



АНАЛІЗ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ МЕТОДАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>153 Мікро -та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро -та наносистемна техніка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II рік, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: <i>к.т.н., доцент, Попов Антон Олександрович, popov-ee@iit.kpi.ua;</i> <i>к.т.н., доцент, Іванько Катерина Олегівна, ivanko-ee@iit.kpi.ua</i> Практичні заняття: <i>к.т.н., доцент, Попов Антон Олександрович, popov-ee@iit.kpi.ua;</i> <i>к.т.н., доцент, Іванько Катерина Олегівна, ivanko-ee@iit.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom) https://classroom.google.com/c/NjE5OTkzNzgxNDYx

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни

Метою кредитного модуля є формування цілісного уявлення про можливості застосування методів машинного навчання та обробки сигналів у біомедичній техніці.

Ця дисципліна формує такі компетентності:

ФК 3 Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення.

ФК 4 Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і нанoeлектронних приладах та системах.

ФК 5 Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.

ФК 9 Здатність використовувати технічне обладнання й устаткування, системи прийняття рішень, програмні засоби та інструменти для проведення наукового експерименту та обробки результатів експериментальних досліджень.

ФК 10 Здатність застосовувати знання методів обробки та відображення інформації в сучасній мікро- та наносистемній техніці та демонструвати уміння проектування, розрахунку та програмування мікроконтролерних систем та електронних засобів

ФК 12 Здатність використовувати інформаційні технології, методи інтелектуалізації та візуалізації, штучного інтелекту, методи машинного навчання, хмарні технології для дослідження та аналізу процесів в мікро- та наносистемній техніці, включаючи електронні біомедичні системи.

ФК 13 Здатність використовувати інформаційні технології проектування для дослідження та аналізу процесів у мікро- і наносистемній техніці та біомедичних електронних системах.

Програмні результати навчання:

ПРН 3 Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення.

ПРН 4 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та нанoeлектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

ПРН 12 Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки.

ПРН 17 Досліджувати нові та використовувати існуючі методи аналізу, синтезу і ідентифікації характеристик і параметрів засобів мікро- та наносистемної техніки, біомедичних електронних приладів і систем.

ПРН 18 Досліджувати та проектувати прилади мікро- та нанoeлектроніки, моделювати процеси в мікроелектронних приладах та системах, аналізувати отримані дані та на їх основі прогнозувати параметри новітніх приладів та систем мікро- та наносистемної техніки, електронних біомедичних систем.

ПРН 19 Проводити експериментальні та теоретичні дослідження властивостей, випробування, проектування компонентів, пристроїв та систем електронної техніки, включаючи електронні біомедичні системи.

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- властивостей та особливостей методів аналізу сигналів різної розмірності;*
- основних підходів та етапів машинного навчання;*
- тенденцій розвитку методів машинного навчання та їх застосування у біомедичній області.*

уміння:

- обґрунтовано обирати необхідні методи дослідження та обробки сигналів – спираючись на постійний розумовий контроль або на набуті навички;
- проводити аналіз та класифікацію біомедичних сигналів і зображень, розробляти власні прикладні програми для діагностики стану людини, аналізу біопотенціалів серця та мозку, біометричної ідентифікації особи та ін.
- оцінювати можливості адаптації відомих методів машинного навчання до конкретних задач практичної діяльності – спираючись на постійний розумовий контроль без допомоги матеріальних носіїв інформації, або спираючись на матеріальні носії інформації.

досвід вірного виконання:

- вибору необхідних методів аналізу сигналів та подальшого машинного навчання для вирішення задач власної області досліджень.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Дисципліна забезпечується дисциплінами “Обчислювальна математика”, “Прикладна біофізика”, “Аналогова схемотехніка”, “Цифрова схемотехніка”, “Теорія сигналів”.

Дисципліна дає досвід використання знань та інформаційних технологій в розрахунковій, дослідницькій та звітній роботах, при виконанні магістерських робіт та в практичній діяльності фахівця з мікро- та наносистемної техніки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні визначення та методи конструювання ознак для машинного навчання

Тема 1.1. Класифікація методів машинного навчання

Тема 1.2. Методи конструювання ознак

Розділ 2. Основні методи машинного навчання

Тема 2.1. Навчання з учителем

Тема 2.2. Навчання без учителя

Тема 2.3. Нейронні мережі

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

1. *Машинне навчання та обробка сигналів в біомедичних електронних системах. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Електронні мікро- і наносистеми та технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: К.О. Іванько, А.О. Попов, Н.Г. Іванушкіна.– Електронні текстові дані (1 файл: 5 947 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 97 с.*

Допоміжна

1. *Попов, А.О. Теорія сигналів: навчальний посібник з розділів «Сигнали та системи їх перетворення» та «Аналіз сигналів» для студентів напрямку 6.050801 – мікро- та наноелектроніка / А.О. Попов, В.О. Фесечко. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 161 с.*
2. *Попов, А. О. Теорія сигналів: навчальний посібник з розділу «Спеціальні розділи теорії сигналів» для студентів напрямку 6.050801 – мікро- та наноелектроніка / А.О. Попов, В.О. Фесечко. – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 58 с.*

3. Дідковський В.С., Найда С.А. П'єзоелектричні перетворювачі медичних ультразвукових сканерів: Навч. посібник. –К.: НТУУ" КПІ", 1999. –179 с.
4. Іванушкіна Н.Г. Технології високого розрізнення в електрокардіографії: навч. посіб. / Н.Г. Іванушкіна, В.О. Фесечко. — К.: НТУУ "КПІ", 2007. — 116 с.
5. Абакумов В.Г. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг/ В.Г. Абакумов, О. І. Рибін, Й. Сватош. — Київ: Нора-принт, 2003. — 426 с.

Література може бути знайдена в бібліотеці та мережі Інтернет.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p><i>Тема: Засади інтелектуального аналізу даних у біомедичних електронних системах.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Вступ до предмету. Задачі машинного навчання. Задачі машинного навчання у біомедицині. Класифікація методів машинного навчання. Загальна структура систем навчання.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: БЕС з використанням машинного навчання та приклади їх застосування</i></p>

<p>2</p>	<p><i>Тема: Оцінка ефективності машинного навчання. Основні види метрик для оцінювання ефективності машинного навчання.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Матриця помилок. Повнота та точність. F-міра. ROC крива.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: види та характеристики метрик в задачах машинного навчання</i></p>
<p>3</p>	<p><i>Тема: Проектування наборів ознак для задач машинного навчання</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Види даних. Викиди у даних. Поняття, задачі та етапи аналізу сигналів, загальні підходи до проектування наборів ознак для машинного навчання. Аугментація ознак для машинного навчання.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування математичних методів аналізу біомедичних сигналів для виділення діагностично важливих ознак</i></p>
<p>4</p>	<p><i>Тема: Зменшення розмірності набору ознак у задачах машинного навчання</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Загальні характеристики та особливості застосування методів зниження розмірності даних. Метод головних компонент, метод незалежних компонент, методи NMF та t-SNE</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування методів зниження розмірності даних для аналізу біомедичних сигналів та задач машинного навчання у БЕС (на власному прикладі)</i></p>

<p>5</p>	<p><i>Тема: Планування експерименту для реалізації задач машинного навчання у БЕС</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Підготовка даних. Види кросс-валідації, особливості навчання на часових рядах. Загальні характеристики та особливості застосування.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування аналізу сигналів (на власному прикладі)</i></p>
<p>6</p>	<p><i>Тема: Методи машинного навчання з учителем.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Класифікація. Метод k найближчих сусідів. Метод опорних векторів.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування класифікації біомедичних сигналів як задачі машинного навчання з учителем (на власному прикладі)</i></p>
<p>7</p>	<p><i>Тема: Методи машинного навчання з учителем (продовження).</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Регресія. Лінійна регресія. Нелінійна регресія. Логістична регресія.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування регресії у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>

<p>8</p>	<p><i>Тема: Методи машинного навчання з учителем (продовження).</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Байєсівська класифікація. Основні методи та застосування Байєсівської класифікації у БЕС.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування Байєсівської класифікації у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>
<p>9</p>	<p><i>Тема: Методи машинного навчання з учителем (продовження).</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Основні методи та застосування дерев рішень у машинному навчанні. Вибір параметрів дерев рішень.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування дерев рішень у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>
<p>10</p>	<p><i>Тема: Нечітка логіка.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Основні методи та застосування нечіткої логіки. Системи нечіткого виводу.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування нечіткої логіки у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>
<p>11</p>	<p><i>Тема: Методи машинного навчання без учителя.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Основні методи машинного навчання без учителя. Кластеризація. Агломеративна кластеризація.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування кластеризації даних у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>

<p>12</p>	<p><i>Тема: Нейронні мережі.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Основні поняття, побудова нейронних мереж. Застосування нейронних мереж у машинному навчанні. Вибір параметрів нейронних мереж. Тренування мереж. Метрики.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування нейронних мереж у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>
<p>13</p>	<p><i>Тема: Нейронні мережі (продовження).</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Глибокі мережі. Основні архітектури мереж, приклади застосування до різних даних та задач (зображення, відео, часові ряди, текстові дані).</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування глибоких нейронних мереж у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>
<p>14</p>	<p><i>Тема: Нейронні мережі (продовження).</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Глибокі мережі для розрахунку ознак. Автоенкодера, змагальні мережі.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування глибоких нейронних мереж для розрахунку ознак у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>
<p>15</p>	<p><i>Тема: Застосування ансамблів у машинному навчанні.</i></p> <p><i>Перелік основних питань: Бустинг та бутстрепінг. Випадкові ліси. Ансамблі в глибокому навчанні.</i></p> <p><i>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</i></p> <p><i>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: застосування ансамблів у біомедичних задачах (на власному прикладі)</i></p>

16	<p>Тема: Навчання з підкріпленням як метод машинного навчання</p> <p>Перелік основних питань: Основні підходи до навчання з підкріпленням. Інші види машинного навчання.</p> <p>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</p> <p>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</p> <p>Завдання на СРС: застосування навчання з підкріпленням (на власному прикладі)</p>
17	<p>Тема: Машинне навчання для аналізу часових рядів.</p> <p>Перелік основних питань: Особливості машинного навчання для аналізу часових рядів. Приклади аналізу записів ЕЕГ та мови.</p> <p>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</p> <p>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</p> <p>Завдання на СРС: застосування аналізу часових рядів у біомедичних задачах (на власному прикладі)</p>
18	<p>Тема: Застосування машинного навчання.</p> <p>Перелік основних питань: Приклади застосування машинного навчання до різноманітних біомедичних задач</p> <p>Дидактичні засоби: дошка, крейда (маркери), презентація</p> <p>Література: базова: 1; допоміжна: 1-41.</p> <p>Завдання на СРС: застосування машинного навчання у біомедичних задачах (на власному прикладі)</p>

Лабораторні заняття

Мета лабораторних занять: отримання практичних навичок реалізації алгоритмів машинного навчання, які застосовуються у біомедичних електронних системах, ознайомлення з методами та засобами реєстрації, збереження, перетворення, аналізу та класифікації біомедичних сигналів, що використовуються в біомедичних системах, програмної реалізації цих методів на персональних комп'ютерах, порівняння методів з точки зору ефективності та достовірності.

Лабораторні заняття також призначені для проведення натурних та імітаційних експериментів з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень дисципліни, набуття практичних навичок створення інформаційного-алгоритмічного забезпечення біомедичної техніки.

№	Тематика лабораторних занять	Кількість годин
1.	<i>Знайомство з публічно доступними ресурсами біомедичних даних</i>	10
2.	<i>Методи попередньої обробки та інженерії ознак для машинного навчання</i>	10
3.	<i>Реалізація методів машинного навчання без вчителя</i>	10
4.	<i>Реалізація методів машинного навчання з вчителем</i>	12
5.	<i>Нейронні мережі</i>	12
Разом		54

Модульні контрольні роботи

Мета модульних контрольних робіт – перевірка засвоєння основних теоретичних положень дисципліни, практичних навичок застосування теоретичних знань при розв’язанні практичних задач, перевірка засвоєння навчального матеріалу, який було винесено для самостійного вивчення. В кредитному модулі заплановано дві модульні контрольні роботи, які проводяться на практичному занятті і розраховані загалом на 2 академічні години.

Модульні контрольні роботи проводяться письмово, приклади завдань для МКР наведені в Додатку А.

МКР №1

- на 0,5 ак. год. включає в себе питання з Розділу 1.

МКР складається з двох теоретичних питань та 1 практичного завдання. МКР проводиться на лабораторному занятті. На МКР студенту не дозволяється користуватися допоміжною літературою та конспектом.

МКР №2

на 0,5 ак. год. включає в себе питання з Розділу 2.

МКР складається з двох теоретичних питань та 1 практичного завдання. МКР проводиться на лабораторному занятті. На МКР студенту не дозволяється користуватися допоміжною літературою та конспектом.

Домашні контрольні роботи

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Інтерпретація моделей автоматичного аналізу даних Література: базова: 1; допоміжна: 1-41	—

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- правила відвідування занять є обов'язковим (лекцій і практичних занять);
- 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);
- правила написання модульних контрольних робіт;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів;
- політика дедлайнів та перескладань;
- політика академічної доброчесності.

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

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

Семес тр	Навчальний час	Розподіл навчальних годин	Контрольні заходи

	кредити	акад. год.	Лекц.	Лабораторні роботи	СРС	МКР	РГР	Семестрова атестація
1	6	180	36	54	90	1	1	Екзамен

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання лабораторних робіт.
2. Виконання МКР.
3. Виконання РГР.

Зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою:

Сертифікат спеціалізації Machine Learning на платформі Coursera
<https://www.coursera.org/specializations/machine-learning-introduction>

Ітоговий бал, отриманий за вивчення всіх трьох модулів спеціалізації, буде перерахований в оцінку за семестр. Обов'язковим є щотижневе звітування на заняттях щодо прогресу по вивченню спеціалізації.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Рейтингові бали протягом семестру накопичуються за:

П'ять лабораторних робіт -- Б1 (максимум 5 балів кожна)

Дві модульні контрольні роботи -- Б2 (максимум 10 балів кожна)

РГР -- Б3 = максимум 15 балів

Всі завдання є обов'язковими.

Додаткові та штрафні бали:

За виконання додаткових лабораторних робіт № 7 та 8 нараховуються додаткові бали -- Б4 = 0..5 балів за кожну

Кількість балів за семестр БС = Б1 + Б2 + Б3 = 60 (максимум)

На письмовому іспиті можна отримати БІ = 40 балів (максимум).

Ітоговий рейтинг визначається: Б = БС + БІ

Іспит за предмет виставляється на основі рейтингу студента Б (0..100 балів)

Допуск до іспиту: виконання всіх обов'язкових завдань.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Позитивну оцінку за календарний контроль отримують ті студенти, які на час календарного контролю (останній термін визначається викладачем) мають мінімум 50% від максимально можливої кількості балів. Максимально можлива кількість балів, яку треба набрати для атестації, оголошується викладачем.

Семестровий контроль: екзамен

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль: відповідно до тематик лекційних занять.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

доцент кафедри ЕІ, к.т.н., доцент, Попов Антон Олександрович;
доцент кафедри ЕІ, к.т.н., доцент, Іванько Катерина Олегівна

Ухвалено кафедрою ІЕ (протокол № 31, від 21.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/23 від 29.06.2023 р.)

Додаток А

Завдання для модульної контрольної роботи

ПИТАННЯ до МКР-1

- *Приклади біомедичних задач або власних досліджень, які можна вирішити за допомогою машинного навчання.*
- *Засади інтелектуального аналізу даних у біомедичних електронних системах. Задачі машинного навчання у біомедицині.*
- *Основні поняття та структура систем машинного навчання.*
- *Види попередньої обробки біомедичних даних. Застосування перетворень даних. Масштабування навчального та тестового наборів даних.*
- *Зниження розмірності даних для машинного навчання. Конструювання ознак.*
- *Загальна характеристика методів машинного навчання з вчителем. Класифікація*
- *Загальна характеристика методів машинного навчання з вчителем. Регресія*
- *Методи машинного навчання з вчителем. Лінійні моделі для класифікації та регресії.*
- *Перенавчання та недостатнє навчання. Приклади*
- *Методи машинного навчання з вчителем. Метод k-найближчих сусідів.*
- *Методи машинного навчання з вчителем. Дерева рішень.*

ПИТАННЯ до МКР-2

- *Ансамблі дерев рішень. Випадковий ліс.*
- *Наївний байєсівський класифікатор.*
- *Методи машинного навчання з вчителем. Ядерний метод опорних векторів.*
- *Нейронні мережі. Глибоке навчання.*
- *Алгоритми машинного навчання без вчителя. Проблеми машинного навчання без вчителя. Кластеризація, пошук кластерів.*
- *Кластеризація за методом k-середніх. Агломеративна кластеризація.*
- *Оцінювання якості кластеризації при навчанні без вчителя.*
- *Оцінювання якості роботи моделі для машинного навчання. Перехресна перевірка. Метрики якості моделі та їх розрахунок.*
- *Оцінювання інформативності ознак для машинного навчання.*