


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Інженерії програмного забезпечення» (№ 603)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


_____ А.Г. Чухрай
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2024 р.

СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Екосистеми програмного забезпечення

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 121 Інженерія програмного забезпечення

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Інженерія програмного забезпечення

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

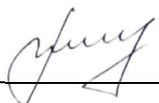
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2024 року

Харків – 2024 р.

Розробник: Ігор ТУРКІН, д.т.н., проф.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

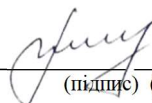
(підпис)



Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри інженерії програмного забезпечення (№ 603)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2024 р.

Завідувач кафедри д-р техн.наук., проф.
(науковий ступінь та вчене звання)



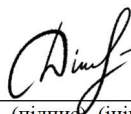
(підпис)

Ігор ТУРКІН

(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Представник студентського самоврядування



(підпис)

Діана ДИКУН

(ініціали та прізвище)

Загальна інформація про викладача



ПІБ: Туркін Ігор Борисович

Посада: завідувач кафедри

Науковий ступінь: д.т.н.

Вчене звання: професор.

Перелік дисциплін, які викладає:

- Основи програмної інженерії
- Екосистеми програмного забезпечення
- Системи реального часу
- НДР магістра.

Напрями наукових досліджень: інженерія програмного забезпечення, екосистеми програмного забезпечення та цифрові платформи, програмне забезпечення бортових мікроконтролерів супутників та БПЛА.

1. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Обсяг дисципліни: 4 кредити ЄКТС (120 годин), у тому числі аудиторних – 48 годин, самостійної роботи здобувачів – 72 годин.

Форми здобуття освіти

Очна, заочна, дистанційна.

Дисципліна – обов'язкова.

Види занять – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: оволодіння професійними і особистісними компетентностями, які дадуть можливість визначати мету та стратегію сталого розвитку програмного забезпечення відповідно до політики організації в галузі сталого розвитку, а також застосовувати незалежне мислення і технологічну обізнаність для інтеграції розрізнених концепцій до надання унікальних рішень.

Завдання: навчити студентів розуміти принципи застосування наукових основ екології до вирішення задач інженерії ПЗ, а також надати основні знання щодо сучасних інновацій в галузі інформаційно-комунікаційних технологій та інженерії ПЗ.

Компетентності, які набуваються.

Загальні компетентності:

ЗК05. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

Фахові компетентності:

СК01. Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.

СК07. Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.

СК08. Здатність розробляти і координувати процеси, етапи та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення на основі застосування сучасних моделей, методів та технологій розроблення програмного забезпечення.

СК09. Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення.

СК11. Здатність діяти відповідно до політики організації в частині сталого розвитку програмного продукту та процесів життєвого циклу.

Програмні результати навчання:

PH01. Знати і застосовувати сучасні професійні стандарти і інші нормативно-правові документи з інженерії програмного забезпечення

PH03. Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.

PH05. Розробляти, аналізувати, обґрунтовувати та систематизувати вимоги до програмного забезпечення.

PH13. Конфігурувати програмне забезпечення, керувати його змінами та розробленням програмної документації на всіх етапах життєвого циклу.

PH14. Прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій.

PH17. Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.

PH19. Розуміти завдання інженерії програмного забезпечення для реалізації концепції сталого розвитку суспільства.

Пререквізити – НДР магістра.

Кореквізити – немає.

Постреквізити – Переддипломна практика

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Екосистеми програмного забезпечення.

Тема 1. Вступ. Визначення

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. Міждисциплінарні зв'язки дисципліни «Екосистеми програмного забезпечення». Модель дисципліни "Екологія ПЗ". Обсяги дисципліни. Виникнення екології, як самостійної наукової дисципліни, Ернст Геккель. Екосистема (приклад) - Атмосфера. Глобальний цикл азоту. Закони екології. Екосистема атмосфери. Харчовий трофічний ланцюг. Харчові піраміди. Види взаємодій. Аналогії між біологічними і економічними системами. Історія економічних екосистем. Сталий розвиток. Екологічні принципи. Екологічний підхід до дослідження, створення і застосування зелених інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення. Зелені обчислення, інформаційні системи, технології, програмне забезпечення.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Екосистеми ПЗ.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Аспекти дослідження екосистем програмного забезпечення. Завдання дослідження екосистем програмного забезпечення. Моніторинг екосистем ПЗ. Еволюція моделей розробки ПЗ. Визначення терміна «Екосистема ПЗ». Екосистема ІТ-Україна. Екосистема ІТ-Україна: ринок праці. Обсяги експорту найбільших галузей в Україні. Екосистема програмного забезпечення - 3 точки зору: 1. Business Viewpoint - точка зору бізнесу, 2. Software Viewpoint, 3 Інновації -Innovation Viewpoint. 5 Стратегій побудови Бізнес екосистем. Екосистема Платформ, екосистема Інновацій, екосистема Інтересів, екосистема Комерції, екосистема Речей. Приклади екосистем ПЗ Windows. Екосистема інфраструктури ІТ. Фактори побудови екосистеми організації. Екосистеми ПЗ і їх класифікації. Класифікація екосистем програмного забезпечення. Класифікація екосистем на ринку мобільних систем: вертикально інтегровані компанії, виробники платформ, що пропонують програмне забезпечення з закритим вихідним кодом і платформу для декількох виробників, виробники програмних платформ з відкритим вихідним кодом, виробники відкритого ПЗ і апаратних платформ.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 15 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення практичної роботи та підготовка до її здачі

Тема 3. Моделювання екосистем ПЗ.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.

Практична робота: «Моделювання динамічних процесів розвитку популяцій в екосистемі».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Моделі, представлення і точки зору. Модель і метамодель. Метамодель екосистеми ПЗ. Модель екосистеми ПЗ (Use case). Приклад моделі екосистеми програмного забезпечення в Україні. Проблеми моделювання в екології програмного забезпечення. Засоби моделювання екосистем програмного забезпечення. Задачі дослідження екосистем.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 17 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення практичної роботи та підготовка до її здачі

Тема 4. Інноваційні ІТ-екосистеми.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.

Практична робота: «Статична модель екосистеми ПЗ».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Інновація - введений у вжиток новий або значно покращений продукт (товар, послуга) або процес, новий метод продажів або новий організаційний метод в діловій практиці, організації робочих місць або в зовнішніх зв'язках. Цикл повернення інвестицій в НДДКР через інноваційні технологічні прориви. Еволюція програмного забезпечення. Крива зрілості технологій Гартнера. Інтерфейс жестів. Технології gesture-based computing. Криптовалюта. SaaS (Software-as-a-Service) - «програмне забезпечення як послуга». Види хмар: Personal Cloud, Hybrid IT and Cloud Computing, Cloud and Fog. Enterprise App Stores. Actionable Analytics. In Memory Computing and Cloud. Strategic Big Data. Носимий комп'ютер - Wearable Computer. Інтерфейс «мозок-комп'ютер». Голосовий і матеріальний інтерфейс користувача. Інтернет речей (IoT - Internet of Things). Історія IoT. M2M (Machine-To-Machine). Інтернет речей: прогноз, екосистема, перспективи. Архітектури мережевого підключення інтелектуальних об'єктів. Еталонна модель IoT, рекомендована МСЕ-Т. Приклади Інтернету речей – сімейство протоколів верхнього рівня ZigBee. Перекладач з мови жестів: реалізація методу опорних векторів на Intel Edison. Проект «Розумний Шафа». Приклади Інтернету речей: Arduino, розумні гаджети, Британський стартап Thingful - пошукова система для Інтернету речей. Інтернет речей - проблеми. Інтернет речей і Microsoft. Партнерський проект формування нової екосистеми для технологій і послуг зв'язку між машинами oneM2M. Інноваційні Технології 2019 - Gartner TOP 10 Strategic Technology Trends: Artificial Intelligence and Advanced Machine Learning, Intelligent Apps, Intelligent Things, Virtual Reality and Augmented Reality, Digital Twins, Blockchains and Distributed Ledgers, Conversational Systems, Digital Technology Platforms, Mesh App and Service Architecture, Adaptive Security Architecture Екосистеми Інтернету речей, ігрофікації, доповненої реальності, обробки складних подій, великих даних, криптовалюта,

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 18 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: за необхідністю*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – 5 години.*

Підготовка до модульного контролю.

Змістовний модуль 2. Методи та засоби побудови енергетично ефективного ПЗ

Тема 5. Методи та засоби енергозаощаджувального використання обчислювальних ресурсів.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.

Практична робота: «Функції Windows API для обчислення часу та поточної споживаної потужності».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Методи та засоби енергозаощаджувального використання обчислювальних ресурсів. Щорічний приріст населення. Прогноз розвитку людства. Екологічний слід України. Калькулятор екологічного сліду. Резолюція, прийнята Генеральною Асамблеєю ООН 25 вересня 2015 року. Викиди CO₂ першої двадцятки країн світу. Sustainable development - життєздатність, дієздатність, сталий розвиток. Три виміри сталого розвитку: екологічний, економічний та соціальний. Слабка і сильна стійкість. Покоління екологічних проблем. Проблеми «нуль-нескінченність». "Зелена" економіка. Основні пріоритети і напрямки використання "зелених" ІКТ. Модель якості "Green and Sustainable Software". Зелені процеси життєвого циклу інформаційної системи. Способи вирішення завдань забезпечення екологічності процесів створення та застосування програмного забезпечення. Критерії оцінки «зеленого» інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення. Методи, принципи і засоби створення зелених систем, технологій і програмного забезпечення.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 6. Методи та засоби енергетичного профілювання програмних додатків

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.

Практична робота: «Функції Android API для обчислення часу та поточної споживаної потужності».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Закон Гордона Мура, теорія масштабування Денарда (Dennard's Scaling Theory). Характеристики мікропроцесорів. Вартість транзистора на чіпі. Вартість Інтернет-комунікацій. Енергозбереження обчислень - апаратний рівень: «темний кремній», «тьмяний кремній», гетерогенна архітектура. Енергозбереження обчислень - апаратний рівень: Динамічне управління енергоспоживанням процесором. Метод динамічного зміни напруги в енергозберігаючих технологіях SpeedStep, PowerNow!, Cool'n'Quiet. Енергозбереження обчислень - апаратний рівень: Стандарт управління живленням та налаштуванням ACPI (Advanced Configuration і Power Management). Енергозбереження обчислень на рівні ОС: Схема (режим)

електроживлення, тестування продуктивності на бенчмарке PCMark. Енергозбереження обчислень на рівні ОС: framework ECOsystem ресурсо-орієнтована OS Nemesis, Іллінойський проект GRACE (Global Resource Adaptation through Cooperation - 2003), GRACE-2 (2009).

Енергозбереження на рівні прикладних програм: оптимізація енергоспоживання за рахунок розпаралелювання задачі; оптимізація енергоспоживання за рахунок зменшення кількості системних викликів; мінімізація ітеративних оновлень і простоїв; оптимізація енергоспоживання за рахунок об'єднання операцій роботи з ресурсами; оптимізація енергоспоживання за рахунок мінімізації використання оперативної пам'яті: кешування, виключення непотрібних перетворень форматів графіки; оптимізація енергоспоживання за рахунок адаптації під поточне джерело живлення; підвищення енергоефективності комп'ютерних пристроїв за рахунок перенесення обчислювального навантаження в хмару. Інструментальні засоби енергетичного профілювання додатків: Powertop, Joulemeter, Intel Power Gadget, Intel VTune Amplifier, XCode, Power Profiler.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 7. Інновації та перспективи розвитку енергозаощаджувальних методів та засобів в ІТ.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.

Практична робота: «Енергетичне профілювання програмного додатку».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Наближені та ймовірнісні обчислення. Перспективи енергозбереження обчислень: Approximate Computing. Дисципліновані наближені обчислення. EnerJ - розширення Java для дисциплінованих наближених обчислень, яке додає наближені типи даних, класифікатори типів, переваження операторів, поліморфізм об'єктів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 30 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення практичної роботи та підготовка до її здачі

Модульний контроль 2

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: за необхідністю*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – 5 години.*

Підготовка до модульного контролю.

4. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

5. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

6. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	4...10	2	8...20
Модульний контроль	5...25	1	5...25
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	4...10	3	12...30
Модульний контроль	5...25	1	5...25
Усього за семестр			30...100

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену, курсового проекту (роботи), практики
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 50 балів, які замінюють результати п'яти модульних контролів.

Білет для іспиту складається з п'ятих теоретичних питань (кожне питання 10 балів).

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Мати уявлення про сутність екологічної кризи і сталого розвитку як єдиного шляху виходу з кризи; сутність «зелених» інформаційних технологій, «зеленого» програмного забезпечення, цифрових екосистем, екосистем програмного забезпечення; складові концепції сталого розвитку - економічну, соціальну, екологічну та єдність складових; екологічної складової та її зв'язку з інформаційними системами, технологіями і програмним забезпеченням.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування та позааудиторну самостійну роботу. Розуміти необхідність сталого розвитку як єдиного шляху виходу з кризи; сутність «зелених» інформаційних технологій, «зеленого» програмного забезпечення, цифрових екосистем, екосистем програмного забезпечення; складові концепції сталого розвитку - економічну, соціальну, екологічну та єдність складових. визначення інформаційних технологій (ІТ) та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Вміти застосовувати екологічний підхід до дослідження, створення і застосування інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення; застосовувати засоби вирішення завдань забезпечення екологічності процесів створення та застосування програмного забезпечення (сервера-леза, нульові клієнти, міні фрейми, віртуальні машини, хмарні сервіси, «зелені» інформаційні системи, Grid- обчислення, платформи електронного документообігу). Вміти отримувати знання про характеристики програмного забезпечення як об'єкта досліджень екологічного підходу. Вміти моделювати екосистеми програмного забезпечення в кількісних і якісних аспектах

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

8. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

9. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення практичних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

1. Дистанційний курс дисципліни розроблено у системі дистанційного навчання Mentor, яку впроваджено в Національному аерокосмічному

університеті ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», доступ до курсу за посиланням:
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=411>

10. Рекомендована література

Базова

1. Основи екології : навч. посіб. / В. О. Аніщенко. — К.: ДП «Вид. дім. «Персонал», 2011. — 148 с. — Бібліогр. : 140–145 с. ISBN 978-617-02-0077-8
2. Архітектура комп'ютерів та периферійні пристрої: Навч. посібник / С. Є. Бантюков, О. В. Чаленко, В. С. Меркулов та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – Ч. 1. – 116 с.. ISBN 978-617-654-083-0
3. Kharchenko, V., Kondratenko, Y., Kasprzyk J. (eds.): Green IT Engineering: Concepts, Models, Complex Systems Architectures. Studies in Systems, Decision and Control, vol. 74. Springer, Cham (2017). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44162-7>
4. Turkin, I., Vykhodets, Y. (2019). Software Engineering Sustainability Education in Compliance with Industrial Standards and Green IT Concept. In: Kharchenko, V., Kondratenko, Y., Kasprzyk, J. (eds) Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications. Studies in Systems, Decision and Control, vol 171. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4_25

Допоміжна

1. Currentcy: A Unifying Abstraction for Expressing Energy Management Policies Heng Zeng, Carla S. Ellis, Alvin R. Lebeck, and Amin Vahdat [Електронний ресурс] / <http://cseweb.ucsd.edu/~vahdat/papers/usenix03.pdf> (дата звернення: 23.02.2024).
2. Energy-Efficient Software Guidelines [Електронний ресурс] / Intel inc. – <http://software.intel.com/ru-ru/articles/partner-energy-efficient-software-guidelines> (дата звернення: 03.02.2022).
3. Michael Larabel. Intel EIST SpeedStep [Електронний ресурс] / <http://www.phoronix.com/scan.php?page=article&item=397&num=1>
4. Snowdon, D. Power Management and Dynamic Voltage Scaling: Myths and Facts. [Text] / D. Snow-don, S. Ruocco, G. Heiser // Proceedings of the National ICT Australia and School of Computer Science and Engineering University of NSW. Australia, 2005. P. 15-19 .
5. Anirudh Badam, Ranveer Chandra, Jon Dutra, Anthony Ferrese, Steve Hodges, Pan Hu, Julia Meinershagen, Thomas Moscibroda, Bodhi Priyantha, and Evangelia Skiani. 2015. Software defined batteries. In Proceedings of the 25th Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '15). ACM, New York, NY, USA, 215-229. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2815400.2815429>
6. Bansal, N. Speed scaling to manage energy and temperature [Text] / N. Bansal, T. Kimbrel, Kirk P. // Journal of the ACM, Vol. 54, No. 1, Article 3, Publication date: March 2007, 54(1):1, 2007, P. 1-39.
7. Bansal N. Speed scaling with an arbitrary power function [Text] / N. Bansal, H. Chan, K. Pruhs // Proceeding SODA '09 Proceedings of the twentieth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms P. 693-701.

8.

9. Andrew L.H. Optimal speed scaling under arbitrary power functions [Text] / Lachlan L.H. Andrew, Adam Wierman, Ao Tang // ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review archive. Volume 37, Issue 2, September 2009, P. 39-41.

10. R. Różycki, J. Węglarz / On job models in power management problems // Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences Vol. 57, No. 2, 2009, P. 147-151.

11. Інформаційні ресурси

1. Green Software Foundation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://greensoftware.foundation>, вільний.

2. Microsoft. Principles of Sustainable Software Engineering [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/sustainability/principles>, вільний.

3. The Shift Project. Lean ICT: Towards Digital Sobriety [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>, вільний.

4. PowerAPI [Електронний ресурс]: програмне забезпечення для моніторингу енергоспоживання. – Режим доступу: <https://powerapi.org>, вільний.

5. GreenFrame [Електронний ресурс]: платформа для аналізу енергоспоживання веб-сайтів і додатків. – Режим доступу: <https://greenframe.io>, вільний.

6. Cloud Carbon Footprint [Електронний ресурс]: відкрите ПЗ для відстеження викидів CO₂ у хмарних сервісах. – Режим доступу: <https://www.cloudcarbonfootprint.org>, вільний.

7. Green Software Engineering. <https://green-software-engineering.de/en/kriterienkatalog-v01/introduction.html>

8. Green Software and Green Software Engineering - Definitions, Measurem.... <https://www.slideshare.net/green-soft/presentation-kern-naumann-zurich-february-2013-web>

9. Green Software Lab, <https://greenlab.di.uminho.pt/>