

Свідзінська Д.В.

Дистанційне зондування Землі

Навчально-методичний комплекс

Київ – 2021

УДК 528.8

Рецензенти:

д. геогр. н. Гродзинський М.Д.

к. геогр. н. Корогода Н.П.

Затверджено на засіданні кафедри фізичної географії та геоекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 6 від 08.12.2021)

Рекомендовано до друку Науково-методичною комісією географічного факультету (протокол № 9 від 10.12.2021 р.)

Схвалено Вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 5 від 14.12.2021 р.)

Свідзінська Д.В.

Дистанційне зондування землі: навчально-методичний комплекс (електронна версія). – Київ, 2021. – 22 с. [10.5281/zenodo.6373212](https://zenodo.org/record/6373212)

Вступ	5
1. Робоча програма навчальної дисципліни	6
1.1 Мета дисципліни	6
1.2 Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни	6
1.3 Анотація навчальної дисципліни	6
1.4 Завдання вивчення дисципліни	6
1.5 Результати навчання за дисципліною	7
1.6 Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання	9
1.7 Схема формування оцінки	10
1.7.1 Форми оцінювання студентів	11
Семестрове оцінювання	11
Умови допуску до іспиту	11
Підсумкове оцінювання у формі іспиту	11
1.7.2. Шкала відповідності	12
1. 8 Структура навчальної дисципліни	12
2. План лекцій	14
Лекція 1. Вступ до дистанційного зондування Землі	14
Лекція 2. Фізичні основи дистанційного зондування Землі	14
Лекція 3. Базовий аналіз мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі	14
Лекція 4. Поглиблений аналіз мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі	15
Лекція 5. Огляд космічної програми Landsat	15
Лекція 6. Огляд космічної програми Sentinel	15
Лекція 7. Прикладні аспекти використання мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі	16
3. План лабораторних занять	17
Частина 1. Основи ДЗЗ	17
Лабораторна робота 1. Спектральні криві	17
Лабораторна робота 2. Підбір та аналіз ДДЗ з онлайн-каталогом EO Browser	17
Частина 2. Робота з ДДЗ Landsat в QGIS	17
Лабораторна робота 3. Підбір та завантаження даних Landsat з онлайн-каталогом EarthExplorer	17
Лабораторна робота 4. Базова підготовка даних Landsat	17
Лабораторна робота 5. Перерахунок квантифікованих значень у фізичні величини з контролем якості	17
Лабораторна робота 6. Аналіз та інтерпретація композитних зображень і спектральних індексів	18
Лабораторна робота 7. Аналіз та інтерпретація термальних каналів	18
Частина 3. Робота з ДДЗ Sentinel 2 в SNAP Toolbox	18
Лабораторна робота 8. Каталог Copernicus Open Access Hub	18
Лабораторна робота 9. Первинна підготовка даних Sentinel 2 в SNAP toolbox	18
Лабораторна робота 10. Підготовка та візуалізація композитів	19

Лабораторна робота 11. Контрольована класифікація: підготовка сигнатур та контрольних вибірок	19
Лабораторна робота 12. Контрольована класифікація: проведення класифікації та оцінка якості	19
Частина 4. Робота в Google Earth Engine	19
Лабораторна робота 13. Основи роботи в GEE	19
Лабораторна робота 14. Аналіз часових рядів даних в GEE	19
4. Завдання для самоперевірки та контролю	20
4.1 Завдання для самоперевірки	20
4.2 Приклади завдань модульного та підсумкового контролю	21
5. Перелік рекомендованих джерел	22
5.1 Основна література	22
5.2 Додаткова література	22
5.3 Інтернет-джерела	22

Вступ

Навчально-методичний комплекс описує цілісний навчальний процес із дисципліни «Дистанційне зондування Землі», яка викладається студентам Освітньої програми «Транскордонне екологічне співробітництво» освітнього рівня бакалавр, спеціальності 106 – Географія, галузі знань 10 – Природничі науки. Навчальна дисципліна входить до обов'язкових компонентів освітньої програми і викладається в 6 семестрі в обсязі 3 кредитів (14 год. лекцій, 28 год. лабораторних та 46 год. самостійної роботи) і завершується іспитом.

Навчально-методичний комплекс описує наступні складові навчального матеріалу:

1. Робочу програму навчальної дисципліни
2. План лекцій
3. План лабораторних занять
4. Завдання для самоперевірки
5. Перелік рекомендованих джерел

Навчальний матеріал, структурований на навчальні елементи відповідно до його засвоєння та описує заплановані результати навчання, яких має досягти здобувач вищої освіти, а саме:

- знання, які він має засвоїти;
- практичні вміння, якими він має оволодіти в процесі вивчення дисципліни;
- інструментарій, який він має застосовувати для досягнення мети.

Крім того, в навчально-методичному комплексі подано інформацію щодо способів засвоєння навчального матеріалу, методів контролю та самоконтролю, пояснення щодо системи (форми та організація) оцінювання результатів навчання.

1. Робоча програма навчальної дисципліни

1.1 Мета дисципліни

Мета дисципліни – забезпечити опанування глибоких теоретичних знань та практичних навичок з аналізу та інтерпретації даних дистанційного зондування необхідних для комунікації, кооперації, поширення інформації та управління міждисциплінарними проектами, що дають можливість розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі територіального планування та природокористування.

1.2 Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни

- 1) Успішне опанування дисциплін «Навчальна практика з методів набуття географічної інформації», «Навчальна практика з методів обробки географічної інформації», «Географічні інформаційні системи», «Географічні інформаційні технології»;
- 2) Знати основні властивості растрових геоданих, геофізичні та оптичні властивості компонентів ландшафту;
- 3) Вміти давати комплексну фізико-географічну характеристику території, здійснювати підбір та критичний аналіз інформаційних та картографічних джерел даних;
- 4) Знати сучасні кількісні та якісні методи географічних досліджень, вміти їх застосовувати у виробничій та науково-дослідницькій діяльності; вміти моделювати об'єкти і процеси, застосовуючи сучасні кількісні та якісні методи та геоінформаційні технології.

1.3 Анотація навчальної дисципліни

Дана навчальна дисципліна присвячена вивченню основних теоретико-методологічних засад дистанційного зондування та прикладним аспектам застосування дистанційних методів до вивчення ландшафтів, їх компонентів, оцінки екологічного стану та експертного прогнозування їх змін. Дисципліна спрямована на формування у студентів навичок пошуку, критичного оцінювання, підготовки, організації та аналізу ДДЗ з метою вирішення теоретико-методологічних та прикладних проблем в галузі географії.

Функціональний блок дисципліни передбачає знайомство з основними видами та джерелами ДДЗ, роботу з ДДЗ Landsat та Sentinel, їх похідними продуктами, програмним забезпеченням та алгоритмами, що використовуються в сучасній практиці обробки ДДЗ.

1.4 Завдання вивчення дисципліни

Полягають у здатності:

- 1) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-1);
- 2) Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК-4);
- 3) Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-5);
- 4) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК-7);
- 5) Здатність працювати автономно (ЗК-9);

- 6) Здатність інтегрувати польові та лабораторні спостереження з теорією у послідовності: від спостереження до розпізнавання, синтезу і моделювання (СК-6);
- 7) Самостійно досліджувати природні матеріали та статистичні дані в польових і лабораторних умовах, описувати, аналізувати, документувати і презентувати результати (СК-8);
- 8) Здатність ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти у географічній оболонці, їх властивості та притаманні ним процеси (СК-10);
- 9) Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах (СК-11).

1.5 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 (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Роль та перспективи дистанційного підходу в природничих дослідженнях. Переваги дистанційних матеріалів порівняно з іншими джерелами інформації в галузі географії. Основні складові процесу ДЗ. ДЗЗ як наука, технологія, індустрія.	<i>лекція, лабораторне заняття</i>	<i>тест, виконання аналітично-розрахункових лабораторних робіт</i>	5%
1.2	Фізичні основи ДЗЗ. Поняття електромагнітного спектра. Властивості ЕМ-хвиль та основні діапазони, що використовуються в ДЗЗ.	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
1.3	Космічна програма Landsat: історія та загальна характеристика, супутники та сенсори, основні формати постачання даних. Перспективи розвитку	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
1.4	Космічна програма Sentinel: історія та загальна характеристика, супутники та сенсори, основні формати постачання даних. Перспективи розвитку	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
1.5	Основні підходи до обробки та методи аналізу ДЗЗ. Спектральні індекси. Тематична класифікація.	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%

1.6	Прикладні аспекти застосування ДДЗ в фізичній-географії. ДДЗ для метеорологічних, гідрологічних, геологічних, геоморфологічних досліджень.	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
1.7	Прикладні аспекти застосування ДДЗ для вивчення рослинності та лісового покриву. Дані GlobalForestChange.	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
1.8	Прикладні аспекти застосування ДДЗ в територіальному плануванні та дослідженнях міського середовища (озеленення, міський острів тепла, атмосферне повітря).	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
1.9	Перспективи розвитку дистанційних досліджень. Хмарні аналітичні платформи та великі дані.	<i>лекція, лабораторне заняття</i>		5%
2.1	Застосовувати критичне мислення, аналіз і синтез інформації з природничої географії, шукати, обробляти та аналізувати інформацію та ДДЗ з різних джерел	<i>лабораторне заняття, аналітична робота</i>	<i>тест, виконання лабораторних аналітично-розрахункових робіт</i>	до 35%
2.2	Застосовувати ДДЗ для характеристики географічної оболонки та її складових, оцінки стану довкілля	<i>лабораторне заняття, аналітична робота</i>		
2.3	Застосовувати базові знання природничих і суспільних наук та інформаційних технологій при пошуку, обробці та аналізі ДДЗ	<i>лабораторне заняття, аналітична робота</i>		
2.4	Застосовувати результати природничо-географічних досліджень за ДДЗ як основу для прогнозування розвитку навколишнього природного середовища у майбутньому	<i>лабораторне заняття, аналітична робота</i>		
2.5	Самостійно досліджувати, аналізувати просторово-часові зміни у геокомпонентах за часовими рядами ДДЗ	<i>лабораторне заняття, аналітична робота</i>		

2.6	Кількісно і якісно характеризувати стан природного середовища та напрямки зміни геокомпонентів за ДДЗ	лабораторне заняття, аналітична робота		
3.	комунікація: здатність до командної роботи і міжособистісної комунікації в процесі геопросторового аналізу за ДДЗ та пошуку компромісних рішень	лабораторне заняття, презентація, вирішення конкретних задач та ситуацій	виконання лабораторних аналітично-розрахункових робіт	до 10%
4 автономність та відповідальність: продемонструвати розуміння особистої відповідальності за професійні та/або управлінські рішення при:				
4.1	аналізі та прийнятті рішень щодо оцінки стану компонентів навколишнього природного середовища	лабораторне заняття, дискусія, вирішення конкретних задач та ситуацій	виконання лабораторних аналітично-розрахункових робіт, дискурс, іспит.	до 10%
4.2	аналізі та прийнятті рішень щодо прогнозування зміни компонентів навколишнього природного середовища та розробки рекомендацій для природоохоронного менеджменту та екологічного моніторингу			

1.6 Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3	4
Результати навчання (назва)																	
Р02. Знати і розуміти основні види географічної діяльності, їх поділ в цілому та зокрема в галузі транскордонного екологічного співробітництва.	+	+	+		+	+	+	+	+	+							

- результати навчання – 3 (комунікація) - до 10%;
- результати навчання – 4 (автономність та відповідальність) - до 10%.

1.7.1 Форми оцінювання студентів

Заняття проводять у вигляді лекцій та лабораторних. Завершується дисципліна іспитом.

Семестрове оцінювання

Кількість балів, що студент отримує протягом семестру є сумою балів, що були отримані при оцінюванні виконаних лабораторних робіт, опитування та написання модульних контрольних робіт.

Організація оцінювання: опитування у тестовій та письмовій формі проводиться після завершення викладання кожної теми. Лабораторні роботи захищаються по виконанню, відповідно до графіка проведення лабораторних занять.

Модульні контрольні роботи (МКР) проводяться у тестовій формі. Студенти, які отримали за МКР меншу за мінімально передбачену кількість балів, перескладають її.

Оцінювання за формами контролю

	ЗМ1		ЗМ2	
	<i>Min. – 18 балів</i>	<i>Max.– 30 балів</i>	<i>Min. – 18 балів</i>	<i>Max.– 30 балів</i>
Опитування	«1» x 5 = 5	«2» x 5 = 10	«1» x 5 = 5	«2» x 5 = 10
Лабораторні роботи	«2» x 5 = 10	«3» x 15 = 15	«2» x 5 = 10	«3» x 15 = 15
Модульна контрольна робота *	«3» x 1 = 3	«5» x 1 = 5	«3» x 1 = 3	«5» x 1 = 5
<p>«1» мінімальна/максимальна оцінку, яку може отримати студент 1 - мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань. * – усі модульні контрольні роботи (МКР) мають розрахунково-аналітичний характер</p>				

Умови допуску до іспиту

Рекомендований мінімум для допуску – 36 балів. Для студентів, які набрали сумарно меншу від 36 балів (рекомендований мінімум) кількість, обов'язковою умовою для отримання допуску до іспиту є написання рефератів по питанням пропущених чи недостатньо засвоєних тем.

Підсумкове оцінювання у формі іспиту

Проводиться в письмовому форматі. Максимальна кількість балів на іспиті – 40, мінімальна кількість балів, що додаються до семестрових – 24 (60% максимальної кількості балів, відведених на іспит).

При простому розрахунку отримуємо:

	Змістовий модуль1	Змістовий модуль2	Іспит	Підсумкова оцінка

Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

Загалом формування оцінки спирається на [«Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка»](#), введеного в дію наказом № 716-32 від 31 серпня 2018 року.

Кінцеві терміни виконання цих завдань:

теми 1-4 – до 15 березня,

теми 5-7 – до 15 травня.

1.7.2. Шкала відповідності

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

1. 8 Структура навчальної дисципліни

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні заняття	самост. робота
Змістовий модуль 1. «Основи ДЗЗ»				
1	Тема 1. Вступ до ДЗЗ	2	4	6
2	Тема 2. Фізичні основи ДЗЗ	2	4	6
3	Тема 3. Базовий аналіз мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі	2	4	6
4	Тема 4. Поглиблений аналіз мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі	2	4	7
Всього за ЗМ 1		8	16	25
Змістовий модуль 2. «Прикладні аспекти ДЗЗ»				
5	Тема 5. Огляд космічної програми Landsat	2	4	7
6	Тема 6. Огляд космічної програми Sentinel	2	4	7
7	Тема 7. Прикладні аспекти використання мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі	2	4	7
Всього за ЗМ 2		6	12	21
	РАЗОМ	14	28	46

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:
лекцій – 14 год.; лабораторні заняття – 24 год,
самостійна робота – 46 год.

2. План лекцій

Лекція 1. Вступ до дистанційного зондування Землі

1. ДЗЗ – еволюція та сучасний зміст поняття
Поняття ДЗЗ. Тренди та фактори розвитку галузі ДЗЗ.
2. Складові ДЗЗ
ДЗЗ як наука, технологія та індустрія. Процес ДЗЗ та його компоненти.
3. Переваги дистанційного моніторингу довкілля
Інформативність. Просторова оглядовість. Повторюваність та динамічність. Неабстрагованість та об'єктивність. Стандартизованість.

Лекція 2. Фізичні основи дистанційного зондування Землі

1. Поняття електромагнітного спектру
Властивості електромагнітних хвиль. Спектр електромагнітних хвиль.
2. Основні діапазони електромагнітного спектру в оптичному ДЗЗ
Ультрафіолетовий. Видимий. Близький інфрачервоний. Дальній інфрачервоний. Мікрохвильовий.
3. Коефіцієнт яскравості та крива відбивальної здатності
Поняття коефіцієнту спектральної яскравості. Крива відбивальної здатності як спосіб характеристики спектральних властивостей об'єкта. Особливості спектральних кривих різних об'єктів – штучні поверхні та ґрунти, рослинність, водні поверхні, сніг та крига.
4. Типи сенсорів
Поняття сенсора в ДЗЗ. Вплив технічних характеристик сенсора на параметри знімання. Пасивні та активні сенсори. Мульти- та гіперспектральне ДЗЗ.
5. Типи роздільної здатності
Поняття роздільної здатності. Просторова роздільна здатність. Часова роздільна здатність. Спектральна роздільна здатність. Радіометрична роздільна здатність.

Лекція 3. Базовий аналіз мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі

1. Рівні обробки даних та їх підготовка до аналізу.
Поняття та характеристика основних рівнів обробки ДДЗ (рівні 0, 1, 2). Доступні рівні обробки даних Landsat та Sentinel. Файли контролю якості – зміст, призначення та особливості використання.
2. Композитні зображення та візуальна інтерпретація ДДЗ.
Поняття композитного зображення. Основні комбінації каналів в композитних зображеннях та їх специфіка у визначенні характерних рис земної поверхні. Особливості відображення та інтерпретації класів земельного покриття в різних комбінаціях спектральних каналів.
3. Спектральні індекси.

Поняття спектрального індекса та його властивості. Вегетаційні індекси – властивості та типологія. Застосування спектральних індексів для сільського та лісового господарства, ґрунтознавства, моніторингу пожеж, ґрунтознавства, моніторингу поверхневих вод.

Лекція 4. Поглиблений аналіз мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі

1. Тематична класифікація ДДЗ.
Поняття тематичної класифікації ДДЗ. Розпізнавання спектральних образів: спектральні та тематичні класи.
2. Неконтрольована класифікація (без навчання).
Поняття та призначення класифікації без навчання. Найбільш популярні алгоритми неконтрольованої класифікації (метод k-середніх, алгоритм сходження на вершину) та їх обмеження. Інтерпретація та контроль якості результатів неконтрольованої класифікації.
3. Контрольована класифікація (з навчанням).
Поняття та призначення контрольованої класифікації. Особливості визначення тематичних класів для контрольованої класифікації. Процес визначення еталонних ділянок та формування навчальних вибірок. Власне класифікація та її алгоритми. Оцінка якості результатів класифікації.
4. Машинне навчання та обробка великих даних ДЗЗ.
Великі дані в ДЗЗ – основні стимули та тренди розвитку. Машинне навчання для розпізнавання образів. Приклади деяких проєктів на основі автоматизованого аналізу великих ДДЗ. Переваги та недоліки використання методів машинного навчання в обробці ДДЗ.

Лекція 5. Огляд космічної програми Landsat

1. Загальна характеристика космічної програми Landsat
Історія розвитку космічної програми Landsat. Відкриття архіву даних Landsat як стимул розвитку науки та індустрії. Ключові напрямки використання даних Landsat. Тренди та перспективи розвитку програми.
2. Супутники програми Landsat.
Основні дати місії Landsat. Технічні характеристики сенсорів першого покоління (Landsat 1-3). Технічні характеристики сенсорів другого покоління (Landsat 4-7). Технічні характеристики сенсорів третього покоління (Landsat 8-9).
3. Дані Landsat – особливості доступу, рівні обробки та похідні продукти.
Структура та зміст даних 2^{го} рівня обробки: Метадані; Основні дані; Допоміжні дані; Дані для контролю якості. Похідні тематичні продукти: Global Forest Change; Global Surface Water Explorer; Global Surface Water Dynamics; Global Cropland Expansion.

Лекція 6. Огляд космічної програми Sentinel

1. Загальна характеристика космічної програми Sentinel.
Історія розвитку космічної програми Sentinel. Умови поширення даних та їх вплив на розвиток індустрії. Ключові напрямки використання даних Sentinel. Тренди та перспективи розвитку програми.

2. Супутники програми Sentinel.
Супутники Sentinel 1 – інструменти та призначення. Супутники Sentinel 2 – інструменти та призначення. Супутники Sentinel 3 – інструменти та призначення. Супутники Sentinel 4 – інструменти та призначення. Супутники Sentinel 5 та 5P – інструменти та призначення. Супутники Sentinel 6 – інструменти та призначення. Майбутні пріоритетні місії Sentinel: гіперспектральна місія CHIME; мікрохвильовий радіометр CIMR; інструмент моніторингу антропогенного вуглецю CO₂M; альтиметр топографії полярного льодового покриву та снігового покриву CRISTAL; інструмент моніторингу температури поверхні LSTM, радар ROSE-L.
3. Дані Sentinel – особливості доступу та рівні обробки.
Типи використання та доступні сервіси: Copernicus Open Access Hub; Collaborative Hub; International Hub; Copernicus Services Hub. Огляд продуктів даних для: Sentinel 1; Sentinel 2; Sentinel 3; Sentinel 5P. Програмне забезпечення Європейського космічного агентства для роботи з даними Sentinel.

Лекція 7. Прикладні аспекти використання мультиспектральних даних оптичного дистанційного зондування Землі

1. Використання ДДЗ в лісовому господарстві.
Моніторинг рубок. Визначення складу лісових порід. Картографування та оцінка наслідків пожеж.
2. Використання ДДЗ в сільському господарстві.
Моніторинг розвитку сільськогосподарських культур. Оцінка тепло- та вологозабезпеченості посівів. Картографування проявів ерозії. Підтримка точного землеробства.
3. ДДЗ для моніторингу надзвичайних ситуацій.
Моніторинг та оцінка наслідків повеней. Моніторинг та оцінка наслідків пожеж.
4. ДДЗ для вивчення змін клімату.
Оцінка та картографування змін кліматичних параметрів. Оцінка та картографування змін снігового та льодового покриву. Картографування змін гідрологічних об'єктів та режиму зволоження.
5. ДДЗ для дослідження урбанізованих територій.
Вивчення феномену міського острова тепла. Дослідження особливостей розвитку міст. Оцінка рівня забруднення повітря.

3. План лабораторних занять

Частина 1. Основи ДЗЗ

Лабораторна робота 1. Спектральні криві

1. Каталоги спектральних бібліотек:
 - Геологічна служби США <https://crustal.usgs.gov/speclab/QueryAll07a.php>
 - бібліотека ECOSTRESS <https://speclib.jpl.nasa.gov/>
2. Вибір спектрів для порівняння та завантаження даних спектральних вимірювань.
3. Побудова спектральних кривих за даними спектрів.
4. Порівняльна характеристика спектрів об'єктів дослідження.

Лабораторна робота 2. Підбір та аналіз ДДЗ з онлайн-каталогом EO Browser

1. EO Browser – призначення, можливості та основні елементи інтерфейсу
2. Пошук ДДЗ на територію дослідження та їх візуалізація
3. Порівняльний аналіз ДДЗ
4. Візуалізація змін у часі (time-lapse)
5. Статистичний аналіз даних
6. Розширені можливості EO Browser з користувацькими скриптами

Частина 2. Робота з ДДЗ Landsat в QGIS

Лабораторна робота 3. Підбір та завантаження даних Landsat з онлайн-каталогом EarthExplorer

1. Реєстрація в EarthExplorer
2. EarthExplorer – призначення, можливості та основні елементи інтерфейсу
3. Визначення меж території дослідження
4. Визначення часових параметрів пошуку
5. Додаткові критерії пошуку – рівень хмірності, положення в розграфці WRS
6. Пошук, перегляд, підбір та завантаження продуктів Landsat Collection 2 Level 2

Лабораторна робота 4. Базова підготовка даних Landsat

1. Технічна документація для продуктів Landsat Collection 2 Level 2
2. Вміст пакету даних Landsat Collection 2 Level 2
3. Завантаження даних основних каналів та файлів контролю якості
4. Пакетна обрізка шарів за межами території дослідження
5. Візуальний аналіз та інтерпретація одноканальних зображень

Лабораторна робота 5. Перерахунок квантифікованих значень у фізичні величини з контролем якості

1. Отримання індивідуальних значень файлів контролю якості

2. Перерахунок десяткових значень контролю якості у бінарні
3. Інтерпретація бінарних значень файлів контролю якості
4. Створення масок для видалення з аналізу некоректних значень за результатами інтерпретації файлів контролю якості
5. Перерахунок квантифікованих значень каналів видимої та інфрачервоної зон спектру у фізичні величини відбивальності з контролем якості
6. Перерахунок квантифікованих значень термального каналу у температуру земної поверхні з контролем якості

Лабораторна робота 6. Аналіз та інтерпретація композитних зображень і спектральних індексів

1. Формування багатоканального зображення
2. Аналіз та інтерпретація найбільш поширених комбінацій каналів у справжніх та хибних кольорах – особливості відображення основних типів земної поверхні: рослинність, вода, відкритий ґрунт, штучні поверхні та забудова
3. Розрахунок та інтерпретація спектральних індексів на прикладі NDVI
4. Розрахунок та інтерпретація спектральних індексів на прикладі трансформації Tasseled Cap

Лабораторна робота 7. Аналіз та інтерпретація термальних каналів

1. Картографування розподілу температури поверхні за даними термального знімання
2. Візуальний аналіз зображень та інтерпретація залежностей між класом поверхні та її температурою
3. Розрахунок похідних індексів просторової варіабельності поля температури та визначення осередків формування поверхневих теплових островів

Частина 3. Робота з ДДЗ Sentinel 2 в SNAP Toolbox

Лабораторна робота 8. Каталог Copernicus Open Access Hub

1. Реєстрація в Copernicus Open Access Hub
2. Copernicus Open Access Hub – призначення, можливості та основні елементи інтерфейсу
3. Визначення меж території дослідження
4. Визначення часових параметрів пошуку
5. Додаткові критерії пошуку – рівень хмарності, номер орбіти
6. Пошук, перегляд, підбір та завантаження продуктів Sentinel MSI 2A

Лабораторна робота 9. Первинна підготовка даних Sentinel 2 в SNAP toolbox

1. SNAP Toolbox – призначення, інсталяція, оновлення
2. Налаштування та основні елементи інтерфейсу SNAP Toolbox
3. Імпорт та вміст контейнеру даних Sentinel MSI 2A – формат SAFE
4. Перегляд метаданих та основних елементів даних

Лабораторна робота 10. Підготовка та візуалізація композитів

1. Формування багатоканального зображення – базові канали
2. Ресемплінг та формування додаткових варіантів багатоканальних зображень
3. Аналіз та інтерпретація найбільш поширених комбінацій каналів у справжніх та хибних кольорах – особливості відображення основних типів земної поверхні: рослинність, вода, відкритий ґрунт, штучні поверхні та забудова
4. Розрахунок та інтерпретація радіометричних індексів для оцінки параметрів довкілля

Лабораторна робота 11. Контрольована класифікація: підготовка сигнатур та контрольних вибірок

1. Принципи формування навчальних вибірок
2. Інструменти формування сигнатур в SNAP Toolbox
3. Формування навчальної вибірки для проведення керованої класифікації
4. Оцінка якості навчальної вибірки

Лабораторна робота 12. Контрольована класифікація: проведення класифікації та оцінка якості

1. Алгоритм RandomForest та принципи його роботи при класифікації ДДЗ
2. Визначення і налаштування параметрів класифікації
3. Проведення класифікації
4. Оцінка якості класифікації за даними реалізації алгоритму RandomForest
5. Корекція навчальної вибірки та налаштувань параметрів за результатами контролю якості (ітеративно)

Частина 4. Робота в Google Earth Engine

Лабораторна робота 13. Основи роботи в GEE

1. GEE – хмарна платформа для обробки ДДЗ: історія розвитку, призначення, доступні набори даних
2. Редактор коду GEE
3. Відкриття та запуск коду в GEE
4. Структури даних GEE – Image, Feature, ImageCollection, FeatureCollection
5. Додавання, пошук та перегляд даних

Лабораторна робота 14. Аналіз часових рядів даних в GEE

1. Поняття аналізу часових серій та переваги GEE
2. Розрахунок екологічних параметрів (індекс EVI)
3. Візуалізація часових рядів для точкових (графік) та площинних даних (анімація)
4. Визначення змін
5. Картографування аномалій

4. Завдання для самоперевірки та контролю

4.1 Завдання для самоперевірки

1. Поняття ДЗЗ, тренди та фактори розвитку галузі ДЗЗ
2. ДЗЗ як наука, технологія та індустрія
3. Процес ДЗЗ та його компоненти.
4. Переваги дистанційного моніторингу довкілля
5. Поняття електромагнітного спектру, властивості електромагнітних хвиль та їх спектр
6. Основні діапазони електромагнітного спектру в оптичному ДЗЗ
7. Поняття коефіцієнту спектральної яскравості
8. Крива відбивальної здатності як спосіб характеристики спектральних властивостей об'єкта. Особливості спектральних кривих різних об'єктів
9. Поняття сенсора в ДЗЗ
10. Вплив технічних характеристик сенсора на параметри знімання: пасивні та активні сенсори, мульти- та гіперспектральне ДЗЗ
11. Поняття та типи роздільної здатності
12. Поняття та характеристика основних рівнів обробки ДДЗ (рівні 0, 1, 2)
13. Доступні рівні обробки даних Landsat та Sentinel
14. Файли контролю якості – зміст, призначення та особливості використання.
15. Поняття композитного зображення
16. Основні комбінації каналів в композитних зображеннях та їх специфіка у визначенні характерних рис земної поверхні
17. Поняття спектрального індекса та його властивості
18. Застосування спектральних індексів для сільського та лісового господарства, ґрунтознавства, моніторингу пожеж, ґрунтознавства, моніторингу поверхневих вод.
19. Поняття тематичної класифікації ДДЗ
20. Поняття та призначення класифікації без навчання, найбільш популярні алгоритми неконтрольованої класифікації
21. Поняття та призначення контрольованої класифікації
22. Особливості визначення тематичних класів для контрольованої класифікації
23. Процес визначення еталонних ділянок та формування навчальних вибірок
24. Контрольована класифікація та її алгоритми
25. Оцінка якості результатів класифікації.
26. Дані Landsat – особливості доступу, рівні обробки та похідні продукти.
27. Структура та зміст даних 2го рівня обробки
28. Похідні тематичні продукти на основі даних Landsat
29. Супутники програми Sentinel.
30. Дані Sentinel – особливості доступу та рівні обробки.
31. Використання ДДЗ в лісовому господарстві.
32. Використання ДДЗ в сільському господарстві.
33. ДДЗ для моніторингу надзвичайних ситуацій.
34. ДДЗ для вивчення змін клімату.
35. ДДЗ для дослідження урбанізованих територій
36. Спектральні бібліотеки для характеристики об'єктів

37. Основні онлайн-каталоги доступу до ДДЗ – EO Browser, EarthExplorer, Open Access Hub
38. Візуальний аналіз та інтерпретація одноканальних зображень
39. Візуальний аналіз та інтерпретація багатоканальних (композитних) зображень
- 40.
41. Призначення файлів контролю якості та інтерпретація бінарних значень
42. QGIS для аналізу ДДЗ
43. SNAP Toolbox для аналізу ДДЗ
44. GEE для аналізу ДДЗ
45. Прикладне значення тематичної класифікації ДДЗ
46. Особливості та потенціал аналізу часових рядів ДДЗ

4.2 Приклади завдань модульного та підсумкового контролю

Завдання № 1

Розташуйте ці частини електромагнітного спектру (тепловий ІЧ, мікрохвильовий ІЧ, В, G, УФ, R) в порядку зменшення довжини хвиль – від найдовших до найкоротших:

Завдання № 2

Який з цих діапазонів є особливо корисним для вивчення рослинності:

- a) зелений
- b) червоний
- c) інфрачервоний
- d) ультрафіолетовий

Завдання № 3

Якого числа було отримано знімок Landsat якщо фрагмент його назви має вигляд LC0818102520170105:

Завдання № 4

Яка з цих комбінацій каналів Landsat 8 дає зображення у справжніх кольорах:

- a) 4-3-2
- b) 3-2-1
- c) 5-4-3
- d) власний варіант

Завдання № 5

Проінтерпретуйте біти 14-15 (cirrus confidence) для значення 56854

5. Перелік рекомендованих джерел

5.1 Основна література

1. Довгий, С.О., Лялько, В.І., Бабійчук, С. М., Кучма, Т.Л., Томченко, О.В., & Юрків, Л.Я. (2019). Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3374228>
2. Свідзінська Д.В. (2014). Методи геоecологічних досліджень: геоінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA. 402 с.
3. Chuvieso, E. (2016) Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach
4. Svidzinska, D., & Korohoda, N. (2020). Study of spatiotemporal variations of summer land surface temperature in Kyiv, Ukraine using Landsat time series. In Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020 (pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo106>
5. Svidzinska, D. (2021). Estimating long-term spatio-temporal variations of urban vegetation using Landsat time series: a case study of Kyiv city, Ukraine. In Geoinformatics (pp. 1–6). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521130>

5.2 Додаткова література

1. Clifford, N., French, S., Valentine, G. (Eds.) (2010) Key Methods in Geography.
2. deSmith M., Goodchild M.F., Longley P.A. (2015) Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques , and Software Tools. – <http://www.spatialanalysisonline.com/>
3. Gomez, B., Jones, J.P. (Eds.). (2010) Research Methods in Geography: A Critical Introduction.

5.3 Інтернет-джерела

1. <https://earthexplorer.usgs.gov/> – USGS Earth Explorer
2. <https://scihub.copernicus.eu/> – Copernicus Open Access Hub
3. <https://earthengine.google.com/> – Google Earth Engine
4. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> – Sentinel Hub EO Browser
5. <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset> – NASA Applied Remote Sensing Training Program
6. <https://crustal.usgs.gov/speclab/QueryAll07a.php> – USGS Spectral Library Version 7
7. <https://speclib.jpl.nasa.gov/> – ECOSTRESS Spectral Library