

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри інформаційних управляючих систем
Харківського національного університету радіоелектроніки

Петрова Костянтина Едуардовича

на дисертаційну роботу Вакуліка Євгена Вікторовича

«Моделі та методи розроблення програмного забезпечення для високоточного
оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології

за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність та обґрунтування вибору теми дослідження

Масове використання методу комп'ютерної томографії (КТ) та інших технологій тривимірної візуалізації супроводжується збільшенням обсягів 3D-даних і зумовлює потребу в автоматизованій обробці та аналізі отриманих за допомогою їх результатів. Одним з важливих завдань аналізу зображень є високоточне оцінювання лінійних розмірів об'єктів довільної форми, що активно використовується в сферах: медичної діагностики, технічного контролю, дослідження культурної спадщини, геодезичних вимірювань тощо.

Точність оцінювання лінійних розмірів значною мірою залежить від якості вихідних зображень, коректності визначення меж об'єкта та особливостей його дискретного подання у воксельному просторі. Застосування відомих методів ускладнюється під час дослідження малорозмірних об'єктів, об'єктів складної форми та об'єктів із нечіткими межами, оскільки похибка, що пов'язана з дискретизацією, може становити істотну частину їх фактичного розміру.

У зв'язку з цим важливого значення набуває створення моделей і методів розробки програмних засобів, що забезпечують уточнення положення меж тривимірних об'єктів у міжвоксельному просторі, інтеграцію запропонованих

рішень із класичними методами оцінювання, а також підвищення інформативності вихідних зображень засобами градаційної корекції. Це дозволяє зменшити похибку вимірювання та підвищити достовірність результатів автоматизованого аналізу.

Зважаючи на вищевикладене, тема дисертаційного дослідження Вакуліка Євгена Вікторовича є актуальною, а розв'язання поставленого в ній наукового завдання має важливе теоретичне та практичне значення для подальшого розвитку моделей і методів розробки програмного забезпечення для обробки та аналізу тривимірних об'єктів.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та оформлення

Зміст дисертації структуровано відповідно до послідовності розв'язання поставлених наукових завдань. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і двох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 131 сторінку, з яких 104 сторінки основного тексту. Робота містить 8 рисунків, 4 таблиці, список використаних джерел із 104 найменувань на 12 сторінках та 2 додатки на 2 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, а також наведено відомості про їх апробацію й оприлюднення.

У першому розділі проведено аналіз сучасних моделей, методів і програмних засобів оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів. Визначено основні чинники виникнення похибок, що пов'язані з дискретним представленням об'єктів, складністю їхньої форми, нечіткістю меж та якістю вихідних зображень. За результатами аналізу сформульовано завдання дослідження.

У другому розділі розроблено масштабовану уніфіковану експоненційно-логарифмічну модель градаційної корекції зображень, що ґрунтується на локалізації їх інформативних діапазонів і застосуванні відповідної системи умов та обмежень. Наведено алгоритмічне забезпечення реалізації

запропонованої моделі та досліджено вплив її використання на якість і тривалість подальшого аналізу зображень.

У третьому розділі представлено модель і метод високоточного прогнозування лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми на основі тришарового розподілу градієнта щільності. Розглянуто спосіб уточнення положення меж об'єкта та можливості інтеграції запропонованих рішень із класичними підходами до оцінювання його лінійних розмірів.

У четвертому розділі наведено програмну реалізацію розроблених моделей і методів, описано організацію та результати експериментальних досліджень. Проведено порівняння отриманих результатів із результатами застосування відомих аналогів та підтверджено підвищення точності оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми завдяки використанню запропонованих в роботі моделей і методів.

Висновки дисертаційної роботи відповідають поставленим завданням, відображають основні наукові та практичні результати дослідження і підтверджуються наведеними теоретичними положеннями та результатами експериментів.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами), та «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконувалася в період з 2022 р. до 2026 р. відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри програмної інженерії (ПІ) Харківського національного університету радіоелектроніки.

Дисертаційне дослідження проведене в межах науково-дослідної роботи Харківського національного університету радіоелектроніки у рамках проєкту №

РН/36-2023 (додаткова угода від 27.03.2024 № 1/РН/36-2024) «Інтелектуальна інформаційно-аналітична система діагностики вогнепальних поранень на КТ» за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України, у якому здобувач брав участь як виконавець.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Вихідні положення дисертаційної роботи є коректними.

Наукові положення, висновки і рекомендації, представлені у дисертаційній роботі Вакуліка Євгена Вікторовича, характеризуються високим ступенем обґрунтованості та підтверджені результатами експериментальних досліджень. Вони ґрунтуються на системному підході до розроблення програмного забезпечення, коректністю застосування перевірених методів математичного моделювання, цифрового оброблення зображень, сегментації тривимірних даних, аналізу головних компонент і статистичного опрацювання результатів. У роботі простежується чітка відповідність між поставленою метою, сформульованими завданнями, застосованими методами дослідження та одержаними результатами.

Обґрунтованим є поєднання запропонованих моделі та методу високоточного прогнозування з класичними моделями і методами оцінювання лінійних розмірів. У результаті сформовано гібридні модель і метод, які враховують особливості форми, просторової орієнтації та розподілу щільності тривимірного об'єкта.

Достовірність одержаних результатів підтверджено експериментальними дослідженнями на томографічних даних біологічних об'єктів із тестовими включеннями різної форми та матеріалу.

Основні положення дисертації пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях.

Зважаючи на вищевикладене, наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в дисертації можна вважати належно обґрунтованими.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

Проведені здобувачем теоретичні та експериментальні дослідження дозволили вирішити актуальне науково-практичне завдання розробки моделей та методів для підвищення точності оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми.

Серед найсуттєвіших оригінальних наукових результатів, що отримані в дисертації, слід відзначити такі:

- уперше запропоновано модель і метод розроблення програмного забезпечення для високоточного прогнозування лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми, які ґрунтуються на розгляді тришарового розподілу градієнта щільності об'єкта, застосування яких дозволяє компенсувати втрати точності оцінювання, що пов'язані з дискретним поданням меж об'єктів у міжпіксельному просторі;

- отримали подальший розвиток модель і метод розроблення програмного забезпечення для високоточного оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми за рахунок інтеграції запропонованих моделі та методу високоточного прогнозування з класичними моделями і методами оцінювання, що дозволило створити нові гібридну модель і метод розроблення програмного забезпечення;

- отримала подальший розвиток модель розроблення програмного забезпечення для виконання градаційної корекції зображень за рахунок упровадження системи умов і обмежень, яка забезпечує підвищення якості зображень у їх інформативних діапазонах.

Основні наукові та практичні результати дослідження достатньо повно висвітлено у 9 наукових працях, у тому числі 3 статтях у фахових виданнях України (категорії «Б»), 3 статтях у вітчизняних наукових виданнях, що індексуються у НБД Scopus та Web of Science та 3 тезах доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

6. Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці

програмного забезпечення для автоматизації процесу обробки та аналізу зображень з метою підвищення точності і надійності вимірювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми.

Розроблені моделі та методи можуть бути адаптовані до вирішення широкого спектру прикладних задач, таких як, створення систем медичної діагностики для автоматизованого аналізу томографічних даних, технічного контролю та оцінки якості продукції, дослідження історичних знахідок, геодезичних вимірювань тощо.

Результати дисертаційної роботи використовуються в роботі Військово-медичного клінічного центру Північного регіону для інтерактивного аналізу та оцінки розміру осколків вогнепальних поранень на знімках КТ (акт впровадження від 23.05.2026 р.).

7. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача порушень принципів академічної доброчесності не виявлено. Використані положення, результати й матеріали інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями на джерела. Ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів дослідження не встановлено.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

1. У дисертаційній роботі запропоновано детермінований підхід до сегментації тривимірних об'єктів, уточнення їх меж та оцінювання лінійних розмірів. Водночас мало уваги приділено розгляду можливостей застосування методів штучного інтелекту, зокрема машинного навчання, для підвищення адаптивності окремих етапів обробки томографічних даних. Доцільним було б проаналізувати перспективи побудови гібридного підходу, який поєднував би запропоновані автором моделі та методи з інтелектуальними засобами аналізу тривимірних зображень.

2. У запропонованому методі використовується низка параметрів, зокрема порогових значень, які впливають на результати сегментації та подальшого оцінювання лінійних розмірів об'єктів. Разом із тим у роботі

недостатньо повно висвітлено питання автоматизованого вибору та адаптації цих параметрів залежно від характеристик досліджуваного об'єкта і вхідних томографічних даних. Реалізація відповідного інтелектуального механізму могла б зменшити залежність результатів від попереднього налаштування програмного забезпечення та розширити можливості його застосування.

3. Розроблене програмне забезпечення забезпечує кількісне оцінювання основного лінійного розміру досліджуваного об'єкта, проте в роботі не запропоновано окремого показника достовірності або рівня невизначеності отриманого результату. Наявність такого показника дозволила б автоматично виявляти випадки, у яких результати потребують додаткової перевірки фахівцем, а також розширила б можливості використання розробленого програмного забезпечення як складової частини систем підтримки прийняття рішень.

4. Доцільно було б сформулювати загальну постановку задачі дослідження у вигляді окремого пункту дисертації. Це б сприяло кращому сприйняттю роботи.

Наведені зауваження мають дискусійний характер і не позначаються на загальній позитивній оцінці дисертаційного дослідження та не зменшують відзначеної вище наукової і практичної цінності отриманих в ньому результатів.

9. Загальна оцінка роботи, її відповідність встановленим вимогам

Дисертаційна робота Вакуліка Євгена Вікторовича на тему «Моделі та методи розроблення програмного забезпечення для високоточного оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне науково-прикладне завдання розробки моделей та методів для підвищення точності оцінювання лінійних розмірів тривимірних об'єктів довільної форми.

Вважаю, що за актуальністю обраної теми, обсягом і рівнем теоретичних та експериментальних досліджень, достовірністю й обґрунтованістю висновків, науковою новизною та практичною цінністю дисертаційна робота повністю

відповідає вимогам Наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами згідно з Наказом № 759 від 31.05.2019 р.) та «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 № 44 від 12 січня 2022 р. (редакція від 01.01.2024 р.), а її автор, Вакулік Євген Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних
управляючих систем Харківського
національного університету
радіоелектроніки



Костянтин ПЕТРОВ