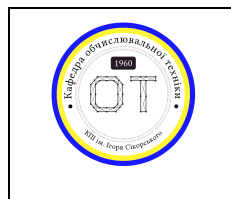




Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра обчислювальної  
техніки

## Розподілене та федеративне навчання Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень *Другий (магістерський)*

вищої освіти

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Галузь знань                                | <i>F Інформаційні технології</i>                                                                                                                                                                                                               |
| Спеціальність                               | <i>F7 Комп'ютерна інженерія, F2 Інженерія програмного забезпечення</i>                                                                                                                                                                         |
| Освітня програма                            | <i>Комп'ютерна інженерія, Інженерія програмного забезпечення</i>                                                                                                                                                                               |
| Статус дисципліни                           | <i>Вибіркова компонента ОП, циклу професійної/наукової підготовки</i>                                                                                                                                                                          |
| Форма навчання                              | <i>очна/заочна</i>                                                                                                                                                                                                                             |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>5 курс, весняний</i>                                                                                                                                                                                                                        |
| Обсяг дисципліни                            | <i>4 кредити 120 годин</i>                                                                                                                                                                                                                     |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>Залік</i>                                                                                                                                                                                                                                   |
| Розклад занять                              | <i>Лекційні - 32, лабораторні — 14, самостійна робота студентів – 74 годин<br/><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>                                                                                                   |
| Мова викладання                             | <i>Українська/Англійська</i>                                                                                                                                                                                                                   |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.ф.-м.н, с.н.с, Гордієнко Юрій Григорович, <a href="mailto:gord@comsys.kpi.ua">gord@comsys.kpi.ua</a><br>Лабораторні: Гордієнко Нікіта Юрійович, <a href="mailto:nikita.gordiienko@comsys.kpi.ua">nikita.gordiienko@comsys.kpi.ua</a> |
| Розміщення курсу                            |                                                                                                                                                                                                                                                |

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

Дисципліна “Розподілене та федеративне навчання” спрямована на вивчення підходів, методів і механізмів функціонування та використання методів штучного інтелекту (ШІ) в контексті розподіленого та федеративного навчання. Необхідність в використанні нових підходів обумовлена тим, що сучасні підходи до вирішення складних завдань методами ШІ потребують обробки надзвичайно великого обсягу даних і використання великої кількості обчислювальних ресурсів.

Вивчення даної дисципліни майбутніми науковцями дозволить їм набутти важливих компетенцій в плані розвитку існуючих і використанню нових підходів проектування, розробки та використання засобів розподіленого та федеративного навчання, а також засвоїти методи їх підготовки для практичного застосування.

**Метою** вивчення дисципліни “Розподілене та федеративне навчання” є підготовка фахівців, здатних розв’язувати комплексні проблеми в галузі науково-дослідної діяльності у сфері розробки та використання засобів розподіленого та федеративного навчання, організацію рішень на основі компонентів розподіленого та федеративного навчання, їх способи налаштування та тестування в практичних умовах.

**Предметом** дисципліни є:

підходи і методи побудови компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання;

методи та механізми налаштування окремих компонентів і засобів ефективних систем на основі розподіленого та федеративного навчання,

методи інтеграції окремих компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання,

методи налаштування та моніторингу компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання у нових ефективних комп’ютерних системах.

Дисципліна “Розподілене та федеративне навчання” забезпечує наступні програмні компетентності і програмні результати освітньо-наукової програми (ОНП): ФК2, ФК3, ФК5, ФК6, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН17, ПРН20

Згідно з вимогами ОНП здобувачі після засвоєння дисципліни «Розподілене та федеративне навчання» мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- Прогнозувати вплив і ефект застосовуваних методів, технічних засобів і технологій комп’ютерної інженерії.
- Розв’язувати складні задачі і проблеми, що виникають у професійній діяльності.
- Демонструвати знання концептуальних і методологічних засад розв’язання наукових проблем в комп’ютерній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.
- Самостійно обирати та безпечно застосовувати відповідні технічні та програмні засоби для використання в комп’ютерній інженерії.
- Здійснювати дослідження та проектування технічних та програмних складових хмарних систем на підставі знання тенденцій розвитку сучасних комп’ютерних систем

За результатами вивчення навчальної дисципліни “Розподілене та федеративне навчання” мають бути отримані такі знання.

1. Мати передові концептуальні та методологічні знання у сфері проектування та побудови ефективних систем на основі засобів розподіленого та федеративного навчання.
2. Мати методологічні знання в плані розробки основних компонентів комп’ютерних систем на основі засобів розподіленого та федеративного навчання;

3. Мати концептуальні та методологічні знання у сфері інтеграції компонентів на основі засобів розподіленого та федеративного навчання для побудови комп'ютерних систем.

Уміння, які мають бути отримані у рамках вивчення навчальної дисципліни "Розподілене та федеративне навчання".

1. Вміти ефективно здійснювати пошук та критичний аналіз компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання.
2. Вміти розв'язувати задачі розробки та налаштування основних компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання.
3. Вміти розв'язувати задачі налаштування взаємодії основних компонентів і засобів комп'ютерних систем на основі спеціалізованих компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання.
4. Вміти застосовувати технології інтеграції основних компонентів і засобів комп'ютерних систем на основі спеціалізованих компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання.
5. Вміти застосовувати технології налаштування сукупності основних компонентів і засобів комп'ютерних систем загального використання на основі компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання для надійної роботи з даними.

Здобувачі наукового ступеня також мають бути здатні.

1. Застосовувати прикладні бібліотеки та програмні системи, які використовуються при розробці основних компонентів комп'ютерних систем на основі компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання.
2. Володіти методами та технологіями програмування з використанням прикладних бібліотек та програмних систем, призначених для інтеграції основних компонентів комп'ютерних систем на основі на основі компонентів і засобів розподіленого та федеративного навчання.

Таке поєднання загальних та спеціальних компетентностей, теоретичних та практичних знань, умінь та здатностей сприяє підвищенню науково-практичного рівня здобувачів наукового ступеня магістра задля здійснення ними ефективних наукових досліджень.

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

Для успішного оволодіння дисципліною необхідні знання:

- основ математичного аналізу, теорії графів, теорії функцій та математичної статистики;
- основ функціонування операційних систем;
- основ паралельного програмування.

Відповідно до освітньої програми необхідно попередньо оволодіти знаннями з дисциплін: "Програмування", "Архітектура комп'ютерних систем", "Комп'ютерні системи", "Структури даних та алгоритми", "Дослідження і проектування комп'ютерних систем", "Алгоритми та методи обчислень", "Дискретна математика".

Компетентності, знання та вміння, отримані в рамках вивчення даної дисципліни, можуть бути застосовані для отримання обґрунтованих результатів досліджень та підвищення наукового рівня дисертаційних робіт.

### **3.Зміст навчальної дисципліни**

- 1.Введення в курс. Мета і завдання курсу.
- 2.Базові відомості про паралелізацію даних та паралелізацію моделей.
- 3.Базові відомості про розподілене та федеративне навчання
- 4.Платформи та фреймворки для розподіленого та федеративного навчання
- 5.Децентралізована оптимізація та градієнтний спуск (FedSGD)
- 6.Алгоритм федеративної агрегації (FedAvg)
- 7.Варіанти федеративної агрегації
- 8.Алгоритм федеративної агрегації з різнорідними даними
- 9.Методи безпечної федеративної агрегації
- 10.Комунікаційно-ефективне навчання глибоких мереж у федеративному навчанні
- 11.Інтегроване багатозадачне навчання
- 12.Федеративне навчання для периферійних обчислень
- 13.Федеративне навчання для прикладних завдань: класифікація зображень в медицині
- 14.Федеративне навчання для прикладних завдань: обробка природної мови
- 15.Федеративне навчання для прикладних завдань: системи рекомендацій
- 16.Федеративне мета-навчання
- 17.Масштабованість та стійкість до помилок у федеративному навчанні
- 18.Проектування та оптимізація систем розподіленого та федеративного навчання

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

#### **Базова:**

1. Razavi-Far, R., Wang, B., Taylor, M. E., & Yang, Q. (2022). Federated and Transfer Learning. Springer International Publishing AG.
2. Ludwig, H., & Baracaldo, N. (Eds.). (2022). Federated learning: A comprehensive overview of methods and applications. Cham: Springer.
3. Saravanan Krishnan, A. Jose Anand, R. Srinivasan, R. Kavitha, S. Suresh (2023). Handbook on Federated Learning: Advances, Applications and Opportunities, CRC Press.
4. Nakayama, K., & Jeno, G. (2022). Federated Learning with Python: Design and implement a federated learning system and develop applications using existing frameworks, Packt Publishing.
5. Yu, S., & Cui, L. (2023). Security and Privacy in Federated Learning. Springer Nature.

#### **Додаткова:**

6. ur Rehman, M. H., & Gaber, M. M. (Eds.). (2021). Federated learning systems: Towards next-generation AI (Vol. 965). Springer Nature.
7. Bhattacharya, P., Verma, A., & Tanwar, S. (Eds.). (2023). Federated Learning for Internet of Medical Things: Concepts, Paradigms, and Solutions. CRC Press.



## Інформаційні ресурси

8. TensorFlow Federated (TFF) (<https://github.com/tensorflow/federated>)
9. FedJAX: Federated learning simulation with JAX (<https://github.com/google/fedjax>)
10. Flower: A Friendly Federated Learning Framework (<https://github.com/adap/flower>)
11. Federated Learning Simulator (FLSim) (<https://github.com/facebookresearch/FLSim>)
12. FLUTE (Federated Learning Utilities for Testing and Experimentation) (<https://github.com/microsoft/msrflute>)
13. A generic framework for privacy preserving deep learning (<https://github.com/OpenMined/PySyft>)

## Обладнання, що необхідне для проведення занять

Лекційні заняття проводяться в аудиторії, яку обладнано проектором, практичні заняття – в комп'ютерному класі.

## Навчальний контент

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

| Назви розділів, тем                                                               | Кількість годин |              |                    |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|--------------------|-----|
|                                                                                   | Всього          | У тому числі |                    |     |
|                                                                                   |                 | Лекції       | Лабораторні роботи | СРС |
| 1.Введення в курс. Мета і завдання курсу.                                         |                 | 2            |                    | 2   |
| 2.Базові відомості про паралелізацію даних та паралелізацію моделей.              |                 | 2            |                    | 2   |
| 3.Базові відомості про розподілене та федеративне навчання                        |                 | 2            |                    | 4   |
| 4.Платформи та фреймворки для розподіленого та федеративного навчання             |                 | 2            |                    | 2   |
| 5.Децентралізована оптимізація та градієнтний спуск (FedSGD)                      |                 | 2            |                    | 2   |
| 6.Алгоритм федеративної агрегації (FedAvg)                                        |                 | 2            | 2                  | 4   |
| 7.Варіанти федеративної агрегації                                                 |                 | 2            |                    | 2   |
| 8.Алгоритм федеративної агрегації з різнорідними даними                           |                 | 2            | 4                  | 2   |
| 9.Методи безпечної федеративної агрегації                                         |                 | 2            |                    | 4   |
| 10.Комунікаційно-ефективне навчання глибоких мереж у федеративному навчанні       |                 | 2            |                    | 2   |
| 11.Інтегроване багатозадачне навчання                                             |                 | 2            |                    | 2   |
| 12.Федеративне навчання для периферійних обчислень                                |                 | 2            | 2                  | 4   |
| 13.Федеративне навчання для прикладних завдань: класифікація зображень в медицині |                 | 2            | 4                  | 2   |
| 14.Федеративне навчання для прикладних завдань: обробка природної мови            |                 | 2            |                    | 2   |

|                                                                               |            |           |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 15.Федеративне навчання для прикладних завдань: системи рекомендацій          |            | 2         |           | 4         |
| 16.Федеративне мета-навчання                                                  |            | 2         |           | 4         |
| 17.Масштабованість та стійкість до помилок у федеративному навчанні           |            |           |           | 4         |
| 18.Проектування та оптимізація систем розподіленого та федеративного навчання |            |           |           | 4         |
| <b>Всього в семестрі:</b>                                                     | <b>120</b> | <b>32</b> | <b>14</b> | <b>66</b> |

### Лабораторні заняття:

Метою проведення лабораторних занять є набуття студентами необхідних практичних навичок для побудови хмарних комп'ютерних систем.

1. Лабораторна робота №1:  
Сучасні уявлення про алгоритм федеративної агрегації (FedAvg)
2. Лабораторна робота №2:  
Сучасні уявлення про алгоритм федеративної агрегації з різномірними даними
3. Лабораторна робота №3:  
Федеративне навчання для периферійних обчислень
4. Лабораторна робота №4:  
Федеративне навчання для прикладних завдань: класифікація зображень в медицині
5. Лабораторна робота №5:  
Федеративне навчання для прикладних завдань: обробка природної мови
6. Лабораторна робота №6:  
Федеративне навчання для прикладних завдань: системи рекомендацій

### 6.Самостійна робота студента

- підготовка до лекцій
- підготовка до практичних занять
- підготовка до заліку

## Політика та контроль

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

Під час занять з навчальної дисципліни «Розподілене та федеративне навчання» студенти повинні дотримуватись певних дисциплінарних правил:

- забороняється запізнюватись на заняття;
- не допускаються сторонні розмови або інший шум, що заважає проведенню занять;
- не допускається користування мобільними телефонами та іншими технічними засобами без дозволу викладача.

Перевірка результатів лабораторних робіт включає перевірку протоколу, який студент готує особисто.

Роботи, які здаються із порушенням зазначених термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку.

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

для спеціальності: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

| Учебний<br>Семестр | Кількість годин за навчальним планом |        |                   |                     |     |     |                   | залік |
|--------------------|--------------------------------------|--------|-------------------|---------------------|-----|-----|-------------------|-------|
|                    | Усього                               | Лекції | Практ.<br>заняття | Лаборат.<br>заняття | ДКР | МКР | Самост.<br>робота |       |
| 1                  | 120                                  | 32     |                   | 14                  |     |     | 74                | залік |
| Всього             | 120                                  | 32     |                   | 14                  |     |     | 74                | залік |

**Поточний контроль:** опитування за темою заняття

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік

**Умови допуску до семестрового контролю:** зарахування усіх лабораторних робіт

Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи – лабораторних робіт здійснюється в балах за 100 бальною шкалою. Загальний рейтинг студента з кредитного модуля складається з середнього балу за всі виконані лабораторні роботи та оцінки за залік.

*Табл.1 Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою*

| RD                                                         | Оцінка ECTS  | Традиційна оцінка |
|------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| 95...100                                                   | Відмінно     | Зараховано        |
| 85...94                                                    | Дуже добре   | Зараховано        |
| 75...84                                                    | Добре        |                   |
| 65...74                                                    | Задовільно   | Зараховано        |
| 60...64                                                    | Достатньо    |                   |
| $R_C < 60$                                                 | Незадовільно | Не зараховано     |
| $R_C \leq 50$ або не виконані інші умови допуску до заліку | Не допущено  | Не допущений      |

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

теоретичні та практичні питання, що виносяться на семестровий контроль, відповідають переліку основних тем, що входять до програми вивчення дисципліни “Розподілене та федеративне навчання”.

***Умова зарахування додаткових балів.***

В рамках вивчення навчальної дисципліни допускається зарахування балів, одержаних в результаті

- виконання індивідуального науково-дослідного проєкту за темою дисципліни та умови попереднього погодження напряму дослідження з викладачем та подачі статті про результати дослідження на міжнародну наукову конференцію рівня не нижче IEEE/ACM.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** професором кафедри обчислювальної техніки, д.ф.-м.н., с.н.с. Гордієнком Юрієм Григоровичем

**Ухвалено:** кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 12 від 23.06.2025 р.)

**Погоджено:** методичною комісією ФІОТ (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)