

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою

**Дослідження методів моделювання рельєфу на основі використання
даних аерокосмічних спостережень**

Пояснювальна записка
до випускної кваліфікаційної роботи магістра

ВПГЗ. 313.193.2026.ПЗ.

Розробила: студентка групи 212-ГЗ-324
Соловійова Тетяна Миколаївна
Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій

Керівник: д.т.н. проф. Угненко Є.Б.

Нормоконтроль: к.т.н доц. Орел Є.Ф.

Зав. кафедри: д.т.н проф. Угненко Є.Б.

Рецензент: директор МПП
«АВТОДОРСЕРВІС»,
к.т.н., доцент кафедри будівництва
та цивільної інженерії Луцького
національного технічного університету
Процюк В.О.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет будівельний

Кафедра вишукувань та проєктування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, доктор техн. наук
Є.Б. Угненко
«3» 11 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Соловйової Тетяни Миколаївни

1. Тема проекту «Дослідження методів моделювання рельєфу на основі використання даних аерокосмічних спостережень»
керівник роботи Угненко Євгенія Борисівна затверджені розпорядженням по будівельному факультету від «03» листопада 2025 року № 16.
2. Строк подання студентом закінченої роботи – «22» грудня 2025 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи): характеристика об'єкта зйомки; картографічні матеріали; дані лідарного сканування з різною щільністю; дані про апаратуру та методику виконання зйомки; дані аерокосмічного дистанційного зондування; додаткові матеріали дистанційного зондування; нормативні документи та технічні інструкції; геоінформаційне програмне забезпечення ArcGIS та Surfer для створення моделей рельєфу.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Цифрові моделі рельєфу та способи їх математичного описання. 2. Геодезичні методи збору просторових даних для створення цифрових моделей рельєфу. 3. Візуалізація рельєфу місцевості засобами пакетів ArcGIS та Surfer. 4. Аналіз використання великих масивів даних, отриманих за допомогою лідарного знімання, для побудови моделі земної поверхні. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): мета і завдання, актуальність дослідження, об'єкт, предмет; поняття цифрової моделі рельєфу; операції, які дозволяють виконувати ЦМР; моделювання геополів; методи розрахунку ЦМР; створення ЦМР за даними радіометра Aster; SRTM – однопрохідна інтерферометрична методика ЦМР Полтавської області на основі даних SRTM; створення ЦМР за лідарними даними; створення ЦМР за стереопарами; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «03» листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1 Вступ.	10.11.2025 р.	виконано
2 Цифрові моделі рельєфу та способи їх математичного описання.	15.11.2025 р.	виконано
3 Геодезичні методи збору просторових даних для створення цифрових моделей рельєфу	22.11.2025 р.	виконано
4 Візуалізація рельєфу місцевості засобами пакетів ArcGIS та Surfer	30.11.2025 р.	виконано
5 Аналіз використання великих масивів даних, отриманих за допомогою лідарного знімання, для побудови моделі земної поверхні	07.12.2025 р.	виконано
6 Висновки	15.12.2025 р.	виконано
7 Оформлення роботи	22.12.2025 р.	виконано

Студент  Тетяна СОЛОВІЙОВА

Керівник проекту (роботи)  Євгенія УГНЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 16 слайдів презентації, 107 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 35 рисунків, 8 таблиці, 28 літературних джерел.

Ключові слова: ЦИФРОВІ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ, ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ, АЕРОКОСМІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РЕЛЬЄФУ

Об'єктом дослідження є процес формування цифрового рельєфу за даними аерокосмічних спостережень.

Предметом дослідження є методичні та технологічні підходи, алгоритми та засоби обробки дистанційних даних для створення цифрової моделі рельєфу.

Метою роботи є обґрунтування та вдосконалення методичних підходів до формування цифрового рельєфу на основі аерокосмічних даних.

У кваліфікаційній роботі охарактеризовано основні способи цифрового представлення рельєфу та методи інтерполяції; описано особливості використання даних лазерного зондування, радарного знімання та аерофотознімання для побудови цифрових моделей рельєфу; охарактеризовано основні можливості програмних пакетів ArcGIS та Surfer щодо візуалізації та аналізу цифрових моделей рельєфу.

На прикладі Полтавської області за допомогою програмних пакетів ArcGIS та Surfer побудовано тривимірну карту рельєфу, карту з рельєфом із затіненням, карту ухилів та експозиції рельєфу, карту в ізолініях, профіль висот вздовж заданого розрізу.

ABSTRACT

This qualification work includes 16 presentation slides, 107 pages of A4 explanatory note, including 35 figures, 8 tables, 28 references.

Keywords: DIGITAL RELIEVE MODELS, GEODESIC METHODS, AEROSPACE OBSERVATIONS, RELIEVE VISUALIZATION

The object of the study is the process of forming a digital relief based on aerospace observation data.

The subject of the study is methodological and technological approaches, algorithms and means of processing remote data for creating a digital relief model.

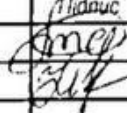
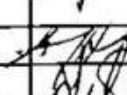
The purpose of the work is to substantiate and improve methodological approaches to forming a digital relief based on aerospace data.

The qualification work describes the main methods of digital representation of relief and interpolation methods; describes the features of using laser sensing, radar and aerial photography data to build digital relief models; describes the main capabilities of the ArcGIS and Surfer software packages for visualization and analysis of digital relief models.

Using the example of the Poltava region, a three-dimensional relief map, a relief map with hatching, a relief slope and exposure map, a contour map, and an elevation profile along a given area were constructed using the ArcGIS and Surfer software packages.

Зміст

Вступ	6
1 Цифрові моделі рельєфу та способи їх математичного описання	8
1.1 Поняття цифрової моделі рельєфу	8
1.2 Методи розрахунку ЦМР	16
1.3 Регулярна мережа висот та нерегулярна триангуляційна мережа	29
2 Геодезичні методи збору просторових даних для створення цифрових моделей рельєфу	35
2.1 Застосування повітряної лазерної локації для вивчення рельєфу	35
2.2 Побудова ЦМР на основі даних радіолокаційного знімання	43
2.3 Побудова моделі рельєфу на основі аерокосмічних фотознімків	61
3 Візуалізація рельєфу місцевості засобами пакетів ArcGIS та Surfer	78
3.1 Загальна характеристика засобів пакету ArcGIS, призначених для роботи з рельєфом	78
3.2 Візуалізація рельєфу Полтавської області в середовищі ArcGIS	83
3.3 Загальна характеристика програмного пакета Surfer	93
3.4 Візуалізація рельєфу Полтавської області в середовищі Surfer	97

					ВПГЗ. 313.193.2026.ПЗ.			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження методів моделювання рельєфу на основі використання даних аерокосмічних спостережень	Літ	Аркуш	Аркуше
Розроб.		Соловійова				i	4	107
Перев.		Угненко				УкрДУЗТ		
Заст. Дирек.								
Н. контр.		Орел						
Затв.		Угненко						

4 Аналіз використання великих масивів даних, отриманих за допомогою лідарного знімання, для побудови моделі земної поверхні	99
4.1 Загальна характеристика лідарних даних та їх роль у моделюванні рельєфу	99
4.2 Особливості та виклики роботи з великими масивами лідарних даних	100
4.3 Методи побудови моделі земної поверхні	101
4.4 Оцінка точності побудованої моделі земної поверхні	102
Висновки	104
Список використаних джерел	105

Список використаних джерел

1. Балабанов, І. Т., Дмитрієв, О. В. Геоінформаційні системи та технології: навч. посібник. – Київ: Ліра-К, 2020. – 312 с.
2. Болюх, В. М., Пічкур, О. М. Лазерне сканування місцевості: технології та застосування. – Львів: Вид-во ЛНАУ, 2019. – 248 с.
3. Глотов, В. М., Самойленко, В. М. Основи дистанційного зондування Землі. – Київ: КНЕУ, 2018. – 296 с.
4. Гуцол, О. В. Обробка та аналіз лідарних даних у ГІС-середовищі: монографія. – Київ: НУБіП України, 2021. – 210 с.
5. Державна служба геодезії, картографії та кадастру. Методичні рекомендації щодо використання даних лазерного сканування. Київ, 2020. с.54
6. Jensen, J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. – 2nd ed. – Pearson, 2018. – 784 p.
7. Vosselman, G., Maas, H.-G. (Eds.). Airborne and Terrestrial Laser Scanning. – CRC Press, 2010. – 318 p.
8. Shan, J., Toth, C. Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing. – CRC Press, 2018. – 638 p.
9. Axelsson, P. Processing of laser scanner data—Algorithms and applications. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000, 54(2–3), 138–147.
10. Petrie, G. Airborne Topographic Laser Scanning: Principles, Applications and Benefits. GeoInformatics, 2019, 22(5), 14–20.
11. Open Topography. LiDAR Data, Tools and Resources. – Access: <https://opentopography.org> (дата звернення: 2025).

12. LAStools Documentation. Rapid LiDAR Data Processing Toolkit. – Access: <https://rapidlasso.com> (дата звернення: 2025).
13. Esri. ArcGIS Pro: Working with LAS Datasets. – Esri Documentation Portal, 2024.
14. CloudCompare Team. CloudCompare Open-Source 3D Point Cloud Processing Software. – Documentation, 2024.
15. Moudrý, V., et al. Methods of LiDAR Data Processing for Digital Terrain Models: A Review. *Remote Sensing*, 2020, 12(18), 30–45.
16. Baltsavias, E. P. “Airborne Laser Scanning: Basic Relations and Formulas.” *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54(2), 1999, pp. 199–214.
17. Wehr, A., & Lohr, U. “Airborne Laser Scanning—An Introduction and Overview.” *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54, 1999, pp. 68–82.
18. Гладкий, А. В. «Використання даних лазерного сканування для моделювання рельєфу». *Геодезія, картографія і аерофотознімання*, №89, 2019, с. 45–51.
19. Корнієнко, В. П., & Ляшенко, В. І. Сучасні методи лазерного сканування поверхні для завдань геомоніторингу. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва, №2(42), 2020, с. 22–29.
20. Мазур, М. Т., & Слободян, О. М. Технологія LiDAR у дослідженнях рельєфу та природних процесів. *Вісник геодезії та картографії*, №4, 2020, с. 11–19.
21. Ніколаєв, В. Основи цифрового моделювання рельєфу. Київ: Основа, 2019.

22. Педченко, М. Г., та ін. «Опрацювання великих масивів просторових даних у задачах моніторингу довкілля». Системи обробки інформації, №3, 2021, с. 34–41.

23. Шевчук, О. П. «Використання хмар точок LiDAR у кадастрових роботах». Землевпорядний вісник, №2, 2019, с. 58–65.

24. Liu, X. “Airborne LiDAR for DEM Generation: Some Critical Issues.” *Progress in Physical Geography*, 32(1), 2008, pp. 31–49.

25. Innovative Methods of Using Laser Scanning and Geoinformation Systems for Design of Communication Routes / Sergii Panchenko, Ievgeniia Ugnenko; Valentina Yurchenko, Elena Uzhviieva; Nataliia Sorochuk; Yevhen Korostelov / 12th International Conference “Environmental Engineering”, Transportation Science and Technology, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, April 27–28, 2023, article number: enviro.2023.843, DOI: 10.3846/enviro.2023.843.

26. Geoinformation systems design of repairs of connection roads on the basis of laser scanning / Ievgeniia Ugnenko; Elena Uzhviieva; Nataliia Sorochuk; Valentina Yurchenko; Gintas Viselga // AIP Conference ProceedingsThis link is disabled., AIP Conf. Proc. 2684, 020012 (2023), DOI: 10.1063/5.0121327.

27. Використання методики лазерного сканування поверхні лінійних об’єктів при створенні проектів будівництва / Є.Б. Угненко, Н.І. Сорочук, О.Н. Ужвієва, Ю.О. Сорочук // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція молодих учених та студентів «Сучасні проблеми містобудування. Перспективи та пріоритети розвитку», Україна, м. Луцьк, ЛНТУ, 19 листопада 2021 р., Тези доповідей конференції, с.120-123.

28. Навчальна геодезична практика: Навч. посібник, 2-ге вид. / Угненко Є.Б., Шевченко А.О., Ужвієва О.М., Коростельов Є.М., Белікова Н.В., Сорочук Н.І. - Київ: Видавничий дім «Кондор», 2024. - 228 с.