згідно цих систем. Це стосується організації обмеження доступу до інформації щодо медичної картки(анамнезу) пацієнта.

Виявлено, що впровадження 5G мереж може вплинути на модифікацію існуючих пристроїв, що застосовуються в ІоМТ системах. В новому поколінні пристроїв можлива відмова від надсилання усіх отриманих даних на користь миттєвої обробки пристроєм і надсилання лише результатів до серверу.

**Перелік посилань:**

1. The 2019 Revision of World Population Prospects[Електроний ресурс] — <https://population.un.org/wpp/>
2. Макеев В. А., Владимирский В. К. Возникновение новых инфекционных заболеваний — глобальная проблема человечества. [Електроний ресурс] — <https://cyberleninka.ru/article/n/vozniknovenie-novyh-infektsionnyh-zabolevaniy-globalnaya-problema-chelovechestva>

3. 5G Systems Development and Deployment [Електронний ресурс] — [https://www.3gpp.org/news-events/2084-ahmadi\\_nr](https://www.3gpp.org/news-events/2084-ahmadi_nr)

УДК 621.391.7.001

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ІМПЛАНТАТИВ ТИПУ**

**«АПАРАТ ШТУЧНЕ СЕРЦЕ»**

Д. В. Теличко, В. М. Олійник, В. П. Олійник

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»,

61070, Харків, вул. Чкалова, 17, кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій, e-mail: dashatelichko1@gmail.com

The estimated calculation of additional thermal perturbation that causes implantation of artificial organs in the human body is carried out. An example of the device "Artificial heart" shows the possibility of compensating for additional heat formation by physiological mechanisms. In this case, the technical blocks of the implant must have high rates of usefulness.

**Вступ.** Завдяки досягненням в різних галузях біомедичної інженерії розроблено цілий ряд технічних засобів які відтворюють насосні функції серця. Для таких засобів запроваджено термін «Апарат «Штучне серце»» (АШС). Деякі моделі є повністю імплантованими технічними пристроями [1]. При довготерміновому їх використанні (1...5 років) виникають ряд специфічних задач які умовно можна розділити на групи – медичні, біотехнічні, технічні і технологічні. Не дивлячись на все різноманіття підходів вирішення цих задач їх об'єднують закономірності перетворення енергії споживання в енергозатрати виконання цільової функції. Оскільки частина енергії первинного живлення АШС невідворотно переходить в кінцевому рахунку в теплову, відповідно до коефіцієнту корисної дії, то повинна існувати межа теплового збурення яка компенсується гомеостатичними механізмами теплового балансу організму людини. Тому, *ціллю проведеного дослідження є визначення додаткового теплового навантаження на організм пацієнта при імплантації АШС з електронними блоками електроживлення і керування.*

Як відомо, людина відноситься до гомойотермних організмів, які мають відносно стабільну температуру внутрішніх органів (ядра), що підтримується шляхами фізіологічної терморегуляції, а тепловий баланс всього організму забезпечується завдяки протіканню біохімічних реакцій теплоутворення, фізіологічних механізмів терморегуляції і фізичних процесів теплообміну з оточуючим середовищем. Стану рівноваги відповідає вираз:

$$dQ_{\text{біохімічні процеси}} \pm dQ_{\text{теплопровідність}} \pm dQ_{\text{випромінювання}} - dQ_{\text{випаровування}} \pm dQ_{\text{конвекція}} \pm dQ_{\text{тепломасоперенос}} = 0,$$

де  $dQ$  – зміна енергетичної складової теплового стану організму, а знак  $\pm$  вказує на можливість як притоку так і втрат енергії, що суттєво залежить від різниці температур зовнішнього середовища і внутрішньої гомеостатичної температури.

Розташування в організмі імплантату і його робота призводить до виникнення додаткового фактору впливу на тепловий баланс. Для оціночних розрахунків було використано максимально спрощену просторову модель області розташування блоків імплантату АШС у вигляді циліндру. Прийmemo за висоту циліндру  $h$  відстань від верхньої межі грудної клітини до нижньої межі черевної порожнини ( $h \approx 0,45$  м). Зовнішній радіус циліндру  $R \approx 0,16$  м, також оберемо за усередненими анатомічними даними.

Для середніх теплофізичних характеристик також маємо: щільність біотканин людини  $\rho = 1036$  кг/м<sup>3</sup>; теплоємність  $c = 3350$  Дж/(кг·град), теплопровідність  $\kappa = 0,48$  Вт/(м·град), а допустиме підвищення температури внутрішніх органів не повинно перевищувати  $\sim 1^\circ\text{C}$ , при середньому значенні  $37^\circ\text{C}$  [2].

Визначемо кількість енергії, яка призведе до підвищення температури біотканин в циліндричній моделі розташування АШС на  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$  за формулою:  $\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ , де  $m = \rho \cdot \pi R^2 \cdot h$  – маса біотканин. Якщо припустити що нагрівання відбувається без енерговтрат (ізолювана система), то  $\Delta Q = 1,25 \cdot 10^5$  Дж. Тепер, оцінемо час необхідний для виділення цієї енергії елементами імплантата в ізолюваній системі.

З інженерної практики конструювання електроприводів і радіоелектронних пристроїв відомо, що коефіцієнт корисної дії кращих зразків досягає значень  $\eta = 0,7 \dots 0,9$  [1], [4]. Тоді користуючись даними по максимальній споживаній потужності апаратами АШС  $\approx 20$  Вт [3], оціночну потужність втрат (потужність теплоутворення) візьmemo  $P_m \approx 4$  Вт. Для того, щоб ця тепла потужність втрат здійснила підвищення температури в області розташування АШС знадобиться час

$$t = \Delta Q / P_m = 0,3125 \cdot 10^5 \text{ c} \approx 8,68 \text{ годин.}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що за такий довгий проміжок часу організм людини здатний адаптуватись до додаткового теплового навантаження за допомогою фізіологічних і теплофізичних процесів.

Для підтримки цього висновку проведемо оцінку енерговтрат з області розташування АШС шляхом тільки процесу теплопроводності. Очевидно, що основний тепловий потік буде проходити через бокову поверхню прийнятої циліндричної моделі, площа якої  $S_6 \approx 0,45\text{ м}^2$ . З теплометричних вимірювань відомо, що середня температура поверхні тулуба людини становить близько  $30\text{ }^\circ\text{C}$  [2]. Температуру дещо перегрітого шару біотканин на відстані  $r \approx 0,08\text{ м}$  від поверхні приймемо рівною  $37,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Тоді потужність теплових втрат шляхом теплопроводності визначимо за формулою

$$P_{\text{mтв}} = (\kappa \cdot \Delta T \cdot S_6) / r = 20,25\text{ Вт.}$$

Оскільки  $P_{\text{mтв}} \gg P_m$ , то отримане значення допускає можливість підтримки стабільної температури організму фізіологічними механізмами за наявності імплантата з додатковим теплоутворенням.

**Висновки.** Організм людини здатний адаптуватись до додаткового теплового навантаження викликаного роботою електромеханічних та радіоелектронних вузлів імплантатів по типу «Апарат «Штучне серце»».

Щоб в області розташування АШС температура не зростає більш ніж на  $1\text{ }^\circ\text{C}$ , коефіцієнти корисної дії технічних засобів повинні мати максимальні значення. Це в свою чергу вимагає використання нетрадиційних схемотехнічних рішень, спеціальної елементної бази з відповідними параметрами.

#### Перелік посилань:

1. Беляев Л. В., Жданов А. В., Куликов Н. И. Экспериментальные исследования имплантируемой системы вспомогательного кровообращения пульсирующего типа на базе вентильного двигателя и мембранного насоса крови // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1-3. – С. 676-681; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31009> (дата звернення: 25.07.2019).
2. Тиманюк В. А. Биофизика / В. А. Тиманюк, Е. Н. Животова – К. : ИД «Профессионал», 2004. – 704 с.
3. Tatsumi, E. et al. In vivo evaluation of the National Cardiovascular Center electrohydraulic total artificial heart. Artif. Organs. 1999, 23, 242–248.
4. Жданов А. В., Беляев Л. В., Куликов С. В., Киласев Н. Б., Дробышев А. А. Современный подход к проектированию искусственных желудочков сердца на основе CALS-технологий [Электронне джерело] / Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/105-7077>

УДК 616-006:621.384

#### ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ КОЖИ ПРИ КРИОВОЗДЕЙСТВИИ *IN VIVO*

Г. В. Шустакова<sup>1</sup>, Г. А. Ковалев<sup>2</sup>, Э. Ю. Гордиенко<sup>1</sup>, Ю. В. Фоменко<sup>1</sup>, П. В. Кипоренко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины, 61103, Харьков, пр. Науки, 47, отдел сверхпроводящих и мезоскопических структур, тел.: (057) 341-0994, e-mail: [shustakova@ilt.kharkov.ua](mailto:shustakova@ilt.kharkov.ua), fax: (057) 345-0593;

<sup>2</sup>Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков;

<sup>3</sup>Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

Using infrared thermography, quantitative changes in the intensity of thermal fields on the skin of 10 rats during short-term cryotherapy with a contact cryoprobe have been studied. During 30 second cooling, a round ice spot in the surface of skin increases up to diameter  $\approx 20\text{ mm}$  not reaching stable size. At further natural thawing, both size of the ice spot on the skin surface and the temperature distribution in it remain almost unchanged for a long period of time. This can be explained by structural rearrangements in the frozen tissue volume including ice recrystallization.

Эффективность деструктивного влияния криовоздействия на живую ткань существенно зависит от величины области замораживания и скорости процессов замораживания/отогрева [1]. Поэтому важным является контроль динамики температурных полей в зоне охлаждения и в окружающих тканях. Применение в процессе проведения криохирургических операций таких методов клинической визуализации как МРТ, УЗИ и КТ ограничено, а зачастую вовсе недоступно. Инфракрасная термография – дистанционный метод исследования, который может успешно решать задачи, связанные с контролем температурных параметров криовоздействия. Мы предположили, что по динамике распределения температуры на коже в проекции зоны криовоздействия можно однозначно оценить динамику внутренней зоны замораживания биологических тканей для используемых параметров криовоздействия. Цель работы – разработка методики тепловизионного контроля динамики процессов замораживания и отепления биологических тканей при контактном криовоздействии.

Исследование были выполнены на 6-месячных белых крысах-самцах. Использовался активно охлаждаемый (жидким азотом) точечный криоаппликатор. Контроль динамики тепловых полей на коже



подопытных животных в процессе криовоздействия и последующего естественного отепления проводили анализатором тепловых полей АТП-1, разработанный и изготовленный в ФТИНТ НАН Украины [2].

Было получено, что 30 секундное контактное криовоздействие приводит к образованию на коже круглого ледяного пятна, размер которого возрастает до величины  $\approx 20$  мм, не достигая насыщения. Мы предположили, что при использовании контактного точечного криоаппликатора зона замораживания представляет собой полушар, что согласуется с моделью образования ледяного шара при использовании внутреннего точечного криозонда [3].

В процессе последующего естественного отепления в динамике размера ледяного пятна можно выделить 3 этапа: (i) начальное быстрое уменьшение размера до  $\approx 12$  мм; (ii) длительный ( $\approx 3$  мин.) квазистабильный период неизменного размера пятна; (iii) конечное плавное ( $\approx 0,7$  мин) уменьшение размера пятна до полного таяния. Динамика температуры центра ледяного пятна при отеплении соответствует динамике размера ледяного шара и также имеет 3 характерных участка: (i) начальное увеличение температуры от  $-190^{\circ}\text{C}$  до температуры  $\approx -12^{\circ}\text{C}$  в течение 30 сек; (ii) квазистабильное линейное состояние температурного поля пятна в течение  $\approx 2,5$  мин; (iii) повышение температуры с прохождением через  $\approx 4$  мин точки полного таяния и выходом на длительный участок дальнейшего отепления. На рисунке слева приведена типичная зависимость динамики диаметра ледяного пятна в процессе криовоздействия длительностью 30 секунд и последующего естественного отепления одного из исследуемых животных, справа - динамика температуры центра ледяного пятна на коже того же животного при естественном отеплении.

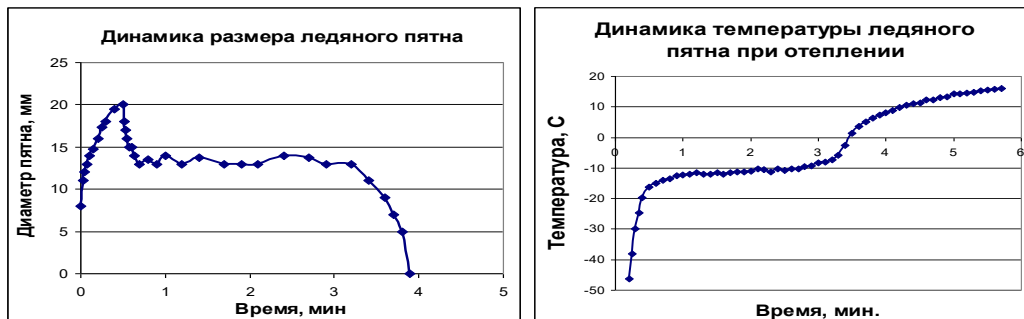


Рисунок 1 – Динамика размера ледяного пятна (слева) и динамика температуры центра ледяного пятна при отеплении (справа).

Между двумя процессами видно соответствие в наличии характерных квазистабильных участков и совпадение моментов их изменений. Теплопритоки окружающей среды, нагревающие поверхностное ледяное пятно излучением и конвекцией, а также значительные при отогреве теплопритоки от кровотока и метаболизма тканей, окружающих зону замораживания, в течение нескольких минут поглощаются ледяным полушаром без заметных изменений его размера и распределения температур. Наблюдаемое изменение внутренней энергии замороженной области может быть объяснено структурными перестройками состава льда, в том числе – процессами рекристаллизации

Предлагаемая тепловизионная методика контроля динамики температурных полей на поверхности кожи подопытных животных позволяет оценивать динамику процесса замораживания и отепления биологических тканей, что может быть использовано для управления процессами криодеструкции патологических образований.

Авторы планируют продолжение исследований в этом направлении с увеличением длительности криовоздействия, привлечением дополнительных методов оценки зоны замораживания, увеличением статистической значимости результатов.

#### Перечень ссылок:

1. Жмакин А.И. Физические основы криобиологии. УФН, 2008, т.178, №3, С. 243-266.
2. Гордиенко Э.Ю., Глушук Н.И., Пушкарь Ю.Я., Фоменко Ю.В., Шустакова Г.В. Многоэлементный тепловизор на основе неохлаждаемой болометрической матрицы. ПТЭ. 2012, №4, С.85-88.
3. Rewcastle J. C., Sandison G. A., Hahn L. J., Saliken J. C., McKinnon J. G., Donnelly B. J. A model for the time-dependent thermal distribution within and iceball surrounding a cryoprobe. Phys. Med. Biol., 1998, № 43. P. 3519-3534.

АЛФАВИТНИЙ ПОКАЖЧИК

<b>А</b>		<i>Дорош Н. В.</i>	185
<i>Албул А. С.</i>	178	<i>Дорош О. І.</i>	185
<i>Алексеевко А. П.</i>	126	<i>Дудко О. Г.</i>	181
<i>Ал-Халалмех Садам Еяд Хамед</i>	74	<i>Дунаєвська М. М.</i>	138
<i>Амаш А. Г.</i>	133	<i>Дячук Д. Д.</i>	32
<i>Андрєєва А. Г.</i>	175	<b>Є</b>	
<i>Анищенко Л. В.</i>	19	<i>Єрошенко О. А.</i>	186
<i>Антонов В. Г.</i>	28, 38, 52	<i>Єрмоєнко Г. В.</i>	130
<i>Арбатская О. С.</i>	19	<b>Е</b>	
<i>Архіпов О. В.</i>	177	<i>Євланов М. В.</i>	191
<i>Афанасьев В. В.</i>	202	<i>Єрмакова І. Й.</i>	185
<b>Б</b>		<b>Ж</b>	
<i>Бабаков М. Ф.</i>	30, 68, 178, 179	<i>Жернова П. Є.</i>	79, 88, 149
<i>Бабій Л. В.</i>	127	<i>Жуков А. П.</i>	52
<i>Банчук Н. В.</i>	52	<i>Жуліна А. В.</i>	160
<i>Бездітко Т. В.</i>	130	<b>З</b>	
<i>Белов В. М.</i>	31	<i>Затуліна Є. Ю.</i>	75
<i>Беспалов Ю. Г.</i>	37, 43, 69, 78	<i>Зюков О. Л.</i>	32
<i>Бєлїх О. В.</i>	129	<b>І</b>	
<i>Білобородова Т. О.</i>	70	<i>Іванова Є. С.</i>	87
<i>Білов М. Є.</i>	181	<i>Іванькова Н. А.</i>	57
<i>Білошицька О. К.</i>	32, 92, 127, 164	<i>Івков І. Д.</i>	210
<i>Більченко О. В.</i>	130	<i>Ільканич К. І.</i>	185
<i>Божко В. В.</i>	138	<i>Ільницька Л. В.</i>	81
<i>Бойко А. І.</i>	34	<i>Іщенко Д. В.</i>	179
<i>Борейко М. Г.</i>	132	<i>Іщук Д. В.</i>	68
<i>Будник В. М.</i>	182, 200	<b>К</b>	
<i>Будник М. М.</i>	132, 182, 200	<i>Кабанцева А. В.</i>	41
<b>В</b>		<i>Каленіченко М. С.</i>	184
<i>Валентинова І. А.</i>	146	<i>Караченцева К. О.</i>	188
<i>Васильцова Н. В.</i>	35	<i>Картавцева І. В.</i>	43
<i>Васильєва І. К.</i>	72	<i>Картолапов Д. М.</i>	82
<i>Васюха О. В.</i>	94	<i>Кашин С. В.</i>	84
<i>Величко О. М.</i>	74	<i>Кашіна-Ярмак В. Л.</i>	84
<i>Висоцька О. В.</i>	75, 133, 135	<i>Килівник В. С.</i>	45
<i>Волошин Ю. А.</i>	76, 90	<i>Кипоренко П. В.</i>	215
<i>Высоцкая Е. В.</i>	37, 43, 78, 103	<i>Кириленко Ю. А.</i>	136
<i>В'юницький О. Г.</i>	115	<i>Киряк А. А.</i>	86
<b>Г</b>		<i>Кірсанова К. М.</i>	189
<i>Галчанський М. О.</i>	190	<i>Кісельов Є. М.</i>	190
<i>Гальчинська В. Ю.</i>	156, 160	<i>Кіфоренко С. І.</i>	44
<i>Георгіянци М. А.</i>	129, 141	<i>Клименко В. А.</i>	56
<i>Гноевой И. В.</i>	37	<i>Клімов В. В.</i>	149
<i>Голунга К. І.</i>	181	<i>Ковалев Г. А.</i>	215
<i>Гонтар Т. М.</i>	44	<i>Ковалев В. М.</i>	31
<i>Гордієнко Н. О.</i>	152	<i>Коваль С. М.</i>	87, 138
<i>Гордиенко Э. Ю.</i>	215	<i>Козак Л. М.</i>	142
<i>Гранкіна С. С.</i>	152	<i>Козловская В. А.</i>	31
<i>Григорьев А. Я.</i>	69	<i>Колеснікова О. В.</i>	139
<i>Гуменюк В. В.</i>	38	<i>Коляда П. А.</i>	88
<b>Д</b>		<i>Кондратьев А. В.</i>	108
<i>Данілова В. А.</i>	165	<i>Конвалова О. В.</i>	60
<i>Дацок О. М.</i>	136, 188	<i>Конькова В. С.</i>	138
<i>Дегтярук В. І.</i>	200	<i>Коробко Е. Ю.</i>	141
<i>Диус Е. Н.</i>	19	<i>Корсун А. А.</i>	19
<i>Доброродня Г. С.</i>	184	<i>Кочарова Т. Р.</i>	154
<i>Довнар А. І.</i>	40	<i>Кривенко С. С.</i>	89
<i>Дойкова Е. М.</i>	19	<i>Кривобок В. І.</i>	141
<i>Домненко Д. Е.</i>	56	<i>Кривова О. А.</i>	142
<i>Дорофеева Т. К.</i>	19		

<i>Крилова О. В.</i>	89	<i>Панченко О. А.</i>	18, 28, 38, 52, 54
<i>Кулаков О. Г.</i>	95	<i>Панферова И. Ю.</i>	205
<i>Куліш С. М.</i>	90	<i>Пенькова М. Ю.</i>	87, 138
<b>Л</b>			
<i>Ланта С. И.</i>	106	<i>Перова И. Г.</i>	86
<i>Ланта С. С.</i>	106	<i>Перова І. Г.</i>	49, 79, 88, 136, 149
<i>Левченко А. В.</i>	69	<i>Перун І. В.</i>	105
<i>Левченко А. П.</i>	130	<i>Петриченко А. В.</i>	191
<i>Левыкин В. М.</i>	191	<i>Печерська А. І.</i>	56, 75, 87, 210
<i>Левыкин И. В.</i>	192	<i>Пивовар С. М.</i>	151
<i>Лизунов В. Е.</i>	194	<i>Поворознюк А. И.</i>	97
<i>Ліпакова К. Ю.</i>	130, 144	<i>Польшин О. К.</i>	207, 210
<i>Літвінова О. М.</i>	138	<i>Попов А. В.</i>	99
<i>Ло Іян</i>	30, 68	<i>Порван А. П.</i>	75, 148
<i>Лукін В. В.</i>	89	<i>Потапенко А. В.</i>	139
<i>Луценко В. І.</i>	30, 68, 179	<i>Прасол И. В.</i>	40
<i>Луценко І. В.</i>	30, 68	<i>Прасол І. В.</i>	186
<i>Ляшенко А. В.</i>	196	<i>Протасенко О. Ф.</i>	16
<b>М</b>			
<i>Макеенок А. Н.</i>	58	<i>Радзішевська Є. Б.</i>	152, 154
<i>Майоров О. Ю.</i>	46, 47	<i>Рак Л. И.</i>	78
<i>Маркова М. В.</i>	162	<i>Рак Л. І.</i>	84, 135
<i>Масленникова В. О.</i>	213	<i>Редька І. В.</i>	101
<i>Маслов Я. С.</i>	210	<i>Риженко Т. М.</i>	182, 200
<i>Матвєєва І. О.</i>	92	<i>Рижов О. А.</i>	57
<i>Матершева А. В.</i>	56	<i>Рисована Л. М.</i>	135, 162
<i>Махайлов П. І.</i>	105	<i>Рисованая Л. М.</i>	103
<i>Мельник Є. В.</i>	197	<i>Рожковская Г. М.</i>	19
<i>Мигаль Г. В.</i>	16, 199	<i>Романюк О. Н.</i>	105
<i>Мигаль В. П.</i>	199	<i>Романюк С. О.</i>	105
<i>Милославський Д. К.</i>	138	<b>С</b>	
<i>Мисниченко О. В.</i>	87, 138	<i>Савічева К. О.</i>	156
<i>Мишкін К. К.</i>	94	<i>Селіванова К. Г.</i>	41
<i>Мінов Ю. Д.</i>	197	<i>Семенових П. С.</i>	156
<i>Мірошніченко Н. С.</i>	49	<i>Середенко Н. П.</i>	157
<i>Мудренко М. І.</i>	182, 197, 200	<i>Серік С. А.</i>	209
<i>Мудрова А. В.</i>	19	<i>Сем'ятічко Г.Е.</i>	145
<b>Н</b>			
<i>Настенко Є. А.</i>	32	<i>Ситнікова Е. С.</i>	19
<i>Некос А. Н.</i>	94	<i>Скарга-Бандурова І. С.</i>	70
<i>Немцова В. Д.</i>	145	<i>Скорик В. С.</i>	159
<i>Нессонова Т. Д.</i>	46	<i>Скуріхін М. В.</i>	207, 210
<i>Несен А. О.</i>	146	<i>Снігурська І. О.</i>	87, 138
<i>Несен А. А.</i>	146	<i>Сокол Е. И.</i>	106
<i>Неумывакина О. Е.</i>	191	<i>Соколов В. Н.</i>	19
<i>Новікова І. В.</i>	148	<i>Соколов Д. В.</i>	19
<i>Новіков О. О.</i>	82	<i>Соловьєва О. И.</i>	106
<i>Носов К. В.</i>	37, 43, 69, 78	<i>Солодовников А. С.</i>	154
<b>О</b>			
<i>Обелець Т. А.</i>	44	<i>Солошенко Е. М.</i>	211
<i>Огородник І. М.</i>	51	<i>Сорочан О. М.</i>	181
<i>Огородник Ю. І.</i>	51	<i>Старченко Т. Г.</i>	138
<i>Олейник В. Н.</i>	202	<i>Стауде В. А.</i>	108
<i>Олейник В. П.</i>	95, 196	<i>Стрембіцька О. І.</i>	118
<i>Олійник В. М.</i>	214	<i>Стрелкіна А. А.</i>	213
<i>Олійник В. П.</i>	204, 214	<i>Строїтелєва Н. І.</i>	190
<b>П</b>			
<i>Павлов В. А.</i>	32	<i>Строна В. І.</i>	209
<i>Павлов С. В.</i>	105	<i>Сутковий П. І.</i>	197
<b>Р</b>			
<b>Т</b>			

<i>Теличко Д. В.</i>		214	<i>Bernadskaya T. V.</i>		171
<i>Топчій І. І.</i>		156, 160	<i>Budnyk Vitalii</i>		168
<i>Тоцький О. В.</i>		115	<i>Bykh A. I.</i>		169
	<b>У</b>			<b>С</b>	
<i>Узун Д. Д.</i>		213	<i>Chaikovsky Illya</i>		168
<i>Утицьких Т. О.</i>		154		<b>Д</b>	
	<b>Ф</b>		<i>Drobova N. M.</i>		123
<i>Файнзильберг Л. С.</i>		58, 109		<b>Е</b>	
<i>Фальова О. Є.</i>		162	<i>Ena Alexey</i>		168
<i>Фахс М.</i>		113	<i>Ena Anatoly</i>		168
<i>Федоренко М. І.</i>		111		<b>Ф</b>	
<i>Федорова Р. М.</i>		164	<i>Feshchuk L. V.</i>		169
<i>Федорович О. Є.</i>		60		<b>Ж</b>	
<i>Фенченко В. Н.</i>		47	<i>Jadooei A.</i>		173
<i>Філатова Г. Є.</i>		113		<b>К</b>	
<i>Фоменко Ю. В.</i>		215	<i>Kampos K.</i>		66
<i>Фролова Т. В.</i>		133	<i>Klymenko V. A.</i>		123
	<b>Х</b>		<i>Kolesnik K. V.</i>		171
<i>Хвостівська Л. В.</i>		61	<i>Kolomachenko V.</i>		125
<i>Хвостівський М. О.</i>		61		<b>М</b>	
	<b>Ц</b>		<i>Marchitto N.</i>		12
<i>Цапро Н. П.</i>		54	<i>Marchitto Nicola</i>		25
<i>Цвиговський В. М.</i>		19	<i>Martynenko A.</i>		12
<i>Цуприк Г. Б.</i>		20	<i>Martynenko Alexander</i>		24, 25
	<b>Ч</b>		<i>Maragoni G.</i>		12
<i>Чайковський І. А.</i>		142	<i>Masluk Vasyly</i>		168
<i>Чехместук Р. Ю.</i>		105	<i>Melpignano S.</i>		12
<i>Чумаченко Т. А.</i>		56		<b>О</b>	
	<b>Ш</b>		<i>Oseledko D.</i>		125
<i>Шайко-Шайковський О. Г.</i>		181		<b>Р</b>	
<i>Шаронов В. Б.</i>		115	<i>Paparello P. T.</i>		12
<i>Шехна Х.</i>		97	<i>Pecherska A. I.</i>		123
<i>Шкапо В. Л.</i>		146	<i>Pistoia Massimo</i>		25
<i>Шликов В. В.</i>		165	<i>Porvan A. P.</i>		169
<i>Шуба І. В.</i>		152		<b>Р</b>	
<i>Шульгін В. І.</i>		115	<i>Raimondi G.</i>		12
<i>Шустакова Г. В.</i>		215	<i>Raimondi Gianfranco</i>		24, 25
	<b>Щ</b>		<i>Romanenko Tetyana</i>		168
<i>Щербань Т. Д.</i>		160		<b>С</b>	
	<b>Ю</b>		<i>Shulgin V.</i>		173
<i>Юшко К. О.</i>		138	<i>Sokol E. I.</i>		171
	<b>Я</b>		<i>Strashnenko H.</i>		125
<i>Яворська Є. Б.</i>		20, 118		<b>В</b>	
<i>Яворський Б. І.</i>		63	<i>Velychko O.</i>		66
<i>Яценко Б. О.</i>		79	<i>Vishnevskey Vitaliy</i>		168
	<b>А</b>		<i>Viunytyskyi O.</i>		173
<i>Alekseienko R. V.</i>		122	<i>Vysotska O. V.</i>		123
	<b>В</b>				
<i>Barsi Luca</i>		24, 25			

Наукове видання

**II МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»  
(ІСМ-2019)**

Відповідальні за випуск: О. В. Висоцька, А. П. Порван

Комп'ютерне верстання: А. П. Порван, А. І. Печерська

Підписано до друку 13.11.2019

Формат 60×84 1/8. Папір офс. Офс. друк

Ум.-друк. арк. 12,22. Обл.-вид. арк. 13,75. Наклад 40 пр.

Замовлення 366. Ціна вільна

---

Видавець

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
<http://www.khai.edu>

Виготовлювач

Видавничий центр "ХАІ"  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001

