



**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення



## **СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ВБУДОВАНЕ МАШИННЕ НАВЧАННЯ НА РЕСУРСНО ОБМЕЖЕНИХ ПРИСТРОЯХ**

Другого рівня вищої освіти

м. Кропивницький

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	<b>Вбудоване машинне навчання на ресурсно обмежених пристроях</b>
Викладач	Лектор – Мелешко Єлизавета Владиславівна, доктор технічних наук, професор, доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення Центральноукраїнського національного технічного університету
Контактний телефон	службовий: (0522)390-449 – робочі дні з 8 <sup>30</sup> до 14 <sup>20</sup>
E-mail:	meleshko_yv@kntu.kr.ua
Консультації	<i>Очні консультації</i> відповідно до затвердженого графіку консультацій <i>Онлайн консультації</i> засобами електронної пошти, месенджерів у робочі дні

## 2. Анотація дисципліни

Курс «**Вбудоване машинне навчання на ресурсно обмежених пристроях**» спрямований на формування у здобувачів вищої освіти системних знань і практичних навичок розроблення, оптимізації та впровадження алгоритмів машинного навчання у вбудовані системи з обмеженими апаратними ресурсами. Вивчення дисципліни орієнтоване на практичні аспекти застосування методів машинного навчання на мікроконтролерах та інших малопотужних обчислювальних платформах, з урахуванням обмежень пам'яті, енергоспоживання та продуктивності. Лекційні та лабораторні заняття спрямовані на опанування підходів до збору та обробки сенсорних даних, побудови компактних моделей, їх оптимізації та інтеграції у вбудоване програмне забезпечення, що дозволяє наблизити навчальний процес до реальних інженерних задач сучасних вбудованих систем.

## 3. Мета і завдання дисципліни

**Метою викладання дисципліни «Вбудоване машинне навчання на ресурсно обмежених пристроях»** є формування у здобувачів вищої освіти поглиблених теоретичних знань та практичних умінь у сфері вбудованого машинного навчання, необхідних для проектування, оптимізації та реалізації інтелектуальних функцій на ресурсно обмежених пристроях, а також підготовка до професійної діяльності у галузі вбудованих систем, Інтернету речей та інтелектуальних кіберфізичних систем.

**Основними завданнями вивчення дисципліни** є засвоєння принципів функціонування та архітектури ресурсно обмежених вбудованих пристроїв у контексті застосування алгоритмів машинного навчання; вивчення методів збору, попередньої обробки та аналізу сенсорних даних для використання у вбудованих ML-системах; оволодіння підходами до побудови та навчання компактних моделей машинного навчання з урахуванням апаратних обмежень; формування навичок оптимізації моделей за критеріями швидкодії, споживання пам'яті та енергоефективності; набуття практичного досвіду інтеграції та тестування моделей машинного навчання у програмне забезпечення вбудованих систем.

## 4. Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен вміти:

- Проектувати та реалізовувати алгоритми машинного навчання для ресурсно обмежених вбудованих пристроїв з урахуванням обмежень обчислювальної потужності, пам'яті та енергоспоживання.
- Здійснювати підготовку, обробку та аналіз сенсорних даних, що використовуються для навчання та роботи моделей машинного навчання у вбудованих системах.
- Оптимізувати моделі машинного навчання за показниками розміру, швидкодії та енергоефективності з використанням сучасних методів стиснення, квантизації та спрощення архітектур.
- Інтегрувати та тестувати ML-моделі у програмному забезпеченні вбудованих систем, забезпечуючи коректність роботи, стабільність та надійність функціонування.
- Оцінювати ефективність і доцільність застосування вбудованого машинного навчання для розв'язання прикладних інженерних задач у кіберфізичних, вбудованих та інтелектуальних системах.

## 5. Обсяг дисципліни

Ознака дисципліни	
Кількість кредитів / годин	4/120
Нормативна / вибіркова	вибіркова
Вид підсумкового контролю	залік

## 6. Політика дисципліни

### Академічна доброчесність:

Очікується, що студенти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення. Детальніше за посиланням URL : <http://www.kntu.kr.ua/doc/dobro.pdf>

### Відвідування занять

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лекції і лабораторні заняття курсу.

Пропущені заняття повинні бути відпрацьовані не пізніше, ніж за тиждень до залікової сесії.

### Поведінка на заняттях

**Недопустимість:** запізнь на заняття, списування та плагіат, несвоєчасне виконання поставленого завдання.

При організації освітнього процесу в Центральноукраїнському національному технічному університеті студенти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення навчальних дисциплін вільного вибору; Положення про рубіжний контроль успішності і сесійну атестацію студентів ЦНТУ, Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

## 7. Програма навчальної дисципліни

### **Тема 1. Вбудоване машинне навчання: концепції та обмеження**

Поняття вбудованого ML та TinyML. Ресурсні обмеження мікроконтролерів (RAM, Flash, CPU, енергоспоживання). Відмінності вбудованого ML від класичного та edge-ML.

### **Тема 2. Апаратні платформи для вбудованого машинного навчання**

Мікроконтролери та SoC для ML-застосувань. Архітектурні особливості MCU, важливі для ML. Периферія та сенсори як джерела даних для моделей.

### **Тема 3. Збір та попередня обробка даних на ресурсно обмежених пристроях**

Отримання даних із сенсорів у реальному часі. Фільтрація, агрегація та нормалізація сигналів. Формування вхідних ознак без використання великих бібліотек.

### **Тема 4. Моделі машинного навчання для мікроконтролерів**

Класифікаційні та регресійні моделі з малою обчислювальною складністю. Прості нейронні мережі для вбудованого виконання. Вибір моделей з урахуванням обмежень пам'яті та часу виконання.

### **Тема 5. Оптимізація та спрощення ML-моделей**

Квантизація моделей для виконання на MCU. Зменшення розміру моделей і кількості операцій. Вплив оптимізації на точність і стабільність роботи.

### **Тема 6. Інтеграція ML-моделей у вбудоване програмне забезпечення**

Вбудовування моделей у firmware мікроконтролера. Організація циклу інференсу в реальному часі. Взаємодія ML-логіки з периферією та керуючими модулями.

### **Тема 7. Оцінювання продуктивності вбудованих ML-рішень**

Вимірювання часу інференсу. Оцінка використання оперативної пам'яті та Flash. Аналіз енергоспоживання ML-застосунків.

### **Тема 8. Практичні застосування вбудованого машинного навчання**

Розпізнавання подій і сигналів на мікроконтролерах. Інтелектуальні сенсорні та IoT-пристрої. Обмеження, ризики та перспективи розвитку TinyML.

## 8. Система оцінювання та вимоги

**Види контролю:** поточний, підсумковий.

**Методи контролю:** спостереження за навчальною діяльністю, усне опитування, письмовий контроль, тестовий контроль.

**Форма підсумкового контролю:** залік.

Поточний контроль знань здобувачів вищої освіти здійснюється шляхом оцінювання виконання лабораторних робіт протягом семестру. При цьому враховується коректність виконання поставлених завдань, рівень обґрунтованості та аргументованості відповідей під час захисту робіт, а також дотримання визначених строків їх подання. Важливим складником оцінювання є також рівень засвоєння теоретичного матеріалу та сформованість практичних умінь і навичок.

Підсумковий контроль проводиться у формі заліку та спрямований на перевірку ступеня опанування теоретичних положень дисципліни й здатності застосовувати набуті знання під час розв'язання практичних завдань. Водночас у межах навчального процесу передбачено виконання

комплексу навчальних завдань під час лекційних і лабораторних занять, а також індивідуальних робіт, що може слугувати підставою для виставлення підсумкової оцінки понад 60 балів без обов'язкового проходження залікової процедури.

## 9. Рекомендована література

### Базова

1. Chip Huyen Designing Machine Learning Systems, O'Reilly Media, Inc., 2022. ISBN: 9781098107949.
2. Himansu Das (editor), Jitendra Kumar Rout (editor), Suresh Chandra Moharana (editor),
3. Nilanjan Dey (editor). Applied Intelligent Decision Making in Machine Learning. CRC Press, 2021. ISBN: 9780367503369.
4. Jun Chen; Edward P K Tsang. Detecting Regime Change in Computational Finance, Data Science, Machine Learning and Algorithmic Trading. Chapman & Hall. 2021. ISBN: 9780367540951
5. Hassanien A.E (ed.). Advanced machine learning technologies and applications. AMLTA 2020. Springer, 2021. ISBN: 9789811533822.
6. Saini S., Lata K., Sinha G. R. VLSI and Hardware Implementations Using Modern Machine Learning Methods. Boca Raton : CRC Press, 2021. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003201038>.
7. Lee W.-M. Python Machine Learning. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2019. 320 p.
8. Liu G. R. Machine Learning with Python. WORLD SCIENTIFIC, 2022. URL: <https://doi.org/10.1142/12774>.
9. Pattanayak S. Quantum Machine Learning with Python. Berkeley, CA : Apress, 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6522-2>.
10. Bilokon P. A. Python, Data Science and Machine Learning. WORLD SCIENTIFIC, 2021. URL: <https://doi.org/10.1142/11701>.

### Допоміжна

11. Jonathan Roberge, Michael Castelle. The Cultural Life of Machine Learning: An Incursion into Critical AI Studies. Palgrave Macmillan, 2021. ISBN: 9783030562854,3030562859
12. Chris Fregly, Antje Barth. Data Science on AWS. April 2021 O'Reilly Media, Inc. ISBN: 9781492079392
13. Aboul Ella Hassanien, Ashraf Darwish. Machine Learning and Big Data Analytics Paradigms: Analysis, Applications and Challenges. Springer, Cham. 2021, ISBN: 3030593371.
14. Patel, Govind Singh, editor. Smart agriculture : emerging pedagogies of deep learning, machine learning and Internet of Things / edited by Govind Singh Patel, LPU Phagwara, India, Amrita Rai, UPTU, India, Nripendra Narayan Das, Manipal University Jaipur, India, R.P. Singh, Haramaya University, Diredawa, Ethiopia. Description: First edition. | Boca Raton : CRCPress/Balkema/ Taylor & Francis Group, (2021), ISBN: 978-0-367-53580-3 (hbk).

### Інформаційні ресурси

15. Онлайн-курси Prometheus. – URL: <https://prometheus.org.ua/>
16. Онлайн-курси Coursera. – URL: <https://www.coursera.org>
17. Академія Cisco. – URL: <https://www.netacad.com>
18. Он-лайн ресурс з інформаційних технологій. – URL: <https://dou.ua/>
19. Пошукова система. – URL: <https://www.google.com/>

20. Он-лайн ресурс перегляду відеоуроків.– URL:<https://www.youtube.com>