

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ

Кафедра математичної інформатики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОСНОВИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

для студентів

спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**
(цифра і назва)
(цифра і назва спеціальності)
освітній рівень **бакалавр**
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма **«Інформатика»**
(назва освітньої програми)
вид дисципліни **вибіркова**
вибірковий блок **“Інтелектуальні інформаційні технології”**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2023/2024
Семестр	8
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: к.т.н., доцент Рябоконт Д.І.

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

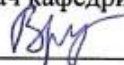
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробники: Рябоконт Д.І., доц. кафедри математичної інформатики, канд. техн. наук.


ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри математичної інформатики

 Василь ТЕРЕЩЕНКО

Протокол № 6 від « 11 » 02 2021 р.

Схвалено Гарантом освітньо-професійної програми «Інформатика»

« 11 » листопада 2021р.  Людмила ОМЕЛЬЧУК

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від « 11 » листопада 2021 року № 7

Голова науково-методичної комісії  Людмила ОМЕЛЬЧУК

« 11 » листопада 2021 року

1. Мета дисципліни – отримання базових теоретичних знань і практичних навичок у напрямку розпізнавання образів, необхідних для подальшої дослідницької і прикладної роботи.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Студент повинен знати: оптимізаційні методи статистичного розпізнавання, що базуються на теорії статистичних рішень, найпоширеніші статистичні моделі об'єктів розпізнавання, методи автоматичного налагодження (навчання) алгоритмів розпізнавання, методи самонавчання алгоритмів розпізнавання, розв'язні підкласи задач структурного розпізнавання та алгоритми їх розв'язку.

Студент повинен вміти: ефективно застосовувати набуті методи для розв'язку задач розпізнавання для різноманітних статистичних моделей та проведення наукових досліджень за фахом.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Основи розпізнавання образів» є складовою вибіркового блоку «Інтелектуальні інформаційні технології» освітньо-професійної програми «Інформатика» за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

У курсі передбачено 3 частини, 3 контрольні роботи. Завершується дисципліна заліком в 8 семестрі.

4. Завдання (навчальні цілі):

Основними завданнями дисципліни «Сучасні технології машинного навчання» є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень в області машинного навчання відповідно до освітньої кваліфікації бакалавр з комп'ютерних наук. Зокрема, розвивати здатність використовувати інтелектуальні інформаційні технології.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН1.1	Знати поняття байесівської теорії статистичних рішень, двоїстості у небайесівських задачах розпізнавання, стратегія, що мінімізує ймовірність хибного розпізнавання, Перцептрон.	Лекція, самостійна робота	Активна робота на лекції, усні відповіді. Контрольна робота 1,2, 3 (60% правильних відповідей)	17%
РН 1.2	Знати підхід Г.Роббінса. Задача Г.Роббінса та алгоритм її розв'язку, навчання та самонавчання у розпізнаванні образів, алгоритми мінімізації емпіричного ризику на тестовій множині прикладів, алгоритм Козинця.			18%

РН 2.1	Вміти аналізувати практичні задачі з метою визначення оптимального методу машинного навчання для їх розв'язання.	Лекція, самостійна робота	Активна робота на лекції, усні відповіді. Контрольна робота 1,2, 3 (60% правильних відповідей)	10%
РН 2.2	Вміти реалізувати відібрані шляхом аналізу задачі методи та алгоритми розпізнавання образів.			40%
РН 2.3	Вміти застосовувати програмні засоби розробки систем			10%
РН4.1	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість	Лекція, самостійна робота	Активна робота на лекції, усні відповіді. Контрольна робота 1,2, 3 (60% правильних відповідей)	5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни					
	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	4.1
ПРН20.1. Знати і застосовувати методи інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту, що включають методи комп'ютерної лінгвістики та комп'ютерного зору.	+		+	+	+	
ПРН21.1. Знати методи машинного навчання для розв'язання прикладних задач, основні поняття та принципи роботи штучних нейронних мереж.		+	+	+	+	+
ПРН22.1. Знати та уміти застосовувати методи та алгоритми обчислювальної геометрії та комп'ютерної графіки	+	+	+	+	+	

7. Схема формування оцінки

7.1 Форми оцінювання студентів

- семестрове оцінювання

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1, РН1.2 – 10 балів/6 бали;
2. Контрольна робота 1: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН4.1 — 30 балів/18 балів.
3. Контрольна робота 2: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН4.1 — 30 балів/18 балів.
4. Контрольна робота 3: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН4.1 — 30 балів/18 балів.

- підсумкове оцінювання (у формі залік):

- Залікові бали визначаються як сума оцінок/балів за всіма успішно оціненими результатами навчання, передбаченими даною програмою.
- Оцінки нижче від мінімального порогового рівня не додаються.
- Мінімальний пороговий рівень для сумарної оцінки за всіма компонентами становить 60% від максимально можливої кількості балів.

Частина 1.

Теоретичні питання. Байєсівська теорія статистичних рішень. Спостережувані параметри і приховані стани об'єкта. Статистична модель об'єкта. Стратегія розпізнавання. Штраф і ризик стратегії. Мінімізація ризику. Загальний вид байєсівських стратегій розпізнавання об'єкта з двома можливими станами. Детермінований характер байєсівських стратегій. Стратегія, що мінімізує ймовірність хибного розпізнавання. Стратегія розпізнавання при можливій відмові від розпізнавання. Низка конкретних прикладів мінімізації ризику. Теорія двоїстості у небайєсівських задачах розпізнавання. Задача Неймана-Пірсона і її узагальнення. Мінімаксна задача розпізнавання. Задача Вальда. Складена задача статистичних рішень. Узагальнена задача Неймана-Пірсона для випадку двох небезпечних станів. Узагальнена задача Неймана-Пірсона для двох нормальних станів. Узагальнена задача Неймана-Пірсона для двох небезпечних і двох нормальних станів.

Практичні заняття

Задача 1.1. Побудувати стратегію вирішення байєсівської задачі з функцією штрафів обчислювальна складність якої не залежить від Δ і лінійно залежить від n . [1, стор. 33-34]

$$w(k, k^*) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } |k - k^*| > \Delta \\ 0, & \text{якщо } |k - k^*| \leq \Delta \end{cases}, \quad k, k^* = 1, 2, \dots, n$$

Задача 1.2. Побудувати стратегію вирішення байєсівської задачі з функцією штрафів обчислювальна складність якої пропорційна не n^2 , а n . [1, стор. 33]

$$w(k, k^*) = |k - k^*|, \quad k, k^* = 1, 2, \dots, n,$$
$$w(k, k^*) = |k - k^*|^2, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k^* \in R$$

Задача 1.3. Нехай X - множина зображень, $K = \{0, 1, \dots, 9\}$ - множина цифр, $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $x_i \in X$ - послідовність зображень, $\bar{k} = (k_1, k_2, \dots, k_n)$, $k_i \in K$ - прихована послідовність цифр на цих зображеннях. Відомо, що ймовірність пари \bar{x}, \bar{k}

дорівнює $\bar{p}(\bar{x}, \bar{k}) = \prod_{i=1}^n p(x_i, k_i)$, де $p(x, k)$ - імовірність, задана для кожного зображення $x \in X$ і кожної цифри $k \in K$. Побудувати обчислювально ефективну стратегію, яка за заданою послідовністю $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ приймає рішення про суму $\sum_{i=1}^n k_i$. [1, стор. 27-32]

Задача 1.4. Узагальнена задача Неймана-Пірсона для випадку двох небезпечних станів. Побудувати стратегію, що мінімізує імовірність хибної тривоги за умови, що імовірність пропуску як однієї, так і другої небезпеки не перевищує заданої величини.

Задача 1.5. Узагальнена задача Неймана-Пірсона для двох нормальних станів. Побудувати стратегію, таку, що імовірність пропуску небезпеки не перевищує заданої величини і при цьому мінімізується оцінка зверху імовірності хибної тривоги.

Задача 1.6. Узагальнена задача Неймана-Пірсона для двох небезпечних і двох нормальних станів. Побудувати стратегію, таку, що імовірність пропуску кожної з двох небезпек не перевищує заданої величини і при цьому мінімізується оцінка зверху імовірності хибної тривоги.

Частина 2.

Теоретичні питання. Емпіричний байесів підхід Роббінса. Задача Роббінса та алгоритм її розв'язку. Монотонний характер алгоритму та властивість його нерухомих точок. Дві статистичні моделі об'єктів. Найвірогідніші оцінки параметрів моделі з незалежними ознаками. Найвірогідніші оцінки параметрів нормальної випадкової величини. Навчання та самонавчання у розпізнаванні образів. Алгоритм самонавчання та його конкретизація для двох статистичних моделей розпізнавання. Монотонний характер алгоритмів самонавчання.

Практичні заняття

Задача 2.1. Нехай X - скінчена множина значень випадкової величини x з імовірностями $p(x)$, $x \in X$, які апіорі невідомі. Нехай (x_1, x_2, \dots, x_n) - випадкова вибірка спостережень випадкової величини x . Знайти найвірогідніші оцінки $p^*(x)$ імовірностей $p(x)$,

$$(p^*(x) | x \in X) = \underset{(p(x) | x \in X)}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^n \log p(x_i), \quad [1]$$

Задача 2.2. Нехай $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ - m -вимірний випадковий вектор, компоненти x_i

якого належать скінченій множині X , такий, що $p(\bar{x}) = \prod_{i=1}^m p_i(x_i)$, де імовірності $p_i(x_i)$

апіорі невідомі. Нехай $\bar{x}^1, \bar{x}^2, \dots, \bar{x}^n$ - випадкова вибірка реалізацій випадкового вектора \bar{x} . [1, стор.]

Знайти найвірогідніші оцінки $p_i^*(x)$ імовірностей $p_i(x)$,

$$(p_i^*(x) | i=1,2,\dots,n; x \in X) = \underset{(p_i(x)|_{i=1,2,\dots,n;x \in X})}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^n \log \bar{p}(\bar{x}^i) \quad [1].$$

Задача 2.3. Нехай x - випадкова величина з дійсними значеннями, така, що

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

де параметри μ і σ апіорі невідомі. Нехай (x_1, x_2, \dots, x_n) - випадкова вибірка реалізацій випадкової величини x . [1]. Знайти найвірогідніші оцінки μ^* , σ^* параметрів μ і σ ,

$$(\mu^*, \sigma^*) = \underset{\mu, \sigma}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^n \log p(x_i).$$

Задача 2.4. Нехай x - випадкова величина з дійсними значеннями, така, що $p(x) = c \cdot e^{-|x-\mu|}$,

де параметр μ апіорі невідомий. Нехай (x_1, x_2, \dots, x_n) - випадкова вибірка реалізацій випадкової величини x . Знайти найвірогіднішу оцінку μ^* параметра μ ,

$$\mu^* = \underset{\mu}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^n \log p(x_i). \quad [1]$$

Задача 2.5. Нехай $K = \{1, 2\}$ - множина станів певного об'єкта, який знаходиться у стані 1 з імовірністю q_1 , а в стані 2 - з імовірністю q_2 . Ймовірності q_1 і q_2 апіорі невідомі. Перебуваючи у стані $K = \{1, 2\}$, об'єкт генерує вектор $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ з імовірністю

$$p(\bar{x}/k) = \prod_{i=1}^m p_i(x_i/k).$$

Кожна компонента вектора \bar{x} набуває значення з заданої скінченної множини. Імовірності $p_i(x/k)$ апіорі невідомі. Нехай $\bar{x}^1, \bar{x}^2, \dots, \bar{x}^n$ - вибірка випадкових значень вектора \bar{x} із суміші

$$p(\bar{x}) = \sum_{k=1}^2 q_k \cdot p(\bar{x}/k).$$

Побудувати алгоритм самонавчання, тобто пошуку значень $q_1^*, q_2^*, i=1, 2, \dots, m; p_i^*(x/k), x \in X, K = \{1, 2\}$, що максимізують величину

$$\sum_{j=1}^n \log \sum_{k=1}^2 q_k \cdot p(\bar{x}^j/k) = \sum_{j=1}^n \log \sum_{k=1}^2 q_k \cdot \prod_{i=1}^m p_i(x_i^j/k) \quad [1, \text{стор. 273-276}]$$

Задача 2.6. Нехай $K = \{1, 2\}$ - множина станів певного об'єкта, який знаходиться у стані 1 з імовірністю q_1 , а в стані 2 - з імовірністю q_2 . Імовірності q_1 і q_2 апіорі невідомі. Перебуваючи у стані $K = \{1, 2\}$ об'єкт генерує гаусову випадкову величину x з розподілом

$$p(x/k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_k)^2}$$

. Математичні сподівання μ_1 і μ_2 апіорі невідомі. Нехай (x_1, x_2, \dots, x_n) - вибірка випадкових реалізацій величини x із суміші

$$p(x) = \sum_{k=1}^2 q_k \cdot p(x/k)$$

Побудувати алгоритм самонавчання, тобто пошуку значень q_1^* , q_2^* , μ_1^* , μ_2^* , що максимізують імовірність

$$\sum_{i=1}^n \log \sum_{k=1}^2 q_k \cdot p(x_i/k) \quad . \quad [1, \text{стор. 271-273}]$$

Задача 2.7. Нехай $K = \{1, 2\}$ - множина станів певного об'єкта, який знаходиться у стані 1 з імовірністю q_1 , а в стані 2 - з імовірністю q_2 . Імовірності q_1 і q_2 апіорі невідомі. Перебуваючи у стані $K = \{1, 2\}$ об'єкт генерує випадкову величину x з розподілом

$$p(x/k) = c \cdot e^{-|x-\mu_k|} \quad . \quad \text{Математичні сподівання } \mu_1 \text{ і } \mu_2 \text{ апіорі невідомі. Нехай } (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

- вибірка випадкових реалізацій величини x із суміші

$$p(x) = \sum_{k=1}^2 q_k \cdot p(x/k)$$

Побудувати алгоритм самонавчання, тобто пошуку значень q_1^* , q_2^* , μ_1^* , μ_2^* , що максимізують імовірність

$$\sum_{i=1}^n \log \sum_{k=1}^2 q_k \cdot p(x_i/k) \quad . \quad [1, \text{стор. 271-273}]$$

Частина 3.

Теоретичні питання. Мінімізація емпіричного ризику на тестовій множині прикладів. Алгоритм Козинця та доведення його збіжності. Перцептрон і теорема Новікова. Модифікація алгоритмів Козинця і перцептрона для випадку розпізнавання об'єктів з кількістю станів, більше 2. Модифікація алгоритмів для налагодження нелінійних дискримінантних функцій. Принципи викривлення-спрямлення ознакового простору. Принципи безпомилкового навчання алгоритмів розпізнавання.

Практичні заняття.

Задача 3.1. Нехай $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - n -вимірний вектор, компоненти якого набувають значення з множини дійсних чисел, а $\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_m$ - n -вимірні вектори, що називаються

еталонами. Нехай існує стратегія виду $k^* = \arg \max_k \langle \bar{\alpha}_k, x \rangle$, Еталони $\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_m$, що визначають цю стратегію, апріорі невідомі. Нехай задані m скінчених тестових множин X_1, X_2, \dots, X_m . Побудувати алгоритм, що за тестовими множинами визначає еталони так, що для всіх $k^* \in \{1, 2, \dots, m\}$ і для всіх $x \in X_{k^*}$ виконується відношення $k^* = \arg \max_k \langle \bar{\alpha}_k, x \rangle$. [1, стор. 193-195].

Задача 3.2. Нехай X_1 і X_2 - дві скінчені підмножини n -вимірному простору. Знайти таку сферу, що містить у собі одну з цих підмножин і не перетинає іншу. [1, стор. 95-97]

Задача 3.3. Нехай X_1 і X_2 - дві скінчені підмножини n -вимірному простору. Знайти такий еліпсоїд, що містить у собі одну з цих підмножин і не перетинає іншу. [1, стор. 95-97]

7.2 Організація оцінювання:

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, лабораторних робіт та контрольних робіт за графіком робочої програми.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота 1: до 5 тижня семестру.
2. Контрольна робота 2: до 9 тижня семестру.
3. Контрольна робота 3: до 18 тижня семестру.

Студент має право на однократне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 90% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

Студент має право здавати лабораторні роботи після закінчення визначеного для них терміну, але з втратою двох балів за кожен тиждень, який пройшов з моменту закінчення терміну її здачі.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних та лабораторних занять

№ п. п.	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції		Самост. робота
Частина 1 Основи теорії статистичних рішень стосовно задач розпізнавання образів				
1	Байесівська теорія статистичних рішень. Спостережувані параметри і приховані стани об'єкта. Статистична модель об'єкта. Стратегія розпізнавання. Штраф і ризик стратегії. Мінімізація ризику. [1, ст. 15-26]	2		4
2	Загальний вид байесівських стратегій розпізнавання об'єкта з двома можливими станами. Детермінований характер байесівських стратегій. [1, стор. 17-21]	2		4
3	Стратегія, що мінімізує ймовірність хибного розпізнавання. Стратегія розпізнавання при можливій відмові від розпізнавання. Низка конкретних прикладів мінімізації ризику. [1, стор. 22-24]	2		4
4	Теорія двоїстості у небайесівських задачах розпізнавання. [1, стор. 45-72]	2		4
5	Задача Неймана-Пірсона і її узагальнення. Мінімаксна задача розпізнавання. Задача Вальда. Складена задача статистичних рішень. [1, стор. 45-72]	1		4
	Контрольна робота № 1	1		
Частина 2 Навчання і самонавчання алгоритмів розпізнавання				
6	Емпіричний байесів підхід. Г. Роббінса. Задача Г. Роббінса та алгоритм її розв'язку. Монотонний характер алгоритму та властивість його нерухомих точок. [1, стор. 240-247, 266-268]	2		6
7	Дві статистичні моделі об'єктів. Найвірогідніші оцінки параметрів моделі з незалежними ознаками. Найвірогідніші оцінки параметрів нормальної випадкової величини. [1, стор. 93-97]	2		6
8	Навчання та самонавчання у розпізнаванні образів. Алгоритм самонавчання та його конкретизація для двох статистичних моделей розпізнавання	2		4
9	Монотонний характер алгоритмів самонавчання. [1, стор. 254-260]	1		4
	Контрольна робота № 2	1		
Частина 3 Автоматичне налагодження алгоритмів розпізнавання				
10	Мінімізація емпіричного ризику на тестовій множині прикладів. [1, стор. 129-130]	2		4
11	Алгоритм Козинця та доведення його збіжності. [1, стор. 186-188]	2		4
12	Перцептрон и теорема Новікова. [1, стор. 189-191]	2		4
13	Модифікація алгоритмів Козинця і перцептрона для випадку розпізнавання об'єктів з кількістю	2		4

	станів, більше 2. Модифікація алгоритмів для налагодження нелінійних дискримінантних функцій. Принципи викривлення-спрямлення ознакового простору. [1, стор. 193-195, 95-97]			
14	Принципи безпомилкового навчання алгоритмів розпізнавання. [1, стор. 145-150]	1		4
	Контрольна робота № 3	1		
	ВСЬОГО/ TOTAL	28		60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекції – **28** год.

Консультації - **2** год.

Самостійна робота/ Individual work - **60** год.

9. Рекомендовані джерела:

1. Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. (2000). Pattern Classification (2nd ed.). Wiley-Interscience. ISBN: 978-0471056690.
2. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning (2nd ed.). Springer. ISBN: 978-0387848570.
3. Webb, A. R., & Copsey, K. D. (2011). Statistical Pattern Recognition (3rd ed.). Wiley. ISBN: 978-0470682285.
4. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. ISBN: 978-0387310732.
5. Murphy, K. P. (2012). Machine Learning: A Probabilistic Perspective. The MIT Press. ISBN: 978-0262018029.