КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора інституту
з навчальної роботи
«31» 08 2026 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЦИФРОВА ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ОБРОБКА ЗНІМКІВ

для здобувачів

галузь знань	**19 Архітектура та будівництво**
спеціальність	**193 Геодезія та землеустрій**
освітній рівень	**перший (бакалаврський)**
освітня програма	**Оцінка землі та нерухомого майна**
вид дисципліни	**Обов'язкова**

Форма навчання – ***денна***
Навчальний рік - ***2026/2027***
Семестр – ***5***
Кількість кредитів ECTS – ***4***
Мова викладання, навчання
та оцінювання – ***українська***
Форма заключного контролю – ***іспит***

Викладач: *Ляшенко Дмитро Олексійович, доктор географічних наук, професор кафедри геоінформатики; Малік Тетяна Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри геоінформатики; Гудак Василь Михайлович, асистент кафедри геоінформатики*

Пролонговано: на
20__/20__н.р._____(_____)«___»___20__р.
(підпис) (ПІБ)
на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»__ 20__р
(підпис) (ПІБ)

© Ляшенко Д., Малік Т.М., Гудак В. 2026 рік

Київ – 2026

Розробники: *Ляшенко Дмитро Олексійович, доктор географічних наук, професор кафедри геоінформатики, професор; Малік Тетяна Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри геоінформатики, Гудак Василь Михайлович, асистент кафедри геоінформатики*

Зав. кафедри

(Зацерковний В.І.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від «31» 08 2026 р.

Схвалено науково - методичною комісією інституту ***ННІ «Інститут геології»***

Протокол від «31» 08 2026 року №_1
Голова науково-методичної комісії (Демидов В.К.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Цифрова фотограмметрія та обробка знімків» є оволодіння теоретичними основами формування цифрових зображень, освоєння технологій і програмно-апаратних засобів обробки цифрових аерокосмічних знімків, які отримані за допомогою різних оптичних фотографічних і сенсорних систем, та набуття практичних навичок укладання цифрових топографічних/кадастрових планів і карт.

2.Вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна базується на циклі дисциплін, зокрема:

- студенти повинні володіти знаннями фахової підготовки з геодезії, фотограмметрії.
- володіти знаннями базової підготовки з математики, фізики (оптики).

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна є теоретичним і практичним підґрунтям для підготовки фахівців з обробки фотозображень. Вона є базовою для здобуття ступеню бакалавр в галузі знань «19. Архітектура та будівництво» за спеціальністю «193. Геодезія та землеустрій». В курсі вивчаються теоретичні основи цифрової фотограмметрії, математичним апаратом якої є аналітична фотограмметрія. Особлива увага приділяється питанням цифрової обробки зображень, зокрема геометрії та способів отримання цифрових образів, покращання їх якості, швидкості роботи з великими масивами даних, прийомів їх стиснення та конвертування, методики орієнтування знімків та ін. Практичною складовою курсу передбачено детальне вивчення технології обробки знімків на сучасних цифрових фотограмметричних станціях, зокрема з виконанням блочної фототріангуляції, побудови цифрових моделей рельєфу і місцевості. Також вивчаються теорія і практика автоматизованого вирішення основних фотограмметричних задач та розглядаються сучасні підходи в технології аерокосмічного картографування поверхні Землі і планет.

Академічна доброчесність. Виконання всіх навчальних і контрольних завдань здійснюється з дотриманням Хартії академічної доброчесності та чинних положень Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Запозичення, використання даних, ідей, текстів, зображень, цифрових матеріалів та інших результатів мають бути належно атрибутовані. Порушення академічної доброчесності розглядаються відповідно до університетських процедур.

Опанування програмного матеріалу дисципліни, поточний та підсумковий контроль здійснюються на принципах академічної доброчесності відповідно до ст. 42 Закону України «Про освіту» та рекомендацій Міністерства освіти і науки України щодо запобігання академічному плагіату (Лист МОН № 1/9-565 від 15.08.2018 р.), а також Положення про використання штучного інтелекту при реалізації освітніх програм у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка https://senate.knu.ua/?p=3466

Використання штучного інтелекту. Для освітнього компонента загалом встановлюється рівень 2 використання генеративного штучного інтелекту згідно «Положення про використання штучного інтелекту при реалізації освітніх програм у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка».

Для окремих видів оцінюваних робіт у п.п. 7.1 Форми оцінювання студентів робочої програми визначені спеціальні обмеження, зокрема повна заборона використання генеративного ШІ під час контрольних заходів, що виконуються під наглядом викладача.

Визнання результатів неформальної та/або інформальної освіти. Результати навчання, здобуті в неформальній та/або інформальній освіті, можуть бути подані до визнання у встановленому Університетом порядку за умови їх відповідності результатам навчання цієї дисципліни та наявності підтвердних матеріалів

4.Завдання вивчення дисципліни:

- Ознайомити студентів із суттю та теоретичними основами обробки дистанційних

даних (знімків та хмар точок) у геоматиці.

- Сформувати у студентів уявлення щодо історії, сучасного розвитку та перспектив розвитку галузі фотограмметрії.
- Репрезентувати новітні дослідження та розробки з актуальних проблем сучасної фотограмметрії.
- Дати студентам розуміння сучасних методів розв'язання фотограмметричних задач і розробки апарату математичного моделювання, які використовуються з метою впровадження цифрових технологій в геоматиці та в прикладних інженерних науках, зокрема при вивченні природних ресурсів.
- Ознайомити студентів з сучасною апаратним та програмним забезпеченням виконання цифрових фотографічних знімань та їх камеральної фотограмметричної обробки.
- Розвинути практичні навички вирішення задач, зокрема: проектування та виконання польових фотограмметричних робіт, камеральної фотограмметричної обробки знімків.

5.Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		**Форми (та / або методи і технології) викладання і навчання**	**Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання[1]**	**Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни**
Код	Результат навчання			
1.1	Загальні відомості про фізичні та математичні основи цифрової фотограмметрії. Поняття про цифрове зображення. Піксель. Кольорові цифрові зображення. Кольорові схеми: адитивна (RGB) та субтрактивна (CMYK).	*лекція*	*опитування, презентація*	*до 10%*
1.2	Сутність принципів формування цифрового зображення в оптико-електронних знімальних системах. Структурна схема ПЗЗ-елемента. Архітектура ПЗЗ-матриць. Створення кольорового зображення на ПЗЗ-матрицях.	*лекція*	*опитування, презентація*	*до 10%*
1.3	Методи і системи отримання дистанційних даних. Скануючі системи та сканування знімків. Багатоспектральний і аналоговий фотограмметричний сканери.	*лекція, практичне заняття*	*опитування, виконання розрахункових робіт*	*до 5%*
1.4	Основи кореляції відеосигналів. Автоматичний пошук чітких контурів на сусідніх знімках. Теоретичні основи ідентифікації точок на стереопарі знімків.	*лекція, практичне заняття*	*опитування, виконання розрахункових робіт*	*до 10%*
1.5	Основні типи і характеристики знімальних камер матричного і лінійного типу. Додаткове оснащення аерознімальних систем.	*лекція, практичне заняття*	*опитування, виконання розрахункових робіт*	*до 10%*
1.6	Будову та призначення цифрових фотограмметричних приладів ДНВП «Геосистема»: цифрова фотограмметрична станція «Дельта»; фотограмметричний сканер DeltaScan BW. Програмне забезпечення Digital for Windows.	*лекція, практичне заняття*	*опитування, виконання розрахункових робіт*	*до 5%*
2.1	Проводити підготовку до роботи програмне забезпечення (фотограмметричні модулі і програми). Вміти орієнтувати знімки: виконувати внутрішнє, взаємне та зовнішнє орієнтування.	*лекція, практичне заняття*	*опитування, виконання розрахункових робіт*	*до 15%*

	Здійснювати контроль та аналіз даних.			
2.2	Виконувати згущення планово-висотної опорної мережі методом блочної фототріангуляції. Проводити вирівнювання та оцінку точності отриманих даних.	*лекція, практичне заняття*	*опитування, виконання розрахункових робіт*	*до 15%*
3.	Демонструвати навички ефективної міжособистісної взаємодії та командної роботи	*практичні заняття*	*виконання розрахункових робіт*	*до 10%*
4.	Демонструвати здатність вчитися і бути сучасно навченим	*практичні заняття*	*виконання розрахункових робіт*	*до 10%*

Структура курсу: *лекційні і практичні заняття, самостійна робота.*

6.Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код) / **Програмні результати навчання (назва)**	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	3.1	4.1
ПРН10. Збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу та геоінформаційні технології для розв'язання спеціалізованих задач у сфері оцінки землі та нерухомого майна, геодезії та землеустрою.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7.Схема формування оцінки:

7.1.Форми оцінювання студентів

1. Семестрове оцінювання:

1) Оцінка за виконання практичних робіт та виконану роботу на практичних заняттях – 60 балів (рубіжна оцінка 36 балів). Дозволяється використовувати ШІ при підготовці практичних робіт як допоміжний інструмент за умови збереження авторського внеску в практичні роботи та розрахункові задачі. Дозволено використовувати ШІ для довідкових функцій під час підготовки практичної роботи та як інструмент перевірки орфографії, технічного оформлення роботи. Декларування факту та способу використання ШІ є обов'язковим. Під час захисту практичних робіт використання ШІ заборонено.

2. Підсумкове оцінювання *у формі іспиту*: *максимальна оцінка — 40 балів, рубіжна оцінка - 24 бали. Під час іспиту студент відповідає на питання, які передбачають теоретичні питання з лекційного матеріалу навчальної дисципліни. Під час підготовки письмової підсумкової роботи використання ШІ заборонено.* ***Підсумкове оцінювання у формі письмового іспиту є обов'язковим.***

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. **Загальна оцінка виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру та підсумкового оцінювання,** *як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру та балів отриманих в результаті підсумкового оцінювання у формі іспиту.*

	Семестрова кількість балів	**ПКР** (підсумкова контрольна робота) *чи/або* **іспит**	**Підсумкова оцінка**
	Практичні роботи		
Мінімум	*36*	*24*	*60*
Максимум	**60**	**40**	**100**

Здобувач не допускається до ***підсумкового оцінювання у формі іспиту****, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.*

7.2.Організація оцінювання: *Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання практичних робіт (де студенти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби). Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового іспиту.*

7.3.Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	Лекція 1. Вступ у цифрову фотограмметрію та лазерне сканування: фізичні основи, пасивні й активні сенсори, синергія методів	**2**		**4**
2	Лекція 2. Структура первинних даних, принципи ToF / Phase-shift, множинні відбитки та формати даних (RAW, TIFF, LAS/LAZ, E57)	**2**	**4**	**4**
3	Лекція 3. Геометрія знімка та формування 3D-координат: внутрішнє й зовнішнє орієнтування, прямо-просторова засічка, просторова геометрія LiDAR	**2**		**4**
4	Лекція 4. Сенсорні комплекси, види носіїв (ALS, ULS, TLS, MLS), дисторсія камери та геометричні параметри лідарних голівок	**2**		**4**
5	Лекція 5. Синхронізація систем, обробка траєкторій GNSS/IMU, оцінка Lever-arm та Boresight Calibration	**2**		**4**
6	Лекція 6. Геодезична прив'язка, фотограмметричне зрівняння блоків та пряме геопозиціонування LiDAR-даних	**2**	**4**	**4**
7	Лекція 7. Алгоритми пошуку зв'язуючих точок (SIFT/SURF), Structure-from-Motion (SfM) таMulti-View Stereo (MVS)	**2**		**4**
8	Лекція 8. Стереофотограмметрична обробка, порівняльний аналіз хмар точок (SfM vs LiDAR) та попередня фільтрація шуму	**2**	**4**	**4**
9	Лекція 9. Алгоритми фільтрації рельєфу (CSF, PMF, Progressive TIN) та автоматизована класифікація об'єктів	**2**		**4**
10	Лекція 10. Цифрові моделі висот (DEM, DTM, DSM, CHM) та алгоритми просторової інтерполяції	**2**	**4**	**4**
11	Лекція 11. Комплексування даних, класифікація точок в хмарі точок, генерація 3D-сіток та комбінування аеро- й наземних зйомок	**2**		**4**
12	Лекція 12. Ортотрансформація, генерація True Orthophoto, ліквідація «затінень» та проведення лінії стикування	**2**	**4**	**6**

13	Лекція 13. Аналіз джерел похибок, оцінка точності за стандартами (ASPRS, ДБН) та огляд спеціалізованого ПЗ	**2**	**4**	**6**
14	Лекція 14. Автоматизація обробки, технології SLAM, Scan-to-BIM та застосування AI для класифікації даних	**2**	**4**	**6**
	ВСЬОГО	**28**	**28**	**62**

Всього – 120 год.
З них: лекцій – **28** год.
практичних занять – **28** год.
самостійна робота ***– 62 год.***
Консультації ***– 2 год.***

Теми для самостійного вивчення: *Тема 1: Алгоритми Structure from Motion (SfM) та Dense Stereo Matching (MVS). Еволюція від класичної фотограмметрії до комп'ютерного бачення. Основні етапи алгоритму SfM: пошук та зіставлення характерних точок (SIFT/SURF/ORB), оновлення геометрії та зрівняння блоку (Bundle Adjustment). Щільне стереосуміщення (Multi-View Stereo — MVS) для побудови детальної хмари точок.*
Тема 2: Проектний розрахунок та планування аерознімальних робіт із застосуванням БПЛА. Розрахунок параметрів поліпшення польоту. Вплив швидкості польоту, витримки камери та рельєфу на якість матеріалів.
Тема 3: Наземні опорні точки (GCP) та контрольні точки (CHK): проектування, маркування та геодезична прив'язка. Правила розміщення та оптимальна щільність мережі GCP/CHK залежно від площі, конфігурації та рельєфу об'єкта. Методи координатної прив'язки (GNSS RTK/PPK, тахеометрія). Вплив геометрії розташування GCP на усунення системних похибок (включаючи «ефект чаші»).
Тема 4: Метод True Orthophoto (Істинний ортофотоплан) та методи орторектифікації. Відмінність класичного ортофотоплану від True Orthophoto. Усунення ефектів «завалу» будівель, «мертвих зон» (оклюзій) та двоїння об'єктів. Алгоритми вибору оптимальних ліній порізу (Seamlines) та радіометричної корекції (баланс білого, вирівнювання яскравості).
Тема 5: Наземна фотограмметрія. Особливості калібрування камери та геометрії зйомки для архітектурних вишукувань, паспортизації пам'яток культурної спадщини, моніторингу деформацій інженерних споруд та криміналістики. Робота з неметричними та мобільними камерами.
Тема 6: Оцінка точності та стандарти якості фотограмметричної продукції. Оцінка точності за контрольними точками (CHK).

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. **Білоус В.В., Боднар С.П., Курач Т.М.** *Дистанційне зондування з основами фотограмметрії: навч. посібник.* - К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. - 317 с. – 8 с. іл.
2. **Білоус В.В., Боднар С.П.,** *Фотограмметрія,* Навчальний посібник, К.:КНУ імені Тараса Шевченка, Вид-во ВПЦ «Київський університет»,2021,-137с. https://geo.knu.ua/images/doc_file/navch_l
3. **Боднар С.П.** *Методичні вказівки до виконання практичних робіт з спецкурсу «Цифрова фотограмметрія».* – К.: РВВ НТУ, 2016. – 88 с.
4. **Дорожинський О.Л.** *Фотограмметрія:* підручник. / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 332 с.
5. **Wolf, P. R., Dewitt, B. A., & Wilkinson, B. E.** (2014). *Elements of photogrammetry with applications in GIS* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Додаткові

1. **Бурштинська Х.В.,** Аерокосмічні знімальні системи: підручник /Х.В. Бурштинська,С.А.

Станкевич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 316 с.
2. **Дорожинський О.Л.** Аналітична та цифрова фотограмметрія. Навч. Посібник. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2002. – 164 с.
3. **Kraus, K. (2007).** *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans* (2nd ed.). Walter de Gruyter
4. **McGlone, C. (Ed.).** (2004). ***Manual of Photogrammetry* (5th ed.)**. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
5. **McGlone, J. C. (Ed.). (2013).** *Manual of Photogrammetry (6th Edition).* American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS).
6. **Vosselman, G., & Maas, H.-G. (Eds.). (2010).** *Airborne and Terrestrial Laser Scanning.* Whittles Publishing.
7. **Shan, J., & Toth, C. K. (Eds.). (2018).** *Topographic Laser Scanning: Basics and Applications.* CRC Press.
8. **Eisenbeiss, H. (2009).** *UAV Photogrammetry.* ETH Zurich (Doctoral Thesis, No. 18515).
9. **Nex, F., & Remondino, F. (2014).** *UAV for 3D mapping applications: a review.* Applied Geomatics, 6(1), 1–15.
10. **Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012).** *'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications.* Geomorphology, 179, 300–314.
11. **Zhang, J., & Lin, X. (2017).** *Filtering of airborne LiDAR point clouds: A review.* ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 129, 115–128.
12. **ASPRS (2015).** *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data.*
13. **ASPRS (2019).** *LAS Specification (Version 1.4 – R15).*

Питання на іспит

1. Геометрія центрального проектування та її роль у фотограмметрії.
2. Елементи внутрішнього орієнтування цифрової камери.
3. Радіальна і тангенціальна дисторсія об'єктива. Модель Брауна-Конраді.
4. Методи калібрування цифрових камер: лабораторне та польове калібрування. Паспорт калібрування камери
5. Вплив похибок калібрування на точність ортофотоплану та 3D-моделі
6. Призначення аерофотознімання. Види аерознімання та сфери застосування.
7. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) у фотограмметрії. Типи та особливості використання.
8. Поздовжнє та поперечне перекриття аерознімків. Вимоги до фотограмметричної зйомки.
9. Масштаб аерознімка та способи його визначення.
10. GSD (Ground Sampling Distance) та його вплив на точність визначення координат і площ земельних ділянок.
11. Планування польотного завдання для створення ортофотоплану земельної ділянки.
12. Використання RTK/PPK GNSS-технологій під час аерофотознімання.
13. Умова колінеарності та її значення в цифровій фотограмметрії.
14. Внутрішнє, взаємне та зовнішнє орієнтування знімків.
15. Просторова фототріангуляція та її види.
16. Зв'язуючі точки (Tie Points), опорні точки (GCP) та контрольні точки (Check Points).
17. Методи автоматичного пошуку відповідних точок (SIFT, SURF, ORB).
18. Метод зрівняння пучків променів (Bundle Block Adjustment).
19. Технологія Structure from Motion (SfM) та її відмінність від класичної фототріангуляції.
20. Щільне стереозіставлення (Dense Image Matching) та створення хмар точок.
21. Цифрова модель поверхні (DSM), цифрова модель рельєфу (DTM/DEM) та їх відмінності.
22. Створення ортофотопланів і True Orthophoto. Сфери використання в земельному кадастрі.
23. Основні принципи роботи LiDAR.
24. Повітряний, мобільний та наземний LiDAR. Особливості та області застосування.
25. Структура LiDAR-хмари точок та основні атрибути (X, Y, Z, Intensity, Classification).

26. Класифікація LiDAR-точок та побудова цифрової моделі рельєфу.
27. Порівняння фотограмметричної та LiDAR-хмари точок.
28. Переваги та недоліки LiDAR-технологій при оцінці земель і нерухомості.
29. Використання LiDAR для визначення висот будівель, дерев та інженерних споруд.
30. Використання супутникових та аерознімків для моніторингу землекористування.
31. Використання ортофотопланів для визначення меж земельних ділянок та площ земельних ділянок за результатами аерофотознімання.
32. Використання ЦМР та LiDAR для оцінки рельєфу земельних ділянок.
33. Аналіз забудови та визначення характеристик об'єктів нерухомості за даними БПЛА.
34. Моніторинг самовільного будівництва за допомогою фотограмметрії та LiDAR.
35. Використання ортофотопланів на різні дати для контролю змін земельного фонду.
36. Джерела похибок при фотограмметричному визначенні площ і координат об'єктів нерухомості.
37. Сучасні програмні комплекси для фотограмметричної обробки та роботи з LiDAR-даними
38. Автоматизація обробки, технології SLAM, Scan-to-BIM та застосування AI.