

68-72-117/2
11.11.16

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу Лопушанського Олександра
Миколайовича на тему: “Побудова моделей гравітаційного поля Землі за
супутниковими даними” представлену на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія,
фотограмметрія та картографія.

Актуальність теми дисертації

За останні роки набули інтенсивного розвитку фундаментальні й прикладні геодезичні та геофізичні дослідження Землі, пов'язані з вивченням її гравітаційного поля. Гравітаційне поле Землі стає все краще і краще вивченим. Рівень деталізації даної інформації весь час збільшується, тобто постійно збільшується роздільна здатність, з якою ми представляємо гравітаційне поле Землі. Більш того, накопичується не лише інформація певного типу, а постійно урізноманітнюються способи вимірювань тих чи інших величин, що зв'язані із гравітаційним полем Землі. Постає питання якісного використання всіх вимірів з максимальною ефективністю. Як відомо всі ці виміри можна представити як функції гравітаційного потенціалу, який у свою чергу представляється розкладом в ряд за сферичними гармоніками. Отже така велика кількість різнотипної інформації може бути використана для побудови моделі гравітаційного поля Землі у вигляді гармонічних коефіцієнтів. Однак виникає проблема опрацювання такої великої кількості інформації. Тому, потрібно застосувати певні математичні властивості такі, наприклад, як дискретна ортогональність сферичних функцій для розв'язання даної проблеми.

Для визначення розмірів Землі і детальних досліджень її фігури наука використовує два методи: геометричний - з використанням лінійних і кутових вимірювань та фізичний — шляхом вивчення гравітаційного поля Землі. Теоретично ці методи рівноправні, однак на практиці кожен з них має обмеження і не дає повного незалежного результату. Геометричний метод обмежений тим, що високоточні вимірювання можливі тільки на поверхні суші, а величезні простори океанів не задіяні.

У роботі використовуються дані супутникової градієнтометрії місії GOCE, яка забезпечила вимірами гравітаційних градієнтів майже всю поверхню нашої планети, окрім полярних шапок, що дало змогу покращити визначення довгих та середніх хвиль гравітаційного потенціалу Землі. Також використано дані супутникової альтиметрії, що дозволило отримати модель топографії моря в регіоні Чорного моря.

Таким чином вивчення гравітаційного поля Землі має велике значення при дослідженні фізичних явищ і при виконанні високоточних вимірів. Саме тому проблема, пов'язана з організацією широкомасштабних досліджень поля сили тяжіння Землі та побудови достовірних та високоточних моделей гравітаційного поля, особливо актуальна.

Отже, тематика дисертаційного дослідження Лопушанського О. М. є актуальною і має теоретичне і практичне значення.

Обґрунтованість та достовірність представлених у роботі висновків та рекомендацій підтверджується незалежною перевіркою запропонованої методики на масиві незалежних даних. При всіх дослідженнях застосовуються сучасні геодезичні методи. Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів підтверджена.

Наукова новизна одержаних результатів. Якість будь-якої моделі гравітаційного поля залежить від точності та кількості вхідних даних на основі, яких вона була побудована. З появою нових даних уточнюються і моделі гравітаційного поля Землі. В дисертаційній роботі виконана побудова моделей гравітаційного поля Землі за даними супутникової градієнтометрії. На наш погляд наукову новизну результатів досліджень можна коротко сформулювати такими пунктами:

- Розроблено методику побудови моделей за даними супутникової градієнтометрії, що базується на квадратурних формулах Гаусса-Лежандра.
- Побудовано модель гравітаційного поля GOCE-LP01s за даними супутникової градієнтометрії до 220 степеня/порядку відносно нормального поля WGS84 до 10 степеня.
- Побудовано модель гравітаційного поля GOCE-LP02s за даними супутникової градієнтометрії до 250 степеня/порядку відносно нормального поля GOCE-LP01s до 180 степеня.
- Побудовані поля Δg і висот N (з точністю ≤ 10 см) в межах апробації моделей GOCE-LP01s та GOCE-LP02s за даними супутникової альтиметрії для регіону Чорного моря.
- Побудовану модель GOCE-LP02s перевірено з даними GPS-нівелювання з стандартним відхиленням 40 см, що відповідає іншим сучасним розв'язкам, отриманими за даними GOCE.

Важливість для науки і практики результатів дисертації. Представлена в роботі методика дозволяє будувати моделі гравітаційного поля Землі високих порядків без використання обчислювальних кластерів, що дає змогу значно розширити сферу науковців, які зможуть займатись даними питаннями. Максимальна кількість даних для визначення гравітаційного поля Землі обмежена максимальною потужністю комп'ютерних ресурсів. Запропонований алгоритм дає змогу працювати з великою кількістю даних, не використовуючи «супер-комп'ютери», що дало змогу отримати моделі з високою роздільною здатністю.

Аналіз змісту дисертації

У **вступі** Лопушанським О. М. виділено об'єкт дослідження, обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані мета та задачі досліджень, викладені наукова новизна та практична значимість отриманих результатів, наведені дані про особистий внесок, публікації та апробацію наукових розробок.

У **першому розділі** наведено основні методи, що використовуються при моделюванні гравітаційного поля Землі. Описано історичний розвиток моделей геопотенціалу. Показано основні принципи визначення гармонічних коефіцієнтів,

що є одним із основних питань даної роботи. В кінці розділу зроблено висновки та поставлено основні задачі дисертаційного дослідження.

У **другому** розділі подано базові теоретичні відомості, на яких ґрунтуються подальші дисертаційні дослідження. Розглянуто загальні математичні положення, які використовуються при моделюванні гравітаційного поля. Описано апарат, за допомогою якого можна наглядно представляти побудовані моделі та детально їх оцінювати.

У **третьому** розділі автор представляє власні напрацювання та розробки, а саме використання другого методу Неймана для побудови моделей гравітаційного поля Землі за даними супутникової градієнтометрії. Описано вхідні дані та методи їх опрацювання.

У **четвертому** розділі описана апробація отриманих моделей шляхом побудови моделі топографії моря. Були залучені дані супутникової альтиметрії за період більше 20 років.

Рекомендації щодо подальшого використання результатів дисертації. Представлена методика оптимізації побудови моделей гравітаційного поля Землі має важливе практичне значення. Складені програмні пакети для розв'язку типових задач можуть бути використані в освітніх та науково-дослідних інституціях, які займаються подібною проблематикою.

По роботі зроблені такі зауваження:

Загалом дисертаційна робота здійснена на високому науково-теоретичному рівні. Проте, є декілька зауважень з метою подальшого удосконалення обумовленої проблематики:

- Не розкрито резонансні властивості динамічного методу космічної геодезії.
- В дисертаційній роботі трапляються речення в яких є неузгодженими закінчення слів.
- Деякі рисунки, наприклад рис. 1.8, 1.11 на стор. 41, 44 автор обрав з мережі Інтернет. Однак ніякого посилання при наведенні цих рисунків в тексті немає, що може бути розглянуто як порушення авторських прав.
- Таблиця 3.1 на стор. 84 без назви.
- На стор. 93 текстова частина займає лише половину аркуша, що не відповідає вимогам до оформлення дисертаційних робіт.
- В дисертаційній роботі є ряд формул, де автор не дає пояснення до елементів та індексів, що використовуються в цих виразах.

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях. Основні наукові і прикладні результати дисертації опубліковані у 8 роботах, серед яких 6 статей у наукових фахових виданнях, а 2 роботи – у збірниках наукових доповідей симпозіумів та конференцій. Зроблені в дисертації розробки пройшли апробацію на семінарах, конференціях та симпозіумах різного рівня і знайшли схвалення і підтримку.

Ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації. Представлені тексти дисертаційної роботи та автореферату мають ідентичний зміст.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Висловлені зауваження по роботі не зменшують загального позитивного враження від виконаних автором досліджень та дисертаційної роботи в цілому.

Дисертаційна робота Лопушанського О. М. є закінченою науковою роботою і відповідає паспорту спеціальності 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія. Матеріали дисертації достатньо повно викладені в опублікованих дисертантом працях, включаючи обов'язкові фахові видання. Вважаю, що дисертаційна робота Лопушанського Олександра Миколайовича відповідає вимогам ВАК України щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присвоєння йому вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія.

Офіційний опонент:

заступник директора

Науково-дослідного інституту геодезії
та картографії Державної служби
України з питань геодезії,
картографії та кадастру, м. Київ.



Підпис засвідчую:

Вчений секретар

Заєць І. М.

Скакодуб Л. О.