

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Шедловської Яни Ігорівни
«Дешифрування та аналіз багатовимірних фотограмметричних зображень
високої просторової розрізненості»,
поданої до спеціалізованої вченої ради на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.01.01 – Прикладна геометрія, інженерна графіка

Актуальність теми дослідження.

На теперішній час обробка даних дистанційного зондування є актуальною проблемою. За допомогою аерокосмічних систем дистанційного зондування можливо отримувати багатовимірні фотограмметричні зображення земної поверхні. Характеристики та просторова розрізненість зображень постійно вдосконалюються. Поява багатовимірних фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості викликала необхідність у засобах ефективної обробки для своєчасного вилучення з даних корисної інформації. До важливих сфер людської діяльності, у яких застосовуються багатовимірні фотограмметричні зображення можна віднести наступні: лісове господарство, картографування, кадастрові записи про земельні ділянки, задачі гідрології, знаходження стихійних звалищ, тощо. При вирішенні зазначених задач треба оперувати точними та достовірними даними, тому на попередньому етапі роботи з аерокосмічними знімками необхідно виконувати ряд дій з попередньої обробки зображень, таких як геометрична корекція, методи підвищення інформативності вхідного зображення, підвищення якості зображень шляхом компенсації тіней. Особливо важливою проблемою є дешифрування та аналіз аерокосмічних знімків. Дешифрування включає у себе такі задачі як класифікація аерокосмічних знімків, ідентифікація різних типів об'єктів земної поверхні, пошук об'єктів певного типу. Але існуючі методи не забезпечують у повній мірі вирішення актуальних задач попередньої обробки та дешифрування багатовимірних зображень високої просторової розрізненості. Виникає потреба у підвищенні ефективності методів тематичної та попередньої обробки багатоканальних знімків з метою зробити їх більш придатними для розпізнавання різних типів об'єктів. Все це вимагає вдосконалення існуючих методів та розробки нових технологій попередньої обробки, дешифрування та аналізу аерокосмічних даних, тому актуальність теми дослідження Я.І. Шедловської не викликає сумнівів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та Рекомендацій.

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими і достовірними, оскільки вони базуються на загальнонаукових, фундаментальних положеннях сучасної науки, результатах наукових досліджень вітчизняних та закордонних вчених з геометричного моделювання та багатовимірної геометрії з використанням сучасних уявлень про фізичні механізми формування сканерних зображень високого просторового розрізнення. Інформаційною базою роботи стали 120 літературних джерел, які включають праці провідних науковців з досліджуваної проблематики. Вірогідність та обґрунтованість результатів дисертаційного дослідження підтверджується відомими методами до оцінки результатів обробки багатовимірних фотограмметричних зображень; комп'ютерною реалізацією розроблених технологій дешифрування та попередньої обробки багатовимірних цифрових зображень, які у сукупності утворюють цілісний програмний комплекс; впровадженнями результатів роботи; достатньою кількістю публікацій у виданнях, що входять до переліку фахових видань з технічних наук в Україні і за кордоном; апробацією результатів на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Структура, обсяг роботи.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 120 найменувань на 17 сторінках, трьох додатків на 20 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 180 сторінок, обсяг основної частини – 130 сторінок. Робота проілюстрована 58 рисунками та містить 11 таблиць.

Характеристика роботи, новизна розроблених наукових положень.

Вступ. Автором подано обґрунтування актуальності теми дисертаційного дослідження, вказано на зв'язок роботи з науковими програмами та темами, визначено об'єкт, предмет, мету і завдання роботи, 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 та особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячено огляду сучасного стану розвитку методів та технологій попередньої обробки, аналізу та дешифрування багатовимірних аерокосмічних зображень високої просторової розрізненості. Враховуючи недоліки існуючих методів, здобувачем обґрунтовано необхідність розробки

нових технологій та вдосконалення існуючих методів дешифрування, попередньої обробки та аналізу аерокосмічних зображень.

У другому розділі здобувачем розроблено технологію дешифрування багатовимірних аерокосмічних зображень на основі об'єктно-орієнтованого підходу, який дозволяє отримати класифіковане зображення земної поверхні, що дозволяє проводити аналіз та ідентифікацію окремих об'єктів земної поверхні, за допомогою розрахунку їх властивостей. Запропоновано геометричні, просторові, спектральні, текстурні та статичні властивості для ідентифікації різних типів об'єктів земної поверхні. У розділі досліджено ефективність методів сегментації цифрових зображень: методу зсуву середнього, методу на основі кластеризації К-середніх та методу багатомасштабної сегментації. За допомогою цих методів автором оброблено декілька фрагментів багатоканальних зображень, отриманих супутниками WorldView-2 та WorldView-3. Результати сегментації покращено за допомогою процедури злиття сегментів малого розміру з сусідніми сегментами. Це допомогло зменшити кількість отриманих сегментів та зробити результат сегментації більш зручним для подальшого аналізу. У результаті порівняльного аналізу автором зроблено висновок, що при дешифруванні багатовимірних супутникових зображень високої просторової розрізненості найбільш ефективним є метод багатомасштабної сегментації. Для класифікації супутникових знімків Я.І. Шедловською було розроблено систему нечіткого логічного виведення, яка на основі розрахованих властивостей сегментів зображення відносила їх до одного з класів. Перевагою розробленого методу є багатоетапна структура системи прийняття рішень щодо класу сегментів. У результаті класифікації на оброблюваних фрагментах супутникових знімків були ідентифіковані наступні класи: будівлі, дороги, дерева, трава, ґрунт, вода, тіні. Для оцінки результатів роботи розробленої технології, для класифікованих зображень розраховано загальну точність O^f та Каппа-індекс. Найкращі результати отримано при використанні на етапі сегментації методу багатомасштабної сегментації при значеннях параметру $h=[40..60]$.

У третьому розділі автором розроблено технологію ідентифікації та компенсації тіней на фотограмметричних зображеннях високої просторової розрізненості, зокрема отриманих супутниками WorldView-2 та WorldView-3. Досліджено різні відомі способи ідентифікації тіні, що базуються на розрахунку наступних індексів та компонент зображення у інваріантних кольорових просторах: I, NSVDI, SDI, SDI_2 , $r(x)$, $r_2(x)$, V. Для визначення, які пікселі зображення відносяться до тіні, виконується бінаризація перерахованих

індексів та компонент за пороговим значенням. Для автоматичного знаходження порогу бінаризації використовується метод Оцу. Для того, щоб з'ясувати, який з методів ідентифікації тіні найкраще підходить для багатовимірних фотограмметричних зображень, здобувачем розраховано оцінки точності ідентифікації тіні за допомогою індексів та компонент зображення. Після розрахунку оцінок точності було визначено, що для поставленої задачі найбільш підходить індекс ідентифікації тіні NSVDI.

З прикладних результатів розділу слід також відмітити розроблений здобувачем метод компенсації тіні, оснований на моделі утворення тіні, яка базується на фізичних принципах розповсюдження сонячного випромінювання. Розроблена реалізація методу успішно застосована до знімків, отриманих супутниками WorldView-2 та WorldView-3. Досліджено також властивості тіні у інваріантному кольоровому просторі HSV. На основі дослідження автором зроблено висновок, що для пошуку тінювих та освітлених ділянок земної поверхні, що відносяться до одного типу, найкраще підходять компоненти зображення H та S у кольоровому просторі HSV. Покращено метод компенсації тіні. На основі дослідження властивостей тіней у метод впроваджено пошук ділянок, що належать до одного типу поверхонь.

На базі досліджених методів ідентифікації тіней Я.І. Шедловською створено технологію ідентифікації та компенсації тіні. Комп'ютерна реалізація технології може бути успішно застосована для прикладних задач з обробки фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості.

Четвертий розділ роботи присвячено дослідженню процесів формування фотограмметричних зображень, отриманих поздовжнім ПЗЗ-сканером. Визначено, як фізичні процеси, що виникають при формуванні зображень, впливають на тип геометричних викривлень. Автором реалізовано метод геометричної корекції аерокосмічних знімків на основі НКТ та лінійних елементів зображення. Для автоматизованого виділення лінійних елементів застосовано розроблену у дисертаційній роботі технологію дешифрування багатоспектральних фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості. У результаті класифікації аерокосмічного зображення, на якому присутні кутові викривлення, та еталонного аерокосмічного зображення отримані сегменти, що відповідають лінійним елементам. Після автоматичної ідентифікації лінійних об'єктів на некоректованому та еталонному зображеннях було успішно реалізовано та застосовано метод геометричної корекції, оснований на масштабуванні та зсуві сканованих ліній.

У додатках представлено список опублікованих праць автора за темою роботи, документи впровадження результатів дисертації та фрагменти коду програмної реалізації розроблених технологій.

Наукова цінність роботи.

У дисертаційній роботі Я. І. Шедловською розв'язана важлива науково-прикладна задача підвищення ефективності методів попередньої обробки, аналізу та дешифрування багатовимірних фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості, зокрема даних дистанційного зондування Землі. Виконані дослідження дозволили отримати такі основні наукові результати:

- розроблено нову технологію дешифрування супутникових зображень високої просторової розрізненості на основі об'єктно-орієнтованого підходу, який дозволяє отримати класифіковане зображення земної поверхні та виділити на ній різні типи об'єктів;
- запропоновано та обґрунтовано підхід до вибору методу сегментації для обробки аерокосмічних зображень високої просторової розрізненості, що дозволило підвищити достовірність подальшого розпізнавання об'єктів земної поверхні;
- розроблено нову технологію ідентифікації та компенсації тіней, яка базується на фізичних принципах виникнення тіні на фотограмметричних зображеннях, що дозволяє якісно компенсувати тіньові ділянки та підвищити достовірність подальшого розпізнавання об'єктів земної поверхні.
- вдосконалено метод компенсації тіней та метод ідентифікації тіней шляхом автоматизації вибору оптимального порогу бінаризації, що дозволяє аналізувати різночасові зображення, отримані за різних умов зйомки (освітлення);
- вдосконалено метод геометричної корекції фотограмметричних сканерних зображень на основі проєктивного й афінного подання складних законів обробки з автоматизацією виділення лінійних об'єктів;
- вдосконалено процес сегментації супутникових знімків шляхом застосування процедури покращення результатів сегментації, що дозволяє запобігти надмірної сегментації та мінімізувати кількість розривів границь сегментів;
- набули подальшого розвитку метод компенсації тіней шляхом пошуку ділянок, що відносяться до одного типу поверхонь, підхід до аналізу супутникових знімків на основі розрахунку властивостей об'єктів, спосіб виділення лінійних елементів при геометричній корекції аерокосмічних зображень, отриманих поздовжніми ПЗЗ-сканерами.

Прикладна цінність.

Практична значущість результатів, одержаних автором, визначається суттєвим підвищенням швидкодії та точності обробки цифрових супутникових зображень, теоретичною базою якого є методи геометричної корекції, класифікації, ідентифікації об'єктів. Запропоновані технології забезпечують економію обчислювальних ресурсів, потрібних для дешифрування багатовимірних фотограмметричних зображень; підвищення точності та достовірності прийняття рішень про ідентифікацію тінювих ділянок з можливістю їх контролю та пов'язаною з цим оптимізацією обсягів обчислювальних ресурсів; економію матеріальних і трудових ресурсів при експлуатації розроблених програмних модулів. Практичне значення дисертації підтверджується впровадженнями результатів роботи у практику робіт ТОВ «ЕОС ДАТА АНАЛІТИКС УКРАЇНА» (м. Дніпро) та «Дніпрокосмос» філії Національного центру управління та випробувань космічних засобів ДКАУ при обробці багатоспектральних супутникових зображень високої просторової розрізненості, зокрема одержаних з космічних апаратів «Worldview».

Рекомендації щодо впровадження результатів.

Вважаю що, коло практичних застосувань результатів роботи не обмежується розглянутими у ній впровадженням. Основні результати дисертації Шедловської Я. І. можуть бути використані в науково-дослідних установах, тематика яких пов'язана з автоматизованою обробкою, дешифруванням, інтерпретацією та візуалізацією цифрових зображень в інтересах низки предметних галузей – дистанційних дослідженнях природних ресурсів, моніторингу навколишнього середовища з рухомих носіїв, зокрема безпілотних літальних апаратів, виявлення змін міської інфраструктури та ін.

Розроблене математичне, інформаційне та програмне забезпечення у потрібних модифікаціях можна використати у інформаційних системах хмарної обробки геопросторових даних. Щодо додаткового використання результатів дисертаційного дослідження Я.І. Шедловської, вважаю, що їх варто впровадити в навчальний процес за відповідними спеціальностями.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Тема дисертаційної роботи повністю відповідає науковим напрямкам, які виконуються в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара з моделювання процесів формоутворення, ідентифікації та аналізу зображень проєкційної природи. Робота виконана у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара в межах НДР 0116U001297 «Методи та інформаційні технології цифрової обробки багатоканальних даних» (2016–

2018р.) і НДР №0119U101205 «Алгоритмічне та програмне забезпечення інформаційних технологій» (2019–2021 рр.).

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Я.І. Шедловської є завершеним науковим дослідженням, виконаним на високому науковому рівні. Робота добре оформлена та ілюстрована, відзначається точними формулюваннями. Дисертацію написано грамотно, з використанням сучасної бібліографії та наукової термінології. Зміст та результати досліджень викладено лаконічно та аргументовано. Суть дисертації відбиває етапи дослідження – від аналізу існуючих методів до розробки нових технологій та практичного розв'язання задачі з наступним проведенням комп'ютерних експериментів. Дисертація містить нові науково обґрунтовані результати, одержані особисто автором, і являє собою завершене дослідження, виконане на високому науковому рівні.

Кількість і рівень публікацій за темою дисертації відповідають вимогам Департаменту атестації кадрів та ліцензування України. Усі основні наукові положення та результати, що подано до захисту, опубліковані у необхідному обсязі у фахових виданнях та пройшли апробацію. За темою дисертації опубліковано 22 наукові праці: 7 праць у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних (у тому числі 6 праць входять до бази SCOPUS), 5 статей у наукових фахових виданнях України, одна стаття у закордонному періодичному виданні, а також опубліковано 10 тез доповідей на 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. У першому розділі автор повинен був би аналітично окреслити сучасний стан завдань обробки багатовимірних фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості не взагалі, а з урахуванням мети і завдань власного дисертаційного дослідження. Вказані напрями огляду стану висвітлені недостатньо повно і аргументовано. Зокрема, не розглянуто існуючі технології дешифрування, що базуються на об'єктно-орієнтованому підході та їх недоліки.

2. У ряді місць дисертація переобтяжена матеріалами, які, слід було скоротити або винести у додатки. Зокрема, у п. 1.1 та 1.4 наведено таблиці з характеристиками сучасних супутників, що містять загальну інформацію.

3. У підрозділі 2.6 не достатньо детально описано модель класифікації зображень, що базується на системах нечіткого логічного виведення. Слід було

б докладніше описати функції належності лінгвістичних змінних для кожного етапу класифікації.

4. У підрозділі 3.6 при дослідженні властивостей тінювих та відповідних нетінювих ділянок зображень автором використовується кольорова модель HSV. Автором не обґрунтовано вибір зазначеної моделі та не проведено дослідження тіні у інших кольорових моделях, наприклад: RGB, HSI, YIQ.

5. Розроблена автором технологія компенсації тіні показала високу ефективність за розрахованими оцінками якості зображень. Але у роботі не було показано, наскільки ефективною буде ідентифікація об'єктів та класифікація зображення в цілому після застосування до зображення розробленої технології компенсації тіней.

6. Неясний вплив запропонованого автором в четвертому розділі методу геометричної корекції цифрових сканерних зображень на географічну прив'язку відкоригованого зображення у випадку, якщо такими були первинні видові дані.

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

Однак перераховані вище недоліки не змінюють загальної позитивної оцінки всієї роботи, яка виконана на високому науковому рівні і має практичну цінність.

Висновок про відповідність дисертації вимогам Департаменту атестації кадрів та ліцензування України.

Дисертаційна робота Шедловської Яни Ігорівни «Дешифрування та аналіз багатовимірних фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності забезпечують вирішення важливої науково-прикладної задачі підвищення рівня автоматизації, точності та швидкодії попередньої обробки, аналізу та дешифрування багатоканальних фотограмметричних зображень високої просторової розрізненості, що враховують принципи формування знімків та їх характеристики. Тематична спрямованість роботи є актуальною, суспільно корисною й перспективною у плані продовження розпочатих досліджень.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.01.01 — «Прикладна геометрія, інженерна графіка», зокрема пунктам:

- теорія зображень і практичні методи її реалізації;
- багатовимірна прикладна геометрія як метод геометричного моделювання багатопараметричних процесів та явищ;

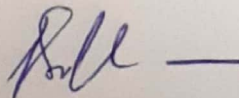
- розроблення технології та методів комп'ютерної графіки;
- розроблення алгоритмів і методів візуалізації двомірних і тривимірних комп'ютерних моделей;
- розроблення інструментальних засобів для створення та підтримки систем комп'ютерної графіки;
- розроблення алгоритмів і методів візуалізації двомірних і тривимірних комп'ютерних моделей.

Дисертаційна робота оформлена у відповідності з вимогами до кандидатських дисертацій. Автореферат та опубліковані роботи здобувача за темою дисертації з достатньою повнотою розкривають її зміст.

Вважаю, що за актуальністю теми, науковою новизною, ступенем обґрунтованості наукових результатів, практичною цінністю, повнотою викладення матеріалу у працях здобувача, оформленням дисертаційна робота Я.І. Шедловської «Дешифрування та аналіз багатовимірних фотографічних зображень високої просторової розрізненості», 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 Шедловська Яна Ігорівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.01 — Прикладна геометрія, інженерна графіка.

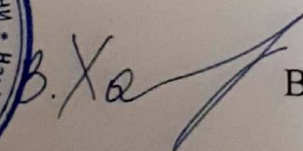
Офіційний опонент

декан фізико-математичного факультету
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ
доктор технічних наук, професор

 — Володимир ВАНІН

Вчений секретар
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ
кандидат технічних наук, доцент



 Валерія ХОЛЯВКО