

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Лук'янченко Юрія Олександровича

**«Застосування супутникових та наземних даних для побудови моделей
гравітаційного поля Землі»,**

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 «Геодезія, фотограмметрія та картографія»

Детальний аналіз дисертації Лук'янченко Ю. О. «Застосування супутникових та наземних даних для побудови моделей гравітаційного поля Землі», дозволяє сформулювати наступні узагальнені висновки, щодо актуальності та ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність роботи. З кожним роком 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. Таким чином, на сьогоднішній день існують виміри за допомогою, яких можна обчислювати гравітаційний потенціал, а саме: наземні гравіметричні вимірювання, GNSS - нівелювання, вимірювання орбіт штучних супутників, супутникова градієнтометрія, альтиметричні виміри. Постає питання якісного використання цих 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.

Варто відзначити, що у роботі використовуються дані супутникової градієнтометрії 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. В той же час для визначення коротких хвиль необхідно використовувати інформацію отриману на поверхні Землі, наприклад аномалії сили тяжіння. Як наслідок всього вище сказаного, у світі весь час з'являються все нові та нові комбіновані моделі гравітаційного поля Землі.

Таким чином тематика дисертаційного дослідження Лук'янченко Ю. О. є актуальною і має теоретичне і практичне значення.

Обґрунтовуваність та достовірність представлених у роботі висновків та рекомендацій підтверджується незалежною перевіркою запропонованої методики на двох масивах 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. У роботі побудована комбінована модель, яка одночасно використовує два набори вхідних даних. Цими наборами є новітні дані супутникової градієнтометрії, отримані завдяки місії GOCE та сучасний набір аномалій сили тяжіння DTU 10, які дають змогу уточнювати попередні моделі гравітаційного поля Землі. Для сумісного опрацювання цих двох наборів даних в роботі пропонується антиподнорівномірна сітка, яка дає змогу використовувати дискретні ортогональні властивості сферичних функцій, що в свою чергу дозволяють розбити матрицю нормальних рівнянь на окремі частини. Це дає змогу незалежно визначити гармонічні коефіцієнти окремими групами, що значно пришвидшує процес обчислень.

В роботі побудовано комбінований розв'язок для моделі глобального гравітаційного поля Землі з використанням новітніх даних супутникової градієнтометрії та аномалій сили тяжіння.

Практичне значення одержаних результатів. З появою GNSS технологій процес визначення місцеположення постав у новому світлі. Класично, у багатьох країнах використовують систему нормальних або ортометричних висот, для визначення, яких переважно застосовувалось геометричне нівелювання. Однак при визначенні висот таким методом постійно була актуальна проблема важко доступності того чи іншого регіону або взагалі унеможливлення виконання геометричного нівелювання не на поверхні суходолу. В кінці XX століття з'явилися супутникові системи визначення місцеположення, що значно спростило процес вимірювань. Однак супутникові технології дають змогу визначати лише геодезичні висоти. Як відомо, для знаходження зв'язку між нормальними та геодезичними висотами необхідно знати поверхню квазігеоїда. Для побудови такої поверхні необхідно мати відомості про гравітаційне поле Землі, і саме тут у нагоді стає модель гравітаційного поля Землі. Однак сучасні моделі не можуть забезпечити необхідного рівня точності для визначення поверхні квазігеоїда, тому потребується постійно удосконалювати та збільшувати порядок існуючих моделей. Отже представлена методика оптимізації побудови моделей гравітаційного поля Землі має важливе практичне значення.

Більш того, 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.

В результаті дисертаційних досліджень була отримана модель LP-04C з

роздільною здатністю до 720 ступеня/порядку, яка може бути використана для побудови трансформант гравітаційного поля Землі в тому числі і поверхні квазігеоїда.

Повнота викладання наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях. Основні положення досліджень за темою дисертації опубліковані в 7 наукових працях, з них: 4 статті у фахових виданнях, одна стаття у виданні України, яке входить до міжнародної наукометричної бази, 2 статті у збірниках матеріалів конференцій.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України, щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення дослідження.

Аналіз змісту дисертації

Дисертаційна робота Ю. О. Лук'янченко складається із переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 112 сторінок, 37 рисунків, 4 таблиці, 4 блок-схеми, список використаних джерел містить 110 найменування.

У вступі Лук'янченком Ю. О. 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 підходи, 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. Описано вхідні дані та методи їх опрацювання. 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 дискретної ортогональності сферичних функцій та антиподно-рівномірної сітки при складанні та розв'язуванні нормальних рівнянь. Також надаються рекомендації, щодо редукування гравітаційних градієнтів на сферичну поверхню.

У четвертому розділі втілено практичну реалізацію розробленого алгоритму. В результаті всіх проведених обчислень, автором отримано комбіновані моделі гравітаційного поля Землі LP-04C 360 порядку/ступеня та LP-04C 720 порядку/ступеня. Також виконано перевірку на достовірність отриманих моделей шляхом їх порівняння із двома незалежними масивами даних.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження.

1. У дисертаційній роботі не проведено аналіз точності визначення гармонічних коефіцієнтів гравітаційного потенціалу в залежності від зміни елементів орбіти супутника.
2. Не враховано резонансні властивості орбітального методу космічної геодезії.
3. Не достатньо проведено аналіз елементів супутникової орбіти у зв'язку із приведенням гравітаційних градієнтів на сферичну поверхню.

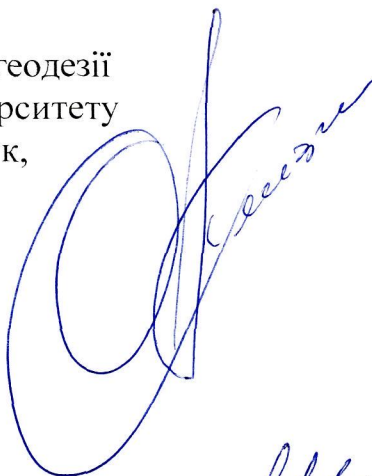
Загальна оцінка дисертаційної роботи :

Дисертаційна робота Ю. О. Лук'янченко є завершеною науковою працею, в роботі отримані нові науково-обґрунтовані результати, які є суттєвими для розвитку глобальних гравітаційних моделей, та дана методика може бути запропонована при уточненні квазігеоїда України.

Оформлення дисертації і автореферату в цілому, відповідає діючим нормативним документам.

Відповідно до «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, вірогідністю та обґрунтованістю висновків і рекомендацій відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, Лук'янченко Юрій Олександрович гідний присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія.

Офіційний опонент
завідувач кафедри аерокосмічної геодезії
Національного авіаційного університету
доктор фізико-математичних наук,
професор



О. О. Железняк

Професор кафедри аерокосмічної геодезії та методичної роботи



Т. В. Іванова