

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Аль-Сенайх Раеда Жихадовича на тему «Методи адаптивної фільтрації спекл-шуму та апріорного оцінювання якості радіолокаційних зображень на основі нейронних мереж», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка**

Публічна презентація дисертаційної роботи Аль-Сенайх Раеда Жихадовича на тему «Методи адаптивної фільтрації спекл-шуму та апріорного оцінювання якості радіолокаційних зображень на основі нейронних мереж» відбулася на засіданні кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського, протокол № 14 від 10 червня 2026 р. На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи ухвалено такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації:

### **1. Актуальність теми дослідження**

Дисертаційну роботу Аль-Сенайха Раеда Жихадовича присвячено вирішенню актуального науково-практичного завдання – розробці та дослідженню методів адаптивної фільтрації спекл-шуму та апріорного оцінювання якості радіолокаційних зображень на основі нейронних мереж. Зображення, що отримані радіолокаторами з синтезованою апертурою (РСА), зокрема отримані із супутників Sentinel-1, є критично важливими для завдань екологічного моніторингу, сільського господарства та картографування. Проте специфічний мультиплікативний спекл-шум суттєво обмежує можливості їх автоматизованого дешифрування. Традиційні адаптивні фільтри вимагають ручного підбору параметрів і компромісу між згладжуванням та збереженням границь, текстур та дрібних деталей, що призводить до обчислювальних витрат і суб'єктивності результатів. Застосування методів глибокого навчання (зокрема трансферного навчання та механізмів просторово-канальної уваги) для побудови гібридних моделей деспеклізації та апріорного оцінювання якості є перспективним шляхом автоматизації попередньої обробки РСА-даних, що підтверджує актуальність обраної теми.

### **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційне дослідження безпосередньо пов'язане з планами науководослідних робіт кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» у рамках держбюджетної НДР «Інтелектуальні методи обробки багатоканальних зображень на основі карт візуальної уваги та баз зображень із спотвореннями», ДР 0124U001094.

Здобувачем у межах зазначеної теми розроблено алгоритмічні та програмні засоби для попередньої обробки та фільтрації радіолокаційних знімків.

### **3. Наукова новизна отриманих результатів**

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

– **вперше запропоновано** метод апріорного прогнозування абсолютних значень мір якості РСА-зображень після придушення спекл-шуму на основі трансферного навчання, який відрізняється від відомих тим, що не потребує еталонного зображення для оцінювання конкретного вхідного знімка на етапі інференсу і ручного розрахунку ознак, витягуючи текстурні характеристики безпосередньо з вхідних даних;

– **удосконалено** метод апріорного вибору параметрів фільтрації (на прикладі фільтра Лі) завдяки формулюванню задачі як прямої багатокласової класифікації, що дозволило усунути накопичення похибок двоетапного регресійного прогнозування та безпосередньо прогнозувати оптимальний розмір вікна;

– **одержав подальший розвиток** метод адаптивної деспеклізації РСА-зображень шляхом аналітичного об'єднання трансферного навчання (VGG16) та просторово-канальної уваги (CBAM) із точною математичною моделлю фільтра Фроста, що дозволяє динамічно прогнозувати карту коефіцієнтів демпфування як внутрішню змінну тензора стану та оптимізувати модель наскрізно, забезпечуючи керований відгук із збереженням меж.

### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

Теоретичне значення одержаних результатів полягає в розвитку підходів до інтеграції класичних адаптивних фільтрів і методів глибокого навчання для обробки РСА-зображень, а також в уточненні постановок задач апріорного прогнозування метрик якості та параметрів фільтрації. Практичне значення полягає в підвищенні ефективності попередньої обробки РСА-зображень Sentinel-1 та інших у системах дистанційного зондування та геопросторового моніторингу. Запропонований на базі DenseNet-121 предиктор метрик якості дозволяє оперативно оцінювати доцільність застосування фільтрації без запуску самого фільтра. Метод прогнозування розміру вікна фільтра Лі на базі MobileNetV2 забезпечує автоматизований вибір параметрів фільтрації та придатний для використання у периферійних системах із обмеженою обчислювальною продуктивністю. Гібридний метод VGG16-FrostNet забезпечує просторово-адаптивну деспеклізацію РСА-зображень зі збереженням меж об'єктів.

### **5. Апробація/використання результатів дисертації**

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на наукових та науково-практичних конференціях:

1. Міжнародній студентській конференції з кібербезпеки «Information, Functional and Cybersecurity» (SCIFiC 2025) (м. Харків, 27–28 листопада 2025 р.).

2. Міжнародній науково-практичній конференції «Organization of scientific research in modern conditions '2026» (м. Сіетл, США, 21 березня 2026 р.)
3. 17-й Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Перспективні мережні та комп'ютерні технології» (ПерСик 2026) (23 квітня 2026 р.).

Результати досліджень використано у спільних розробках компанії R-Product, Inc. (США) з автоматизації попередньої обробки даних дистанційного зондування (див. Додаток Б).

#### **6. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами розгляду дисертація Аль-Сенайха Р. Ж. визнана оригінальною роботою, яка не містить фактів академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.**

За результатами досліджень опубліковано 6 наукових публікацій, у тому числі:

- 3 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, в т.ч. 0 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 1 стаття у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах WoS та/або Scopus;
- 3 тез виступів на наукових конференціях.

#### **Статті у наукових фахових виданнях України (категорія «Б»):**

1. Al-Senaikh R., Rubel O. Predicting Filtered Image Quality Using Transfer Learning on Sentinel-1 Speckle Noise with DenseNet-121 // Ukrainian Journal of Remote Sensing. — 2025. — Vol. 12, No. 4. — P. 4–15. — DOI: 10.36023/ujrs.2025.12.4.293.

**Особистий внесок здобувача:** здобувачем розроблено метод апіорного прогнозування мір якості, адаптовано архітектуру DenseNet-121 для одноканальних даних, створено напівсинтетичний корпус зображень та проведено експериментальні дослідження з шістьма класичними фільтрами.

2. Al-Senaikh R., Rubel O. Predicting Optimal Lee Filter Window Size for Sentinel-1 SAR Images Using Transfer Learning on MobileNetV2 // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. — 2026. — Т. 361, № 1. — С. 26–36. — DOI: 10.31891/2307-5732-2026-361-3.

**Особистий внесок здобувача:** здобувачем запропоновано та програмно реалізовано метод прямого прогнозування оптимального розміру вікна фільтра Лі як задачі багатокласової класифікації на базі переднавченої архітектури MobileNetV2, розроблено конвеєр генерації міток на основі повного перебору та проведено порівняльний аналіз із існуючими двоетапними підходами.

**Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах WoS або Scopus (наукове фахове видання України категорії «А»):**

3. Al-Senaikh R., Rubel O. Development of a hybrid method VGG16-FrostNet for adaptive despeckling of synthetic aperture radar (SAR) images using attention mechanism and differentiable Frost filter // *Technology audit and production reserves*. — 2026. — Т. 2, № 2(88). — С. 25–33. — DOI: 10.15587/2706-5448.2026.358316. (видання індексується у Scopus).

**Особистий внесок здобувача:** здобувачем розроблено гібридний метод VGG16-FrostNet для просторово-адаптивної деспеклізації, інтегровано диференційовану математичну модель фільтра Фроста у граф неймережі, застосовано механізм просторово-каналльної уваги (CBAM) для прогнозування карти коефіцієнтів демпфування та сформовано складену функцію втрат для наскрізного навчання моделі зі збереженням меж об'єктів.

**Праці апробаційного характеру (матеріали та тези доповідей на конференціях):**

4. Аль-Сенайх Р. Ж., Рубель О. С. Мінімізація ризиків неправильного встановлення параметрів фільтрів для покращення якості РСА-зображень // *Information, Functional and Cybersecurity: матеріали міжнар. студ. конф. з кібербезпеки (SCIFiC 2025)* (м. Харків, 27–28 листопада 2025 р.). — Харків: НАУ «ХАІ», 2025. — С. 124–125. — DOI: 10.13140/RG.2.2.32148.16001.

**Особистий внесок здобувача:** здобувачем постановлено задачу мінімізації ризиків неправильного встановлення розміру вікна фільтра Лі для РСА-зображень Sentinel-1, обґрунтовано перехід від емпіричного підбору та вичерпного перебору до прямої багатокласової класифікації параметра з використанням трансферного навчання MobileNetV2 та стратегії повного дообучення мережі для одноканальних знімків; підготовлено та представлено очну доповідь.

5. Al-Senaikh R. Z., Rubel O. S. A hybrid approach to adaptive SAR despeckling using VGG16-FrostNet and a HaarPSI-based Frost baseline // *Organization of scientific research in modern conditions '2026: SWorld-US Conference proceedings* (Seattle, WA, USA, March 21, 2026). — Seattle: ProConference, 2026. — Vol. 1, Issue usc36-00. — P. 44–51. — DOI: 10.30888/2709-2267.2026-36-00-029.

**Особистий внесок здобувача:** здобувачем проведено порівняльний аналіз запропонованого гібридного підходу VGG16-FrostNet із базовим фільтром Фроста, оптимізованим за метрикою HaarPSI, наочно продемонстровано переваги неймережевого просторово-адаптивного прогнозування коефіцієнтів демпфування над глобально налаштованим еталоном і обґрунтовано роль наскрізного навчання гібридної моделі.

6. Аль-Сенайх Р. Ж., Рубель О. С. Порівняльний аналіз парадигм інтеграції класичних адаптивних фільтрів у нейромережеві архітектури для деспеклізації радіолокаційних зображень // Перспективні мережні та комп'ютерні технології (ПерСиК 2026): матеріали 17-ї міжнар. студ. наук.-техн. конф. (23 квітня 2026 р.).

**Особистий внесок здобувача:** здобувачем розроблено таксономію з п'яти парадигм інтеграції класичних адаптивних фільтрів у нейромережеві архітектури (слабкий зв'язок, розгортання ітеративних алгоритмів, plug-and-play, жорсткий диференційований зв'язок, guided filtering), побудовано порівняльну матрицю за критеріями інтерпретованості, навчальності, обчислювальної складності та просторової адаптивності, сформульовано рекомендації щодо вибору парадигми.

### **Висновок наукового керівника**

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною освітньо-науковою програмою та написання дисертації **Аль-Сенайхом Раедом Жихадовичем** вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну. Вона виконана на високому науковому рівні та відповідає всім установленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, й може бути рекомендована до захисту, а її автор **Аль-Сенайх Раед Жихадович** – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю **172 Телекомунікації та радіотехніка**.

### **Висновок кафедри**

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Аль-Сенайха Раеда Жихадовича відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами від 08.05.2024 р.) і може бути подана до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Головуючий на розширеному засіданні  
кафедри інформаційно-комунікаційних  
технологій ім. О. О. Зеленського  
Національного аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»



Володимир ЛУКІН