

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
КОНЯ ДАНИЛА ОЛЕКСІЙОВИЧА
**«Удосконалення методів геодезичних і картометричних обчислень у
геоінформаційному середовищі»,**
представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю
193 – Геодезія та землеустрій

Детальне вивчення дисертації КОНЯ Данила Олексійович «УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ І КАРТОМЕТРИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ», а також його наукових публікацій, дозволяє сформулювати результати щодо актуальності, наукового рівня, обґрунтованості наукових положень, наукової новизни, висновків і рекомендацій, практичного значення і загальної оцінки роботи.

Актуальність обраної теми здобувача

Актуальність теми дисертаційного дослідження обґрунтована тим, що числові методи геодезичних та картометричних обчислень є наближеними та не відповідають сучасному рівню розвитку комп'ютерних геоінформаційних технологій. Наближеність цих методів полягає у використанні, як правило, ряду Тейлора з обмеженою кількістю членів і без врахування кривизни Землі, тобто не застосовується референц-еліпсоїд як математична модель Землі. Здобувач підтвердив, що стандартні засоби інструментальних геоінформаційних систем використовують саме наближені числові методи.

Це проблемне питання впливає на отримані результати геоінформаційного аналізу та моделювання, їх точність та достовірність.

У зв'язку з цим тема дисертаційного дослідження КОНЯ Данила Олексійовича є безперечно, актуальною та своєчасною. Проведені дослідження дозволили .

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження

У дисертаційній роботі проаналізовані стандартні засоби геоінформаційних систем за допомогою розробленої методики проведення дослідження, коли технологія або метод обчислення невідомий, шляхом визначення еталонних і емпіричних значень та різниць між ними. Здобувач створив онтологічну модель геодезичних та картометричних обчислень, яка має такі логічні рівні, як рівень результатів вимірювання, рівень шкал вимірювань і рівень середовища

вимірювання, що дозволило дослідити модель геопросторового об'єкта та методи обчислення його метричних характеристик.

Обґрунтовано вибір математичних моделей Землі, які були досліджені у цій дисертаційній роботі, особливо референц-еліпсоїд. Доведено доцільність використання саме цієї математичної моделі Землі з урахування редукування об'єктів на її поверхню для визначення метричних властивостей з необхідною і достатньою точністю, без спотворень.

Проаналізувавши попередні дослідження автор визначив, що геодезичні і картометричні обчислення виконувались наближеними числовими методами з точністю від 0,1 до 0,001 м. І також зазначив, що ця мала величина була перешкодою для автоматизації процесу зведення і зшивання цифрових топографічних карт у геоінформаційному середовищі. Тому для уникнення цих топологічних неузгодженостей було запропоновано методику застосування строгих числових методів, які не мають обмеження у кількості членів ряду і виконуються безпосередньо на референц-еліпсоїді.

Автором дисертаційного дослідження запропонована також математична модель оцінки точності обчислень у середовищі ГІС, яка орієнтована вже на сучасний рівень геоінформаційних технологій.

Здобувач забезпечив належний рівень обґрунтованості запропонованих наукових положень на основі грамотного використання загальнонаукових та спеціальних методів, що дозволило досягти поставленої мети дослідження.

Достовірність основних положень

Достовірність основних положень, викладених у роботі, підтверджується наступним:

- висновками, отриманими автором при аналізі теоретичних робіт і практичних напрацювань за обраною тематикою;
- застосуванням у дослідженні загальних та спеціальних наукових методів:
- апробацією результатів досліджень у
- впровадженням у виробничі процеси

Отже, наведені аргументи свідчать про те, що основні положення дисертації достовірні й науково обґрунтовані. Також слід зазначити, що основні положення відповідають меті і завданням дослідження. Про високий рівень наукової підготовки здобувача свідчить ґрунтовність опрацювання зазначених положень.

Наукова новизна одержаних результатів

Вагомість наукової новизни підтверджують наступні одержані результати:

- розроблено методику проведення дослідження щодо можливостей стандартних засобів ГС у випадку, коли математичний апарат програмного забезпечення є невідомим або не достатньо описаним у програмній документації;
- підтверджено, що поширені сучасні геоінформаційні системи використовують Декартову систему координат або сферу для визначення метричних властивостей об'єктів, що не забезпечує необхідну точність для топографо-геодезичних, землевпорядних (кадастрових) та гідрографічних робіт;
- обґрунтовано доцільність використання строгих числових методів геодезичних і картометричних обчислень, і реалізовано методики їх застосування у геоінформаційному середовищі, що забезпечило підвищення точності цих обчислень у 1000 разів. Це також усунуло топологічну неузгодженість між номенклатурними рамками цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000, забезпечивши автоматичне зведення та зшивання об'єктів.

Практичне значення виконаних досліджень

Результати дисертаційного дослідження КОНЯ Данила Олексійовича можуть бути використані у задачах вищої геодезії та GNSS-технологіях, у виробництві топографо-геодезичних та картографічних матеріалів, створенні і веденні баз топографічних даних, систем топографічного і земельного моніторингу.

Запропоновані рішення здобувача можуть бути впроваджені в усіх державних кадастрах, у яких ведуться та використовуються метричні характеристики геопросторових об'єктів, оскільки точність таких даних буде наближеною до аналітичної.

До суттєвих практичних досягнень роботи належать:

- 1) створений реєстр геодезичних, картометричних та морфометричних обчислень відповідно до вимог стандарту ISO 19127:2019 Географічна інформація – Геодезичні коди і параметри; а також розроблені відповідні паспорти забезпечують реалізацію цих операцій та методів у будь-якій геоінформаційній системі;
- 2) розроблена функція визначення геодезичної площі з урахуванням редукування на референц-еліпсоїді за допомогою інтегрування по заданому контуру об'єкта методом Сімпсона дозволяє визначати геодезичну площу земельної ділянки без спотворень картографічних проєкцій, не залежно від відстані до осьового меридіана зони проєкції, масштабу картографічних матеріалів, розміру самої ділянки;
- 3) розроблена функція визначення довжини водотоку дозволяє за допомогою геодезичної лінії і відповідної математичної моделі визначати ці величини з

точністю 0,0005 мм на 1 м, на що впливає величина дискретизації та точність моделі геопросторового об'єкта.

Повнота викладу матеріалів в опублікованих працях

За темою дисертаційного дослідження здобувачем опубліковані 15 наукових публікацій: 6 із них – статті в наукових фахових виданнях України категорії «Б», 2 – в періодичному науковому виданні, проіндексованому в базі даних Scopus (Q1) та (Q4) та 7 тези доповідей міжнародних конференцій.

Кількість публікацій за темою є достатньою. Їхній зміст відповідає заявленим завданням, об'єкту і предмету дослідження. Якість і кількість публікацій повністю відповідає вимогам п.8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення

Представлена до розгляду дисертаційна робота складається з таких частин: анотації, вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел зі 181 найменуваннями і 7 додатками. Загальний обсяг роботи складає 279 сторінки, із яких 185 сторінок основного тексту, 81 рисуноків, 41 таблиць, перелік використаних джерел міститься на 24 сторінках, 7 додатки на 52 сторінках. У додатках наведено акти про впровадження результатів дисертаційного дослідження.

У вступі автором обґрунтована актуальність теми дослідження. Визначено мету дослідження, що відповідає обраній темі і яку розкрито в завданнях дослідження. Предмет дослідження узгоджено з назвою роботи та об'єктом дослідження. Визначено наукову новизну дослідження і його практичне значення. Відображено апробацію отриманих результатів.

У першому розділі «Аналіз існуючого стану та тенденцій застосування геодезичних і картометричних методів у геоінформаційному середовищі» здобувач чітко використав визначення термінів «числовий метод» та «аналітичний метод», надав визначення терміну «геодезичний метод» та «геоінформаційний метод». Було проаналізовано теоретична база щодо визначення метричних характеристик геопросторових об'єктів на математичних моделях Землі. Встановлено тенденцію збільшення досліджень щодо підвищення точності картометричних операцій у геоінформаційному середовищі.

Обґрунтовано потребу переходу від картометричних операцій, які мали достатньо обмежень та факторів, що впливали на їх точність виконання, до нового сучасного методу, точність якого вже не залежить від якості друкованих карт, масштабу та спотворень картографічними проєкціями.

Автор зауважив, що зазначені картометричні методи виконуються у середовищі ГІС без можливості задання точності у вхідних даних для визначення картометричних характеристик. На зміну цьому приходять строгі комп'ютерні методи, які дозволяють застосовувати з встановленою користувачем точністю, визначати метричні властивості об'єкта місцевості.

У другому розділі **«Розроблення методик застосування строгих числових методів у геоінформаційному середовищі»** здобувач обґрунтував використання розширеного біноміального ряду при розкладанні підінтегральних функцій картометричних і геодезичних обчислень, що забезпечує підвищення точність визначення метричних властивостей об'єктів з урахуванням кривизни Землі.

Здобувачем запропоновано методики застосування строгих математичних методів дозволяють виконувати відповідні геодезичні та картометричні обчислення з максимальною точністю із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Третій розділ **«Реалізація та експериментальна апробація строгих математичних методів у геоінформаційній системі»** включає практичну апробацію результатів досліджень та аналіз отриманих результатів експерименту. З використанням офіційних геопросторових даних Державного земельного кадастру, Державного водного кадастру, Державного кадастру природно-заповідного фонду проведено експериментальні апробації методик застосування строгих математичних методів картометричних і геодезичних обчислень, що продемонструвало збіжність та мінімальні середньоквадратичні похибки результатів дослідження, що підтвердило їх висковий рівень достовірності та точності.

Також автор дослідив певні залежності на основі отриманих результатів досліджень, з яких було сформовано відповідні висновки про дійсне підвищення точності строгих числових методів.

Позитивним є те, що реалізовані функції на основі методу Карнеу та методу Сімпсона забезпечують високу точність обчислень на референц-еліпсоїді і зводять середньоквадратичну похибку лише до похибки машинного обчислення та округлення.

Здобувач також окреслив перспективні дослідження щодо підвищення швидкодії запропонованих функцій, оскільки було встановлено, що не залежно від кількості точок у моделі обчислення виконувались від 30 секунд до 2 хвилин, що є допустимим.

Узагальнюючи оцінку представленої роботи, доцільно визначити основні здобутки:

- обґрунтовано застосування строгих числових методів та їх відповідні математичні моделі геодезичних та картометричних обчислень та деякі з них удосконалено та адаптовано для території України, що забезпечило підвищення точності результатів;
- реалізовано програмні функції координатних і картометричних операцій строгими числовими методами, які дозволяють визначати метричні властивості об'єктів з максимальною точністю;
- отримані результати досліджень були апробовані на основі офіційних геопросторових даних державних кадастрів та баз топографічних даних, що забезпечило їх безпосереднє впровадження у виробничий процес.

Є певні зауваження й пропозиції до змісту роботи:

Положення пункту 3 висновку до Розділу 2 слід віднести до Висновку Розділу 3. Для кращої реалізації та апробації удосконалених координатних операцій, а також вирішення головних геодезичних задач на надвисокі відстані на референц-еліпсоїді не були запропоновані еталонні значення, а саме довжини ліній на референц-еліпсоїді. Для оцінки достовірності результатів дослідження потрібна додаткова доказова база.

У Розділі 1 було визначено чіткий перелік геодезичних, картометричних та морфометричних операцій. Досліджено детально геодезичні та картометричні, а з морфометричних – лише деякі. Рекомендовано розглянути більш детально морфометричні, особливо визначення площ водозбору річок, оскільки ці задачі є актуальними також на сьогодні і мають безпосереднє практичне застосування.

У цьому розділі Рисунок 1.8 – Комбінована діаграма індексів строгості методів обчислення приведено трудомісткість методів обчислень. Незрозуміло на підставі яких даних трудомісткість графічних методів є тільки у три рази більша в порівнянні з комп'ютерними обчисленнями.

Автор на рисунках 1.13 та 1.14. приводить розподіл публікацій у базі даних Scopus за обраними тематичними напрямками в розрізі держав. Вартувало б проаналізувати приведену інформацію на цих рисунках, інакше незрозуміло навіщо вони приведені.

У розділі 2 у таблиці 2.3 приведено параметри перетворення координат. Однак для параметрів ITRF необхідно привести швидкості їх змін у часі відносно УСК

2000 та WGS. Крім цього у Додатку Е в обчисленнях ці параметри також відсутні. Для виконання перетворень координат між різними системами необхідно враховувати моделі руху тектонічних плит, зокрема модель ITRF 2014 <https://doi.org/10.1093/gji/ggx136>.

У Розділі 3 згадано про збіжність результатів дослідження, проте доцільно дослідити збіжність запропонованих методів, а саме перевірити критерій збіжності як порівняння результатів збіжності, який включає попередній і наступний члени ряду, різниця між якими не повинна перевищувати наперед задану величину збіжності. Тобто окремо розглянути питання збіжності числових рядів та визначення їх критеріїв, що дозволить обмежити кількість вимірювань та оперативної пам'яті для обчислення.

У таблиці 3.12 Перелік базових ліній від станції Сімеїз, АР Крим, Україна приведено довжини ліній між станціями VLBI з точністю менше 1.0 мм. Автор стверджує що ці дані запозичені з роботи [85], але стаття стосується зсувів у Закарпатській області і немає до цього ніякого відношення. У таблиці 3.13 Каталог просторових прямокутних координат інтерферометрів VLBI точність визначення координат є на рівні 2-3 мм. Тоді незрозуміло, як може бути відстань визначена з точністю менше 1 мм.

Запропоновані здобувачем функції бажано реалізувати мовою програмування Python, що дозволить створити відповідні додатки до геоінформаційних системах для більш зручного використання цих функцій.

У таблиці 3.14 Автор приводить Каталог геодезичних координат інтерферометрів VLBI з фантастичною точністю 10^{-15} долей градуса.

У роботі Автор постійно оперує точністю різних параметрів, яка є на кілька порядків вище за реально можливу з геодезичних вимірів. Точність аналітичних обчислень вартує обмежити реальною точністю геодезичних вимірів.

Зазначені зауваження й побажання не зменшують загальний високий науковий рівень представленої роботи. Дисертацію виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії»

Незважаючи на окремі дискусійні питання, дисертація **КОНЯ Данила Олексійовича** «Удосконалення методів геодезичних і картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі» повністю відповідає вимогам пунктів 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Дисертаційне

дослідження є його особистою роботою, а теоретичні й практичні результати дослідження вказують на суттєвий особистий внесок автора в українську науку.

Загальний висновок

Дисертація **КОНЯ Данила Олексійовича** «Удосконалення методів геодезичних і картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі» є завершеною науковою працею, яка містить суттєву наукову новизну та практичну цінність. Ця робота може вважатись вагомим внеском у розвиток геоінформаційного аналізу та моделювання.

Роботу представлено на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 – Геодезія та землеустрій; вона повністю відповідає «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 та напрямку освітньо-наукової програми КНУБА із зазначеної спеціальності, а її автор – **КІНЬ Данило Олексійович** заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 – Геодезія та землеустрій.

Офіційний опонент,
д-р техн. наук, професор,
директор
Інституту геодезії
Національного університету
«Львівська політехніка»

Третяк К. Р.

