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

Детальний аналіз дисертаційної роботи здобувача КОНЯ Данила Олексійович **«УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ І КАРТОМЕТРИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ»**, його наукових публікацій, дозволяє зробити висновки щодо актуальності, наукового рівня, обґрунтованості наукових положень, наукової новизни, висновків і рекомендацій, практичного значення і загальної оцінки роботи.

1. Актуальність теми

Актуальність теми дисертаційного дослідження обумовлена тим, що сучасний рівень розвитку комп'ютерних та геоінформаційних технологій забезпечує визначення метричних властивостей геопросторових моделей об'єктів місцевості з достатньою швидкістю, проте питання точності та достовірності отриманих значень координат, довжин та площ у різних геоінформаційних середовищах залишається відкритим та не вирішеним.

Це у свою чергу впливає на ефективне управління природними ресурсами, зокрема на якісне ведення державних кадастрів, наприклад Державного земельного кадастру, Державного водного кадастру та Державного лісового кадастру.

Досить актуальним проблемним питанням є визначення метричних властивостей об'єктів, які розташовані на двох і більше аркушів топографічних карт, оскільки ГІС дозволяє зменшити час опрацювання таких даних та створити геопросторові моделі відповідних об'єктів з необхідною та достатньою точністю, яка залежить від масштабу створення/оновлення топографічних карт (1:10 000 – 1:1 000 000) та розмірів об'єктів. Відповідно до чинних Основних положень створення та оновлення топографічних карт масштабу 1:10 000 необхідною та достатньою точністю є 0,1 м, зокрема обчислення кутів рамок трапецій з точністю 0,1 м задовольняло аналогові методи. Стандартні засоби ГІС використовують наближені числові методи для геодезичних і картометричних операцій з точністю 1 см, що не забезпечує

високоточне виконання обчислення, зокрема створення суцільних баз топографічних даних на великі території вимагає зшивання трапецій без накладань і розривів з точністю обчислення від 0,1 мм і вище.

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

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження

У дослідженні проаналізована ціла низка наукових праць із систематизованими висновками щодо останніх досліджень за темою дисертації, а також було сформовано 4 етапи розвитку геодезичних та картометричних методів, які характеризуються відповідними рівнями трудомісткості та точності обчислення: картометричні графічні та інструментальні методи (0,1 мм у масштабі будь-якого картографічного матеріалу, графічна точність масштабу); картометричні наближені числові математичні методи (до 0,01 м); стандартні методи інструментальних геоінформаційних систем (до 0,001 м); геоінформаційні строгі комп'ютерні методи (від 0,1 мм і вище).

Також здобувач зауважив, що існувала вимушена певна класифікація довжин ліній та площ об'єктів, яка полягала у поділі довжин відстаней за їх величинами для спрощення розв'язання головних геодезичних задач на площинні проєкції, сфери та референц-еліпсоїду. Відсутність комп'ютерних методів обумовлювало накладання обмежень на розкладання членів ряду Тейлора, що викликало необхідність у розроблені окремих алгоритмів для малих, середніх, великих та надвеликих відстаней. Це впливало на вибір того чи іншого методу обчислення та його точність. Різноманіття у відстанях, які необхідні для вирішення головних геодезичних задач, різні вимоги до їх точності не дозволяли рекомендувати єдиний метод та єдині формули. З розвитком комп'ютерних та геоінформаційних технологій математичні моделі обчислень, які використовують розкладання підінтегральних функцій, дозволяють перейти до строгих числових методів обчислень.

Автором дисертаційного дослідження запропоновані строгі числові методи геодезичних та картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі, а також методики застосування строгих числових методів координатних та картометричних операцій, які реалізовані були у програмних середовищах MATLAB та PostgreSQL/PostGIS. Апробація була виконана на основі даних Державного земельного кадастру, Державного водного кадастру та Державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду, а

також Бази топографічних даних «Основної державної топографічної карти масштабу 1:50 000».

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

3. Наукова новизна одержаних результатів

Вагому наукову новизну мають наступні одержані результати:

– зібрано та систематизовано з різних джерел, в тому числі нормативних документів різних сфер діяльностей, перелік геодезичних та картометричних операцій і сформовано єдиний реєстр – уніфіковані паспорти до операцій та методів відповідно до національних та міжнародних стандартів у сфері географічної інформації та геоматики, а саме сформований опис метаданих до кожної операції, що забезпечує розроблення геоінформаційних строгих комп'ютерних методів;

– розроблено методики застосування строгих числових методів геодезичних і картометричних обчислень з урахуванням редукування на референц-еліпсоїд;

– визначено фактори впливу на оцінку точності геодезичних, картометричних та морфометричних обчислень у геоінформаційному середовищі і створено математичну модель для проведення цієї оцінки.

4. 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 веденні Державного водного кадастру, обґрунтувавши числові методи визначення гідрографічних характеристик об'єктів гідрографії (водойм, водотоків, водозборів) з урахування редукування на референц-еліпсоїді у геоінформаційному середовищі;

– впровадженням у виробничі процеси створення суцільних та безшовних баз топографічних даних, ведення державних кадастрів,

адміністрування національного геопорталу Національної інфраструктури геопросторових даних та геопорталу Державної геодезичної мережі.

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.

5. Практичне значення одержаних результатів

Результати дисертаційного дослідження КОНЯ Данила Олексійовича можуть бути використані для якісного ведення державних кадастрів у державних електронних інформаційних системах, наприклад, земельного, містобудівного, водного, лісового, об'єктів природно-заповідного фонду тощо. Це підтверджується наведеними актами впровадження результатів дисертаційного дослідження у державному підприємстві «Науково-дослідному інституті геодезії і картографії» та ЦГО ім. Бориса Срезневського ДСНС України.

До суттєвих практичних досягнень роботи належать:

– розроблення функцій строгих числових методів геодезичних та картометричних обчислень безпосередньо на поверхні референц-еліпсоїду з будь-якою наперед заданою точністю, зокрема з точністю обчислення довжин геодезичних ліній до 0,0005 мм

– усунення топологічних неузгодженостей рамок аркушів топографічних карт масштабу 1:50000, створивши відповідну GRID-модель у Державній референцній геодезичній системі координат УСК-2000 на всю територію України;

– обґрунтування строгих числових методів для визначення гідрографічних характеристик об'єктів гідрографії з урахування редукування на референц-еліпсоїді у геоінформаційному середовищі.

6. 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 – у періодичному науковому виданні, проіндексованому в базі даних Scopus (Q1) та (Q4) та 7 тез 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».

7. 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 рисунків, 41 таблиць, перелік використаних джерел міститься на 24 сторінках, 7 додатки на 52 сторінках. Додатки А – В еталонні та емпіричні значення проведених експериментів; Додаток Г – різниці між емпіричними та еталонними моделями виконаних експериментів; Додаток Д – паспорти координатних та картометричних операцій і їх методів; Додаток Е – програмні коди функцій координатах та картометричних операцій, Додаток Ж – акти впровадження.

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.

Перший розділ «**Аналіз існуючого стану та тенденцій застосування геодезичних і картометричних методів у геоінформаційному середовищі**» включає огляд сучасних досліджень, пов'язаних з числовими методами геодезичних та картометричних обчислень. На підставі їхнього аналізу поставлені основні завдання подальших досліджень. Здобувачем систематизовано етапи розвитку координатних та картометричних операцій, визначені їх переваги й недоліки, зосередивши увагу на їх трудомісткості та точності.

На основі програмних документацій розробників сучасних геоінформаційних систем було розроблено методику дослідження картометричних операцій стандартними засобами ГІС та проведено відповідне дослідження. Ця методика полягає у визначенні еталонних значень

геодезичних та картометричних операцій у середовищі MATLAB Online на площині проєкції Гаусса-Крюгера, поверхні сфери та референц-еліпсоїду; виконанні геодезичних та картометричних обчислень у середовищі трьох поширених ГІС для отриманнях емпіричних даних; аналіз отриманих результатів експериментів, а саме порівняння еталонних та емпіричних значень виконаних експериментів.

Було підтверджено, що картометричні операції виконуються на Декартовій системі координат, бо значення різниць задовольняють допуски (до 0,001 м), проте картометричні операції не виконуються на площині в проєкції Гаусса-Крюгера, на поверхні еліпсоїда та сфери. Це пояснюється отриманими значеннями різниць величин спотворень експериментів: для довжин – 0,54 м і 1,72 м; для площ – 260,58 м^2 і 310,53 м^2.

Результати дослідження точності обчислення картометричних і геодезичних операцій свідчать, що ці методи є наближеними, тому це обґрунтовує необхідність переходу до застосування строгих числових методів. Мінімальні значення у програмному забезпеченні QGIS на сфері (7,02 м – 14,45 м) демонструють, що обчислення площі, дійсно, відбувається на сфері за методами, які вказані у керівництві користувача цієї ГІС.

За результатами виконаних експериментів було підтверджено, що стандартні засоби ГІС виконують геодезичні та картометричні обчислення наближеними числовими методами без врахування поверхні референц-еліпсоїду.

Також було виявлено та окремо досліджено феномен виникнення топологічних неузгодженостей рамок карт під час створення Основної державної топографічної карти, та запропоновано рішення для усунення цих неузгодженостей, оскільки вони впливають на автоматизацію процесу зведення і зшивання геопросторових моделей об'єктів місцевості у базі геопросторових даних.

Другий розділ «**Розроблення методик застосування строгих числових методів у геоінформаційному середовищі**» включає результати досліджень, проведених з метою обґрунтування використання строгих числових методів геодезичних та картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі. На початку здобувач сформував реєстр відповідних операцій та створив паспорти на ці операції та методи відповідно до вимог міжнародного та національного профілю стандартів у сфері географічної інформації/геоматики.

З використанням теорій вищої геодезії та вищої математики були проаналізовані математичні моделі координатних та картометричних операцій щодо можливості використання розширеного ряду Тейлора та біноміального

ряду Крюгера, який дозволяє усунути обмеження кількості членів ряду, що забезпечує підвищення точності обчислень.

Здобувач наголошує, що раніше без використання сучасних комп'ютерних та геоінформаційних технологій це проблемне питання практично неможливо було виконати.

Заслуговують на увагу запропоновані здобувачем методики застосування строгих числових методів геодезичних та картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі, які дозволяють визначати метричні властивості об'єктів не залежно від їх розмірів, спотворень картографічними проєкціями, масштабів карт.

Здобувачем також запропоновано і описано етапи перетворення плоских прямокутних координат проєкції Гаусса-Крюгера із однієї зони в іншу зону проєкції UTM з метою узгодження геопросторових даних зі стандартами Північноатлантичного альянсу.

Третій розділ «**Реалізація та експериментальна апробація строгих математичних методів у геоінформаційній системі**» включає практичну апробацію результатів досліджень та аналіз отриманих результатів експерименту.

Для кожної координатної та картометричної операції було виконано власну апробацію для подальшого порівняння отриманих результатів з теоретичними, а також з результатами інших методів для дослідження збіжності результатів та перевірки їх достовірності.

Обґрунтований загальний висновок щодо підвищення точності обчислювальних операцій з урахуванням кривизни Землі у геоінформаційному середовищі. Таким чином, за допомогою використання строгих числових методів, числові ряди яких максимально та доцільно розширені, і застосування математичної моделі референц-еліпсоїду у реалізованих функціях було досягнуто підвищення точності геодезичних та картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі.

8. **Узагальнюючи оцінку представленої роботи, доцільно визначити наступні здобутки:**

– обґрунтовані строгі числові методи 12 геодезичних та картометричних обчислень, які були реалізовані у програмних засобах MATLAB та PostgreSQL/PostGIS та мають уніфіковані паспорти, дозволяють реалізовувати їх у будь-якому геоінформаційному середовищі;

– розроблені методики застосування строгих числових методів геодезичних та картометричних обчислень забезпечили перехід від існуючих наближених числових методів з їх відповідною вимушеною класифікацією довжин ліній та площ об'єктів до строгих і визначати метричні властивості не залежно від їх розмірів;

– визначені фактори впливу на оцінку точності обчислень відповідають сучасному рівню розвитку геоінформаційних систем, сучасним методам збору геопросторових даних, та акцентовано увагу на величині дискретизації моделі об'єкта.

Зауваження й побажання

Доцільно зазначити певні зауваження та побажання:

1) У роботі не пояснено та не наведено практичних прикладів, де саме і для чого потрібна точність обчислення геодезичних і картометричних операцій, якої досяг здобувач, а саме 0,0005 мм для довжин геодезичних ліній.

2) У тексті роботи здобувач використовує терміни «операції», «обчислення», «методи». Пропозиція використовувати один термін у дисертації.

3) У роботі не вказано конкретно різниці між методами, які реалізовані у стандартних засобах розглянутих інструментальних геоінформаційних систем, і методами, які запропонував здобувач.

4) У дисертації не досліджено вплив рельєфу на визначення довжин та площ об'єктів, а саме застосування цифрової моделі рельєфу під час виконання геодезичних та картометричних обчислень.

5) У другому розділі здобувач розглянув та описав числові методи геодезичних та картометричних обчислень і вказав, що запропоновані рішення забезпечують перехід від існуючих наближених числових методів з їх відповідною класифікацією довжин і площ об'єктів, проте доцільно навести результати обчислень методами, які запропонував здобувач, і їх порівняння з класичними методами вищої геодезії для демонстрації дійсного підвищення точності обчислень.

6) У таблиці 3.2 наведено геодезичні та плоскі координати з 13 та 9 знаками після коми відповідно. У роботі не пояснено, з якою метою вказано таку кількість знаків.

7) У таблицях 3.15 не вказано, з якою точністю були визначені довжини базових ліній на референц-еліпсоїді. Слід зазначити, у таблиці 3.12 вказані довжини прямих, а не геодезичних ліній, тому їх як еталонні значення використовувати не доцільно.

8) У запропонованому здобувачем реєстрі геодезичних і картометричних обчислень не вказано інші важливі показники: затрати оперативної пам'яті, типи даних отриманих результатів, їх розрядність, швидкодія. Рекомендовано доповнити реєстр цими не менш важливими характеристиками для кожного наведено методу.

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

9. Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії».

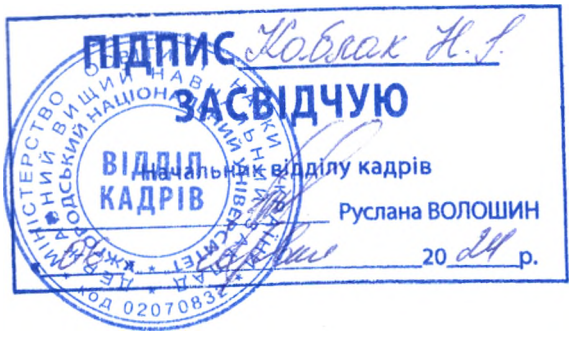
Незважаючи на окремі дискусійні питання, дисертація **КОНЯ Данила Олексійовича** «Удосконалення методів геодезичних і картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі» повністю відповідає вимогам пунктів 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової 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 топографо-геодезичної та картографічної діяльності, національної інфраструктури геопросторових даних, у тому числі у розвиток геоінформаційних систем та баз геопросторових даних.

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,
професор кафедри міського
будівництва і господарства
Ужгородського національного університету Н.І. Каблак