

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертацію
Васильєва Володимира Володимировича
«Розробка інформаційних систем хмарної обробки
багатовимірних геопросторових даних»,
поданої до спеціалізованої вченої ради на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.07.12 — Дистанційні аерокосмічні дослідження

Актуальність теми дослідження. Останнім часом зріс практичний інтерес до задач, які пов'язані з підвищенням оперативності при аналітичній обробці даних моніторингу. Особливо це стосується даних, що отримані дистанційними засобами і мають не тільки великий обсяг інформації, та й, як правило, потребують декілька етапів додаткової обробки, незважаючи на те, що попередня геометрична та радіометрична корекція вже була проведена. Всі ці етапи теж займають дуже багато часу і вимагають додаткових вимог до сховищ геопросторових даних в ході створення та застосування їх інфраструктури. Звісно, що за своїм складом геопросторові дані включають картографічну інформацію, цифрові моделі рельєфу, аерокосмічні зображення, одержувані в різних зонах електромагнітного спектра, метадані тощо. Це ускладнює процес обробки геопросторової інформації та її інтеграції в інші системи, що вимагає розробки новітніх ефективних алгоритмів і методів. З іншого боку, швидкість зростання обсягів інформації та зміни умов функціонування інформаційних систем в сучасному світі безперервно збільшується. Існує значна кількість зв'язних геоінформаційних систем та технологій для проведення повного циклу робіт з даними космічного моніторингу. Стають все більш доступними апаратні та нові програмні інструментальні засоби для збору та обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Дуже багато з цих засобів використовує сучасні методи і досягнення інтелектуального аналізу, методи машинного навчання та інші методи при роботі з геопросторовими даними. Але, в даний час стає більш актуальним використання Web-технологій для оперативної інтеграції інформаційно-обчислювальних ресурсів для вирішення завдань обробки багатовимірних геопросторових даних. Таку можливість надає нова парадигма хмарних обчислень, основна ідея якої — це технології розподіленої обробки і зберігання даних, в яких всі необхідні ресурси надаються користувачеві як Internet-сервіс. Аналіз сучасних досягнень в даній галузі показав, що розвиток хмарних сервісних послуг обробки геопросторових даних

ІНСТИТУТ КОСМІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ
ДАТА 05.12.2019 ВХ.Ф 7/280
2019

високого просторового розрізнення є малодослідженою тематикою, особливо це стосується реалізації нових функціональних можливостей.

Такий стан теорії та практики при вирішенні зазначених задач визначає актуальність дисертаційної роботи В. В. Васильєва, пов'язаної з розробкою нових методів, автоматизованих інформаційних технологій та систем попередньої і тематичної обробки різнорідних супутникових даних на базі хмарної архітектури.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Основні теоретичні положення дисертації одержані шляхом коректного застосування методів математичного моделювання, зниження розмірності та обробки сигналів; інтерполяції й апроксимації даних, автоматизованої обробки та інтерпретації цифрових зображень, розпізнавання образів, теорій ймовірностей та інформації, вейвлет-аналізу. Відповідність та обґрунтованість результатів досліджень підтверджуються граничними переходами до відомих окремих випадків, одержаних в рамках інших теоретичних підходів; апробацією методів та геоінформаційної технології на тестових прикладах, зіставленням отриманих результатів з відомими; достатньою збіжністю аналітичних та експериментальних досліджень; впровадженням результатів досліджень; достатньою кількістю публікацій у виданнях, що входять до переліку фахових видань з технічних наук в Україні і за кордоном; виступами на наукових конференціях національного та світового рівня.

Все це свідчить про високий ступінь достовірності та обґрунтованості результатів дисертації.

Структура, обсяг роботи. Дисертація загальним обсягом 167 стор. складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 133 найменувань і додатків, у які винесені, зокрема, документи, що підтверджують впровадження результатів роботи.

Характеристика роботи, новизна розроблених наукових положень.

У вступі автором подано загальну характеристику дисертації, визначено актуальність теми, сформульовано об'єкт, предмет і мету дослідження, окреслено коло наукових та прикладних задач, розв'язання яких забезпечує реалізацію мети роботи, показана наукова новизна та практична цінність роботи. Наведено публікації автора за темою дисертації.

В першому розділі дисертації автором наведено аналітичний огляд сучасного стану обробки супутникових даних, розглянуто характерні особливості використання хмарних платформ для обробки геопросторових даних високого просторового розрізнення. Автором обґрунтовано необхідність розробки методів підвищення інформативності зображень на основі злиття різнорідних даних та ефективних робастних автоматизованих хмарних технологій обробки супутникових даних в реальному часі.

Другий розділ роботи присвячений розробці методів попередньої обробки супутникових даних та потоку робіт (воркфлоу), що можуть бути застосовані для перетворення супутникових зображень до рівня L2. Запропонований автором воркфлоу включає відомі процедури попередньої обробки, методи видалення хмарності і корекції рельєфу, а також забезпечує підвищення якості вхідних зображень. Перевірку ефективності методів попередньої обробки здобувачем здійснено на прикладі задачі моніторингу рослинності і водойм на території міст за супутниковими знімками надвисокого просторового розрізнення видимого та ІЧ-діапазонів. Основним результатом розділу є також удосконалений В.В. Васильєвим метод підвищення інформативності та деталізації об'єктів на багатоканальних супутникових знімках. Метод ґрунтується на основі ICA, HSV- та вейвлет-перетворень і дозволяє суттєво збільшити вміст інформації первинних даних без спотворення спектральної інформації.

Третій розділ роботи, який безумовно займає центральне місце в роботі, присвячений розробці хмарних інформаційних технологій і систем обробки та моніторингу геопросторових даних у реальному часі, що забезпечують ефективне розв'язання прикладних задач на часових рядах даних високого і надвисокого розрізнення. Запропоновані автором технології ґрунтується на моделі обслуговування хмарних обчислень PaaS, яка надає споживачам можливість використання хмарної інфраструктури для розміщення базового програмного забезпечення з подальшим розміщенням на ньому нових або існуючих додатків. У порівнянні з Грід-обчисленнями, модель хмарного обчислення PaaS надає кінцевому користувачеві більш гнучку платформу для роботи з віддаленими обчислювальними ресурсами, що значно зменшує економічні витрати. У п. 3.3 дисертантом запропонована ефективна реалізація потоків обробки супутникових даних у розподіленому режимі на хмарній платформі Amazon. Для підвищення швидкості роботи хмарних сервісів запропоновано оптимізований формат зберігання даних, який передбачає збереження кожного спектрального каналу в окремому файлі, використання стиснення файлів, включення підсумкової статистики та чіткі правила іменування файлів. Архітектуру он-лайн сервісу обробки супутникових даних

запропоновано будувати на основі сумісності з OpenStack платформами. Це забезпечує високу масштабованість обчислювальних ресурсів.

Наукові результати цього розділу реалізовано в хмарній програмній платформі Amazon у вигляді хмарного сервісу LandViewer оперативного доступу та аналізу оптичних та радарних даних. Перевагою запропонованої технології є надання користувачеві можливості практично миттєвої побудови композитних кольорових і кольорових синтезованих зображень за даними мультиспектральної зйомки, доступ до карт найбільш поширених індексів та продуктів, а також можливість реалізації власних застосувань на основі API.

У четвертому розділі роботи В.В. Васильєвим запропоновано методи розв'язання прикладних задач на основі методів попередньої обробки із другого розділу та технології хмарної обробки даних та сервісу LandViewer із третього розділу. З прикладної точки зору заслуговують на увагу методи супутникового моніторингу наслідків незаконного видобутку бурштину, моніторингу вирубок лісів, оцінки збитків від лісових пожеж, моніторингу посух та моніторингу агротехнічних операцій. В підрозділах 4.2–4.3 здобувачем наведено метод кількісної оцінки площі вирубки лісів і воркфлоу реалізації відповідного сервісу на хмарній платформі, до складу якого входить формування маски хмарності по знімку, побудова індексних зображень NDVI, порогова бінаризація індексного зображення, морфологічна фільтрація бінарного зображення по знімку, векторизація бінарного зображення, визначення меж і площі рослинності, формування різницевого зображення, бінаризація, векторизація і визначення меж і площі вирубок, візуалізація змін на цифровій карті, запис атрибутів об'єктів в DBF-файл і експорт векторного шару в KML-файл. На відміну від відомих методів визначення площ вигорілих територій по різночасним супутниковим знімкам запропонована технологія дозволяє більш точно визначати вигорілі ділянки завдяки незалежному визначенню оптимальних порогів бінаризації для кожного знімка. Крім того, запропонований воркфлоу дозволяє аналізувати часові зміни на постраждалих ділянках лісу для тривалих періодів спостереження, використовуючи створені векторні шари з атрибутивною інформацією. Підрозділ 4.4 присвячений моніторингу посух, визначенню їх складових та видів на базі запропонованого хмарного сервісу. Використання запропонованого автором в п.4.5 методу моніторингу агротехнологічних операцій на основі інтерферометричного аналізу радарних даних дозволяє визначати дати настання основних стадій розвитку рослин і дати ключових подій на полі.

У додатках наведено список опублікованих праць автора за темою роботи та документи впровадження результатів дисертації.

Цінність дисертації для науки. У дисертаційній роботі вирішена науково-прикладна задача розробки нових методів і автоматизованих інформаційних технологій та систем попередньої і тематичної обробки різнорідних супутникових даних на базі хмарної архітектури. Здобувачем удосконалено метод підвищення інформативності та деталізації об'єктів на багатоканальних супутникових знімках на основі ICA, HSV та вейвлет-перетворень, який дозволив підвищити якість первинних даних та рівень деталізації об'єктів моніторингу з уточненням їх меж. Слід зазначити, що на відміну від існуючих методів, такий підхід дозволяє уникнути кольорових спотворень зі збереженням при цьому корисної інформації на космічних знімках для проведення подальшого дешифрування. Автором вперше розроблено інформаційну систему зберігання та обробки супутникових даних, оптимізовану для використання в хмарному середовищі. Запропоноване рішення забезпечує виконання задач супутникового моніторингу в реальному часі та їх масштабування на великі території без збільшення часу розв'язання задач. Здобувачем удосконалено методологію розв'язання прикладних задач супутникового моніторингу на основі методів злиття різнорідних різночасових геопросторових даних.

Тематика виконання наукових досліджень відповідає паспорту спеціальності 05.07.12 — «Дистанційні аерокосмічні дослідження», зокрема:

- Розроблення нових методів аналізу, синтезу оптимальних систем дистанційних досліджень, обробки сигналів, процесів і зображень в аерокосмічних системах дистанційного зондування.

- Розроблення, наукове обґрунтування і побудова комп'ютерних технологій автоматизованої обробки та інтерпретації матеріалів, розпізнавання образів, а також тематичних ознак дистанційних досліджень у різних діапазонах.

- Розроблення теоретичних та практичних основ дистанційного екологічного моніторингу, захисту і вивчення природних середовищ, їхніх ресурсів, планування експериментів з аерокосмічних досліджень.

Прикладна цінність дисертації. Запропоновані автором методи та геоінформаційна технологія являють собою інформаційну систему зберігання та обробки багатовимірних геопросторових даних, оптимізовану для використання в хмарному середовищі. Практичне значення роботи полягає у зменшенні часу, необхідного для автоматизованого аналізу та інтерпретації даних зйомки дистанційного зондування Землі. Автором розроблено методи тематичної обробки багатоканальних зображень, які дозволяють підвищити

деталізацію об'єктів з подальшим розпізнаванням рослинності і водойм на території мегаполісів, проводити моніторинг і оцінку багаторічних посух та антропогенних процесів, проводити оцінку наслідків вирубок та лісових пожеж, моніторинг незаконного видобутку бурштину, проводити моніторинг агротехнічних операцій на основі інтерферометричного аналізу радарних даних, будувати карти вологості ґрунтів та визначити вплив атмосфери за радіолокаційними даними тощо. Зокрема ці методи використано в рамках проекту ЄБРР «Підтримка прозорого землекористування в Україні» («Supporting Transparent Land Governance in Ukraine») для здійснення моніторингу змін земного покриву на основі часових рядів оптичних та радіолокаційних зображень з метою подальшої побудови карт класифікації поверхні Землі. Розроблені методи та технології реалізовані у вигляді геопросторового Web-сервісу LandViewer, що ґрунтується на моделі обслуговування PaaS. Web-сервіс розгорнутий в різних геолокаціях для забезпечення максимальної швидкості передачі даних та відмовостійкості.

Практичне значення результатів підтверджується також впровадженням в ТОВ «ЕОС ДАТА АНАЛІТИКС УКРАЇНА» (м. Дніпро); Дніпропетровській філії національного центру управління та випробувань космічних засобів «Дніпрокосмос» Державного Космічного Агентства України.

Рекомендації щодо впровадження результатів дисертації. На мій погляд, коло практичних застосувань результатів роботи не обмежується розглянутими у ній впровадженнями. Основні результати дисертації В.В. Васильєва можуть бути використані в науково-дослідних установах, тематика яких пов'язана з автоматизованою обробкою, інтерпретацією та візуалізацією цифрових зображень в інтересах низки предметних галузей – дистанційних дослідженнях природних ресурсів та навколишнього середовища з рухомих носіїв, зокрема безпілотних літальних апаратів, технічній діагностиці та ін.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота відповідає Закону України № 439-VII від 05.09.2013 р. «Про затвердження Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2017 роки», виконувалась на кафедрі комп'ютерних наук та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара відповідно до наукового напрямку «Методи та інформаційні технології цифрової обробки багатоканальних даних» (Держбюджетна НДР

0116U001297). Інформаційна технологія хмарної обробки багатовимірних аерокосмічних зображень використовувалась у міжнародному проекті програми ЄБРР «Підтримка прозорого землекористування в Україні» («Supporting Transparent Land Governance in Ukraine») (2018-2019 р).

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Дисертація являє собою завершену наукову працю, виконану на високому науковому рівні. Робота добре оформлена та ілюстрована, відзначається точними формулюваннями. Для дисертації характерний тісний логічний зв'язок окремих питань дослідження, що дозволяє трактувати результати роботи як цілісну методологію підвищення ефективності обробки та аналізу та супутникових даних шляхом розробки нової хмарної інформаційної технології попередньої та тематичної обробки даних ДЗЗ, що надає користувачеві можливість скоротити витрати в порівнянні з утриманням власної розвиненої ІТ-структури.

Кількість і рівень публікацій за темою дисертації відповідають вимогам Департаменту атестації кадрів та ліцензування України. Основні положення і результати дисертації відображені у 30 наукових роботах, з яких 14 – входять до наукометричної бази Scopus. Серед 9 статей, що опубліковані в журналах та збірниках наукових праць, 6 входять у перелік фахових видань, які рекомендовано Міністерством освіти і науки України. Автор має 19 доповідей на науково-практичних конференціях.

Автореферат із достатньою повнотою розкриває зміст дисертації.

Зауваження по роботі. Незважаючи на актуальність обраної теми, глибоке дослідження поставлених задач, дисертаційна робота не позбавлена деяких недоліків:

1. Хоча, безумовно, одним з основних теоретичних результатів роботи є метод підвищення інформативності первинних супутникових даних за рахунок субпіксельного злиття багатоканальних зображень, але чіткого визначення граничних умов та обмежень його застосування в дисертації немає. Побажанням до автора є подалі визначити кількісні оцінки застосовності запропонованих методів, наприклад, відносно відстаней зйомки, де вони мають значно менші значення (наприклад, для зображень аерозйомки)

2. В роботі не приділено належної уваги дослідженню залежності втрати радіометричної інформації в результаті злиття зображень різних видів зйомки від застосування відповідних алгоритмів, запропонованих у роботі, наприклад, при обробці цифрових даних стереозйомки.

3. Як відомо, у хмарних середовищах окремою проблемою є абсолютний масштаб хмарного комп'ютингу, оскільки, наприклад, сучасні SQL-орієнтовані системи баз даних не можуть масштабуватись на тисячі вузлів при розміщенні в хмарному контексті. Але ці питання залишені автором поза увагою.

4. Поза увагою залишені питання числової стійкості розроблених автором алгоритмів при їхній обчислювальній реалізації.

5. У ряді місць дисертація обтяжена матеріалами, які, не мають безпосереднього відношення до розкриття суті дисертаційного дослідження. Зокрема, у п. 1.2 наведені відомості про просторово-часові характеристики даних супутникового моніторингу посух; у п. 1.3 представлені дані стосовно існуючих програмних засобів оброблення видових даних дистанційного зондування, які надалі безпосередньо не використані у матеріалах дисертації.

6. В тексті дисертації зустрічаються друкарські помилки та стилістичні вади.

Однак, наведені зауваження мають окремий, а інколи й дискусійний характер, не знижують високий науковий рівень дисертаційної роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок про відповідність дисертації вимогам Департаменту атестації кадрів та ліцензування України. Розглянувши дисертаційну роботу Васильєва Володимира Володимировича «Розробка інформаційних систем хмарної обробки багатовимірних геопросторових даних», автореферат, опубліковані наукові праці та додаткові матеріали, можна зробити такі висновки:

- дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.07.12 — Дистанційні аерокосмічні дослідження;
- тематична спрямованість роботи є актуальною, суспільно корисною й перспективною у плані продовження розпочатих досліджень;
- дисертація є цілісною, завершеною, оригінальною, самостійною кваліфікаційною науковою працею.

Вважаю, що за актуальністю та змістом, характером фактичного матеріалу, ступенем його якісного і кількісного аналізу, рівнем новизни, теоретичної і практичної значущості результатів дослідження для науки і практики, загальним обсягом і якістю оформлення, реалізацією поставлених завдань, обґрунтованістю висновків та повнотою викладу одержаних результатів у публікаціях, дисертація В.В. Васильєва «Розробка інформаційних систем хмарної обробки багатовимірних геопросторових даних», відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого

Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. та № 1159 від 30.12.2015 р., які висуваються до кандидатських дисертацій, а Васильєв Володимир Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.07.12 — Дистанційні аерокосмічні дослідження.

Офіційний опонент

професор кафедри геоінформаційних технологій
та космічного моніторингу Землі
Національного аерокосмічного університету
ім. М.Е. Жуковського «ХАІ», м. Харків
доктор технічних наук, професор

О. С. Бутенко

