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» листопада 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Застосування методів радарної інтерферометрії в дослідженнях природного середовища
(Radar interferometry applications for natural environment research)
для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

галузь знань	**10 Природничі науки**
спеціальність	**103 Науки про Землю**
освітній рівень	**доктор філософії**
освітня програма	**«Дистанційні аерокосмічні дослідження природного середовища»**
вид дисципліни	**вибіркова**

Форма навчання	**денна**
Навчальний рік	**2022/2023**
Семестр	**5**
Кількість кредитів ECTS	**1,5**
Мова викладання, навчання та оцінювання	**українська**
Форма заключного контролю	**залік**

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

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

на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

© Пєстова І.О., 2022 рік

КИЇВ – 2022

Розробники: Пєстова Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, 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.

Ольга СЕДЛЕРОВА
(підпис) (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** – ознайомлення аспірантів із методологічними основами методів радарної інтерферометрії, їх застосування в дослідженнях природного середовища та формування навичок обробки радарних даних та аналізу їх часових серій.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

– диплом магістра однієї зі спеціальностей галузі наук про Землю або телекомунікацій;
– наявність базових знань теорії розповсюдження електромагнітного випромінювання;
– наявність базових навичок обробки аерокосмічних зображень земної поверхні;
– базові знання з наук про Землю.

3. Анотація навчальної дисципліни

Предметом дисципліни є методи радарної інтерферометрії (InSAR) та особливості їх застосування для дослідження природного середовища. Навчальний курс також включає формування навичок обробки окремих радарних знімків та аналізу часового ряду знімків. Особливу увагу буде приділено технології застосування радарної інтерферометрії для визначення небезпечних геологічних процесів природного та антропогенного характеру.

4. Цілі навчання:

Після завершення курсу аспіранти зможуть:

– виконувати побудову цифрової моделі місцевості за даними з радарів з синтезованою апертурою (РСА, SAR);

– визначати за даними часових серій радарних знімків зміни стану земної поверхні, проводити моніторинг небезпечних геологічних процесів природного та антропогенного характеру;

– обробляти космічні радарні зображення та наземні вимірювання для застосування методу постійних відбивачів.

5. Результати навчання:

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*
Код	Результат навчання			
1.1	*Теоретичні основи даних отриманих з РСА*	*Лекція*	*Усне опитування*	*до 5%*
1.2	*Теоретичні основи радарної інтерферометрії*	*Лекція*	*Усне опитування*	*до 5%*
1.3	*Методики постійних відбивачів та базових ліній*	*Лекція*	*Усне опитування*	*до 10%*
1.4	*Попередню обробка радарних космічних знімків*	*Лекція, практичне заняття*	*Виконання практичної роботи*	*до 15%*
1.5	*Застосування методів радарної інтерферометрії для геофізичних досліджень*	*Лекція, практичне заняття*	*Виконання практичної роботи*	*до 15%*
1.6	*Технологію та особливості розгортки фази при інферферометричному методі*	*Лекція*	*Усне опитування*	*до 15%*
2.1	*Виконувати високорівневу обробку радарних космічних знімків, отримувати цифрові моделі місцевості, а також зміни поверхні*	*Практична робота, самостійна робота*	*Виконання практичної роботи*	*до 15%*
2.2	*Обробляти часові ряди радарних космічних знімків*	*Практична робота, самостійна*	*Виконання практичної роботи*	*до 10%*

		робота		
3.1	*Обґрунтовувати можливості застосування методів радарної інтерферометрії в дослідженнях природного середовища*	*Лекція, практична робота, самостійна робота*		*до 5%*
4.1	*Використовувати отримані знання при обробці аерокосмічних даних та оцінювати точність та ефективність методики*	*Практична робота*		*до 5%*

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 напряму, 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 напрямах.					+	+				
РН03. 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.				+	+	+	+			
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. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з наук про Землю та дотичних міждисциплінарних напрямів 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.	+	+			+		+	+	+	+
РН06. Глибоко розуміти загальні принципи та методи наук про Землю, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях та у викладацькій практиці.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
РН07. 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.					+	+	+	+	+	+
РН08. 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.							+	+	+	+
РН09. 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.							+	+	+	+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання аспірантів

1. Семестрове оцінювання:

1) Контрольна робота «Застосування методу d-InSAR для дослідження наслідків землетрусів» – 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 іспиту**: максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка –24 бали). Під час іспиту аспірант виконує реалізацію проєкту з використанням знань та вмінь із застосування методів радарної інтерферометрії в дослідженнях природного середовища. **Підсумкове оцінювання у формі іспиту 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 іспиту, *як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру та балів отриманих в результаті підсумкового оцінювання у формі іспиту.*

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

*Аспірант не допускається до **підсумкового оцінювання у формі іспиту**, 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 іспиту.*

7.3. Шкала відповідності

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

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	**Назва теми**	**Кількість годин**		
		лекції	**практичні**	**Самостійна робота**
1	**Тема 1.** *Теоретичні основи методів радарної інтерферометрії.*	2		3
2	**Тема 2.** *Концепція та застосування диференційної радарної інтерферометрії та розгортки фази*	2		3
3	**Тема 3.** *Застосування радарної інтерферометрії для геологічних та геофізичних досліджень.*	2		4
4	**Тема 4.** *Аналіз часових серій радарних знімків. Методи постійних відбивачів та базових ліній. Доцільність польових досліджень.*	2		4
5	***Практична робота 1.** Побудова цифрової моделі місцевості за радарними знімками в SNAP. Особливості процедури розгортки фази.*		4	2
6	***Практична робота 2.** Визначення зсувонебезпечних*		4	2

	ділянок дослідної території за радарними даними			
7	***Практична робота 3.*** *Обробка радарних знімків за методом постійних відбивачів.*		6	4
	Контрольна робота			
	Іспит з дисципліни – 1 год.			
	Всього за *семестр*	**8**	**14**	**22**

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг *45* *год.,* в тому числі:
Лекцій **– *8*** *год.*
Практичні заняття - ***14*** *год.*
Самостійна робота **- *22*** *год.*
Іспит – 1 год.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. Woodhouse, I.H. (2006): Introduction to Microwave Remote Sensing. CRC Press, Taylor & Francis.
2. Massonet, D. & Souyris, J.-C. (2008): Imaging with Synthetic Aperture Radar. EPFL Press distributed by CRC Press.
3. Hanssen, R. (2001). Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis, Kluwer Academic Publishers.
4. Olivie, C. & Quegan, S. (2004): Understanding Synthetic Aperture Radar Images. Scitech.

Додаткові:

1. Stankevich S., Piestova I., Kozlova A., Titarenko O., Singh SK. (2019) Satellite radar interferometry processing and elevation change analysis for geo-environmental hazard assessment. Srivastava PK, Singh SK, Mohanty UC, Mutry T, editors. Techniques for Disaster Risk Management and Mitigation (Geophysical Monograph Series). John Wiley & Sons. USA, ISBN-10: 111935918X Hoboken: Wiley, 2019.– P.127-141.
2. Stankevich, S., Piestova, I., Titarenko, O., Filipobich, V., Dudar, T. and Svideniuk, M. Land surface displacement study for Kryvyi Rih mining area using radar interferometry time series analysis. 13th International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, 2019(1), 1-6.
3. Stankevich S.A. Geological emergency assessment using satellite radar interferometry: Krivoy Rog urban area case study / S.A. Stankevich, I.A. Piestova, O.V. Titarenko // TIEMS Newsletter Special Edition, 2017. – №5. – P.21-24.
4. Fedotov B.N. Airborne interferometric radar with 2D frequency domain synthesizing / B.N. Fedotov, S.A. Stankevich // Proceedings of 5th Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS-2017). – Kiev: IEEE, 2017. – P.271-274.
5. Cumming, I. and F. Wong, Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data, Artech House, Boston, 2005.
6. Curlander, J.C. and R.N. McDonough, Synthetic Aperture Radar, Wiley Interscience, New York, 1991.
7. Franceschetti, G. and Lanari, R. Synthetic Aperture Radar Processing (Electronic Engineering Systems Series), CRC Press, 1999.

Питання до диференційованого заліку

1. Застосування методики радарної інтерферометрії InSAR для оцінки зсувних процесів.
2. Поняття просторового, спектрального та радіометричного розрізнення.
3. Визначення зсувонебезпечних ділянок дослідної території за радарними даними.
4. Методологія визначення зміщень земної поверхні на основі технології диференціальної радіолокаційної інтерферометрії (DInSAR).
5. Вплив часової перпендикулярної лінії даних супутника Sentinel-1 на якість вимірювань InSAR.
6. Схема робочого процесу для генерації DEM з даних Sentinel-1 SLC у SNAP.
7. Методологія побудови цифрових моделей рельєфу на основі методу радіолокаційної інтерферометрії (InSAR).
8. Наземна завірка, оцінка точності і корекція ЦММ.
9. Методика розгортки згорнутої фази інтерферографи.
10. Механізм формування інтерферографи.
11. Основні принципи функціонування радарів з синтезованою апертурою.
12. Методи постійних відбивачів та базових ліній.
13. Методи вимірювання відбитого сигналу РЛС.
14. Вплив перпендикулярної базової лінії даних супутника Sentinel-1 на якість вимірювань InSAR.
15. Особливості польових підсупутникових спостережень методу постійних відбивачів.
16. Поняття просторового, спектрального та радіометричного розрізнення.
17. Методика розгортки згорнутої фази інтерферографи.
18. Методологія визначення зміщень земної поверхні на основі технології диференціальної радіолокаційної інтерферометрії (DInSAR)