

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Директор ЦАКДЗ ІГН НАН України  
член-кореспондент НАН України

Михайло ПОПОВ

« 29 » вересня 2025 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

*Супутникова геодезія та фотограмметрія в дистанційних  
дослідженнях*

*(Satellite geodesy and photogrammetry in remote sensing)*

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

|                  |   |
|------------------|---|
| галузь знань     | <b>10 Природничі науки</b>  |
| спеціальність    | <b>103 Науки про Землю</b>  |
| освітній рівень  | <b>доктор філософії</b>   |
| освітня програма | <b>«Дистанційні аерокосмічні дослідження природного середовища»</b> |
| вид дисципліни   | <b>вибіркова</b>  |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Форма навчання                             | <b>денна</b>      |
| Навчальний рік                             | <b>2025/2026</b>  |
| Семестр                                    | <b>5</b>          |
| Кількість кредитів ECTS                    | <b>2</b>          |
| Мова викладання,<br>навчання та оцінювання | <b>українська</b> |
| Форма заключного контролю                  | <b>залік</b>      |

Викладач: Пестова Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України.

© І.О. Пестова, 2025

**КИЇВ – 2025**

Розробники: Пестова Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії методів обробки даних дистанційного зондування при відділі геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях ЦАКДЗ ІГН НАН України.

Затверджено  
Гарант освітньої програми  
к.геол.н., с.н.с.



(підпис)

Ольга СЕДЛЕРОВА  
(власне ім'я, прізвище)

*Схвалено: Вченою радою Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України» протокол від «23» вересня 2025 року № 12.*

Голова вченої ради  
д.т.н., професор  
член-кореспондент НАН України



Михайло ПОПОВ

Учений секретар вченої ради,  
к.т.н., ст. досл.



Анна ХИЖНЯК

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення аспірантів із теоретичними основами формування цифрових зображень, освоєння технології і програмно-апаратних засобів обробки цифрових аерокосмічних знімків, засвоєння теорії використання супутникових технологій у вивченні форми та розмірів Землі та питань опрацювання ГНСС вимірів, трансформація координат пунктів з геоцентричної системи в локальну (державну) систему координат, формування практичних навичок укладання топографічних планів та карт.

**2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:**

- диплом магістра однієї зі спеціальностей галузі наук про Землю або телекомунікацій;
- наявність базових знань з математики, фізики та комп'ютерної графіки;
- наявність базових навичок обробки аерокосмічних зображень земної поверхні;
- базові знання з наук про Землю.

**3. Анотація навчальної дисципліни**

Предметом дисципліни є теоретичні основи цифрової фотограмметрії, математичним апаратом якої є аналітична фотограмметрія. Особлива увага приділяється питанням цифрової обробки зображень. Також вивчаються теорія і практика автоматизованого вирішення основних фотограмметричних задач та розглядаються сучасні підходи в технології аерокосмічного картографування поверхні Землі і планет.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен знати: загальні принципи використання штучних супутників Землі (ШСЗ) в геодезичних цілях, основи використання супутникових методів для вивчення фігури і розмірів Землі, створення геодезичних мереж методами супутникової геодезії, функціонування глобальної супутникової навігаційної системи ГНСС. Вміти: вирішувати задачі визначення положень ШСЗ (пряма задача), визначення координат пункту спостережень (обернена задача); використовувати програмні продукти для розрахунку результатів польових ГНСС-вимірювань, виконувати трансформацію координат.

Навчальна дисципліна забезпечує набуття здобувачами вищої освіти компетентностей, направлених на досягнення глобальних цілей сталого розвитку до 2030 року, проголошених резолюцією Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй від 25 вересня 2015 року № 70/1, визначених Указом Президента України від 30 вересня 2019 року № 722. Навчальна дисципліна забезпечує визначені в даних документах цілі сталого розвитку, для прикладу, сталий розвиток міст і громад (Ціль 11) забезпечується тим, що дистанційні методи дозволяють здійснювати моніторинг стану міських територій, оцінювати їх екологічну ситуацію та планувати сталий розвиток; пом'якшення наслідків змін клімату (Ціль 13), захист та відновлення екосистем суші (Ціль 15) забезпечуються знаннями параметрів природного середовища і характеристик, що спостерігаються та вимірюються дистанційними методами, планування експериментів в аерокосмічних дослідженнях.

**4. Цілі навчання:**

- формування знань та вмінь в галузі супутникової геодезії і ознайомлення з її проблематикою;
- дати аспірантам розуміння сучасних методів розв'язання фотограмметричних задач і розробки апарату математичного моделювання, використовуються з метою впровадження цифрових технологій в прикладних інженерних науках, зокрема при вивченні природних ресурсів;
- ознайомити аспірантів з сучасною апаратним та програмним забезпеченням виконання цифрових фотографічних знімків та їх камеральної фотограмметричної обробки;
- освоєння сучасних методів геодезичних вимірів та розрахунків для забезпечення отримання координат за допомогою ГНСС;

- знайомство з сучасними дослідженнями та розробками з актуальних проблем сучасної фотограмметрії та супутникової геодезії.

### 5. Результати навчання:

| <i>Результат навчання</i><br>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність) |  | <i>Форма/Методи викладання і навчання</i>          | <i>Форма/Методи оцінювання</i>     | <i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i> |
|--|--|--|------------------------------------|---|
| Код  | Результат навчання   |  |                                    |   |
| 1.1  | <i>Загальні відомості про фізичні та математичні основи цифрової фотограмметрії. Поняття про цифрове зображення. Піксель. Кольорові цифрові зображення.</i>  | <i>Лекція</i>                                      | <i>Усне опитування</i>             | <i>до 10%</i>                                     |
| 1.2  | <i>Методи і системи отримання дистанційних даних. Скануючі системи та сканування знімків.</i>  | <i>Лекція</i>                                      | <i>Усне опитування</i>             | <i>до 10%</i>                                     |
| 1.3  | <i>Основи кореляції відеосигналів. Автоматичний пошук чітких контурів на сусідніх знімках. Теоретичні основи ідентифікації точок на стереопарі знімків.</i>  | <i>Лекція</i>                                      | <i>Усне опитування</i>             | <i>до 15%</i>                                     |
| 1.4  | <i>Знати задачі супутникової геодезії. Вміти здійснювати аналіз методів супутникових геодезичних визначень</i>   | <i>Лекція, практичне заняття</i>                   | <i>Виконання практичної роботи</i> | <i>до 15%</i>                                     |
| 1.5  | <i>Знати головні способи супутникових спостережень. Вміти здійснювати визначення різних координат за спостереженнями ШСЗ</i>   | <i>Лекція</i>                                      | <i>Усне опитування</i>             | <i>до 15%</i>                                     |
| 2.1  | <i>Проводити підготовку до роботи програмного забезпечення (фотограмметричні модулі і програми). Вміти орієнтувати знімки: виконувати внутрішнє, взаємне та зовнішнє орієнтування. Здійснювати контроль та аналіз даних.</i> | <i>Практична робота, самостійна робота</i>         | <i>Виконання практичної роботи</i> | <i>до 15%</i>                                     |
| 2.2  | <i>Знати моделі визначення координат пунктів та теорію обробки GPS вимірів. Вміти обирати оптимальні пакети програм для обробки</i>  | <i>Практична робота, самостійна робота</i>         | <i>Виконання практичної роботи</i> | <i>до 10%</i>                                     |
| 3.1  | <i>Обґрунтовувати можливості застосування супутникової геодезії та фотограмметрії в дистанційних дослідженнях</i>  | <i>Лекція, практична робота, самостійна робота</i> |                                    | <i>до 5%</i>                                      |
| 4.1  | <i>Використовувати отримані знання при обробці аерокосмічних даних</i>   | <i>Практична робота</i>                            |                                    | <i>до 5%</i>                                      |

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

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

| Результати навчання дисципліни   | Програмні результати навчання |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 1.1                           | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 4.1 |
| РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з наук про Землю, зокрема з дистанційних аерокосмічних досліджень природного середовища, і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.   | +                             | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |
| РН02. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі Землі, її геосфер та процесів, що відбуваються в них, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у науках про Землю та дотичних міждисциплінарних напрямках.  |                               |     |     |     | +   | +   |     |     |     |     |
| РН03. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми наук про Землю, кваліфіковано оприлюднювати в тому числі іноземною мовою результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях та на наукових заходах.   |                               |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   |
| РН04. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.   | +                             | +   | +   | +   | +   | +   |     |     |     |     |
| РН05. Глибоко розуміти загальні принципи та методи наук про Землю, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях та у викладацькій практиці.  | +                             | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| РН06. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з наук про Землю та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми. | +                             | +   |     |     | +   |     | +   | +   | +   | +   |
| РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають  |                               |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   |

|  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |
|--|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|
| можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми у науках про Землю з врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.   |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |
| РН08. Застосовувати загальні принципи та методи математики й природничих наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для провадження досліджень у сфері наук про Землю, зокрема, дистанційних аерокосмічних досліджень природного середовища. |  |  |  | + | + | + | + |   |   |   |
| РН09. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи і технології.  |  |  |  |   | + | + | + | + | + | + |

## 7. Схема формування оцінки:

### 7.1. Форми оцінювання аспірантів

#### 1. Семестрове оцінювання:

1) *Контрольна робота «Основи супутникової геодезії та фотограмметрії в дистанційних дослідженнях» – 10 балів (рубіжна оцінка – 6 балів).*

2) *Оцінка за роботу на лекційних та практичних заняттях – 50 балів (рубіжна оцінка – 30 балів)*

**2. Підсумкове оцінювання у формі заліку:** *максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка – 24 бали). Під час заліку аспірант виконує реалізацію проєкту з використанням знань та вмінь із застосування методів супутникової геодезії та фотограмметрії в дистанційних дослідженнях. Підсумкове оцінювання у формі заліку не є обов'язковим, при відмові від участі у даній формі оцінювання аспірант не отримає відповідні бали до підсумкової оцінки.*

*Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100 бальною шкалою.*

**Загальна оцінка виставляється за результатами роботи аспіранта впродовж семестру та підсумкового оцінювання у формі заліку, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру та балів отриманих в результаті підсумкового оцінювання у формі заліку.**

|                 | Семестрова кількість балів за семестр | ПКР (підсумкова контрольна робота) чи/або залік | Підсумкова оцінка |
|-----------------|---------------------------------------|---|-------------------|
| <i>Мінімум</i>  | 36                                    | 24  | 60                |
| <b>Максимум</b> | <b>60</b>                             | <b>40</b>                                       | <b>100</b>        |

*Аспірант не допускається до підсумкового оцінювання у формі заліку, якщо під час семестру набрав менше 20 балів.*

**7.2. Організація оцінювання:** Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: 4 лекції та виконання 3 практичних робіт (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби) та проведення 1 контрольної роботи. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмово-усного заліку.

### 7.3. Шкала відповідності

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

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

| № п/п | Назва теми   | Кількість годин |           |                   |
|-------|--|-----------------|-----------|-------------------|
|       |  | лекції          | практичні | Самостійна робота |
| 1     | <b>Тема 1.</b> <i>Задачі та роль супутникової геодезії в дистанційних дослідженнях. Системи небесних та земних координат в геодезії. Методи космічної геодезії та її основне рівняння.</i> | 2               |           | 6                 |
| 2     | <b>Тема 2.</b> <i>Будова та функціонування систем ГНСС. Мережі перманентних станцій активних референційних станцій ГНСС. Приймачі ГНСС. Способи ГНСС спостережень.</i>                     | 4               |           | 4                 |
| 3     | <b>Тема 3.</b> <i>Теоретичні основи цифрової фотограмметрії. Поняття та принципи формування цифрового зображення. Методи і системи опрацювання дистанційних даних.</i>                     | 4               |           | 4                 |
| 4     | <b>Тема 4.</b> <i>Цифрові знімальні камери і системи. Цифрові фотограмметричні прилади та програмне забезпечення для обробки знімків.</i>  | 2               |           | 6                 |
| 5     | <b>Практична робота 1.</b> – <i>Системи координат супутникової геодезії, структура та призначення глобальної системи визначення місцеположення (GPS).</i>                                  |                 | 2         | 6                 |
| 6     | <b>Практична робота 2.</b> <i>Будова та призначення GPS-приймачів, обробка навігаційних повідомлень GPS спостережень.</i>  |                 | 2         | 6                 |
| 7     | <b>Практична робота 3.</b> <i>Обробка знімків в спеціалізованому фотограмметричному програмному забезпеченні.</i>  |                 | 2         | 6                 |
|       | <i>Контрольна робота</i>   |                 | 2         |                   |
|       | <b>Залік з дисципліни</b>  |                 | 2         |                   |
|       | <b>Всього за семестр</b>   | <b>12</b>       | <b>10</b> | <b>38</b>         |

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 60 год.**, в тому числі:

Лекцій – **12 год.**

Практичні заняття - **6 год.**

Самостійна робота - **38 год.**

*Контрольна робота* – **2 год.**

*Залік* – **2 год.**

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

### Основні:

1. Марченко О.М. Референсні системи в геодезії: навчальний посібник / О.М. Марченко, К.Р. Третяк, Н.П. Ярема — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. — 202 с.
2. Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М. Супутникова геодезія Навчальний посібник / Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М., Рівне: НУВГП, 2013. 222 с.
3. Шумаков Ф.Т. Конспект лекцій з дисципліни Супутникова геодезія. Харків. ХНАМГ, 2009. – 88 с.
4. 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.
5. Білоус В.В., Боднар С.П., Фотограмметрія, Навчальний посібник, К.:КНУ імені Тараса Шевченка, Вид-во ВПЦ «Київський університет», 2011. – 137 с.
6. Боднар С.П. Вказівки до виконання практичних робіт з спецкурсу «Цифрова фотограмметрія». - К.: РВВ НТУ, 2016. - 88 с.
7. Дорожинський О.Л. Фотограмметрія: підручник. / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. - 332 с.

### Додаткові:

1. Бурштинська Х.В., Аерокосмічні знімальні системи: підручник / Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. - 316 с.
2. Bürgmann R., Rosen P. A., Fielding E. J. Synthetic Aperture Radar Interferometry to Measure Earth's Surface Topography and Its Deformation // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 2000. № 1 (28). С. 169–209.
3. Hanssen R. F. Radar interferometry: data interpretation and error analysis / R. F. Hanssen, Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic, 2001. 308 с.
4. Kazmierski K., Zajdel R., Sośnica K. Evolution of orbit and clock quality for real-time multiGNSS solutions // GPS Solutions. 2020. № 4 (24). С. 111.
5. Seeber G. Satellite geodesy / G. Seeber, 2nd completely rev. and extended ed-e изд., Berlin ; New York: Walter de Gruyter, 2003. 589 с.
6. Sośnica K. [и др.]. Estimating global geodetic parameters using SLR observations to Galileo, GLONASS, BeiDou, GPS, and QZSS // Earth, Planets and Space. 2019. № 1 (71). С. 20.

## Питання до диференційованого заліку

1. Поняття про цифрове зображення. Кольорові цифрові зображення. Поняття про цифрові матриці.
2. Цифрові знімальні камери та системи. Типи знімальних камер.
3. Принципи формування цифрового зображення в оптико-електронних знімальних системах
4. Методи і системи опрацювання дистанційних даних.
5. Основні формати представлення растрової інформації.
6. Основи кореляції відеосигналів.
7. Автоматичний пошук чітких контурів на сусідніх знімках.
8. Теоретичні основи ідентифікації точок на стереопарі.
9. Яка інформація про аерофотокамеру використовується для подальшої обробки знімків.
10. Що таке фокусна відстань камери та як вона визначається. Де використовується її значення.
11. Будова, призначення та основні характеристики ЦФС «Дельта».
12. Які точки називають опорними. Способи отримання опорних даних. Обґрунтувати необхідну кількість опорних точок, які необхідні для зовнішнього орієнтування окремої стереопари знімків.
13. Пояснити суть процесу внутрішнього орієнтування стереопари знімків. Які елементи є елементами внутрішнього орієнтування знімка.
14. Пояснити суть процесу взаємного орієнтування стереопари знімків. Які елементи є елементами взаємного орієнтування стереопари знімків.
15. Поняття про цифрову стереофотограмметричну модель місцевості.
16. Пояснити принципову відмінність у процесі орієнтування одиночного знімку та стереопари знімків.
17. З яких елементів складається GPS-система.
18. Назвіть основні технічні характеристики та основні параметри орбіт супутників в системі GPS.
19. Назвіть основні елементи приймача та опишіть їх функції.
20. Яка точність визначення місцеположення точки спостереження GPS-методом.
21. Наведіть існуючі класифікації систем координат.
22. Зв'язок між параметрами орбіти штучних супутників Землі.
23. Елементи орбіти супутника. Ключові точки орбіт та параметри орбіт.
24. Якими координатами визначається положення точок на земній поверхні в географічній системі координат? Дайте їх визначення.