

ВІДГУК

офіційного опонента 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 розробці та впровадженню сучасних інформаційних технологій для забезпечення інтегрованого екологічного моніторингу морських акваторій та прибережних зон Чорного й Азовського морів в умовах посилення антропогенного, техногенного та військового впливу. У роботі акцентовано увагу на тому, що аерокосмічні технології відіграють ключову роль у формуванні ефективної системи управління екологічною безпекою, забезпеченні раціонального природокористування та моніторингу змін у морських і прибережних екосистемах. Комплексне використання дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС) надає можливість оперативного збору, аналізу та інтерпретації великомасштабних просторових даних про стан морського середовища. Це дозволяє вчасно виявляти осередки забруднення, фіксувати динаміку біорізноманіття, здійснювати контроль за гідрологічними змінами та моделювати трансформацію екосистем під впливом як природних, так і техногенних чинників.

У дисертації запропоновано інноваційні підходи до побудови автоматизованих систем спостереження, які базуються на об'єднанні супутникових технологій, безпілотних літальних апаратів (БПЛА), засобів штучного інтелекту, хмарної інфраструктури та інструментів геоінформаційного аналізу. Такий мультикомпонентний підхід забезпечує підвищення точності спостереження, адаптивність до змін середовища та оперативність прийняття управлінських рішень у разі екологічних загроз.

Практичне значення результатів дослідження полягає у створенні інтегрованої інформаційно-аналітичної системи моніторингу екологічного стану прибережних вод Чорного та Азовського морів, зокрема орієнтованої на виявлення наслідків воєнних дій, аварійних викидів і пошкоджень об'єктів критичної інфраструктури. Розроблені в межах дисертаційної роботи моделі, алгоритми та методики мають прикладне значення й можуть бути імplementовані у спеціалізоване програмне забезпечення для обробки супутникових знімків, інтеграції даних із фізико-хімічних сенсорів та

автоматизованого керування групами БПЛА. Це відкриває широкі перспективи для впровадження систем екологічного моніторингу нового покоління в практику державного управління природоохоронною діяльністю, зокрема в регіонах, що зазнали руйнівного впливу війни та техногенних катастроф.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна отриманих у дисертації результатів полягає у наступному:

– *Вперше* запропоновано концептуальну модель інтегрованого управління екологічною безпекою морських акваторій Чорного й Азовського морів, що базується на застосуванні інформаційних технологій: 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 інформаційних технологій глибокого навчання (YOLOv5, U-Net, DeepLabv3+), що забезпечує точну ідентифікацію забруднень, змін берегової лінії та класифікацію техногенних впливів у морському середовищі.

– *Вперше* реалізовано архітектурно-функціональну модель гібридного екологічного моніторингу морського середовища Чорного та Азовського морів на основі сучасних інформаційних технологій — GPU/CPU-обчислень, хмарних сервісів, нейромережевого аналізу та каталогізації супутникових даних.

– *Удосконалено* просторово-часову модель екологічного моніторингу Чорного моря з використанням геоінформаційних систем, цифрових аналітичних інструментів і даних вертикального зондування для автоматизованої візуалізації екологічних змін, виявлення порушень та прогнозування динаміки морських екосистем..

Достовірність отриманих наукових результатів у дисертаційній роботі забезпечується комплексним і методологічно обґрунтованим підходом до дослідження, який базується на використанні широкого спектра аналітичних і прикладних інструментів. Зокрема, у роботі коректно застосовано методи системного аналізу для декомпозиції складних екологічних та інформаційних процесів, а також методи математичного програмування для оптимізації структури та функціонування розроблених моделей моніторингу. Теорія нечітких множин дозволила врахувати невизначеність, притаманну природним

екосистемам і даним дистанційного зондування, що підвищило адаптивність та стійкість запропонованих алгоритмів до варіативності вхідних параметрів.

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 класичною та логічно обґрунтованою, забезпечуючи послідовний перехід від постановки проблеми до її вирішення та верифікації результатів. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг становить 176 сторінок.

У вступі дисертаційної роботи ґрунтовно обґрунтовано актуальність дослідження, що зумовлена сучасними викликами в сфері національної безпеки, екологічної стійкості та охорони морських ресурсів. У вступній частині чітко сформульовано мету, об'єкт, предмет і завдання наукової роботи, а також обґрунтовано положення наукової новизни й практичного значення, винесені на захист.

Перший розділ присвячений аналізу сучасних інформаційних підходів до екологічного моніторингу морських акваторій, з особливим акцентом на Чорне море в умовах зростаючого техногенного навантаження, кліматичних змін і наслідків воєнного впливу. Розглянуто комплексну інтеграцію даних дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем, сенсорних мереж, хмарних сервісів і методів штучного інтелекту в єдину цифрову платформу. Запропоновано концепцію інтегрованого управління прибережними водами на основі багаторівневого спостереження (фонове, загальне, кризове) з автоматизованим прийняттям рішень. Створення гібридної інфраструктури обробки даних (локальні обчислення + хмара) обґрунтовано як засіб

підвищення ефективності оцінювання екологічного стану морського середовища.

Другий розділ зосереджено на розробленні та аналізі сучасних інформаційних технологій, що використовуються для моніторингу стану морських і прибережних екосистем. Детально висвітлено питання супутникових платформ, спектральних діапазонів (оптичного, інфрачервоного, радарного), а також фізичних принципів зондування морського середовища. Значну увагу приділено використанню алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту, що дозволяє підвищити точність аналізу зображень на 16%. Інтеграція супутникових даних в ГІС-системи створює можливості для формування високоточних картографічних моделей і прогнозів, які є важливими для прийняття рішень в умовах екологічної загрози.

У третьому розділі розглянуто практичне застосування новітніх ІТ-інструментів для моніторингу стану морських акваторій. Представлено методи автоматизованого виявлення забруднень за допомогою глибоких згорткових нейронних мереж (CNN) і моделей типу YOLOv5. Описано математичну модель дешифрування супутникових знімків, яка забезпечує високу точність і швидкість ідентифікації екологічних аномалій (нафтопродукти, фітопланктон, абразія тощо). Платформи Sentinel-2, Landsat 8 і PlanetScope використовуються для моніторингу різноманітних параметрів (температура поверхневих вод, каламутність, вміст хлорофілу). Розроблені алгоритми дозволяють не лише виявляти поточні забруднення, а й прогнозувати їх поширення — що є критично важливим для своєчасного реагування на екологічні катастрофи.

Четвертий розділ присвячено питанням удосконалення інформаційних технологій інтегрованого аерокосмічного моніторингу, особливо в контексті Чорного моря. Представлено архітектурно-функціональну модель супутниково-ГІС моніторингу, що базується на використанні обчислювальних кластерів GPU/CPU, хмарних сервісів (Google Earth Engine, AWS, Copernicus), контейнеризації (Docker, Kubernetes). Це дозволяє підвищити продуктивність і масштабованість обробки великих масивів супутникових даних. Розроблено програмно-аналітичний комплекс для обробки знімків Азовського моря та побудови геоінформаційної моделі природоохоронних і рекреаційних об'єктів. Запропоновані методи тематичного дешифрування, векторизації джерел забруднення, моделі на основі U-Net і DeepLabv3+ демонструють високу ефективність у розпізнаванні прибережних об'єктів та зон техногенного навантаження.

Дисертація оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» й відзначається структурованістю, академічною логікою викладу та науковою обґрунтованістю запропонованих рішень.

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. Порухень 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.

При загальній позитивній оцінці дисертаційної роботи, варто виділити наступні дискусійні питання та зауваження:

1. В першому розділі дисертації на рис. 1.6. наведено приклад геокартограми спектральної інформації супутникових зйомок акваторії Азовського моря та не проведено деталізацію основи для прогнозного аналізу.

2. На мою думку бажано б уточнити інтерференційні ефекти в пливці та коефіцієнт відбивання нафти описані в пункті 2.3. Фізичні основи космічного моніторингу морських акваторій.

3. В другому розділі дисертаційної роботи описується теорія Смолуховського-Ейнштейна, відповідно до якої показник розсіювання спадає з довжиною хвилі за степеневим законом. Незрозуміло, чи проводились такі експерименти та чи є підтвердження їх результатів.

4. В розділі 4 визначено удосконалення технологій інтегрованого аерокосмічного моніторингу морського середовища. Бажано було б деталізувати екосистему інтегрованих сервісів та аналітику в режимі реального часу.

5. У тексті дисертації наявні поодинокі стилістичні неточності та друкарські помилки, наприклад в 4 розділі невірна нумерація пунктів.

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

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Волинця Тараса Васильовича на тему «Інформаційні технології аерокосмічного моніторингу морських акваторій та прибережних зон» є завершеним дослідженням. Виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів

академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для інформаційних технологій. 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.

Офіційний опонент:

Декан факультету інформатики та обчислювальної техніки,
професор кафедри інформаційних систем
та технологій Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук,
професор

«05» серпня 2025 року

