

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра геодезії та землеустрою**

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА**

**«ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ»**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ	19 АРХІТЕКТУРА ТА БУДІВНИЦТВО
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	193 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ
РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ	Перший (бакалаврський)
ФАКУЛЬТЕТ	Агробіотехнологічний

Біла Церква 2023

Робоча програма освітнього компонента «Фотограмметрія та дистанційне зондування» для здобувачів вищої освіти агробіотехнологічного факультету за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», перший (бакалаврський) рівень вищої освіти / Укладач: В.Ю. Беленок. Біла Церква: БНАУ, 2023. – 23 с.

Розробник: В.Ю. Беленок, канд. фіз.-мат. наук, доцент.

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри геодезії та землеустрою (Протокол № 1 від 23 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри геодезії та землеустрою,  
канд. економ. наук, доцент



Т.М. Сіроштан

Схвалено науково-методичною комісією агробіотехнологічного факультету (Протокол № 1 від 23 серпня 2023 р.)

Голова науково-методичної комісії  
доцент



В.С. Хахула

Гарант ОП канд. економ. наук, доцент



Т.М. Сіроштан

## ЗМІСТ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	5
4. ПРОГРАМА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА	8
5. СТРУКТУРА ОСВІТНОГО КОМПОНЕНТА	10
6. ЗМІСТ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА	12
6.1. Лекції	12
6.2. Практичні заняття	15
6.3. Самостійна робота	16
6.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань	18
6.5. Тематика курсових робіт	18
7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ	18
8. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ	19
9. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ	19
10. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	20
11. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ	21
12. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	21

## 1. ОПИС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА

Згідно з навчальним планом на 2022–2023 навчальний рік, на вивчення компонента «Фотограмметрія та дистанційне зондування» для денної форми навчання виділено всього 240 академічних годин (8 кредити ECTS), у т.ч. аудиторних – 150 години (лекції – 60, практичні заняття – 90), самостійна робота студентів – 90 годин.

Опис освітнього компонента за показниками та формами навчання наведено в таблиці:

Найменування показників	Шифр та найменування галузі знань, спеціальності, рівень вищої освіти	Характеристика освітнього компонента	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 8	Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»	Обов'язкова	
		<i>Рік підготовки</i>	
Змістових модулів – 4	Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»	3-й	4-й
Курсова робота – 6-й семестр		<i>Семестр</i>	
Загальна кількість академічних годин – 240		5, 6-й	7, 8-й
		<i>Лекції</i>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 3	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти	60 год	12 год
		<i>Практичні</i>	
		90 год	14 год
		<i>Самостійна робота</i>	
		90 год.	154 год.
		Підсумковий контроль: залік, іспит	

**Метою** викладання навчальної дисципліни є надання студентам знань про теоретичні основи та методи фотограмметрії, фізичні основи дистанційного зондування та методи цифрової обробки аерокосмічних зображень.

## 2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА

Освітній компонент «Фотограмметрія та дистанційне зондування» базується на знаннях таких дисциплін як «Вища математика», «Фізика», «Топографія» та «Геодезія».

## 3. ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Згідно вимог освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій» здобувачі повинні набути здатності отримувати наступні компетентності:

### Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність працювати автономно.

### Спеціальні (фахові) компетентності:

СК05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою.

СК07. Здатність збирати, оновлювати, опрацьовувати, критично оцінювати, інтерпретувати, зберігати, оприлюднювати і використовувати геопросторові дані та метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження.

СК10. Здатність здійснювати моніторинг та оцінку земель.

СК11. Здатність здійснювати геодезичний моніторинг земної поверхні, природних об'єктів, інженерних споруд.

Результати навчання відповідно до Стандарту вищої освіти спеціальності «Геодезія та землеустрій»	Результати навчання з дисципліни	Компетентна здатність
ПРН4. Знати та застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали в сфері геодезії та землеустрою і	РН 4.01. Вміти застосовувати основні положення створення та оновлення топографічних карт і планів аерофототопографічним методом. Знати вимоги до створення та оновлення топографічних карт і планів	СК05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою. СК07. Здатність

суміжних галузей.	аерофототопографічним методом.  Керуватися і академічною доброчесністю під час роботи з матеріалами аеро- та космічних знімачів та з картографічними матеріалами.	збирати, оновлювати, опрацьовувати, критично оцінювати, інтерпретувати, зберігати, оприлюднювати і використовувати геопросторові дані та метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження. СК10. Здатність здійснювати моніторинг та оцінку земель. СК11. Здатність здійснювати геодезичний моніторинг земної поверхні, природних об'єктів, інженерних споруд.
ПРН10. Обирати і застосовувати інструменти, обладнання, устаткування та програмне забезпечення, які необхідні для дистанційних, наземних, польових і камеральних досліджень у сфері геодезії та землеустрою.	РН 10.01. Вміти підбирати програмне та інструментальне забезпечення для обробки стереопар аерофотознімків та програмне забезпечення для обробки даних дистанційного зондування оптичного та радіодіапазону.	
ПРН11. Організовувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти.	РН 11.01. Вміти організовувати та виконувати аерофотознімальні роботи, роботи з дешифрування та роботи з геодезичної прив'язки аерофотознімків до наземних опорних точок.	
ПРН12. Розробляти документацію із	РН 12.01. Вміти створювати цифрові	

<p>землеустрою, кадастрову документацію і документацію з оцінки земель із застосуванням комп'ютерних технологій, геоінформаційних систем та цифрової фотограмметрії, наповнювати даними державний земельний, містобудівний та інші кадастри.</p>	<p>ортофотоплани, цифрові топографічні плани та карти аерофототопографічним методом, вміти застосовувати умовні знаки для їх складання.</p>	
--	---	--

### Soft skills:

- **комунікативні навички:** письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести суперечки і відстоювати свою позицію, спілкування в конфліктній ситуації; навички створення, керування й побудови відносин у команді;
- **уміння виступати привселюдно:** навички, необхідні для виступів на публіці; проводити презентації;
- **керування часом:** уміння справлятися із завданнями вчасно;
- **гнучкість і адаптивність:** гнучкість, адаптивність і здатність мінятися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблем;
- **лідерські якості:** уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння встановлювати мету, планувати;
- **особисті якості:** креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до оточуючих.

## 4. ПРОГРАМА ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА

### «ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ»

#### *Змістовий модуль 1.*

#### ***Аналітична фотограмметрія***

Тема 1.1. Предмет і задачі фотограмметрії. Історія розвитку фотограмметрії.

Тема 1.2. Основні властивості кадрового знімка.

Тема 1.3. Системи координат, що використовуються в фотограмметрії. Елементи внутрішнього та зовнішнього орієнтування кадрового знімка.

Тема 1.4. Кути Ейлера та напрямні косинуси. Перетворення координатних систем.

Тема 1.5. Математичні залежності між координатами точок знімка та місцевості.

Тема 1.6. Фотографічний об'єктив, його основні характеристики.

Тема 1.7. Основи аерофотознімання.

Тема 1.8. Геометричні властивості кадрових знімків.

#### *Змістовий модуль 2.*

#### ***Стереофотограмметрія***

Тема 2.1. Способи спостереження та вимірювання стереомоделі.

Тема 2.2. Теорія пари кадрових знімків.

Тема 2.3. Побудова фотограмметричної моделі.

Тема 2.4. Прив'язка і дешифрування знімків

Тема 2.5. Аналітична фототріангуляція.

Тема 2.6. Фотограмметричні засічки.

#### *Змістовий модуль 3.*

#### ***Цифрова фотограмметрія***

Тема 3.1. Цифровий фотограмметричний знімок.

Тема 3.2. Фотограмметрична обробка цифрових знімків.

Тема 3.3. Автоматизація фотограмметричних вимірювань цифрових знімків.

Тема 3.4. Методи створення цифрової моделі поверхні, рельєфу та місцевості за цифровими знімками.

Тема 3.5. Цифрове трансформування кадрових знімків.

#### *Змістовий модуль 4.*

#### ***Дистанційне зондування Землі***

Тема 4.1. Загальна модель дистанційного зондування Землі.

Тема 4.2. Електромагнітне випромінювання та його взаємодія з атмосферою Землі.

Тема 4.3. Відбивальні характеристики об'єктів дистанційного зондування Землі.

Тема 4.4. Спектральні характеристики об'єктів дистанційного зондування Землі.



Тема 4.5. Методи цифрової обробки даних дистанційного зондування Землі.

Тема 4.6. Перетворення спектральних яскравостей даних дистанційного зондування Землі.

Тема 4.7. Тематична обробка даних дистанційного зондування.

Тема 4.8. Дослідженням наслідків бойових дій з використанням аерокосмічних знімків.

## 5. СТРУКТУРА ОСВІТНОГО КОМПОНЕНТА

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	Усього	у тому числі			Усього	у тому числі		
		л	п	ср		л	п	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5-й семестр					7-й семестр			
<i>Змістовий модуль 1. Аналітична фотограмметрія</i>								
Тема 1.1. Предмет і задачі фотограмметрії. Історія розвитку фотограмметрії.	<b>6</b>	2	2	2	4			4
Тема 1.2. Основні властивості кадрового знімка.	<b>10</b>	2	4	4	6			6
Тема 1.3. Системи координат, що використовуються в фотограмметрії. Елементи внутрішнього та зовнішнього орієнтування кадрового знімка.	<b>6</b>	2	2	2	6			6
Тема 1.4. Кути Ейлера та напрямні косинуси. Перетворення координатних систем.	<b>6</b>	2	2	2	6			6
Тема 1.5. Математичні залежності між координатами точок знімка та місцевості.	<b>6</b>	2	2	2	6			6
Тема 1.6. Фотографічний об'єктив, його основні характеристики.	<b>10</b>	2	4	4	6			6
Тема 1.7. Основи аерофотознімання.	<b>10</b>	2	4	4	10	2	2	6
Тема 1.8. Геометричні властивості кадрових знімків.	<b>10</b>	2	4	4	10	2	2	6
<b>Усього</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>46</b>
<i>Змістовий модуль 2. Стереофотограмметрія</i>								
Тема 2.1. Способи спостереження та вимірювання стереомоделі.	<b>6</b>	2	2	2	6			6
Тема 2.2. Теорія пари кадрових знімків.	<b>10</b>	2	4	4	10	2	2	6
Тема 2.3. Побудова фотограмметричної моделі.	<b>10</b>	2	4	4	6			6
Тема 2.4. Прив'язка і дешифрування знімків	<b>10</b>	2	4	4	6			6
Тема 2.5. Аналітична фототріангуляція.	<b>6</b>	2	2	2	6			6
Тема 2.6. Фотограмметричні засічки.	<b>6</b>	2	2	2	4			4
<b>Усього</b>	<b>48</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>34</b>
<b>Усього за семестр</b>	<b>112</b>	<b>28</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>92</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>80</b>

6-й семестр	8-й семестр							
<i>Змістовий модуль 3. Цифрова фотограмметрія</i>								
Тема 3.1. Цифровий фотограмметричний знімок.	10	2	4	4	6			6
Тема 3.2. Фотограмметрична обробка цифрових знімків.	12	4	4	4	10	2	2	6
Тема 3.3. Автоматизація фотограмметричних вимірювань цифрових знімків.	12	4	4	4	6			6
Тема 3.4. Методи створення цифрової моделі поверхні, рельєфу та місцевості за цифровими знімками.	10	2	4	4	10	2	2	6
Тема 3.5. Цифрове трансформування кадрових знімків.	10	2	4	4	4			4
<b>Усього</b>	<b>54</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>28</b>
<i>Змістовий модуль 4. Дистанційне зондування Землі</i>								
Тема 4.1. Загальна модель дистанційного зондування Землі.	12	4	4	4	10	2	2	6
Тема 4.2. Електромагнітне випромінювання та його взаємодія з атмосферою Землі.	6	2	2	2	4			4
Тема 4.3. Відбивальні характеристики об'єктів дистанційного зондування Землі.	10	2	4	4	6			6
Тема 4.4. Спектральні характеристики об'єктів дистанційного зондування Землі.	10	2	4	4	6			6
Тема 4.5. Методи цифрової обробки даних дистанційного зондування Землі.	10	2	4	4	8		2	6
Тема 4.6. Перетворення спектральних яскравостей даних дистанційного зондування Землі.	10	2	4	4	6			6
Тема 4.7. Тематична обробка даних дистанційного зондування.	10	2	4	4	6			6
Тема 4.8. Дослідженням наслідків бойових дій з використанням аерокосмічних знімків	6	2	2	2	6			6
<b>Усього</b>	<b>74</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>52</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>46</b>
<b>Усього за семестр</b>	<b>128</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>48</b>				
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>180</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>154</b>

Примітка: л – лекції, п – практичні заняття, ср – самостійна робота студентів.

## 6. ЗМІСТ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА

### 6.1. Лекції

Тема і зміст лекції	К-ть годин
<i>Змістовий модуль 1.</i> <b>Аналітична фотограмметрія</b>	
1.1. Предмет і задачі фотограмметрії. Історія розвитку фотограмметрії Означення фотограмметрії. Галузі застосування фотограмметрії. Класифікація фотограмметрії. Аналогова, аналітична та цифрова фотограмметрія. Аерофототопографія, прикладна та космічна фотограмметрія. Переваги фотограмметрії над основними методами знімання. Основні задачі, які розв'язує фотограмметрія. Історія розвитку фотограмметрії.	2
1.2. Основні властивості кадрового знімка Зображення предмета в ортогональній та центральній проєкціях. Поняття лінійної перспективи. Елементи центральної проєкції. Перспектива точки і прямої предметної площини. Теорема Шаля. Епюри розкладання та складання	2
1.3. Системи координат, що використовуються в фотограмметрії. Елементи внутрішнього та зовнішнього орієнтування кадрового знімка Система координат вимірювального приладу. Плоска та просторова системи координат аерофотознімків. Ліва система прямокутних координат Гауса. Права прямокутна фотограмметрична система координат. Елементи внутрішнього орієнтування знімка. Елементи зовнішнього орієнтування знімка: лінійні та кутові. Три системи елементів зовнішнього орієнтування знімка	2
1.4. Кути Ейлера та напрямні косинуси. Перетворення координатних систем Перетворення координатних систем. Кути Ейлера. Направні косинуси, матриця напрямних косинусів. Одержання напрямних косинусів. Визначення елементів зовнішнього орієнтування знімка	2
1.5. Математичні залежності між координатами точок знімка та місцевості Визначення координат точки об'єкта з використанням одного знімка. Визначення координат точки знімка при відомих координатах точки об'єкта (для горизонтального і нахиленого знімка), рівняння колінеарності. Залежність між координатами точок горизонтального і нахиленого знімків	2
1.6. Фотографічний об'єктив, його основні характеристики Побудова зображення оптичною системою. Кардинальні точки і площини оптичної системи (фокуси, вузлові та головні точки). Фотографічний об'єктив. Фокусна відстань об'єктива, роздільна здатність, апертурна діафрагма та апертурний кут, відносний отвір, світлосила, кут поля зору та кут поля зображення, глибина різкості фотографічного об'єктива, він'єтування. Класифікація аерофотооб'єктивів. Аберації оптичної системи	2
1.7. Основи аерофотознімання Поняття про аерофотознімання. Різновиди аерофотоапаратів (кадрові, щілинні та панорамні). Будова кадрового аерофотоапарата. Основні технічні вимоги до аерофотознімання. Види аерофотознімання. Носії аерофотознімального обладнання. Спеціальне аерофотознімальне обладнання. Аерофотознімальні роботи. Фотосхеми	2
1.8. Геометричні властивості кадрових знімків Масштаб кадрового знімка (масштаб горизонтального знімка, масштаб у точці нульових спотворень, масштаб планового знімка, середній масштаб планового знімка в довільній точці). Лінійні зміщення на кадровому знімку, спричинені його нахилом і рельєфом місцевості. Фізичні джерела похибок кадрового знімка (дисторсія об'єктива, атмосферна рефракція, кривизна Землі, змаз	2

зображення)	
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>	<b>16</b>
<i>Змістовий модуль 2.</i> <b>Стереофотограмметрія</b>	
2.1. Способи спостереження та вимірювання стереомоделі. Око як оптична система. Монокулярний і бінокулярний зір. Стереоскопічний зір. Способи стереоскопічних спостережень. Способи вимірювання знімків і стереомоделі	2
2.2. Теорія пари кадрових знімків Основні поняття стереофотограмметрії. Елементи зовнішнього орієнтування пари знімків. Елементи взаємного орієнтування: базисна та лінійно-кутова системи елементів взаємного орієнтування пари знімків. Основні формули ідеального випадку знімання. Рівняння взаємного орієнтування. Визначення елементів взаємного орієнтування по стандартним точкам. Строгий спосіб визначення елементів взаємного орієнтування. Невизначеність взаємного орієнтування.	2
2.3. Побудова фотограмметричної моделі Побудова фотограмметричної моделі за стереопарою. Елементи зовнішнього (геодезичного) орієнтування моделі. Геодезичне орієнтування фотограмметричної моделі за опорними точками. Векторизація геометричної моделі об'єкта	2
2.4. Прив'язка і дешифрування знімків Прив'язка аерофотознімків. Поняття про дешифрування. Дешифрувальні ознаки. Роботи з дешифрування. Фізіологічні особливості дешифрування	2
2.5. Аналітична фототріангуляція Класифікація способів аналітичної фототріангуляції. Фототріангуляція методом в'язок. Фототріангуляція методом моделей. Маршрутна фототріангуляція. Спосіб частково залежних моделей, спосіб повністю залежних моделей, спосіб незалежних моделей	2
2.6. Фотограмметричні засічки Пряма фотограмметрична засічка. Обернена фотограмметрична засічка для одного знімка. Подвійна обернена фотограмметрична засічка	2
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>	<b>12</b>
<i>Змістовий модуль 3.</i> <b>Цифрова фотограмметрія</b>	
3.1. Цифровий фотограмметричний знімок Поняття про цифрове зображення. Способи отримання цифрових зображень. Фотограмметричні сканери. Огляд цифрових фотограмметричних знімальних систем. Характеристики цифрового зображення. Перетворення цифрових зображень. Методи покращання характеристик цифрових знімків	2
3.2. Фотограмметрична обробка цифрових знімків. Система координат цифрового знімка з початком у його площині. Спостереження та вимірювання цифрових знімків. Внутрішнє орієнтування цифрового знімка. Вибір точок і побудова фотограмметричних моделей. Побудова та зрівнювання фототріангуляційної мережі	4
3.3. Автоматизація фотограмметричних вимірювань цифрових знімків. Кореляційний метод вимірювання відповідних точок на стереопарі цифрових знімків. Вимірювання відповідних точок за методом найменших квадратів. Обчислення градієнта зображення. Методи, що дають змогу звузити область пошуку відповідних точок на суміжних знімках. Методи автоматичного ототожнення відповідних точок, засновані на виділенні деталей зображення.	4

Детектори характерних точок знімка. Дескриптори характерних точок знімків. Методи ототожнення відповідних точок на парі знімків. Автоматизовані методи монокулярних вимірювань	
3.4. Методи створення цифрової моделі поверхні, рельєфу та місцевості за цифровими знімками Поняття про цифрові моделі об'єкта. Створення цифрової моделі поверхні на основі кореляційного методу ототожнення відповідних точок. Створення регулярної цифрової моделі поверхні за парою знімків на основі кореляційного методу ототожнення відповідних точок. Створення регулярної цифрової моделі поверхні за безліччю знімків на основі кореляційного методу ототожнення відповідних точок. Створення цифрової моделі рельєфу. Створення цифрової моделі місцевості. Математичні моделі відтворення та інтерполяції цифрової моделі рельєфу	2
3.5. Цифрове трансформування кадрових знімків Поняття про трансформування. Призначення та області застосування цифрового трансформування знімків. Вплив похибок ЦМР та похибок кутів нахилу знімка на ортофотознімок. Цифрове ортотрансформування знімків із використанням ЦММ. Створення цифрових фотопланів. Оцінка точності цифрових трансформованих фотознімків і фотопланів	2
<b>Разом за змістовий модуль 3</b>	<b>14</b>
<i>Змістовий модуль 4. Дистанційне зондування Землі</i>	
4.1. Загальна модель дистанційного зондування Землі Означення дистанційного зондування Землі. Спектральний діапазон, що використовується в дистанційному зондуванні. Загальна характеристика систем дистанційного зондування та їх класифікація. Тематичні завдання дистанційного зондування. Джерела відкритих даних дистанційного зондування	4
4.2. Електромагнітне випромінювання та його взаємодія з атмосферою Землі Взаємодія випромінювання з атмосферою. Поглинання та перенесення випромінювання в атмосфері. Розсіювання випромінювання. Розсіювання Релея, Мі та неселективне розсіювання. Принципи атмосферної корекції даних ДЗЗ в оптичному діапазоні	2
4.3. Відбивальні характеристики об'єктів дистанційного зондування Землі Загальні відомості про взаємодію електромагнітного випромінювання з підстильною поверхнею. Альbedo. Типи взаємодії електромагнітного випромінювання Сонця з об'єктами на поверхні Землі. Типи відбиття електромагнітного випромінювання Сонця. Оптичні відбивальні характеристики об'єктів	2
4.4. Спектральні характеристики об'єктів дистанційного зондування Землі Класифікація природних об'єктів за спектральною яскравістю. Криві спектральної відбивальної здатності. Спектральна відбивна здатність ґрунтів. Спектральна відбивна здатність рослинності. Спектральна відбивна здатність снігового покриву. Спектральна відбивна здатність водних поверхонь	2
4.5. Методи цифрової обробки даних дистанційного зондування Землі Загальна характеристика цифрової обробки даних дистанційного зондування Землі. Теоретичні основи географічної прив'язки і трансформування зображень. Ортотрансформування знімків. Створення мозаїки космічних знімків. Рівні обробки знімків основних космічних апаратів. Збільшення просторового розрізнення мультиспектральних космічних знімків. Основні формати космічних знімків. Програмне забезпечення для роботи з даними	2

дистанційного зондування	
4.6. Перетворення спектральних яскравостей даних дистанційного зондування Землі Спектральний простір і дешифрувальні ознаки. Синтез зображень і аналіз головних компонент. Перетворення Tasseled Cap. Інтерпретація знімків Landsat. Основні методи перетворення вихідних спектральних ознак. Вегетаційні індекси, їх перелік та формули визначення	2
4.7. Тематична обробка даних дистанційного зондування Алгоритми класифікації. Правила і типи автоматизованої класифікації. Алгоритми контрольованої класифікації. Алгоритми неконтрольованої класифікації. Алгоритми кластеризації. Оцінювання результатів класифікації	2
4.8. Дослідженням наслідків бойових дій з використанням аерокосмічних знімків. Використання текстурного аналізу оптичних знімків для виявлення наслідків бойових дій. Матриця співпадінь рівнів сірого (GLCM). Аналіз змін амплітуди та фазової когерентності радарних знімків SAR для виявлення наслідків бойових дій.	2
<b>Разом за змістовий модуль 4</b>	<b>18</b>
<b>Всього</b>	<b>60</b>

## 6.2. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. Аналітична фотограмметрія</i>		
1	Знімок як центральна проекція.	2
2	Побудова перспективних зображень.	4
3	Оцінка якості матеріалів аерофотознімання.	2
4	Введення поправок за кут нахилу аерознімка та за рельєф місцевості	2
5	Визначення масштабу аерознімка. Проведення вимірів на аерознімку	2
6	Розрахунок і проектування аерофотознімальних маршрутів	4
7	Камеральна прив'язка знімків	4
8	Камеральне дешифрування	4
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>		<b>24</b>
<i>Змістовий модуль 2. Стереофотограмметрія</i>		
1	Призначення та будова ЦФС «Дельта»	2
2	Структура програмного забезпечення ЦФС «Дельта»	4
3	Підготовчі роботи до орієнтування знімків на ЦФС «Дельта»	4
4	Внутрішнє орієнтування знімків	4

5	Взаємне орієнтування знімків та побудова моделі об'єкту	2
6	Зовнішнє орієнтування моделі об'єкту	2
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>		<b>18</b>
<i>Змістовий модуль 3. Цифрова фотограмметрія</i>		
1	Стереоскопічний збір контурів по моделі об'єкту.	4
2	Стереоскопічний збір рельєфу по моделі об'єкту.	4
3	Побудова цифрової моделі рельєфу. Інтерполяція горизонталей	4
4	Редагування геометрії об'єктів на ЦФС «Дельта»	4
5	Виконання фототріангуляції на ЦФС «Дельта»	4
<b>Разом за змістовий модуль 3</b>		<b>20</b>
<i>Змістовий модуль 4. Дистанційне зондування Землі</i>		
1	Знайомство з інтерфейсом ERDAS IMAGINE. Початок роботи з растровими зображеннями	4
2	Синтезування кольорового зображення. Інтерпретація космічних знімків супутників Landsat і WorldView	2
3	Основні перетворення, що застосовуються для покращення візуалізації зображень у ERDAS IMAGINE	4
4	Використання профільних інструментів для топографічного аналізу	4
5	Радіометричне калібрування космічних знімків	4
6	Координатна прив'язка та геометричне трансформування знімків	4
7	Побудова мозаїки космічних знімків в ERDAS IMAGINE	4
8	Дослідження наслідків бойових дій з використанням текстурного аналізу оптичних знімків.	2
<b>Разом за змістовий модуль 4</b>		<b>28</b>
<b>Всього</b>		<b>90</b>

### 6.3. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. Аналітична фотограмметрія</i>		
1	Історія появи фотографії. Принципи створення фотографій.	2
2	Принципи створення сканерних знімків.	4
3	Трансформування знімків. Методи трансформування знімків	2
4	Фотоплан та фотосхеми	2
5	Ортофотоплан. Методи створення ортофотопланів.	2
6	Конструктивні особливості та класифікація АФА	4
7	Конструктивні особливості та класифікація АФА	4



8	Призначення та особливості будови аналітичних фотограмметричних приладів	4
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>		<b>24</b>
<i>Змістовий модуль 2. Стереофотограмметрія</i>		
1	Конструктивні особливості будови та програмне забезпечення цифрових фотограмметричних станцій	2
2	Призначення, принципи роботи та будова фотограмметричного сканера «Дельта».	4
3	Формати растрових даних. Програмний модуль DIPedit	4
4	Особливості опрацювання даних БПЛА.	4
5	Принципи побудови вільної мережі фототріангуляції.	2
6	Побудова, зовнішнє орієнтування та зрівнювання мережі фототріангуляції методом зв'язок	2
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>		<b>18</b>
<i>Змістовий модуль 3. Цифрова фотограмметрія</i>		
1	Орієнтування окремого знімка та підготовка його для збору цифрової інформації на ЦФС «Дельта»	4
2	Побудова горизонталей по регулярній сітці ЦМР на ЦФС «Дельта»	4
3	Векторизація рельєфу топографічної карти на ЦФС «Дельта».	4
4	Визначення об'єму чаші кар'єру на ЦФС «Дельта»	4
5	Обробка даних БПЛА на ЦФС «Дельта»	4
<b>Разом за змістовий модуль 3</b>		<b>20</b>
<i>Змістовий модуль 4. Дистанційне зондування Землі</i>		
1	Основи польоту штучних супутників Землі.	4
2	Газовий склад і структура атмосфери	2
3	Розсіювання шорсткою поверхнею	4
4	Спектральні відбивальні властивості ґрунтів	4
5	Етапи обробки даних Sentinel-2	4
6	Основи методу головних компонент (Principal Component Analysis)	4
7	Метод машинного навчання Random Forest	4
8	Чутливість зворотного розсіювання радарних даних до характеристик будівель, зруйнованих внаслідок бойових дій	2
<b>Разом за змістовий модуль 4</b>		<b>28</b>
<b>Всього годин</b>		<b>90</b>

**Примітка:** У розрахунку годин на виконання самостійної роботи передбачено час на виконання індивідуального завдання.

#### **6.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань**

Кожен студент за індивідуальним завданням, отриманим від викладача, виконує наступні роботи з оформленням презентації у програмі Microsoft Office PowerPoint:

1. Розвиток фотограмметрії в Україні.
2. Розвиток дистанційного зондування в Україні.
3. Принципи обробки сканерних знімків.
4. Принципи отримання радіолокаційних знімків.
5. Наземне фотограмметричне знімання.
6. Наземне лазерне сканування.
7. Повітряне лазерне сканування.
8. Застосування фотограмметрії в архітектурі.
9. Інерційні навігаційні системи.
10. Будова цифрових камер.

#### **6.5. Тематика курсових робіт**

1. Розрахунок та проектування аерофотознімання заданої території для створення топографічної карти масштабу 1:25 000.
2. Аналіз виявлення змін площ лісів на заданій території за оптичними даними Landsat.
3. Аналіз виявлення змін площ лісів на заданій території за радарними даними Sentinel-1.

### **7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

Методи навчання ґрунтуються на принципах студентоцентризму та індивідуально-особистісного підходу; реалізуються через навчання на основі досліджень, посилення практичної орієнтованості та творчої спрямованості у формі комбінації лекцій, практичних занять, самостійної роботи з використанням елементів дистанційного навчання, в тому числі в системі Moodle, тренінгів, інтерактивних методів навчання, мозковий штурм, круглі столи, аналіз ситуацій, командної та індивідуально-консультаційної роботи, робиться акцент на саморозвиток особистості та проблемно-орієнтоване навчання.

Під час лекційного курсу застосовуються слайдові презентації у програмі Microsoft Office PowerPoint, лекції-візуалізації, роздатковий матеріал, дискусійне обговорення проблемних питань. Практичні заняття проводяться у вигляді семінарів-практикумів з виконанням ситуаційних та розрахункових завдань – індивідуальних та в групах; тренінгові вправи, розбір конкретних ситуацій, виконання групових проєктів.

У разі дистанційного і змішаного навчання використовуються навчальна платформа Moodle Білоцерківського НАУ, онлайн-платформи ZOOM, Google Meet, електронна пошта, мобільні додатки Viber, Telegram.

## **8. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ**

Успішність студента оцінюється шляхом проведення поточного, модульного та підсумкового контролю.

Поточний контроль знань студентів з навчальної дисципліни проводиться в усній та письмовій формі.

Поточне оцінювання знань студентів здійснюється під час проведення лекційних та практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Об'єктами поточного контролю є:

- активність та результативність роботи студента протягом семестру щодо вивчення програмного матеріалу дисципліни;
- виконання завдань на практичних заняттях;
- виконання індивідуальних та самостійних завдань.

Модульний контроль рівня знань передбачає виявлення рівня опанування студентом матеріалу змістового модуля та вміння застосувати теоретичні знання для вирішення практичної ситуації.

Кількість отриманих балів з кожного виду навчальних робіт за різними формами поточного контролю виставляється студентам у журнал академічної групи та електронний журнал після кожного контрольного заходу.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів здійснюється на заліку.

## **9. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ**

Оцінка за лекційне заняття виставляється за активність студента в дискусії.

Оцінку на практичному занятті студент отримує за виконані командні проєкти, зроблені доповіді, презентації, есе, активність під час дискусій.

Під час модульного контролю засобом оцінювання є контрольна робота. Контроль здійснюється за трьома складовими: лекційною (теоретичною), практичною (проблемні завдання) та самостійною роботою.

## 10. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль успішності здобувачів вищої освіти здійснюється за чотирирівневою шкалою – «2», «3», «4», «5».

### Критерії оцінювання результатів навчання за чотирирівневою шкалою

Бали	Критерії оцінювання
«Відмінно»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано завдання. Водночас здобувач вищої освіти має продемонструвати вміння аналізувати і оцінювати явища, факти і процеси, застосовувати наукові методи для аналізу конкретних ситуацій, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів, докладно обґрунтувати свої твердження та висновки.
«Добре»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано 75% завдань. Водночас здобувач вищої освіти виявляє вміння аналізувати і оцінювати явища, факти і події, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів та докладно обґрунтувати свої твердження та висновки.
«Задовільно»	Отримують за роботу, в якій правильно виконано 60% завдань. При цьому здобувач вищої освіти не виявив вміння аналізувати і оцінювати явища, факти та недостатньо обґрунтував твердження та висновки, недостатньо впевнено орієнтується у навчальному матеріалі.
«Незадовільно»	Отримують за роботу, в якій виконано менш як 60% завдань. При цьому здобувач вищої освіти демонструє невміння аналізувати явища, факти, події, робити самостійні висновки та їх обґрунтувати, що свідчить про те, що студент не оволодів програмним матеріалом.

Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою. Вона обчислюється як сума балів з поточного, модульного та підсумкового контролю.

Сума балів з поточного контролю визначається як середнє арифметичне значення (САЗ) всіх отриманих студентом оцінок за такою формулою:

$$БПК = \frac{САЗ \times \max ПК}{5},$$

де *БПК* – бали з поточного контролю; *САЗ* – середнє арифметичне значення усіх отриманих студентом оцінок (з точністю до 0,01); *max ПК* – максимально можлива кількість балів з поточного контролю.

Відсутність студента на занятті у формулі приймається як «0».

### Критерії оцінювання за дворівневою шкалою

Під час проведення заліку навчальні досягнення студентів оцінюються за дворівневою шкалою: зараховано, незараховано.

Оцінка «зараховано» (60–100 балів) ставиться студентові, який виявив знання основного навчального матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання і майбутньої роботи за фахом, здатний виконувати завдання, передбачені програмою, ознайомлений з основною

рекомендованою літературою; під час виконання завдань припускається помилок, але демонструє спроможність їх усувати.

Оцінка «незараховано» (1–59 балів) ставиться студентові, який допускає принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може продовжити навчання чи розпочати професійну діяльність без додаткових занять з відповідної дисципліни.

### Розподіл балів, що присвоюється здобувачам вищої освіти за підсумкового контролю «залік»

Види робіт	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Модульний контроль	ІНДЗ	Загальний бал
Максимально можлива кількість балів	10	30	10	40	10	100

### Шкала оцінювання успішності здобувачів вищої освіти

За 100-бальною шкалою	За шкалою ECTS	За національною шкалою	
		іспит	залік
90–100	A	Відмінно	Зараховано
82–89	B	Добре	
75–81	C		
64–74	D	Задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	Незадовільно (не зараховано) з можливістю повторного складання	
1–34	F	Незадовільно (не зараховано) з обов'язковим повторним вивченням	

## 11. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

### *Наочні засоби:*

1. Слайдові презентації у програмі Microsoft Office Power Point;
2. Інформаційні стенди у навчальній аудиторії;
3. Нормативно-технічна документація;
4. Зразки оформлення проєктів.

## 12. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна

1. Дистанційне зондування з основами фотограмметрії. Навчальний посібник / В. В. Білоус, С. П. Боднар, Т. М. Курач, А. М. Молочко, Г. О. Патиченко, І. О. Плісецька; упоряд. Т. М. Курач. – Київ:

- Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. – 367 с.
2. Дорожинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія: підручник. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2008. – 332 с.
  3. Іванова Л.І., Єгоров О.І. Основи фотограмметрії: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2002. – 156 с.
  4. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі. Теоретичні основи. Підручник / передм. Д. О. Мельничука. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.

#### **Допоміжна**

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. Монографія. За ред. В.І. Лялька і М.О. Попова. – Київ: Наукова думка, 2006. – 358 р.
2. Байрак Г.Р., Муха Б.П. Дистанційні дослідження Землі. Навчальний посібник. – Львів, Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 712 с.
3. Бурштинська Х.В. Аерокосмічні знімальні системи: навч. посібник/ Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 316 с.
4. Дорожинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія / О.Л. Дорожинський. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2002. – 163 с.
5. Дорожинський О.Л. Основи фотограмметрії: Підручник. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2003. – 214 с.
6. Зацерковний В. І. Дистанційне зондування Землі. Фізичні основи : навч. посіб. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2018. – 380 с.
7. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98).
8. Краус К. Фотограмметрія. Том 1. Основи та стандартні методи. – Львів: Львівське астрономо-геодезичне товариство, 2001. – 429 с.
9. Манойлов В.П., Омельчук В.В., Опанюк В.В. Дистанційне зондування Землі із космосу: науково-технічні основи формування й обробки видової інформації: Монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 384 с.
10. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування: навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – 316 с.
11. Chandra A. M., Ghosh S. K. Remote Sensing and Geographic Information System. Second edition, 2015. – 310 p.
12. Rees G. Physical principles of remote sensing. Third Edition, 2012. – 494 p.
13. Schowengerdt R. A. Remote Sensing Models and Methods for Image Processing. Third Edition, 2006. – 560 p.
14. Tou J. T., Gonzalez R. C. Pattern Recognition Principles, 1974. – 396 p.

**Інформаційні ресурси**

1. <https://eos.com/>
2. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
3. [www.vingeo.com](http://www.vingeo.com)
4. <https://earthengine.google.com/>
5. <https://glovis.usgs.gov/>
6. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
7. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-data-access>
8. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>