

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ГРАВІТАЦІЙНИХ АНОМАЛІЙ

Моделювання просторового розподілу гравітаційних аномалій передбачає урахування багатьох факторів, що впливають на точність результатів. Основними з них є методи інтерполяції, застосовувані для побудови регулярних сіток гравітаційних аномалій, а також розподіл і кількість пунктів спостережень. У роботі виконано порівняння точності різних методів інтерполяції гравітаційних аномалій на основі моделі WGM2012. Для аналізу використано дані гравітаційних аномалій, отримані із 200 ГНСС-станцій, розташованих на території України, та 355 тестових пунктів умовної гравіметричної мережі. Мета дослідження – оцінити точність методів інтерполяції, таких як Inverse Distance to a Power, Kriging, Minimum Curvature, Moving Average, Nearest Neighbor, Polynomial Regression та Radial Basis Function, для завдань моделювання просторового розподілу аномалій на прикладі даних моделі WGM2012. Аналіз виконано на основі розрахованих різниць між інтерпольованими та вихідними значеннями, з урахуванням графічних і статистичних даних. Отримані результати дали змогу класифікувати методи інтерполяції за точністю: 1) висока точність з рівномірним розподілом значень; 2) середня точність із помірним розподілом; 3) низька точність із великою амплітудою коливань. Дослідження показало, що обґрунтований вибір методу інтерполяції дає змогу істотно підвищити точність моделювання просторового розподілу гравітаційних аномалій і забезпечити якісні результати для розв'язання геофізичних задач.

Ключові слова: гравітаційні аномалії, інтерполяція, модель WGM2012, просторовий розподіл, точність, статистичні параметри.

Вступ

Сучасні геодезичні дослідження все частіше ґрунтуються на аналізі гравітаційних аномалій, які є важливим джерелом інформації про структуру земної кори та процеси, що відбуваються в її межах. Такі дані дадуть змогу оцінювати геологічні властивості регіонів, моделювати локальні відхилення гравітаційного поля та визначати висоти геоїда [Nabighian et al., 2005]. Для аналізу та інтерполяції таких даних широко використовують глобальні моделі гравітаційного поля Землі, зокрема EGM2008 [Pavlis et al., 2012], EIGEN-6C4 [Ch et al., 2014], GECO [Gilardoni et al., 2016], XGM2019e [Zingerle et al., 2020] і WGM2012 [Bonvalot et al., 2012]. Модель WGM2012 вирізняється високою роздільною здатністю та точністю, що забезпечує її ефективне застосування для аналізу гравітаційних аномалій у різних регіонах. Важливим аспектом є детальне вивчення цих аномалій для конкретних територій, ураховуючи специфіку місцевості.

Точність аналізу великою мірою залежить від підходів до інтерполяції даних. Різні методи інтерполяції, зокрема Inverse Distance to a Power, Kriging, Radial Basis Function тощо, забезпечують по-

будову регулярних сіток значень гравітаційних аномалій. Проте кожен із цих методів має певні переваги та недоліки, що визначаються географічними та геологічними умовами досліджуваної території [Cao et al., 2024; Sjöberg & Bagherbandi, 2017].

В історичному контексті методи інтерполяції гравітаційних аномалій часто ґрунтувалися на використанні аномалій Буге, які містять топографічні корекції [Sjöberg & Bagherbandi, 2017]. Такий підхід мав важливе значення для аналізу локальних особливостей гравітаційного поля, особливо в районах зі складним рельєфом, таких як гірські території. Проте сучасні дослідження дедалі частіше орієнтуються на застосування аномалій у вільному повітрі. Такого типу аномалії дають змогу точніше враховувати просторові зміни гравітаційного поля та забезпечують кращу сумісність із даними високоточних глобальних моделей. Застосування аномалій у вільному повітрі також усуває необхідність виконання додаткових корекційних обчислень, що знижує потенційні похибки та підвищує ефективність інтерполяції у регіональних дослідженнях.

Сучасне програмне забезпечення, таке як Surfer, дає змогу реалізовувати широкий спектр

методів інтерполяції. Однак точність отриманих результатів залежить від просторової конфігурації контрольних пунктів, топографічних особливостей місцевості та складності гравітаційного поля [Arseni et al., 2019]. Дослідження свідчать, що похибки інтерполяції в межах одного регіону можуть змінюватися від кількох до десятків мілігал, що істотно впливає на якість побудови моделей [Zahogec et al., 2021; Kay & Dimitrakopoulos, 2000].

Одним із важливих завдань є вибір оптимального методу інтерполяції для відновлення гравітаційних аномалій із максимальною точністю. Аналіз точності методів інтерполяції є основним етапом досліджень, оскільки дає змогу об'єктивно оцінити та порівняти ефективність різних підходів. Результати такого аналізу мають велике практичне значення для створення регіональних моделей гравітаційного поля, удосконалення геодезичних вимірювань і моделювання локальних геофізичних аномалій [Savchuk et al., 2024].

У сучасних дослідженнях із геодезії та геофізики використання аномалій у вільному повітрі зумовлено їхньою здатністю забезпечувати точніше відображення просторових змін гравітаційного поля. Цей тип аномалій не враховує топографічні корекції, що дає змогу уникнути додаткових обчислень і знижує ризики похибок. Зважаючи на сучасні виклики фізичної геодезії, які передбачають інтеграцію високоточних глобальних моделей із локальними даними, використання аномалій у вільному повітрі є оптимальним для розв'язання широкого спектра задач.

Мета

Мета цієї роботи – комплексний аналіз точності різних методів інтерполяції для задач моделювання просторового розподілу гравітаційних аномалій на прикладі даних моделі WGM2012.

Методика

Дослідження охоплює всю територію України, як зображено на рис. 1. Для досягнення поставленої мети використано дані 200 ГНСС-станцій, розташованих на досліджуваній території. Ці станції, позначені як контрольні пункти (IP, Interpolation Points), слугували основою для

інтерполяції гравітаційних аномалій, отриманих із моделі WGM2012. Основний задум експерименту полягав у тому, щоб використати ГНСС-станції як референсні точки, що можуть слугувати базою для майбутніх гравіметричних вимірювань поблизу них. На основі цих вимірювань, за допомогою відповідних методів інтерполяції, передбачається поширення даних для створення потенційної гравіметричної мережі України з певною точністю. Для незалежної оцінки точності інтерполяції залучено 355 тестових пунктів (TP, Test Points), що належать до умовної гравіметричної мережі (див. рис. 1).

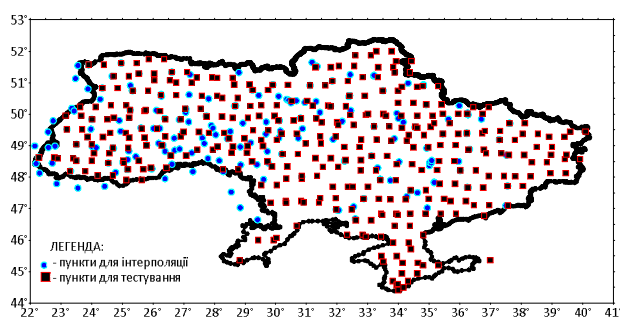


Рис. 1. Територія досліджень із контрольними та тестовими пунктами

Моделю WGM2012 (World Gravity Map 2012) надає дані із роздільною здатністю 2'×2'. Дані для контрольних пунктів та тестових точок отримано через платформу BGI (Bureau Gravimétrique International) у вигляді гравітаційних аномалій у вільному повітрі [Bureau Gravimétrique International, 2024; Bonvalot et al., 2012].

Для оцінювання точності інтерполяції було розраховано різниці між значеннями моделі WGM2012 та інтерпольованими даними за формулою:

$$\Delta g_i^{TP} = \Delta g_{wgm2012}^{TP} - \Delta g_i^{TP} \quad (1)$$

де $\Delta g_{wgm2012}^{TP}$ – значення гравітаційних аномалій WGM2012 у тестовій точці; Δg_i^{TP} – інтерпольовані значення.

Щоб оцінити точність на рівні контрольних точок і території загалом, розраховували різниці за формулою:

$$\Delta g_i^{IP} = \Delta g_{wgm2012}^{IP} - \Delta g_i^{IP} \quad (2)$$

де $\Delta g_{\text{wgm2012}}^{\text{IP}}$ – значення гравітаційних аномалій WGM2012 у контрольній точці; Δg_i^{IP} – значення WGM2012 в контрольній точці після застосування відповідного методу інтерполяції.

У межах дослідження проаналізовано всі доступні методи інтерполяції, запропоновані програмним забезпеченням Surfer. Однак деякі з протестованих методів виявилися непридатними для задач інтерполяції гравітаційних аномалій через їхню нездатність формувати регулярні сітки, а саме:

- Triangulation with Linear Interpolation;
- Natural Neighbor;
- Local Polynomial;
- Modified Shepard's;
- Method Data Metrics.

Для проведення досліджень вибрано такі методи інтерполяції, які забезпечують побудову регулярних сіток:

- Inverse Distance to a Power (IDP);
- Kriging (Kr);
- Minimum Curvature (MC);
- Moving Average (MA);
- Nearest Neighbor (NN);
- Polynomial Regression (PR);
- Radial Basis Function (RBF).

Вибрані методи інтерполяції реалізовано в програмному забезпеченні Surfer, яке забезпечує побудову регулярних сіток інтерпольованих значень. Використання широкого спектра методів – від простих, таких як Inverse Distance to a Power (IDP) і Moving Average (MA), до складних, таких як Radial Basis Function (RBF) і Kriging, дає змогу оцінити ефективність різних підходів для моделювання гравітаційних аномалій.

На основі кожного методу інтерполяції створено карти різниць гравітаційних аномалій, які використовували для просторового аналізу цих відхилень після інтерполяції. Для усіх контрольних і тестових точок розраховано основні статистичні характеристики, що дають змогу математично оцінити точність кожного методу. Детальний аналіз також передбачає побудову графіків інтерпольованих значень різниць гравітаційних аномалій для контрольних та тестових точок. Крім того, для сіток різниць між даними моделі WGM2012 та всіма методами інтерполяції створено карти максимумів і мінімумів відхилень.

Результати

На рис. 2 відображено просторовий розподіл різниць гравітаційних аномалій між даними моделі WGM2012 та результатами, отриманими за допомогою відповідних методів інтерполяції.

З рис. 2, *a* видно, що метод Inverse Distance to a Power (IDP) демонструє значні локації сірого кольору, що свідчить про високу точність відтворення даних. Основні відхилення цього методу спостерігаються у гірських районах, зокрема у Карпатах, де значення різниць перевищують ± 30 мГал. Метод Kriging (див. рис. 2, *b*) забезпечує подібну до IDP точність, проте значні відхилення менш виражені, що зумовлює більшу площу сірого кольору, особливо у центральних та рівнинних регіонах. Карпатський регіон характеризується помірними відхиленнями, що свідчить про належну ефективність цього методу. Метод Minimum Curvature (див. рис. 2, *c*) демонструє середній рівень точності. Сірі області наявні, однак у центральній, східній та гірській частинах території спостерігаються істотні відхилення, які досягають ± 30 мГал, що вказує на зниження точності. Метод Moving Average (див. рис. 2, *d*) характеризується меншою точністю порівняно із попередніми. Сірі зони значно зменшились, а істотні відхилення (± 50 мГал) спостерігаються в західній та східній частинах території, що обмежує застосовність цього методу для гравітаційних досліджень. Метод Nearest Neighbor (див. рис. 2, *e*) забезпечує задовільну точність у центральних регіонах із помітними зонами сірого кольору. Однак у Карпатському регіоні та східній частині території спостерігаються помітні відхилення, які досягають ± 50 мГал. Метод Polynomial Regression (див. рис. 2, *f*) демонструє дуже схожі до методу Moving Average результати. Сірі зони, що свідчать про високу точність, є незначними, тоді як відхилення досягають ± 50 мГал у багатьох регіонах, зокрема у Карпатах, що вказує на низьку ефективність цього методу. Хороші результати забезпечує метод Radial Basis Function (RBF), який демонструє найменші відхилення (див. рис. 2, *g*). Великі сірі зони охоплюють майже всю територію, за винятком незначних відхилень у Карпатах, які обмежуються ± 20 мГал.

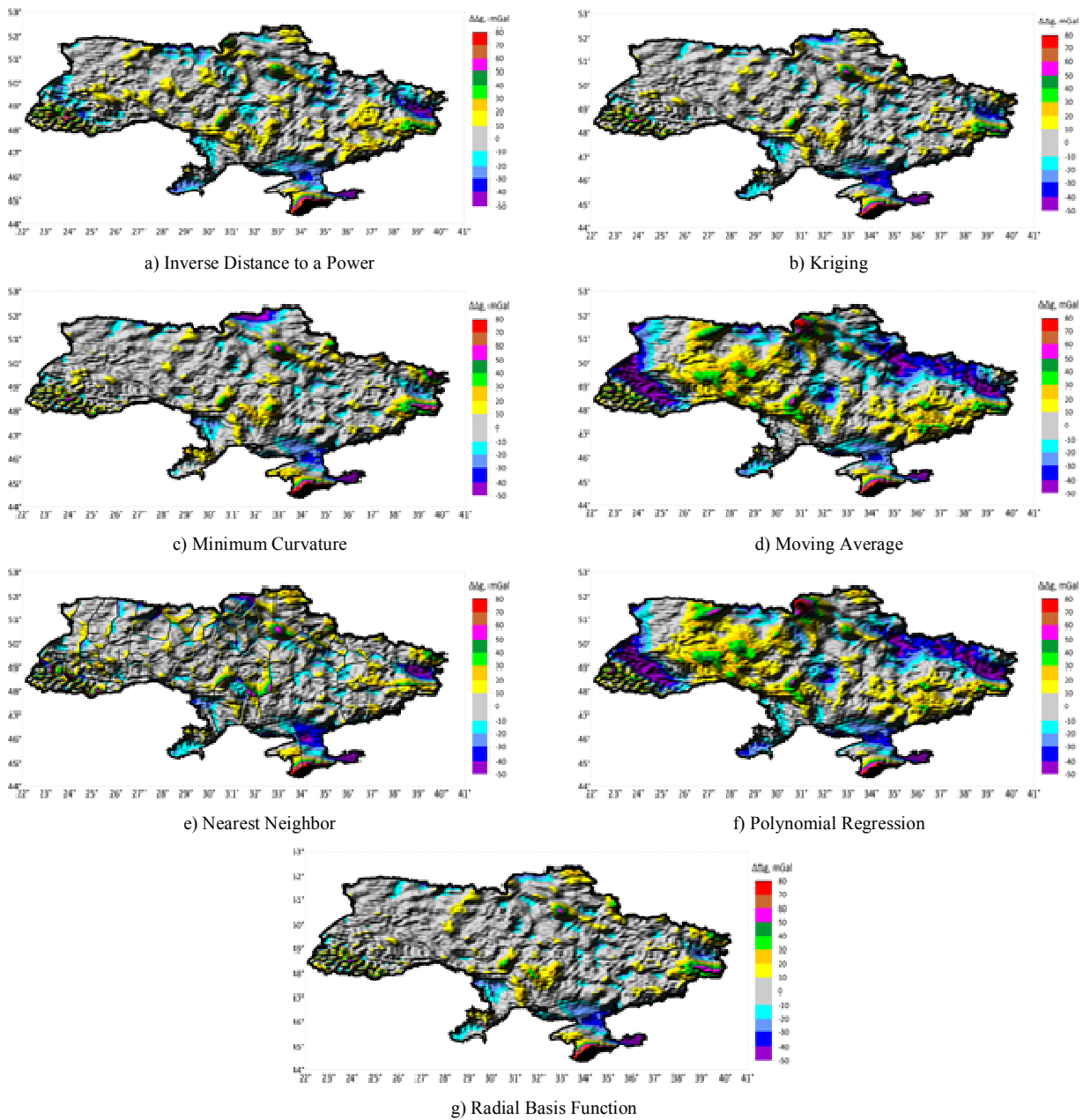


Рис. 2. Різниці гравітаційних аномалій, отримані на основі різних методів інтерполяції

Таблиця 1

Статистичні характеристики контрольних пунктів

Статистики, мГал	$\Delta\Delta g_{\text{Inverse Distance to a Power}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Kriging}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Minimum Curvature}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Moving Average}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Nearest Neighbor}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Polynomial Regression}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Radial Basis Function}}$
min	0,0	-0,4	-1,0	-0,7	-61,4	0,0	-56,3
max	0,0	0,2	0,6	0,6	72,1	0,2	76,7
avg	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,7	0,0	0,6
σ	0,0	0,1	0,3	0,2	28,9	0,0	28,0
m	0,0	0,1	0,3	0,2	29,2	0,0	28,0
R	0,0	0,6	1,6	1,2	133,5	0,2	133,0

Таблиця 2

Статистичні характеристики тестових пунктів

Статистики, мГал	$\Delta\Delta g_{\text{Inverse Distance to a Power}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Kriging}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Minimum Curvature}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Moving Average}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Nearest Neighbor}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Polynomial Regression}}$	$\Delta\Delta g_{\text{Radial Basis Function}}$
min	-73,8	-83,7	-91,6	-76,3	-83,1	-82,6	-79,9
max	147,8	143,2	150,6	147,9	138,6	138,4	148,4
avg	2,1	2,4	3,2	0,1	2,3	0,3	3,3
σ	21,8	20,7	22,2	29,0	22,8	28,2	21,1
m	21,9	20,8	22,4	29,0	22,9	28,2	21,4
R	221,6	226,9	242,3	224,2	221,7	221,0	228,3

На основі проаналізованих карт виконано оцінку точності різниць гравітаційних аномалій для контрольних і тестових точок, які подано у табл. 1 та 2. Оцінку точності здійснено на основі мінімальних (min), максимальних (max), середніх (avg), стандартних (σ) та середньоквадратичних (m) відхилень, а також розмаху (R) значень.

Проаналізувавши табл. 1, бачимо, що найкращі результати продемонстрували методи Inverse Distance to a Power та Kriging. Для цих методів характерні мінімальні відхилення між інтерпольованими та контрольними значеннями, що підтверджується низькими значеннями середньоквадратичного і стандартного відхилень. Методи Minimum Curvature і Moving Average також забезпечують прийнятні результати. Їхні статистичні характеристики свідчать про порівняно невеликі відхилення, що дає підстави вважати ці методи точними для завдань інтерполяції, хоча їхня ефективність дещо нижча порівняно з Inverse Distance to a Power і Kriging. Методи Nearest Neighbor, Polynomial Regression і Radial Basis Function показали значно гірші результати, демонструючи більші відхилення та менш задовільні статистичні характеристики.

Згідно з даними табл. 2, найкращі результати для тестових пунктів спостерігаються також у методів Inverse Distance to a Power та Kriging. Ці методи демонструють мінімальні середні значення різниць (2,1 мГал для Inverse Distance to a Power і 2,4 мГал для Kriging), а також низькі значення середньоквадратичного (21,9 мГал і 20,8 мГал) та стандартного (21,8 мГал і 20,7 мГал) відхилень. Методи Minimum Curvature та Radial Basis Function також демонструють прийнятну точність. Метод Moving Average показує неоднозначні результати. Незважаючи на низьке середнє значення різниць (0,1 мГал), цей метод характеризується найвищими значеннями середньо-

квадратичного (29,0 мГал) та стандартного відхилення серед усіх розглянутих методів. Методи Nearest Neighbor та Polynomial Regression демонструють порівняно низьку точність. Для цих методів характерні істотні коливання, зокрема середньоквадратичне відхилення для Nearest Neighbor становить 22,9 мГал, а для Polynomial Regression – 28,2 мГал.

Отже, найкращими методами інтерполяції для контрольних і тестових пунктів є Inverse Distance to a Power та Kriging, які забезпечують вищу точність і стабільність результатів. Методи Minimum Curvature та Radial Basis Function також забезпечують прийнятні результати, хоча їхня ефективність дещо нижча. Метод Moving Average демонструє істотні коливання значень, що знижує його надійність, тоді як методи Nearest Neighbor і Polynomial Regression виявляються найменш точними серед усіх розглянутих підходів.

На наступному етапі проаналізовано графіки інтерпольованих значень різниць гравітаційних аномалій для контрольних і тестових точок (рис. 3).

Із рис. 3 видно, що у всіх випадках спостерігається тенденція до зростання різниць у південних широтах. Такий результат свідчить про залежність точності інтерполяції від просторового розташування контрольних точок. У цьому випадку контрольні точки нижче від широти 45° були відсутні, тому дані в цьому регіоні отримано методом прогнозування за допомогою відповідних методів інтерполяції. З графіків видно, що методи Inverse Distance to a Power, Kriging і Minimum Curvature (рис. 3, a, b, c) демонструють найкращу точність серед усіх розглянутих методів. Для контрольних точок (IP) різниці здебільшого розташовані близько до нуля із мінімальними відхиленнями. На тестових точках (TP) спостерігаються окремі виходи за

межі ± 50 мГал, але більшість значень залишаються у межах цього діапазону, що свідчить про високу точність цих методів навіть за умов різної просторової конфігурації точок. Методи Moving Average і Polynomial Regression (рис. 3, d, f) характеризуються більшою амплітудою коливань для тестових точок, відхилення яких можуть досягати ± 100 мГал. Методи Nearest Neighbor та Radial Basis Function (рис. 3, e, g) демонструють

найбільші коливання серед усіх розглянутих методів на контрольних точках. Для тестових точок амплітуда коливань цих методів подібна до методів Moving Average і Polynomial Regression, які належать до середнього класу точності.

Наступний етап досліджень передбачав аналіз точності методів інтерполяції на підставі карт максимумів та мінімумів різниць гравітаційних аномалій (рис. 4).

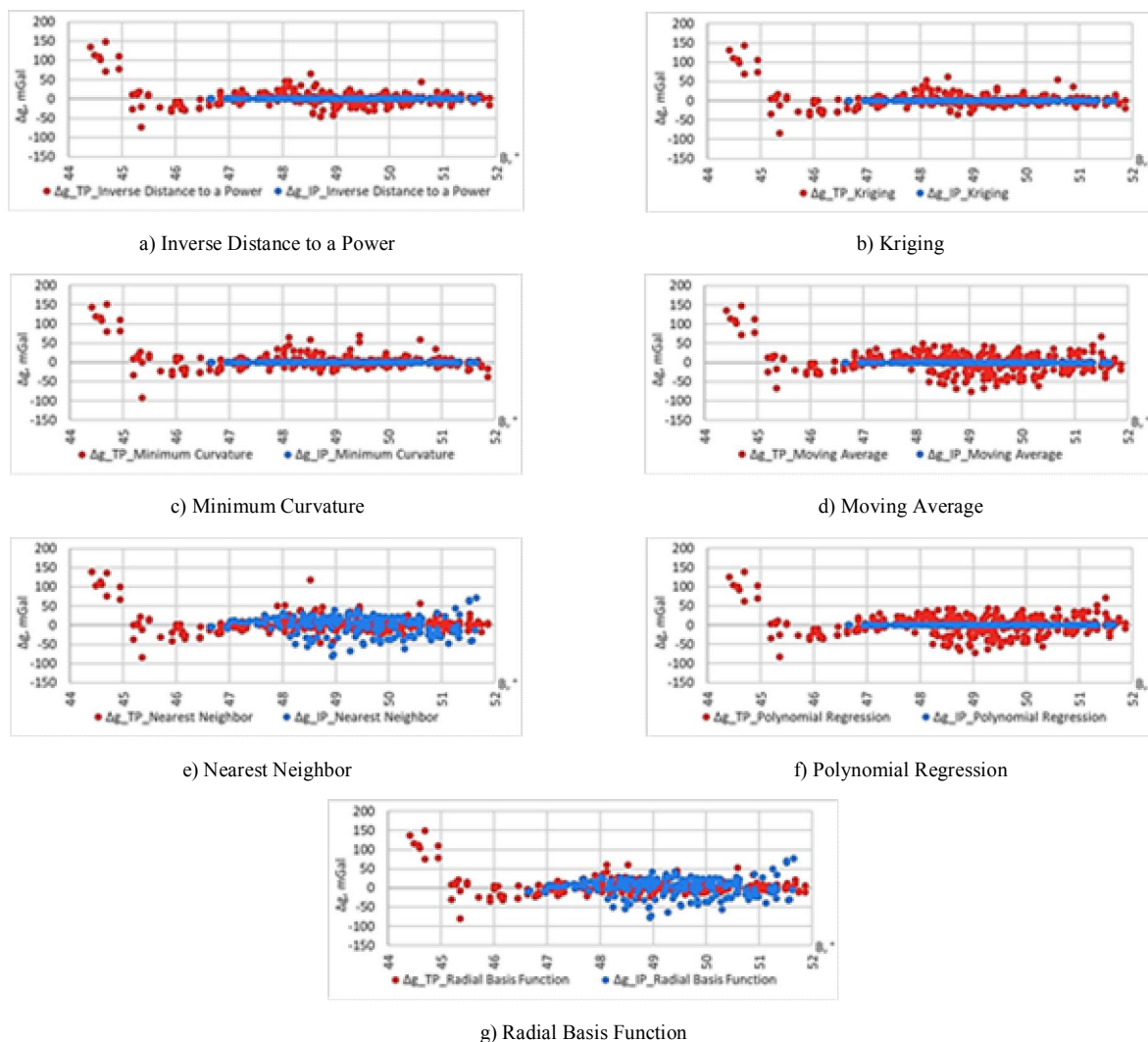


Рис. 3. Графіки різниць гравітаційних аномалій для контрольних та тестових пунктів

З рис. 4 видно, що методи Inverse Distance to a Power та Kriging демонструють вищу точність із рівномірним розподілом мінімумів і максимумів значень. Такі методи характеризуються стабільністю результатів як для контрольних, так і для тестових точок. Стабільність зберігається навіть у зонах із нерівномірною конфігурацією контрольних точок (див. рис. 1).

До групи методів із середньою точністю та помірним розподілом значень належать Minimum Curvature і Radial Basis Function (рис. 4, c, g). Ці методи демонструють майже однакове співвідношення максимумів і мінімумів значень, що забезпечує загалом прийнятний рівень стабільності. Методи середнього рівня точності доцільно застосовувати у випадках, коли необхідно

досягти компромісу між точністю результатів для контрольних і тестових точок.

З рис. 4, *d*, *e* та *f* видно, що методи Moving Average, Nearest Neighbor та Polynomial Regression належать до групи з низькою точністю для задач інтерполяції гравітаційних аномалій. Такі методи характеризуються значними коли-

ваннями максимумів і мінімумів, а також наявністю великих областей екстремальних значень. Крім того, вони демонструють низьку стабільність результатів, особливо у зонах із нерівномірною конфігурацією контрольних точок, що обмежує їх використання у задачах високоточної інтерполяції.

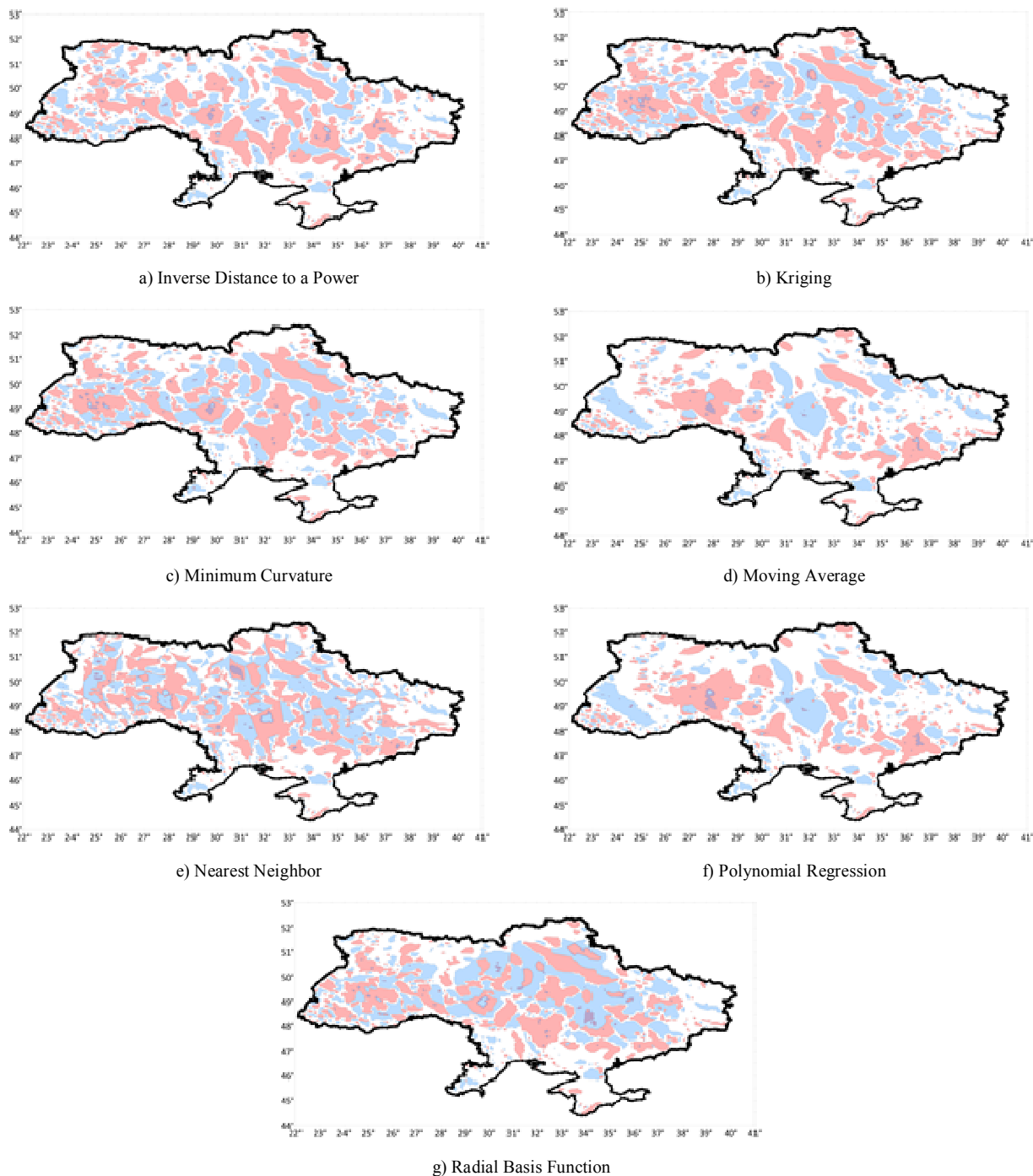


Рис. 4. Карти різниць гравітаційних аномалій на основі максимумів та мінімумів інтерпольованих значень

Отже, для задач, що потребують високої точності у відновленні гравітаційних аномалій, доцільно вибирати методи Inverse Distance to a Power або Kriging. Методи середньої точності, такі як Minimum Curvature та Radial Basis Function, можуть бути застосовані за умов менш жорстких вимог до точності моделювання.

Наукова новизна та практична значущість

Уперше виконано комплексне порівняння точності методів інтерполяції гравітаційних аномалій, отриманих із моделі WGM2012, для території України. Дослідження показало, що правильний вибір методу інтерполяції істотно впливає на точність відновлення просторового розподілу гравітаційних аномалій. Наведено детальний аналіз впливу конфігурації контрольних пунктів на результати інтерполяції, що важливо для оптимізації планування польових гравіметричних спостережень. Практична значущість роботи полягає у розробленні рекомендацій щодо вибору методів інтерполяції для територій із різними геофізичними умовами. Отримані результати можуть бути використані для підвищення точності локальних і регіональних моделей гравітаційного поля Землі.

Висновки

Результати дослідження засвідчили значну залежність точності інтерполяції гравітаційних аномалій від вибраного методу та просторової конфігурації контрольних точок. Методи Inverse Distance to a Power та Kriging демонструють найвищу точність із рівномірним розподілом різниць гравітаційних аномалій. Перелічені методи характеризуються мінімальними відхиленнями для контрольних і тестових точок, а також стабільними значеннями максимумів і мінімумів різниць. Високі показники точності дають змогу рекомендувати їх для задач, що потребують високої точності інтерполяції.

Методи середньої точності, такі як Minimum Curvature та Radial Basis Function, забезпечують стабільні результати, хоча їхня ефективність дещо нижча. Вони придатні для задач, для яких прийнятна помірною точність. Незважаючи на менш стабільний діапазон максимумів і мінімумів, ці методи залишаються надійними для територій із рівнинним або помірно складним рельєфом.

Методи Moving Average, Nearest Neighbor та Polynomial Regression продемонстрували низьку точність, що проявляється у великих коливаннях значень максимумів і мінімумів. Особливо це стосується тестових точок, для яких спостерігаються істотні відхилення, що свідчить про нестабільність результатів. Їхня ефективність обмежується задачами попереднього аналізу або швидкої оцінки даних.

Загальний аналіз підтвердив, що точність інтерполяції великою мірою залежить від кількості та просторового розподілу контрольних точок. Рівномірний розподіл точок істотно підвищує точність результатів навіть для методів середньої ефективності, тоді як нерівномірний розподіл призводить до значних відхилень.

Отже, для забезпечення вищої точності інтерполяції гравітаційних аномалій у вільному повітрі рекомендовано використовувати методи Inverse Distance to a Power та Kriging, особливо для локальних задач із рівномірною конфігурацією контрольних точок. Методи Minimum Curvature та Radial Basis Function можна застосовувати за умов, коли вимоги до точності помірні. Використання методів Moving Average, Nearest Neighbor та Polynomial Regression потребує додаткового аналізу, оскільки їхня точність у цьому дослідженні була найнижчою.

Список літератури

- Arseni, M., Voiculescu, M., Georgescu, L. P., Iticescu, C., & Rosu, A. (2019). Testing different interpolation methods based on single beam echosounder river surveying. Case study: Siret River. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), 507. <https://doi.org/10.3390/ijgi8110507>
- Bonvalot, S., Briais, A., Kuhn, M., Peyrefitte, A., Vales, N., Biancale, R., Gabalda, G., Moreaux, G., Reinquin, F. & Sarrailh, M. (2012). Global grids: World Gravity Map (WGM2012). *Bureau Gravimetrique International*. <https://doi.org/10.18168/bgi.23>
- Bureau Gravimétrique International. WGM2012 GLOBAL MODEL. URL: <http://bgi.obs-mip.fr/data-products/outils/wgm2012-maps-visualizationextraction/>
- Cao, X., Liu, Z., Hu, C., Song, X., Quaye, J. A., & Lu, N. (2024). Three-Dimensional Geological Modelling in Earth Science Research: An In-Depth Review and Perspective Analysis. *Minerals*, 14(7), 686. <https://doi.org/10.3390/min14070686>

- Ch, F., Bruinsma, S. L., Abrikosov, O., Lemoine, J. M., Schaller, T., Götze, H. J., Biancale, R. (2014). EIGEN-6C4 The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 2190 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse. *GFZ Data Services*. <https://doi.org/10.5880/icgem.2015.1>
- Gilardoni, M., Reguzzoni, M., Sampietro, D. (2016). GECO: a global gravity model by locally combining GOCE data and EGM2008. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 60(2), 228–247. <https://doi.org/10.1007/s11200-015-1114-4>
- Kay, M. and Dimitrakopoulos, R. (2000) Integrated Interpolation Methods for Geophysical Data: Applications to Mineral Exploration. *Natural Resources Research*, 9, 53–64. <https://doi.org/10.1023/a:1010161813931>
- Nabighian, M. N., Ander, M. E., Grauch, V. J. S., Hansen, R. O., LaFehr, T. R., Li, Y., ... & Ruder, M. E. (2005). Historical development of the gravity method in exploration. *Geophysics*, 70(6), 63ND–89ND. <https://doi.org/10.1190/1.2133785>
- Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., & Factor, J. K. (2012). The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *Journal of geophysical research: solid earth*, 117(B4). <https://doi.org/10.1029/2011JB008916>
- Savchuk, S., Fedorchuk, A., & Marjańska, D. (2024). Modelling geoid height errors for local areas based on data of global models. *Journal of Applied Geodesy*. <https://doi.org/10.1515/jag-2024-0054>
- Sjöberg, L. E., & Bagherbandi, M. (2017). Gravity inversion and integration. Basel, Switzerland: Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50298-4>
- Zahorec, P., Papčo, J., Pašteka, R., Bielik, M., Bonvalot, S., Braitenberg, C., ... & Varga, M. (2021). The first pan-Alpine surface-gravity database, a modern compilation that crosses frontiers, *Earth System Science Data Discussions*, 2021, 1–72. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2165-2021>
- Zingerle, P., Pail, R., Gruber, T., & Oikonomidou, X. (2020). The combined global gravity field model XGM2019e. *Journal of Geodesy*, 94(7), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01398-0>

Alina FEDORCHUK

Department of geodesy and astronomy, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, 79013, Ukraine, e-mail: alina.v.fedorchuk@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0003-0183-1132>

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF INTERPOLATION METHODS FOR MODELING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF GRAVITY ANOMALIES

Modeling the spatial distribution of gravity anomalies requires accounting for numerous factors that influence the accuracy of results. The primary factors include the interpolation methods used to construct regular grids of gravity anomalies, as well as the distribution and number of observation points. This study compares the accuracy of various interpolation methods for gravity anomalies based on the WGM2012 model. The analysis utilized gravity anomaly data obtained from 200 GNSS stations located in Ukraine and 355 test points of a hypothetical gravimetric network. The research aimed to evaluate the accuracy of interpolation methods such as Inverse Distance to a Power, Kriging, Minimum Curvature, Moving Average, Nearest Neighbor, Polynomial Regression, and Radial Basis Function in tasks of modeling the spatial distribution of anomalies using data from the WGM2012 model. The analysis was performed based on calculated differences between interpolated and original values, supported by graphical and statistical data. The results allowed for the classification of interpolation methods by accuracy: 1) High accuracy with uniform value distribution; 2) Moderate accuracy with a balanced distribution; 3) Low accuracy with large amplitude variations. The study demonstrated that a well-founded selection of an interpolation method can significantly enhance the accuracy of modeling the spatial distribution of gravity anomalies and provide reliable results for solving geophysical problems.

Key words: gravity anomalies, interpolation, WGM2012, spatial distribution, accuracy.

Надійшла 09.10.2024 р.