РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Волинця Тараса Васильовича**
на тему **«Інформаційні технології аерокосмічного моніторингу морських акваторій та прибережних зон»,**
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації. Дисертаційне дослідження Волинця Тараса Васильовича присвячене науковому обґрунтуванню, розробці та впровадженню інноваційних інформаційних технологій, спрямованих на реалізацію інтегрованого екологічного моніторингу морських акваторій і прибережних зон Чорного та Азовського морів. Особливу увагу в роботі приділено умовам підвищеного антропогенного, техногенного та військового впливу, які суттєво ускладнюють забезпечення екологічної безпеки та вимагають впровадження нових підходів до просторового аналізу, прогнозування та управління природними ресурсами.

Аерокосмічні технології – зокрема дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), геоінформаційні системи (ГІС), а також засоби безпілотної аерофотозйомки – розглядаються в дисертації як ключові інструменти для комплексного спостереження за станом морського середовища. Інтеграція цих технологій дозволяє здійснювати багатофакторний моніторинг у режимі, наближеному до реального часу, з високою просторовою деталізацією та можливістю довготривалого збереження історичних змін.

Застосування передових інформаційних рішень, включаючи супутникові системи спостереження (Sentinel, Landsat, MODIS), автоматизовані алгоритми обробки зображень, моделі штучного інтелекту (нейронні мережі, CNN, YOLOv5), хмарні обчислювальні сервіси (Google Earth Engine, AWS) та геопросторовий аналіз в середовищах ArcGIS/QGIS, забезпечує оперативне виявлення зон забруднення, відстеження змін у біорізноманітті, контроль гідрологічних процесів і прогнозування динаміки трансформацій екосистем. У роботі обґрунтовано нові підходи до побудови адаптивних систем спостереження на основі мобільних аерокосмічних платформ, які дозволяють значно підвищити точність, масштабованість і швидкість реагування на екологічні загрози.

Крім того, у дисертації використано методи математичного моделювання для формалізації процесів, що лежать в основі функціонування систем інтегрованого

екологічного моніторингу. Розроблено обчислювальні схеми, здатні до прогнозування змін екологічного стану прибережних територій, а також алгоритми для обробки та класифікації просторових даних із залученням апріорної інформації про джерела ризику.

Наукова новизна роботи полягає у побудові комплексної системи аерокосмічного моніторингу, що інтегрує дані з різнорідних джерел (супутники, БПЛА, сенсорні мережі), використовує адаптивні моделі керування маршрутами БПЛА, та здатна ідентифікувати території з підвищеним екологічним ризиком із високим рівнем достовірності. Розв'язання поставленого наукового завдання сприяє розширенню інформаційного потенціалу систем екологічного моніторингу та підвищенню їх практичної ефективності в умовах сучасних викликів.

Практичне значення отриманих результатів підтверджено реалізацією прототипу програмного комплексу, який включає модулі обробки супутникових знімків, автоматизованого дешифрування екологічних об'єктів, а також підсистему керування маршрутами БПЛА. Експериментальні результати програмної реалізації демонструють ефективність запропонованого підходу та його адаптивність до умов реального екологічного моніторингу прибережних і морських територій.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

- вперше запропоновано концептуальну модель інтегрованого управління екологічною безпекою морських акваторій Чорного й Азовського морів, що базується на застосуванні цифрових платформ моніторингу та адаптивного управління в умовах трансформації прибережного середовища.
- вперше розроблено інформаційну систему колективного управління безпілотними літальними апаратами для екологічного моніторингу морських акваторій, яка забезпечує стабілізацію кутових координат та оптимізацію траєкторій польоту.
- вперше створено методику автоматизованого дешифрування супутникових знімків Чорного та Азовського морів з використанням глибокого навчання (YOLOv5, U-Net, DeepLabv3+), що дозволяє точно ідентифікувати забруднення, зміни берегової лінії та класифікувати техногенні впливи.
- вперше реалізовано архітектурно-функціональну модель гібридного екологічного моніторингу на основі сучасних інформаційних технологій, включаючи GPU/CPU обчислення, хмарні сервіси та нейромережевий аналіз.

- удосконалено просторово-часову модель екологічного моніторингу Чорного моря, що включає геоінформаційні системи, цифрові інструменти і дані вертикального зондування для автоматизованої візуалізації змін та прогнозування динаміки морських екосистем.

Достовірність наукових результатів забезпечується коректним застосуванням розгалуженого апарату дослідження, що включає методи системного аналізу, математичного програмування, теорії нечітких множин, математичного моделювання та експерименту. Висновки роботи об'єктивно випливають із представлених теоретичних положень та підтверджуються результатами дослідження. Обгрунтованість і логічна узгодженість наукових підходів також забезпечуються проведенням імітаційного моделювання в середовищах з реалістичними умовами, що дозволило перевірити функціонування запропонованих рішень на прикладах морських акваторій Чорного та Азовського морів. Отримані результати є внутрішньо несуперечливими, взаємопов'язаними та підтверджують наукову новизну й практичну значущість дисертаційної роботи. Наукові дослідження виконані здобувачем в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України під керівництвом доктора технічних наук, професора Триснюка Василя Миколайовича.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Волинця Тараса Васильовича повністю відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Робота є завершеною науковою працею, яка свідчить про глибоку обізнаність автора в предметній області та його особистий внесок у вирішення наукової задачі. Звіт про перевірку на текстові збіги підтверджує, що дисертація є самостійним дослідженням, не містить елементів плагіату та має належні посилання на використані джерела.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено структуровано, послідовно та з використанням коректної наукової термінології.

Структура дисертації є обгрунтованою, забезпечуючи послідовний перехід від постановки проблеми до її вирішення та отриманих результатів. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг становить 176 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність обраної теми в контексті сучасних глобальних та регіональних викликів, зокрема пов'язаних із загрозами національній безпеці, екологічною деградацією, змінами клімату та збройною агресією, що впливає на стан морських акваторій і прибережних зон України. Особливої уваги заслуговує необхідність удосконалення інформаційних технологій для ефективного моніторингу та управління морським середовищем у надзвичайних та кризових умовах. Чітко сформульовано мету дослідження, об'єкт і предмет, а також визначено основні завдання, наукову новизну та практичну цінність результатів, що виносяться на захист.

У першому розділі проведено комплексний аналіз сучасних інформаційно-аналітичних підходів до екологічного моніторингу морських акваторій, з акцентом на Чорне море як на критично важливий об'єкт спостереження. Розглянуто існуючі науково-технічні рішення у сфері дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геоінформаційних систем (ГІС), сенсорних мереж та штучного інтелекту (ШІ). Обґрунтовано необхідність створення інтегрованої цифрової екосистеми моніторингу на базі поєднання локальних та хмарних ресурсів обчислення. Запропоновано концепцію трирівневого спостереження (фонове – загальне – кризове), що дозволяє підвищити оперативність прийняття управлінських рішень у сфері охорони морського середовища.

У другому розділі дисертації зосереджено увагу на розробці сучасних інструментів для збору, аналізу та візуалізації даних про екологічний стан морських і прибережних екосистем. Проведено детальний аналіз можливостей супутникових платформ (Sentinel, Landsat, MODIS, WorldView тощо) та їх спектральних характеристик у різних діапазонах (оптичному, інфрачервоному, радарному), які забезпечують безперервний контроль морського середовища незалежно від погодних умов. Показано, що застосування методів машинного навчання та алгоритмів глибокого навчання для обробки супутникових зображень дозволяє підвищити точність моніторингових оцінок на понад 16%. Інтеграція даних у середовище ГІС забезпечує просторове моделювання та побудову прогнозних карт, що є основою для прийняття ефективних управлінських рішень.

У третьому розділі досліджено методи застосування інформаційних технологій у задачах автоматизованого виявлення екологічних загроз у морському середовищі. Детально описано архітектуру систем, які поєднують супутникові знімки, дані з мереж Інтернету речей (IoT) та моделі штучного інтелекту, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN), моделі детектування YOLOv5 та алгоритми класифікації. Запропоновано математичну модель автоматизованого

дешифрування даних, яка забезпечує виявлення таких загроз, як нафтові плями, цвітіння фітопланктону, локальні теплові аномалії та інші форми забруднення. Модель адаптована до складних умов Чорного та Азовського морів і здатна забезпечувати не лише діагностику, а й прогнозування просторово-часової динаміки забруднень, що є основою для швидкого реагування.

Четвертий розділ присвячений удосконаленню архітектури інтегрованої системи аерокосмічного моніторингу, орієнтованої на забезпечення безперервного контролю стану морського середовища. Запропоновано архітектурно-функціональну модель, що базується на поєднанні ДЗЗ, ГІС, хмарних обчислювальних середовищ (Google Earth Engine, AWS) та методів контейнеризації (Docker, Kubernetes). Особливу увагу приділено питанням оптимізації обробки великих обсягів супутникових даних за рахунок використання кластерів GPU/CPU, що дозволяє підвищити швидкість аналізу та зменшити затримки в передачі інформації. Представлено функціональний програмно-аналітичний комплекс, створений для моніторингу акваторій Азовського моря, який забезпечує багаторівневу інтеграцію даних та формування візуальних продуктів для екологічного менеджменту. Результати підтверджено актами впровадження та позитивними оцінками з боку профільних екологічних установ.

Дисертаційна робота оформлена у повній відповідності до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у виданні, що індексується в наукометричній базі «Scopus», та 10 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях. Порушень принципів академічної доброчесності у публікаціях не виявлено, що свідчить про належну апробацію результатів.

Таким чином, наукові результат описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1) У дисертації доцільно було б більш глибоко розкрити використання даних ДЗЗ у різних спектральних діапазонах – оптичному, інфрачервоному, мульти- та

гіперспектральному. Така деталізація дозволила б точніше охарактеризувати умови спостереження морських акваторій та покращити алгоритми виявлення забруднень і структурних змін прибережної зони.

2) Питання коректного визначення термодинамічної температури за допомогою ІЧ-радіометрії залишилося недостатньо розкритим. Доцільно було б включити аналіз впливу атмосферних перешкод, водяної пари, хмарного покриву та кутової залежності реєстрації теплового випромінювання.

3) У тексті роботи бажано б звернути увагу на конкретні програмні засоби, які були використані в реалізації інформаційної системи. Було б доречно навести перелік платформ (наприклад, Google Earth Engine, ArcGIS Pro, QGIS, TensorFlow, PyTorch, Docker, Kubernetes), в яких реалізовано обробку супутникових даних, керування маршрутами БПЛА, а також модулі класифікації та прогнозування.

4) Система прийняття рішень, представлена у четвертому розділі дисертації, справляє враження сучасного архітектурного рішення, проте варто було б уточнити – які саме протоколи передачі даних використано для забезпечення синхронізації між платформами. Крім того, викликає інтерес питання безпеки зберігання чутливої екологічної інформації в хмарному середовищі – ці аспекти доцільно було б окреслити.

5) У тексті дисертації наявні поодинокі випадки стилістичної розмитості або варіативного вживання термінів. Висловлені зауваження не є принциповими, мають дискусійний характер і не зменшують загальну наукову та практичну цінність отриманих результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Волинця Тараса Васильовича на тему «Інформаційні технології аерокосмічного моніторингу морських акваторій та прибережних зон» є завершеним комплексним науковим дослідженням, що виконане на високому професійному рівні відповідно до сучасних вимог академічної доброчесності. У роботі обґрунтовано наукові підходи до створення інноваційної інформаційної системи екологічного моніторингу морських територій із використанням супутникових технологій, геоінформаційного аналізу, штучного інтелекту та безпілотних авіаційних платформ.

Сукупність теоретичних напрацювань і практичних реалізацій, зокрема розроблені моделі, алгоритми, програмні модулі та архітектура інтегрованої системи моніторингу, забезпечує ефективне вирішення актуального науково-

прикладного завдання, що має істотне значення для розвитку галузі інформаційних технологій, охорони довкілля та екологічної безпеки. Отримані результати мають як наукову новизну, так і високу практичну значущість, а сама робота відповідає критеріям, необхідним для присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Волинець Тарас Васильович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:
Провідний науковий співробітник
Інституту телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАНУ,
доктор технічних наук, доцент Олександр ТЕРЕНТЬЄВ

Власноручний підпис доктора технічних наук, доцента Олександра Терентьєва завіряю:

Начальник відділу кадрів Олена РАДЧУК

М.П. «07» серпня 2025 року