



# ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### - Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<u>Другий (магістерський)</u>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>122 Комп'ютерні науки</i>
Освітня програма	<i>Цифрові технології в енергетиці</i>
Статус дисципліни	<u>Вибіркова</u>
Форма навчання	<u>очна(денна)</u>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, <u>весінній</u></i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кред/150 год. (лекцій 36 год., лаб. 18 год, СРС 96 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, мкр</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<u>Українська</u>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., Путренко Віктор Валентинович, putrenko@ukr.net, telegram, viber, Zoom session</i> Лабораторні: <i>д.т.н., Путренко Віктор Валентинович, putrenko@ukr.net, telegram, viber, Zoom session</i>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс <a href="https://classroom.google.com/c/NDU0OTk1MzQ1OTY2?cjc=sn7abx2">https://classroom.google.com/c/NDU0OTk1MzQ1OTY2?cjc=sn7abx2</a>

### - Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою дисципліни “Просторове моделювання на основі супутникових даних” є набуття знань та практичних навичок використання методів та алгоритмів обробки супутникових даних для вирішення комплексних задач просторового моделювання.

**Предметом дисципліни** є серія підходів, інструментів і методів просторового моделювання та обробки супутникових даних для використання у системах підтримки управлінських рішень.

#### **Основні завдання кредитного модуля.**

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **Знання:**

- управління та аналіз джерел супутникових даних, використання первинних, вторинних та похідних від супутникових зображень даних;

- методи та алгоритми обробки супутникових даних для цілей просторового моделювання та вирішення прикладних управлінських задач;

- проектування математичного, лінгвістичного, інформаційного і програмного забезпечення інформаційних систем з використанням модулів просторового моделювання на основі супутникових даних.

**Уміння:**

- застосовувати методи та алгоритми обробки супутникових даних для цілей просторового моделювання та вирішення прикладних управлінських задач;

- проектувати математичне, лінгвістичне, інформаційне і програмне забезпечення інформаційних систем з використанням модулів просторового моделювання на основі супутникових даних);

- використовувати сучасні технології просторового моделювання на основі структурованих та неструктурованих супутникових даних різного ступеня обробки та деталізації;

- використовувати методи машинного навчання для вирішення практичних задач.

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі компетенції:

- здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області;
- здатність збирати і аналізувати дані (включно з великими), для забезпечення якості прийняття рішень;
- здатність вибирати адекватні методи і технології обчислювального інтелекту та машинного навчання, включаючи методи глибокого навчання, та використовувати їх для вирішення задач прогнозування, керування, прийняття рішень, класифікації та інтелектуального аналізу даних в умовах невизначеності та неповної інформації.
- здатність розробляти системи обробки зображень та комп'ютерного зору, розробляти та застосовувати нейронні мережі різного типу та архітектури для вирішення задач прогнозування, класифікації та розпізнавання образів.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Студенти мають досвід у використанні геоінформаційних систем та комп'ютерному моделюванні.

Викладений матеріал може бути інструментальною основою для підготовки магістерських дисертацій.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Концепція обробки та використання супутникових даних у просторовому моделюванні**

Тема 1. Сучасні технології супутникового моніторингу Землі

Сутність та структура супутникових даних. Сучасні системи дистанційного зондування Землі. Сучасні джерела супутникових даних. Глобальні навігаційні системи. Просторова прив'язка даних та системи координат. Класи задач, які вирішуються на основі супутникових даних. Просторове, радіометричне, часове розрізнення космічних знімків

Тема 2. Процесінг супутникових даних

Структура запису та збереження космічних даних. Формати файлів космічних даних. Метадані космічних знімків. Канали супутникових знімків. Розподіл характеристик відображення космічних

знімків. Формування композитних зображень та мозаїк. Тема 3. Концепції просторового моделювання.

Тема 3. Сучасні концепції просторового моделювання

Основні методи та підходи до вирішення завдань просторового моделювання з використанням супутникових даних. Рішення Suitable задач.

## **Розділ 2. Інструменти машинного навчання для обробки супутникових даних для задач просторового моделювання**

Тема 1. Технологічні основи обробки супутникових даних

Сучасні інформаційні платформи обробки супутникових даних: Erdas, ENVI, Geomatics, Global Mapper, ArcGIS, QGIS. Растрова алгебра, злиття растрових каналів, паншарпінг, визначення екстену знімка, трансформація даних про кольори, псевдокольорові зображення, індекси знімків. Сучасні інформаційні платформи хмарної обробки супутникових даних: Google Earth Engine, WEkEO, Copernicus Land Monitoring Service

Тема 2. Методи просторового моделювання на основі супутникових даних

Управління супутниковими даними в базах геоданих, побудова наборів та мозаїки супутникових знімків, аналіз часових рядів супутникових знімків. Тематична класифікація супутникових знімків, растровий аналіз, фокальна статистика та аналіз околу

Тема 3. Інтелектуальний аналіз супутникових даних

Класифікація з учителем та без учителя, кластеризація супутникових зображень, дерева рішень, класифікація земного покриття

Тема 4. Використання нейронних мереж для розпізнання образів на супутникових знімках

Навчання нейронних мереж на основі зображень, згорткові нейронні мережі, детекція просторових об'єктів прямими та опосередкованими методами. Формування навчальних вибірок, тренування нейронних мереж, розпізнавання образів в залежності від просторового розділення знімків

Тема 5. Удосконалення систем підтримки прийняття рішень на основі супутникових даних

Детекція змін за знімками, використання супутникових даних в управлінні природними ресурсами, аналіз ризиків Аналіз просторово-часових закономірностей, вирівнювання часових рядів знімків, аналіз динаміки змін. Інтеграція СППР систем та систем обробки супутникових даних, інструментарій СППР на основі супутникових даних, геопросторовий підхід до СППР.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). Introduction to reinforcement learning (Vol. 135). Cambridge: MIT press.
2. Géron, A. (2019). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. O'Reilly Media.
3. Li, D., Wu, H., Zhang, J., & Huang, K. (2018). A2-RL: Aesthetics aware reinforcement learning for image cropping. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 8193-8201).
4. Bueno, M. B., Nieto, X. G. I., Marqués, F., & Torres, J. (2017). Hierarchical object detection with deep reinforcement learning. Deep Learning for Image Processing Applications.
5. Uzkent, B., & Ermon, S. (2020). Learning when and where to zoom with deep reinforcement learning. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 12345-12354).

## Додаткова література

- Uz Kent, B., Yeh, C., & Ermon, S. (2019). Efficient object detection in large images using deep reinforcement learning. In Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (pp. 1824-1833).
- Mou, L., Saha, S., Hua, Y., Bovolo, F., Bruzzone, L., & Zhu, X. X. (2021). Deep reinforcement learning for band selection in hyperspectral image classification. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
- Huang, K., Nie, W., & Luo, N. (2019). Fully polarized SAR imagery classification based on deep reinforcement learning method using multiple polarimetric features. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 12(10), 3719-3730.
- Zhao, D., Ma, Y., Jiang, Z., & Shi, Z. (2017). Multiresolution airport detection via hierarchical reinforcement learning saliency model. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 10(6), 2855-2866.
- Feng, J., Li, D., Gu, J., Cao, X., Shang, R., Zhang, X., & Jiao, L. (2021). Deep Reinforcement Learning for Semisupervised Hyperspectral Band Selection. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
- Li, X., Zheng, H., Han, C., Wang, H., Dong, K., Jing, Y., & Zheng, W. (2020). Cloud Detection of SuperView-1 Remote Sensing Images Based on Genetic Reinforcement Learning. Remote Sensing, 12(19), 3190.
- Ayush, K., Uz Kent, B., Lobell, K. T. M. B. D., & Ermon, S. (2021, May). Efficient Poverty Mapping from High Resolution Remote Sensing Images. In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (Vol. 35, No. 1, pp. 12-20).
- Wang, W., Shen, J., & Ling, H. (2018). A deep network solution for attention and aesthetics aware photo cropping. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 41(7), 1531-1544.
- Zhang, L., Xia, G. S., Wu, T., Lin, L., & Tai, X. C. (2016). Deep learning for remote sensing image understanding.

## - Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Концепція обробки та використання супутникових даних у просторовому моделюванні					
Тема 1. Сучасні технології супутникового моніторингу Землі	16	4	2	-	10
Тема 2. Процесінг супутникових даних	22	6	2	-	14
Тема 3. Концепції просторового моделювання.	19	6	4	-	9
Разом за розділом 1	57	16	8	-	33
Розділ 2. Інструменти машинного навчання для обробки супутникових даних для задач просторового моделювання					
Тема 1. Технологічні основи обробки супутникових даних	10	4	-	-	6

Тема 2. Методи просторового моделювання на основі супутникових даних	15	4	4	-	7
Тема 3. Інтелектуальний аналіз супутникових даних	14	4	4	-	6
Тема 4. Використання нейронних мереж для розпізнання образів на супутникових знімках	14	4	2	-	8
Тема 5. Удосконалення систем підтримки прийняття рішень на основі супутникових даних	10	4	-	-	6
Разом за розділом 2	63	20	10	-	33
Екзамен	30	-	-	-	30
Всього годин	150	36	18	-	96

### *Лекційні заняття*

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Сутність та структура супутникових даних Сучасні системи дистанційного зондування Землі. Цілі та задачі, які вирішуються космічними системами даного класу. Способи отримання та обробки супутникових даних. Класи задач, які вирішуються на основі супутникових даних
2	Сучасні джерела супутникових даних Класифікація космічних знімків. Просторове, радіометричне, часове розрізнення космічних знімків. Способи отримання супутникових даних. Глобальні сервіси космічних знімків та даних
3	Глобальні навігаційні системи Історія та перспективи розвитку глобальних навігаційних систем. Класифікація та географічне покриття сучасних глобальних навігаційних систем. Позиціонування місцеположення за даними глобальних навігаційних систем. Прив'язка супутникових знімків за даними глобальних навігаційних систем. Використання глобальних навігаційних даних в просторовому аналізі.
4	Просторова прив'язка даних та системи координат Визначення точності прив'язки супутникових даних. Використання методів фотограмметрії для підвищення точності прив'язки зображень. Сучасна класифікація систем координат. Географічні та прямокутні системи координат. Вибір системи координат в залежності від постановки задачі моделювання
5	Технологічна основа обробки супутникових даних Структура запису та збереження космічних даних. Формати файлів космічних даних. Метадані космічних знімків. Канали супутникових знімків. Розподіл характеристик відображення космічних знімків. Формування композитних зображень та мозаїк.
6	Сучасні концепції просторового моделювання Основні методи та підходи до вирішення завдань просторового моделювання з використанням супутникових даних. Рішення Sutable задач

7	Інформаційні технології обробки супутникових даних Сучасні інформаційні платформи обробки супутникових даних: Erdas, ENVI, Geomatics, Global Mapper, ArcGIS, QGIS
8	Процесінг супутникових даних Растрова алгебра, злиття растрових каналів, паншарпінг, визначення екстену знімка, трансформація даних про кольори, псевдокольорові зображення, індекси знімків
9	Хмарна обробка супутникових даних Сучасні інформаційні платформи хмарної обробки супутникових даних: Google Earth Engine, WEKEO, Copernicus Land Monitoring Service,
10	Застосування геоінформаційних систем до обробки супутникових даних Управління супутниковими даними в базах геоданих, побудова наборів та мозаїки супутникових знімків, аналіз часових рядів супутникових знімків
11	Методи просторового моделювання на основі супутникових даних Тематична класифікація супутникових знімків, растровий аналіз, фокальна статистика та аналіз околу
12	Алгоритми класифікації супутникових зображень Класифікація з учителем та без учителя, кластеризація супутникових зображень, дерева рішень, класифікація земного покриву
13	Застосування нейронних мереж до неструктурованих супутникових даних Навчання нейронних мереж на основі зображень, згорткові нейронні мережі, детекція просторових об'єктів прямими та опосередкованими методами
14	Моделі глибокого навчання на основі супутникових даних Основні концепції. Конкурентне навчання. Архітектура. Топологія. Алгоритм навчання. Підходи до визначення відстаней. Застосування.
15	Розпізнання образів за супутниковими даними Формування навчальних вибірок, тренування нейронних мереж, розпізнавання образів в залежності від просторового розділення знімків
16	Прикладне використання методів просторового моделювання Детекція змін за знімками, використання супутникових даних в управлінні природними ресурсами, аналіз ризиків
17	Просторово-часові залежності супутникових даних Аналіз просторово-часових закономірностей, вирівнювання часових рядів знімків, аналіз динаміки змін
18	Системи підтримки прийняття рішень на основі супутникових даних Інтеграція СППР систем та систем обробки супутникових даних, інструментарій СППР на основі супутникових даних, геопросторовий підхід до СППР.

### *Лабораторні заняття*

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають у набутті студентами практичних навичок з використання спеціалізованого програмного забезпечення обробки надвеликих масивів даних та реалізації алгоритмів машинного навчання

№ з/п	Назва теми заняття
1	Використання сервісів доступу до супутникових даних
2	Класифікація супутникових знімків на основі навчання з учителем
3	Класифікація супутникових знімків на основі навчання без учителя
4	Кластеризація супутникових даних
5	Детекція об'єктів на основі методів комп'ютерного зору за супутниковими знімками
6	Використання глибинного навчання для обробки супутникових знімків
7	Автоматизований аналіз зміни компонентів природного середовища
8	Хмарна обробка супутникових даних

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу
1	Сучасні космічні знімальні системи Технічні характеристики знімальних систем [11]. Організація доступу до супутникових даних [1]
2	Базові програмні засоби роботи з супутниковими даними. Програмна екосистема ArcGIS. Практичне застосування ArcGIS в задачах Data Science на основі супутникових знімків [2, 4, 5, 7]
3	Програмна платформа хмарної обробки супутникових даних WEkEO Автоматизація доступу до оновлення та аналізу супутникових даних, хмарна обробка та сегментація зображень [5]
4	Основи машинного навчання на платформі WEkEO Застосування інтерфейсів скриптового програмування Jupyter Notebook для процесінгу та аналізу супутникових даних [5]
5	Прикладне просторове моделювання управлінських задач Постановка задачі класифікації та кластеризації супутникових даних для [6, 9, 13, 16]
6	Просторове моделювання на основі класифікації супутникових знімків Використання бібліотеки TensorFlow для класифікації об'єктів за супутниковими знімками [6, 9, 13, 14, 16]
7	Рекомендаційні системи на основі супутникових даних Аналіз потреб у супутникових даних для підтримки рекомендаційних систем [5, 3, 9, 13]
8	Перспективні напрямки розвитку просторового моделювання на основі супутникових даних Ризики, пов'язані з застосуванням супутникових даних. Проблема конфіденційності. Датифікація. [11]

## - Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:



1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», «аналіз ситуацій» дискусія, експрес-конференція);

3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять).

4) лекційні та лабораторні заняття відносяться до аудиторних занять. Відвідування аудиторних занять є обов'язковим;

5) правила поведінки на заняттях: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;

6) правила захисту лабораторних робіт. На лабораторних заняттях студенти під керівництвом викладача вивчають методику експериментальних досліджень. На кожній лабораторній роботі студенти оформляють звіт у письмовому вигляді. До звіту заноситься перебіг дослідження, його результати і даються пояснення отриманих результатів з урахуванням похибок експерименту.

7) правила призначення заохочувальних балів: своєчасне виконання та здача лабораторних, індивідуальних завдань, нестандартний підхід до вирішення певного завдання;

правила призначення штрафних балів користування допоміжними засобами (наприклад, мобільний телефон, конспект лекцій) під час виконання контрольної роботи.

8) політика щодо академічної доброчесності: письмові роботи можуть перевірятися на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 40%. Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

9) інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету:

- політика щодо виконання завдань: позитивно оцінюється відповідальність, старанність, креативність, фундаментальність.

- норми етичної поведінки Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

1. Оцінка з дисципліни виставляється за багатобальною системою, з подальшим перерахуванням у 4-бальну.

2. Максимальна кількість балів з дисципліни дорівнює 100.

3. Нарахування балів по окремих видах робіт:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримав за:

- виконання лабораторних робіт;
- написання контрольної роботи (МКР).

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

1. Виконання практичних робіт

Оцінюються 8 робіт, передбачених робочою програмою. Максимальний ваговий бал гЛР =64

Сума вагових балів лабораторних робіт:



<i>№ л. р.</i>	<i>Назва лабораторних робіт</i>	<i>Максимальний ваговий бал</i>
1	<i>Використання сервісів доступу до супутникових даних</i>	8
2	<i>Класифікація супутникових знімків на основі навчання з учителем</i>	8
3	<i>Класифікація супутникових знімків на основі навчання без учителя</i>	8
4	<i>Кластеризація супутникових даних</i>	8
5	<i>Детекція об'єктів на основі методів комп'ютерного зору за супутниковими знімками</i>	8
6	<i>Використання глибинного навчання для обробки супутникових знімків</i>	8
7	<i>Автоматизований аналіз зміни компонентів природного середовища</i>	8
8	<i>Хмарна обробка супутникових даних</i>	8
<i>Разом</i>		64

Оцінювання лабораторних робіт:

—якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;

—якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

2. Модульний контроль

На одному з лекційних занять проводиться модульна контрольна робота: Максимальний ваговий бал rMKP = 10.

Оцінювання модульної контрольної роботи виконується наступним чином:

—якщо на всі питання дані повні та чітко аргументовані відповіді, контрольна виконана охайно, з дотримання основних правил, то виставляється 9 - 10 балів;

—якщо методика виконання запропонованого завдання розроблена вірно, але допущені неprincipпові помилки у теоретичному описі або розрахунках, то виставляється 6 - 8 балів;

—від 3 до 5 балів нараховується, якщо методика виконання завдання розроблена в основному вірно, але допущені деякі з наступних помилок: помилки у представленні вихідних даних, не обгрунтовані теоретичні рішення, помилки у методиці розрахунків;

—нижче 3 балів нараховується, якщо завдання не виконане або допущені грубі помилки.

3. Екзамен

Екзамен відбувається у письмовій формі. Максимальна оцінка за екзамен складає rEK = 26 балів.

#### **Умови позитивної проміжної атестації**

Для отримання „зараховано” з першої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 12 балів (за умови, що за 8 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 24 бали).

Для отримання „зараховано” з другої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 40 балів (за умови, що за 14 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 76 балів).

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R=64 +10+26 = 100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає 100 балів.

Умови допуску до іспиту: зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг  $r \geq 40$  балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно таблиці:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Методичні рекомендації

Для кращого засвоєння матеріалу дисципліни рекомендується використовувати на лекціях мультимедійні засоби навчання, які дозволяють інтенсифікувати навчальний процес, стимулювати розвиток мислення та уяви студентів, збільшувати обсяг навчального матеріалу для творчого засвоєння і використання його студентами, викликати зацікавленість та позитивне ставлення до навчання.

Методика побудована таким чином, що матеріал майже кожної лекції закріплюється виконанням завдання комп'ютерного практикуму. Завдання студенти отримують заздалегідь і на аудиторному занятті під керівництвом викладача виправляють помилки в разі їх наявності та відповідають на запитання щодо програмної реалізації та теоретичних засад роботи. Якість самостійної роботи перевіряється на заняттях комп'ютерного практикуму.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., с.н.с. Путренко Віктором Валентиновичем

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 1 від 01.07.2022)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 04.07.2022)