

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

«27» жовтня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МЕТОДИ КОНТРОЛЬОВАНОГО КЛАСИФІКУВАННЯ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ. МЕТОДИ КОМБІНУВАННЯ ДАНИХ (*Methods for supervised classification of hyperspectral satellite imagery. Data combining methods*)

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

галузь знань	17 Електроніка і телекомунікації
спеціальність	172 "Науки про Землю"
освітній рівень	доктор філософії
освітня програма	Дистанційні аерокосмічні дослідження
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання **денна**

Навчальний рік **2022/2023**

Семестр **6**

Кількість кредитів ECTS **1,5**

Мова викладання,

навчання та оцінювання **українська**

Форма заключного контролю **диференційований залік**

Викладач: **Альперт Софія Іоганівна, кандидат технічних наук, науковий співробітник
відділу геоінформаційних технологій в дистанційному зондування Землі**

Пролонговано: на 2023 / 2024 н.р.	_____	“ ”	_____	20__ р.
		(підпис, ПІБ, дата)		
на 2024 / 2025 н.р.	_____	“ ”	_____	20__ р.
		(підпис, ПІБ, дата)		
на 2025 / 2026 н.р.	_____	“ ”	_____	20__ р.
		(підпис, ПІБ, дата)		

© Альперт С. І., 2022 рік

КИЇВ -2022

Розробник:

Альперт Софія Іоганівна, кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій в дистанційному зондування Землі

Затверджено
Гарант освітньої програми
д.т.н., професор



(підпис)

Сергій СТАНКЕВИЧ
(власне ім'я, прізвище)

Схвалено: *Вченою радою Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України»*
Протокол від «18» жовтня 2022 року № 9.

Голова вченої ради
д.т.н., професор

член-кореспондент НАН України



Михайло ПОПОВ

Секретар вченої ради



к.т.н.

Анна ХИЖНЯК

1. Мета дисципліни – сформувати в аспірантів уявлення про методи обробки, класифікування та оцінювання якості інтерпретації багатоспектральних аерокосмічних зображень.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

- Диплом магістра з комп'ютерних наук, математичних наук та спеціальностей наук про Землю.
- Мати навички та теоретичні знання, пов'язані з такими предметами, як “Вища математика”, “Теорія ймовірностей”, “Математична статистика”.
- Володіти навичками самостійної роботи.

3. Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна “Методи контрольованого класифікування гіперспектральних космічних зображень. Методи комбінування даних” базується на вивченні сучасних методів аналізу, відбору, обробки, класифікування та оцінювання якості інтерпретації гіперспектральних аерокосмічних зображень.

Курс спрямований на розвиток умінь застосовувати методи відбору та класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах неповної, неточної, суперечливої інформації, навчальних вибірок обмеженої якості, комбінувати дані, отримані із різних джерел (спектральних каналів), критично аналізувати, порівнювати та співставляти різноманітні методи класифікування зображень, вміти обирати найбільш оптимальний метод класифікування, що для конкретної задачі дає найточніші результати. Одержані знання про методи відбору, аналізу та класифікування супутникових зображень дозволяють їх застосовувати при вирішенні численних тематичних задач ДЗЗ, а саме: оцінюванні стану лісів, при вивченні природних ресурсів, вирішенні сільськогосподарських задач, вивченні урбанізованих територій, при пошуку корисних копалин, нафти та газу, при проведенні екологічного моніторингу.

4. Цілі навчання:

1. Ознайомити аспірантів із основними методами класифікування супутникових зображень в умовах неповної та суперечливої інформації, зокрема із методом класифікування гіперспектральних космічних зображень на основі математичного апарату та положень теорії свідчень Демпстера-Шейфера;
 2. Ознайомити аспірантів із методами аналізу та оцінки інформативності та ефективності спектральних каналів, що дозволяє здійснювати відбір найбільш цінних зональних зображень;
 3. Підготувати аспірантів до практичного застосування набутих знань при здійсненні самостійних досліджень.
- Після закінчення курсу аспіранти зможуть:

- володіти знаннями про основні методи аналізу, відбору та класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах неточних та неповних даних, суперечливої інформації та навчальних вибірок обмеженої якості;
- аналізувати спеціальну літературу.

5. Результати навчання:

Код	Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форма / Методи викладання і навчання	Форма / Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1	Поняття базової маси (ймовірності) та нові підходи до застосування різних методів знаходження базових мас при класифікуванні гіперспектральних космічних зображень	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.2	Методи селекції інформативних зональних зображень при класифікації гіперспектральних супутникових зображень	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.3	Сучасні критерії оцінки точності класифікації аерокосмічних зображень	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.4	Новий удосконалений метод комбінування даних на основі теорії Демпстера-Шейфера за наявності суперечливих даних та новий підхід до застосування правила перерозподілу конфліктів при класифікуванні супутникових зображень	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.5	Застосування методів комбінування даних при класифікуванні супутникових зображень	Лекція	Усне опитування	до 10%
1.6	Методи контрольованого класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах навчальних вибірок обмеженої якості	Лекція	Усне опитування	до 10%
2.1	Застосовувати свої знання для проведення аналізу, відбору та класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах неповної, неточної, суперечливої інформації, за наявності навчальних вибірок обмеженої якості, для проведення комбінування даних, отриманих із різних джерел (спектральних каналів), для проведення аналізу та порівняння різноманітних методів класифікування зображень	Лекція	Усне опитування	до 10%
3.1	Використовувати профільні електронні джерела інформації	Лекція	-	до 15%
4.1	Використовувати набуті знання та навички для вирішення задач ДЗЗ	Лекція	-	до 15%

Структура курсу: лекційні заняття та самостійна робота аспірантів.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни								
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	3.1	4.1
<i>ПР01</i> Знання ролі та місця дистанційних досліджень у системі наук про Землю та космос, сучасного стану і загальносвітових тенденцій розвитку дистанційних методів і засобів вивчення Землі та об'єктів космічного простору. базових принципів дистанційних досліджень і аерокосмічного моніторингу, загальної схеми проведення дистанційного аерокосмічного дослідження та тематичних задач дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), їх класифікації.	+	+	+	+	+	+			
<i>ПР02</i> Знання принципів побудови, конструкції та характеристик технічних засобів для дистанційних аерокосмічних досліджень. Вимоги до якості аерокосмічної інформації при вирішенні тематичних задач ДЗЗ.								+	+
<i>ПР03</i> Знання методів оброблення та аналізу аерокосмічних зображень та інших дистанційних даних. Критерії якості аерокосмічних зображень. Інформативність аерокосмічних зображень.	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>ПР09</i> Знання параметрів природного середовища і характеристик, що спостерігаються та вимірюються дистанційними методами.							+	+	+
<i>ПР12</i> Знання та вміння використовувати методологічні засади визначення характеристик земної поверхні, класифікації земної поверхні та дослідження часової динаміки характеристик земної поверхні, та інших способів обробки даних дистанційного зондування в просторовій та частотній області	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>ПР18</i> Уміння проводити професійну інтерпретацію отриманих матеріалів із застосуванням сучасного програмного забезпечення та існуючих теоретичних моделей.							+	+	+
<i>ПР22</i> Уміння ефективної комунікації та представлення складної комплексної інформації у	+	+	+	+	+	+	+	+	+

доступній формі усно та письмово, використовуючи інформаційно-комунікаційні технології та відповідні технічні терміни.									
ПР25 Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та норми академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки:

7.1 Форми оцінювання студентів.

1. Семестрове оцінювання:

Оцінка за роботу на лекційних заняттях – 60 балів (рубіжна оцінка 33 бали)

2. Підсумкове оцінювання у формі диференційованого заліку:

максимальна оцінка 40 балів, рубіжна оцінка 24 бали. Під час заліку студент виконує реалізацію проєкту з використанням набутих під час курсу знань та умінь.

Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100 бальною шкалою.

Оцінка заліку виставляється за результатами роботи аспіранта впродовж усього семестру, як сума балів за систематичну роботу впродовж семестру.

	Семестрова кількість балів	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

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

7.2 Організація оцінювання: *Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає 6 лекцій та самостійну роботу аспірантів (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі, використовуючи окреслені викладачем методи та засоби). Підсумкове оцінювання проводиться у формі заліку.*

7.3 Шкала відповідності

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

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		лекції	самостійна робота
1.	Тема 1. Поняття базової маси (ймовірності) та нові підходи до застосування різних методів знаходження базових мас при класифікуванні гіперспектральних космічних зображень	1,5	5
2.	Тема 2. Методи селекції інформативних зональних зображень при класифікації гіперспектральних супутникових зображень	1	5
3.	Тема 3. Сучасні критерії оцінки точності класифікації аерокосмічних зображень	1	5
4.	Тема 4. Новий удосконалений метод комбінування даних на основі теорії Демпстера-Шейфера за наявності суперечливих даних та новий підхід до застосування правила перерозподілу конфліктів при класифікуванні супутникових зображень	1,5	6
5.	Тема 5. Застосування методів комбінування даних при класифікуванні супутникових зображень	1,5	6
6.	Тема 6. Методи контрольованого класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах навчальних вибірок обмеженої якості	1,5	6
	<i>Диференційований залік</i>		2
	ВСЬОГО	8	35

Загальний обсяг 45 год, в тому числі:

Лекції – 8 год.

Самостійна робота – 35 год.

Диференційований залік – 2 год.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. Smets P., Henrion M., Shachter R.D., Kanal L.N., Lemmer J.F. Constructing the pignistic probability function in a context of uncertainty. *Uncertainty in Artificial Intelligence*. North Holland, Amsterdam. 1990. Vol. 5. P. 29–40.
2. Shafer G. A Mathematical Theory of Evidence. *Princeton: Princeton University Press*. 1976. 297 p.
3. Альперт С. І. Порівняння нового удосконаленого підходу комбінування суперечливих даних з правилом Ягера. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 17. С.14–17. Режим доступу до журналу: <http://www.http://ujrs.org.ua/ujrs>
4. Jiang Wen, Duanmu Dejie, Fan Xin, Deng Yong A new method to determine basic probability assignment under fuzzy environment. *International Conference on Systems and Informatics (ICSAI 2012)*. P. 758–762.
5. Попов М., Станкевич С. Методы оптимизации числа спектральных каналов в задачах обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли. *Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса*. М.: ИКИ РАН. 2006. Т. 2. №1. С. 61–63.
6. Кононов В., Станкевич С. Сравнительная оценка информативности цифровых аэрокосмических изображений высокого и низкого разрешения. *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. 2004. Т.17. №2. С.88–95.
7. Альперт С.І. Аналіз методів відбору найбільш інформативних спектральних каналів для вивчення об'єктів дистанційного зондування. *Математичні машини і системи*. 2014. № 2. С. 71 – 77.
8. Brownlee K.A. Statistical theory and methodology in science and engineering. *New York: John Wiley and Sons*. 1965. P. 580 –590.
9. Story M., Congalton R.G. Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogramm. Eng. Remote Sensing*. 1986. Vol.52. P. 397–399.
10. Smarandache F. Proportional conflict redistribution rules for information fusion. *American Research Press*. 2006. Vol. 2. P. 61–103.
11. Smets P. Belief functions: the disjunctive rule of combination and the generalized Bayesian theorem. *Int. J. Approximate Reasoning*. 1993. № 9. P. 1–35.
12. Yager R. On the Dempster-Shafer Framework and New Combination Rules. *Information Sciences*. 1987. № 41. P. 93–137.
13. Альперт С.І. Удосконалений метод комбінування даних на основі теорії Демпстера-Шейфера за наявності суперечливих даних. *Математичні машини і системи*. 2018. № 2. С. 33–39.
14. Zhang L., Yager R.R., Kacprzyk J., Fedrizzi M. Representation, independence, and combination of evidence in the Dempster-Shafer theory. *Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence*. *New York: John Wiley and Sons, Inc.*. 1994. P. 51–69.
15. Inagaki T. Interdependence between Safety-Control Policy and Multiple-Sensor Schemes Via Dempster-Shafer Theory. *IEEE Transactions on Reliability*. 1991. Vol. 40. № 2. P. 182–188.
16. Shafer G. A Mathematical Theory of Evidence. *Princeton, NJ: Princeton University Press*. 1976. P. 875–883.

Додаткові:

1. Dutta P. Boruah H., Ali T. Fuzzy arithmetic with and without using α -cut method: a comparative study. *International Journal of Latest trends in Computing*. 2011. Vol.2(1). P. 99–108.

2. Abidi M.A., Gonzalez R.C. Data Fusion in Robotics and Machine Intelligence. *New York: Academic*. 1992. P. 562–569.
3. Congalton R.A. Remote Sensing of Environment. 1991. № 37. P. 35–46.
4. Гарбук С., Гершензон В. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Изд-во А и Б, 1997. 296 с.
4. Gong P. Integrated Analysis of Spatial Data from Multiple Sources: Using Evidential Reasoning and Artificial Neural Network Techniques for Geological Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1996. Vol. 62, N 5. P. 513–523.
5. Renyi A. Probability theory. Amsterdam: North-Holland Pub. Co, 1970. 670 p.
6. Альперт С.І. Новий модифікований метод класифікування гіперспектральних космічних зображень на основі теорії Демпстера-Шейфера. *Історія розвитку науки, техніки та освіти*: зб. праць XV-ої міжнар. молодіжної наук.-практ. конф. (Київ, 13 квітня 2017 р.). Київ, 2017. С. 97–99.

Питання до заліку

1. Порівняльний аналіз методів контрольованого та неконтрольованого класифікування. Їх переваги та недоліки.
2. Критерій Фішера для відбору найбільш інформативних зональних зображень.
3. Матриця помилок та коефіцієнти точності.
4. Основні положення теорії свідчень Демпстера-Шейфера. Різниця між теорією свідчень Демпстера-Шейфера та теорією ймовірностей.
5. Методика відбору спектральних каналів із застосуванням критеріальної функції інформативності.
6. Удосконалений метод комбінування даних на основі теорії свідчень Демпстера-Шейфера за наявності суперечливих даних.
7. Частотний підхід обчислення базових ймовірностей (базових мас).
8. Пігністична ймовірність.
9. Підхід до застосування правила перерозподілу конфліктів при класифікуванні супутникових зображень.
10. Метод знаходження базових мас за допомогою відстані Махаланобіса
11. Застосування інформації Кульбака-Лейблера для оцінки точності класифікування супутникових зображень.
12. Правило комбінування Сметса.
13. Метод знаходження базових мас заснований на мірі відстані між класифікованими даними та еталонними даними.
14. Застосування ризику Баєса для оцінки точності класифікування супутникових зображень.
15. Правило комбінування Ягера.
16. Метод оптимізації числа спектральних аналізів в задачах обробки та аналізу даних, пов'язаний із синтезом зображень.
17. Метод знаходження базових ймовірностей (базових мас) із використанням теорії нечітких множин.
18. Правило комбінування Жанга.
19. Відбір найбільш інформативних зональних зображень із використанням коефіцієнту кореляції.
20. Метод контрольованого класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах забруднених навчальних вибірок.
21. Нова модифікована критеріальна функція інформативності для відбору найбільш інформативних зональних зображень.
22. Модифікації критерія Фішера для відбору найбільш інформативних зональних зображень.
23. Метод контрольованого класифікування гіперспектральних космічних зображень в умовах забруднення навчальних вибірок та кількісних обмежень.
24. Репрезентативність, достатність та чистота навчальної вибірки.