

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.**

Дисертаційна робота загальним обсягом 138 сторінок, складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел в кількості 103 найменувань публікацій. Робота виконана у НУ „Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України.

Актуальність теми обумовлена необхідністю розробки нових моделей гравітаційного поля Землі, які максимально використовують найновіші дані супутникових спостережень та характеризуються підвищеною точністю та детальністю у представленні сили тяжіння.

При цьому на передній план виходять питання розробки алгоритмів визначення гармонічних коефіцієнтів геопотенціалу для покращення низькочастотних та середньочастотних складових гравітаційного поля. Розв’язання цієї проблеми важливе не лише для вивчення фігури Землі, але і для вивчення розподілу густинних неоднорідностей у земній корі і верхній мантії, що являє значний інтерес для фундаментальної та розвідувальної геофізики.

Метою дослідження, як це сформульовано у вступі дисертації, є розроблення алгоритмів для побудови глобальних моделей гравітаційного поля Землі з використанням різних типів супутникових даних.

У **Вступі** дисертант обґрунтував актуальність теми дисертації, сформулював мету та основні задачі досліджень.

У **першому розділі** аналізуються сучасні методи вивчення гравітаційного поля Землі із застосуванням супутників, які літають на різних висотах, подається інформація про глобальні моделі гравітаційного поля, побудовані за даними супутників GOCE, GRACE, CHAMP. Особлива увага у цьому розділі приділена супутнику GOCE, дані якого автор використовує у своїй роботі. Дисертант детально описує основи методу аероградієхнометрії, методи обробки даних спостережень.

У **другому розділі** показано основні представлення гравітаційного

потенціалу, аномальний потенціал та основні геодезичні функціонали. Також розглянуто квадратурні формули та їх застосування на сфері. Описано квадратурні формули Driscoll-Healy, Gauss, O.Colombo та будову відповідних їм рівномірних сіток. На основі порівняльного аналізу квадратурних формул дисертант обґрунтовує переваги для подальшого застосування квадратурних формул Гаусса-Лежандра.

Третій розділ присвячений побудові моделей гравітаційного поля Землі за даними супутника GOCE. У розділі описано запропонований дисертантом алгоритм побудови моделі геопотенціалу за даними градієнтометра місії GOCE. При цьому в роботі було застосовано статистичний фільтр Кальмана для осереднення даних у просторі/часі і побудові регулярних сіток Гаусса-Лежандра для визначення гармонічних коефіцієнтів розкладу гравітаційного потенціалу з використанням чисельного інтегрування. Основний результат цього розділу – модель гравітаційного поля GOCE-LPO1s до 220 степеня а також модель GOCE-LPO 2s 250 степеня відносно нормального поля GOCE-LPO 1s до 180 степеня., виконано їх апробацію.

У **четвертому розділі** описані результати застосування побудованих моделей для визначення поверхні геоїда та поля δg на поверхні моря з використанням запропонованих дисертантом різних методичних прийомів і процедур обробки альтиметричних даних для обчислення висот рівня моря та побудовано поле δg для регіону Чорного моря. При цьому як базова використана модель GOCE-LPO 2s до 180 степеня.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується важливим доповненням відомих методів представлення гравітаційного потенціалу, використанням строгого аналітичного підходу до розв'язування поставлених задач і перевіркою окремих відомих теоретичних положень шляхом застосування більш загальних результатів автора. Достовірність отриманих результатів підтверджена практичною апробацією запропонованих методик для побудови моделей гравітаційного поля Землі.

Наукова новизна одержаних результатів. 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. Цінність даної роботи полягає в розробленій методиці, котра спрямована на зменшення часу опрацювання та зменшення необхідних комп'ютерних потужностей під час визначення гармонічних коефіцієнтів, отриманих із великої кількості даних. 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.

Рекомендації щодо подальшого використання результатів дисертації. 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:

1. На думку опонента, дисертаційна робота перевантажена описами методів аналізу гравітаційного поля, теоретичними положеннями теорії потенціалу, які є загальновідомими і описані у науковій літературі.
2. Із тексту дисертації не завжди зрозуміло, чи наведені математичні співвідношення належать дисертанту, чи запозичені у інших авторів. Вживання дієслова «отримаємо» часто вводить читача в оману, наприклад, на стор.57 дисертант пише: «отримаємо т.з. Ньютонівський потенціал»

формула (2.8), який можна знайти ще у роботах Гаусса. На стор. 69 читаємо: «отримаємо т.з. тензор Маруссі», формула (2.22), автор якого також давно відомий.

3. Невдалим на думку опонента є термін „видалення-відновлення”. Більш зрозумілим може бути розділення на складові (нормальне і аномальне поле, корисний сигнал і завади і т.п.)

4. На жаль, при оформленні дисертації автором допущені окремі недоліки: зустрічаються незавершені речення (ст.46), відсутній заголовок таблиці 3.1.

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:

директор Карпатського відділення
Інституту геофізики ім.С.І.Субботіна
НАН України,

доктор фіз.-мат. наук, професор



В.Ю.Максимчук
В.Ю.Максимчук