

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ігоря СІКОРСЬКОГО»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ

Кафедра математичного моделювання та аналізу даних

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ І.М. Терещенко

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Дипломна робота**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності: 113 Прикладна математика  
на тему: «Порівняння багатошарового перцептрону та  
(1 +  $\lambda$ )-еволюційного алгоритму з генетичним програмуванням  
для задач класифікації»

Виконав: студент 4 курсу, групи ФІ-02  
Харь Дмитро Федорович

Керівник: асистент кафедри ММАД Яворський О.А. \_\_\_\_\_

Рецензент: звання, ступінь, посада Прізвище І.П. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній  
роботі немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ігоря СІКОРСЬКОГО»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ

Кафедра математичного моделювання та аналізу даних

Рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)  
Спеціальність (освітня програма) — 113 Прикладна математика,  
ОПП «Математичні методи моделювання, розпізнавання образів та  
комп'ютерного зору»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ І.М. Терещенко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломну роботу**

Студент: Харь Дмитро Федорович

1. Тема роботи: *«Порівняння багаточарового перцептрону та  $(1 + \lambda)$ -еволюційного алгоритму з генетичним програмуванням для задач класифікації»*,

керівник: асистент кафедри ММАД Яворський О.А.,

затверджені наказом по університету №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

2. Термін подання студентом роботи: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст роботи: *Порівняльний аналіз багаточарового перцептрону (англ. MLP, Multilayer Perceptron) з оптимізаційними алгоритмами в основі яких градієнтний спуск, MLP з оптимізаційним алгоритмом в основі якого одноточкова мутація та  $(1 + \lambda)$ -еволюційного алгоритму з кодуванням генетичного програмування (англ.  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encoding,  $(1 + \lambda)$ -evolutionary algorithm with genetic programming encoding), на прикладі задач бінарної та мультикласової класифікації табличних даних та картинок.*

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *«Презентація доповіді»*

6. Дата видачі завдання: 10 грудня 2023 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Узгодження теми роботи із науковим керівником	листопад-грудень 2023 р.	Виконано
2	Огляд та опрацювання опублікованих джерел за тематикою дослідження	грудень 2023 р - лютий 2024 р.	Виконано
3	Написання програмного забезпечення та проведення дослідження	березень-квітень 2024 р.	Виконано
4	Оформлення та опис результатів	травень 2024 р.	Виконано
5	Написання та оформлення дипломної роботи	травень-червень 2024 р.	Виконано
6	Отримання рекомендації до захисту	08.06.2024	Виконано

Студент \_\_\_\_\_ Харь Д.Ф.

Керівник \_\_\_\_\_ Яворський О.А.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: ??? стор., ??? рисунки, ??? таблиць, ??? джерел.

У даній роботі розглядаються методи для вирішення задач класифікації, а саме: MLP with gradient descent, MLP with single-point mutation та  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encoding. Ці методи порівнювались в задачах бінарної та мультикласової класифікації табличних даних та картинок.

В ході дослідження було показано, що усі три методи можуть досягти однакових метрик в усіх задачах, але в контексті часу сходимості до цих метрик, найшвидшим виявився MLP with gradient descent, але в контексті контрольованості найкраще показав себе  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encoding.

МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ЕВОЛЮЦІЙНІ АЛГОРИТМИ,  
ГЕНЕТИЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ, МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ,  
ЕКСПРЕСИВНІ КОДУВАННЯ

## ABSTRACT

This paper considers methods for solving classification problems, namely: MLP with gradient descent, MLP with single-point mutation, and  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encoding. These methods were compared in the tasks of binary and multiclass classification of tabular data and pictures.

During the research, it was shown that all three methods can achieve the same metrics in all problems, but in the context of the convergence time to these metrics - MLP with gradient descent, but in the context of controllability, showed the best performance itself  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encoding.

MACHINE LEARNING, EVOLUTIONARY ALGORITHMS,  
GENETIC PROGRAMMING, OPTIMIZATION METHODS, EXPRESSIVE  
ENCODINGS

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів .....	7
Вступ.....	8
1 Методи та підходи вирішення задач класифікації .....	10
1.1 Задача класифікації: визначення, види .....	10
1.2 Способи вирішення задачі класифікації.....	11
1.3 (Назва третього підрозділу) .....	11
Висновки до розділу 1.....	12
2 (Назва другого розділу).....	13
2.1 (Якийсь підрозділ).....	13
2.2 (Якийсь наступний підрозділ з дуже-дуже довгою назвою, загальна кількість слів в якій, однак, не повинна перевищувати 12 слів).....	14
Висновки до розділу 2.....	15
3 (Назва третього розділу) .....	16
3.1 (якийсь підрозділ) .....	16
Висновки до розділу 3.....	17
Висновки .....	18

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ML — машинне навчання (англ. Machine Learning)

MLP — багатошаровий перцептрон (англ. Multilayer Perceptron)

EA — еволюційний алгоритм (англ. Evolutionary Algorithm)

GP — генетичне програмування (англ. Genetic Programming)

Adam — адаптивна оцінка моменту (англ. Adaptive Moment Estimation)

$(1 + \lambda)$ -EA with GP encodings — еволюційний алгоритм, який може використовуватися для вирішення задач класифікації (англ.  $(1 + \lambda)$ -Evolutionary Algorithm with Genetic Programming encodings).

MLP with gradient descent — багатошаровий перцептрон, який використовує метод на основі градієнтного спуску, в якості оптимізаційного алгоритму.

MLP with single-point mutation — багатошаровий перцептрон, який використовує одноточкову мутацію, в якості оптимізаційного алгоритму.

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Наразі існує дуже багато методів, які вирішують задачу класифікації: статистичні методи, методи на основі нейронних мереж, методи класичного машинного навчання. Але у цих методів є свої недоліки: методи на основі нейронних мереж, мають дуже погану інтерпретабельність та контрольованість, методи класичного машинного навчання та статистичні методи мають непогану інтерпретабельність (в залежності від методу), але також не найкращу контрольованість. Задача класифікації відіграє дуже важливу роль у сучасній науці, для прикладу, іноді потрібно класифікувати чи у людини є якась хвороба легень, маючи рентгенівський знімок легень, або класифікувати чи має людина якусь хворобу, спираючись на різні її показники, як от вага, рівень цукру в крові та інші. Можливість контролювати роботу алгоритму відіграє в цьому завданні важливу роль, оскільки це дозволяє нам налаштувати алгоритм під наші потреби і при цьому ми будемо точно знати чому та як він працює.

**Метою дослідження** є пошук найкращого методу класифікації, на прикладі методів MLP with gradient descent, MLP with single-point mutation,  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encodings, для підвищення продуктивності у розв'язанні задач бінарної та мультикласової класифікації табличних даних та картинок.

*Об'єктом дослідження* є методи класифікації даних для машинного навчання на прикладі задач бінарної та мультикласової класифікації.

*Предметом дослідження* є особливості контролювання алгоритмів на прикладі MLP with gradient descent, MLP with single-point mutation,  $(1 + \lambda)$ -EA with GP encodings на прикладі застосування до задач бінарної та мультикласової класифікації табличних даних та картинок.

**Наукова новизна** полягає в дослідженні та порівнянні алгоритмів MLP with gradient descent, MLP with single-point mutation,  $(1 + \lambda)$ -EA with



GP encodings на прикладі задач бінарної та мультикласової класифікації.

**Практичне значення** результатів полягає в використанні перелічених вище методів, для задачі класифікації, для покращення контрольованості і збереженню такої ж точності та швидкості, як і в класичних методах.

# 1 МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ

В даному розділі будуть основні теоретичні відомості про об'єкт дослідження та огляд суміжних робіт в даній сфері.

## 1.1 Задача класифікації: визначення, види

Класифікація - це процес віднесення об'єкту за якимись його характеристиками до певної групи або груп з наперед визначеної множини груп. Класифікація може бути бінарною, багатокласовою, багатомітковою, ієрархічною та інші. Бінарна класифікація - це класифікація, коли кожному об'єкту обирається група з наперед визначеної множини груп в якій знаходиться рівно дві групи; багатокласова класифікація - це класифікація, коли кожному об'єкту обирається група з наперед визначеної множини груп в якій може знаходитися довільна кількість груп; багатоміткова класифікація - це класифікація, коли кожному об'єкту можна поставити у відповідність одразу декілька класів; ієрархічна класифікація - це класифікація, в якій класи організовані у вигляді ієрархічної структури, наприклад ми можемо класифікувати тварину спочатку за видом, потім за родом, потім за сімейством.

Задача класифікації може зустрітися в дуже багатьох сферах, наприклад: медицина (діагностика раку на основі зображень МРТ), фінанси (класифікація позичальників як „надійних“ чи „ризикованих“ на основі їхньої кредитної історії), роздрібна торгівля (класифікація покупців за типами покупок для надання персоналізованих знижок), транспорт (розрізнення між легковими авто, вантажівками та мотоциклами на дорозі), освіта (ідентифікація студентів, яким потрібна

додаткова допомога в певних предметах), безпека (класифікація електронних листів як „безпечні“, „спам“ або „фішинг“), біотехнології (розпізнавання мутацій, що спричиняють хвороби).

В поточній роботі ми зосередимося на бінарній та багатокласовій класифікації.

## 1.2 Способи вирішення задачі класифікації

Існує декілька способів для вирішення задачі класифікації: класичні алгоритми машинного навчання (наприклад логістична регресія [ct])

## 1.3 (Назва третього підрозділу)

Надамо деякі рекомендації щодо використання даного стилізового файлу.

**Теорема 1.1.** Використовуйте оточення *theorem* для теорем.

**Доведення.** Для доведень використовуйте оточення *proof*. □

**Теорема 1.2.** Нумерація відбувається автоматично

**Твердження 1.1.** Використовуйте оточення *claim* для тверджень.

**Лема 1.1.** Використовуйте оточення *lemma* для лем.

**Наслідок 1.1.** Використовуйте оточення *corollary* для наслідків.

**Означення 1.1.** Використовуйте оточення *definition* для визначень.

**Приклад 1.1.** Використовуйте оточення *example* для прикладів, на які є посилання.

**Зауваження.** Використовуйте оточення *remark* для зауважень. Зверніть увагу, як веде себе команда **emph**

## Висновки до розділу 1

Наприкінці кожного розділу ви повинні навести коротенькі підсумки по його результатах. Зокрема, для оглядового розділу в якості висновків необхідно зазначити, які задачі у даній тематиці вже були розв’язані, а саме поставлена вами задача розв’язана не була (або розв’язана погано), тому у наступних розділах ви її й розв’язуєте.

Якщо ваш звіт складається з одного розділу, пропускайте висновок до нього – він повністю включається в загальні висновки до роботи

## 2 (НАЗВА ДРУГОГО РОЗДІЛУ)

До другого розділу також краще написати малесенький вступ. Зокрема, це збільшує загальний об'єм роботи та покращує її читабельність.

### 2.1 (Якийсь підрозділ)

У другому розділі необхідно наводити розв'язання поставленої перед вами задачі у теоретичному або аналітичному сенсі (хоча, звісно, все залежить від того, яка саме задача перед вами поставлена).

Для подання матеріалів можна використовувати таблиці (наприклад, Таблицю 2.1). Розмір шрифту у таблиці може бути меншим за 14 pt (наприклад, 12 pt, або навіть 10 pt, якщо так таблиця виглядає зрозуміліше та компактніше).

**Таблиця 2.1** – Розрахунок якоїсь фантастичної дичини у декілька кроків

Параметр $x_i$	Параметр $x_j$				Перший крок		Другий крок	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$w_i$	$K_{bi}$	$w_i$	$K_{bi}$
$X_1$	1	1	1.5	1.5	5	0.31	19	0.32
$X_2$	1	1	1.5	1.5	5	0.31	19	0.32
$X_3$	0.5	0.5	1	0.5	2.5	0.16	9.25	0.16
$X_4$	0.5	0.5	1.5	1	3.5	0.22	12.25	0.20
Разом:					16	1	59.5	1

Бажано, щоб кожен пункт завдань, окреслених у вступі, відповідав певному розділу або підрозділу у дипломній роботі.

**Теорема 2.1.** *Нумерація у наступних розділах також*

*представляется автоматически та коректно.*

2.2 (Якийсь наступний підрозділ з дуже-дуже довгою назвою, загальна кількість слів в якій, однак, не повинна перевищувати 12 слів)

Для подання матеріалів також дуже зручними є рисунки (наприклад, рисунки 2.1 або 2.2).

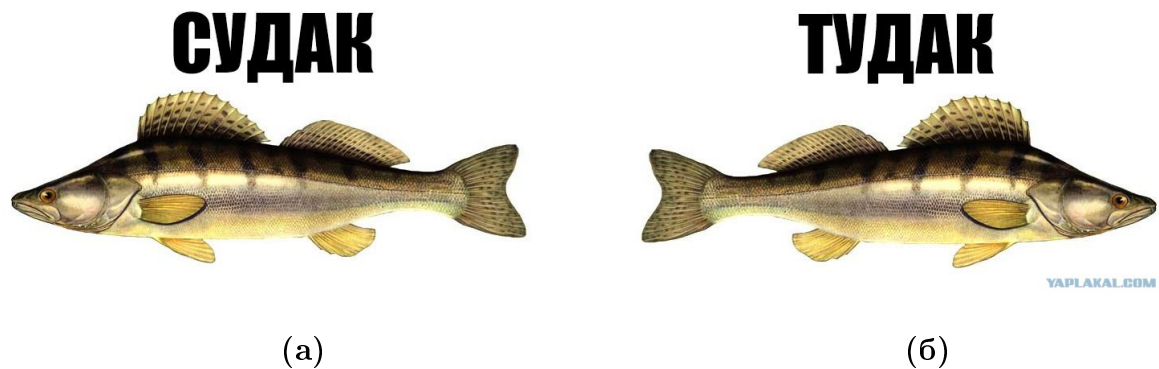


Рисунок 2.1 – Різні види риб: (а) судак, (б) тудак.

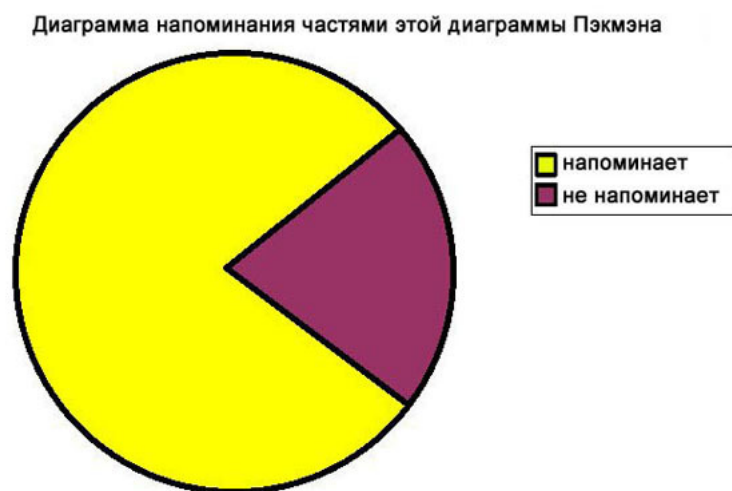


Рисунок 2.2 – Частка кругових діаграм, які схожі на Пекмена

## Висновки до розділу 2

Наприкінці розділу знову наводяться коротенькі підсумки.

## 3 (НАЗВА ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ)

### 3.1 (якийсь підрозділ)

Подивіться, як нераціонально використовується простір, якщо не писати вступи до розділів. :)

Зазвичай третій розділ присвячено опису практичного застосування або експериментальної перевірки аналітичних результатів, одержаних у другому розділі роботи. Втім, це не обов'язкова вимога, і структура основної частини диплому більш суттєво залежить від характеру поставлених завдань. Навіть якщо у вас є певне експериментальне дослідження, але його загальний опис займає дві сторінки, то краще приєднайте його підрозділом у попередній розділ.

При описі експериментальних досліджень необхідно:

- наводити повний опис експериментів, які проводились, параметрів обчислювальних середовищ, засобів програмування тощо;
- наводити повний перелік одержаних результатів у чисельному вигляді для їх можливої перевірки іншими особами;
- представляти одержані результати у вигляді таблиць та графіків, зрозумілих людському оку;
- інтерпретувати одержані результати з точки зору поставленої задачі та загальної проблематики ваших досліджень.

У жодному разі не потрібно вставляти у даний розділ тексти інструментальних програм та засобів (окрім того рідкісного випадку, коли саме тексти програм і є результатом проведення експериментів). За необхідності тексти програм наводяться у додатках.



### **Висновки до розділу 3**

Висновки до останнього розділу є, фактично, підсумковими під усім дослідженням; однак вони повинні стосуватись саме того, що розглядалось у розділі.

## ВИСНОВКИ

Загальні висновки до роботи повинні підсумовувати усі ваші досягнення у даному напрямку досліджень.

За кожним пунктом завдань, поставлених у вступі, у висновках повинен міститись звіт про виконання: виконано, не виконано, виконано частково (І чому саме так). Наприклад, якщо першим поставленим завданням у вас іде «огляд літератури за тематикою досліджень», то на початку висновків ви повинні зазначити, що «у ході даної роботи був проведений аналіз опублікованих джерел за тематикою (...), який показав, що (...)». Окрім простої констатації про виконання ви повинні навести, які саме результати ви одержали та проінтерпретувати їх з точки зору поставленої задачі, мети та загальної проблематики.

В ідеалі загальні висновки повинні збиратись з висновків до кожного розділу, але ідеал недосяжний. :) Однак висновки не повинні містити формул, таблиць та рисунків. Дозволяється (та навіть вітається) використовувати числа (на кшталт «розроблена методика дозволяє підвищити ефективність пустопорожньої балаканини на 2.71%»).

Наприкінці висновків необхідно зазначити напрямки подальших досліджень: куди саме, як вам вважається, необхідно прямувати наступним дослідникам у даній тематиці.