



**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	Вбудоване машинне навчання на ресурсно обмежених пристроях
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 ³⁰ до 14 ²⁰
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 проєктування, 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:

- Проєктувати 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.
- Оптимізовувати 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 Центральнотехнічному 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, Direedawa, 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>