

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 + λ)-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, степінь, 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 багатошарового 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 багатошарового 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, який використовує оптимізаційні алгоритми в основі яких градієнтний спуск, MLP, який використовує оптимізаційний алгоритм на основі одноточкової мутації 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, який використовує оптимізаційні алгоритми в основі яких градієнтний спуск, але в контексті контрольованості та інтерпретованості, 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, which uses optimization algorithms based on gradient descent, MLP, which uses an optimization algorithm based on one-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, which uses optimization algorithms based on gradient descent, but in the context of controllability and interpretability, 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 (Назва першого розділу)	10
1.1 (Назва першого підрозділу)	10
1.2 (Назва другого підрозділу)	10
1.3 (Назва третього підрозділу)	13
Висновки до розділу 1.....	14
2 (Назва другого розділу)	15
2.1 (Якийсь підрозділ).....	15
2.2 (Якийсь наступний підрозділ з дуже-дуже довгою назвою, загальна кількість слів в якій, однак, не повинна перевищувати 12 слів).....	16
Висновки до розділу 2.....	17
3 (Назва третього розділу)	18
3.1 (якийсь підрозділ)	18
Висновки до розділу 3.....	19
Висновки	20
Перелік посилань	21
Додаток А Тексти програм.....	22
А.1 Програма 1	22
Додаток Б Великі рисунки та таблиці	23

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

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. Контрольованість відіграє дуже важливу роль у цьому завданні, оскільки це може дозволити людині, яка запускає алгоритм надати йому якусь інформацію у якомусь вигляді, яку людина має про дані, щоб алгоритм врахував цю інформацію у своїй роботі та й загалом важливо мати можливість контролювати роботу алгоритму, оскільки це може значно покращити результат.

Метою дослідження порівняльний аналіз різних методів класифікації, а саме MLP з оптимізаційним алгоритмом в основі якого градієнтний спуск, MLP з оптимізаційним алгоритмом в основі якого одноточкова мутація та $(1 + \lambda)$ -EA with GP encodings, для підвищення контрольованості у розв'язанні задачі бінарної та мультикласової класифікації табличних даних та картинок.

Об'єктом дослідження є якісь процеси або явища загального характеру (наприклад, «інформаційні процеси в системах криптографічного захисту»).

Предметом дослідження є конкретний математичний чи фізичний

об'єкт, який розглядається у вашій роботі та який можна трактувати як певну властивість об'єкта дослідження (наприклад, «моделі та методи диференціального криптоаналізу ітеративних симетричних блочних шифрів»).

При розв'язанні поставлених завдань використовувались такі *методи дослідження*: і тут коротенький перелік (наприклад, але не обмежуючись: методи лінійної та абстрактної алгебри, теорії імовірностей, математичної статистики, комбінаторного аналізу, теорії кодування, теорії складності алгоритмів, методи комп'ютерного та статистичного моделювання)

Наукова новизна отриманих результатів полягає... – тут необхідно перелічити, що саме нового з точки зору науки несе ваша робота. До усіх тверджень, які сюди виносяться, подумки (а іноді й явним чином) потрібно ставити слово «вперше» – і ці твердження повинні залишатись істинними.

Практичне значення результатів полягає... – тут необхідно зазначити практичну користь від результатів вашої роботи. Що саме можна покращити, підвищити (або знизити), зробити гарного (або уникнути поганого) після вашого дослідження.

Апробація результатів та публікації. Наприкінці вступу необхідно зазначити перелік конференцій, семінарів та публікацій, в яких викладено результати вашої роботи. Якщо результати вашої роботи ніде не доповідались, опускайте даний абзац.

1 (НАЗВА ПЕРШОГО РОЗДІЛУ)

На початку кожного розділу рекомендується вставити одне-два-абзац речень, у яких коротенько представили, про що тут взагалі буде мова.

1.1 (Назва першого підрозділу)

Перший розділ повинен бути присвячений огляду попередніх результатів за тематикою вашого дослідження. У даному розділі повинні міститись вс' визначення та описи, необхідні для подальшого викладення матеріалу, та результати ваших попередників.

Зауважимо, що наводити детальні доведення не ваших результатів необхідно наводити лише тоді, коли вони містять якусь вкрай важливу інформацію для саме ваших результатів.

Також зауважимо, що абсолютно на всі не ваші результати повинні стояти належним чином оформлені посилання.

Розмір першого (оглядового) розділу не повинен перевищувати третини вашої дипломної роботи (без урахування додатків).

1.2 (Назва другого підрозділу)

Наведемо основні правила оформлення текстів у системі L^AT_EX.

Для абзацу робіть пусті рядки у файлі. Курсивний текст робиться командою `emph`: *ось так*. Жирний текст робиться командою `textbf`: **ось так**.

«Лапки» робляться двома знаками більше та двома знаками менше. Довге тире у тексті — трьома дефісами, коротке – двома дефісами; у формулах мінуси робляться одним дефісом: $a - b$.

Пишіть звичайний текст звичайним текстом, а формули, позначення

змінних та операцій (усі формули, усі позначення змінних та усі операції) беріть у знаки долара, ось так: $E = mc^2$, $a_1 = a^{(2)} \cdot a_{n,k}$, $e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$. Якщо вам не подобається, як L^AT_EX подав формулу для експоненти (мені, наприклад, не подобається), то можна внести у код формули деякі корективи та написати ось так: $e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$.

Для прикладу різні варіації коми у формулах: (a, b) vs. (a,b) . Поки пакет isomta працює, різниця видна наочно.

Виключна формула (формула окремим рядком) робиться через подвійні знаки долара або через оточення equation. Зауважте, що при цьому змінюється оформлення формул:

$$e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}.$$

Формули за помовчанням не підтримують кириличні літери. Зверніть увагу на порожній рядок перед попереднім реченням у tex-файлі: без нього не буде створено абзац.

Із більш специфічних позначень — ось так, скажімо, можна подати перестановку:

$$\pi = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ a & 5 & 9 & 6 & 4 & 8 & 2 & 1 & 7 \end{pmatrix},$$

де $a = 3$. Зауважте, що у попередньому реченні нема порожнього рядочку перед «де» (та, відповідно, абзацу після формули), а кома внесена у виключну формулу, бо інакше вона переїде у наступний рядок тексту.

Декілька формул поспіль треба збирати в єдине ціле оточеннями gather або eqnarray; назви оточень із зірочками вказують L^AT_EX'у не нумерувати дані формули. Наприклад, ось рекуренти для циклових чисел та чисел Стірлінга I роду:

$$\begin{aligned} c(n+1, k) &= c(n, k-1) + nc(n, k); \\ s(n+1, k) &= s(n, k-1) - ns(n, k). \end{aligned}$$

Зверніть увагу на символ «~» у попередньому абзаці tex-файлу між «I» та «роду»; це нерозривний пробіл, який не дасть рознести пов'язані частини по різних рядках. Тільду треба ставити перед усіма посиланнями (команди `ref` та `cite`), перед тире та у місцях, які не можна розривати за правилами граматики.

Для специфічних позначень ви можете задавати власні команди (їх рекомендовано заносити у файл «02_redefinitions»). Наприклад, подивіться, як оформлюється теорема Лагранжа-Бюрмана із використанням введених команд `\Coef` та `\compinv`:

Теорема 1.1 (Лагранж, Бюрман). *Для будь-якого ряду $A \in x\mathcal{R}[[x]]_1$ та $k \in \mathbb{N}$ справедливе співвідношення*

$$n \operatorname{Coef}[x^n] \left(A^{(-1)}(x) \right)^k = k \operatorname{Coef}[x^{n-k}] \left(\frac{x}{A(x)} \right)^n.$$

Доведення. Доведення ви подивитесь деінде, а тут подивіться, як воно оформлюється (зокрема, на квадратик наприкінці :)). \square

Наслідок 1.1. *Будь-ласка, перевіряйте граматику. Латеховські редактори зазвичай не мають інтегрованих spellчекерів української мови, тому використовуйте сервіси, наведені, наприклад, тут: <https://com.in.ua/30584>*

Іноді написаний файл треба компілювати двічі для одержання ефекту (скажімо, для коректної побудови усіх гіперпосилань та побудови змісту). Скажімо, оце посилання на теорему 1.1 (теорему Лагранжа-Бюрмана) з першої компіляції може показати вам знаки питання «??». Однак після повторної компіляції ви одержите те, що потрібно.

Онлайн-сервіси на кшталт Overleaf справляються з такими ситуаціями за одну компіляцію. Однак той же Overleaf має звичку компілювати pdf-файли навіть за наявності помилок у тексті, просто ігноруючи відповідні місця. Якщо ви працюєте у Overleaf, то переконайтесь, що у вас нема червоних помилок після компіляції. На щастя, останні апдейти Overleaf вивалюють червоні помилки прямо вам в

очі, тому їх нескладно помітити.

Якщо вам потрібна якась фіча, запитайте в Сенсея. Майже напевно вона є.

На жаль деякі пакети шаблону викликають незрозумілі конфлікти. Поки що не вдалось інтегрувати у шаблон такі пакети, як `color` та `tikz`. Якщо без кольорового забарвлення тексту ще можна пережити, то використовувати діаграми `tikz` поки що рекомендується за допомогою милиць:

- створюєте окремий допоміжний `tex`-проект, у якому за допомогою `tikz` створюєте діаграму;

- компілюєте допоміжний `tex`-проект;

- вставляєте створену діаграму з `pdf`-файлу у диплом як зображення.

Ми ж зі свого боку продовжуємо працювати над покращенням даного шаблону.

1.3 (Назва третього підрозділу)

Надамо деякі рекомендації щодо використання даного стильового файлу.

Теорема 1.2. Використовуйте оточення `theorem` для теорем.

Доведення. Для доведень використовуйте оточення `proof`. □

Теорема 1.3. Нумерація відбувається автоматично

Твердження 1.1. Використовуйте оточення `claim` для тверджень.

Лема 1.1. Використовуйте оточення `lemma` для лем.

Наслідок 1.2. 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*

представляється автоматично 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).

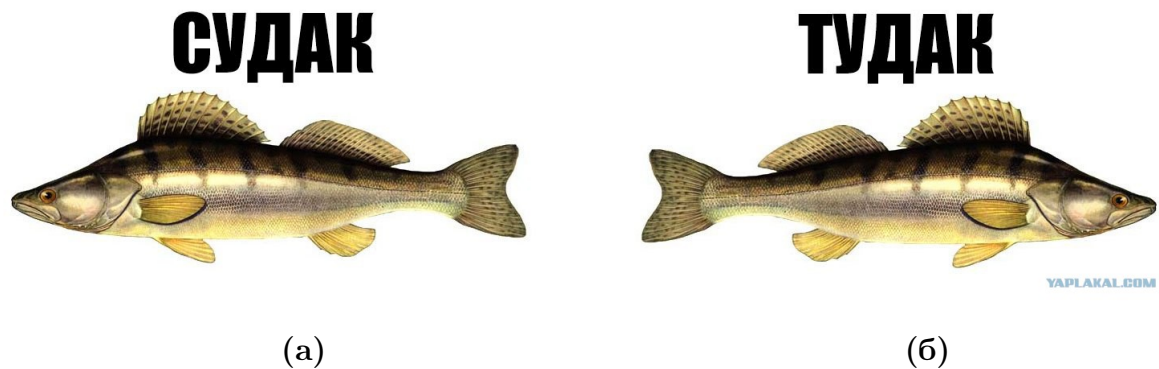


Рисунок 2.1 – Різні види риб: (а) судак, (б) тудак.

Диаграмма напоминания частями этой диаграммы Пэкмена

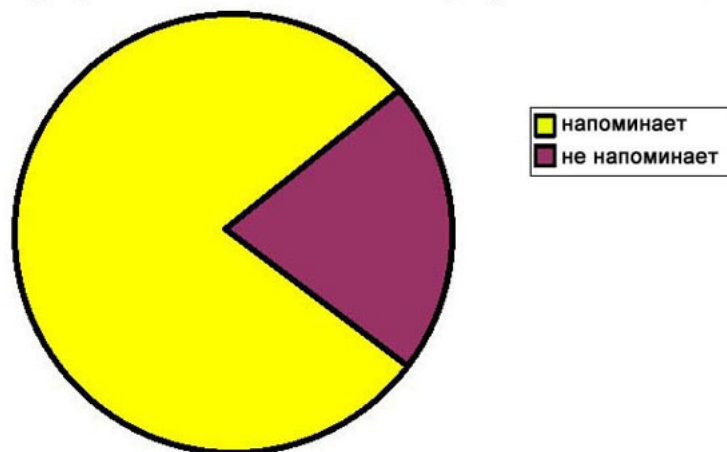


Рисунок 2.2 – Частка кругових діаграм, які схожі на Пекмена

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.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. asda
2. asd [Електронний ресурс]. — Режим доступу: dsf.

ДОДАТОК А ТЕКСТИ ПРОГРАМ

Тексти інструментальних програм для проведення експериментальних досліджень необхідно виносити у додатки.

А.1 Програма 1

Зауважте, як змінилась нумерація.

ДОДАТОК Б ВЕЛИКІ РИСУНКИ ТА ТАБЛИЦІ

Якщо результати вашої роботи описуються величезними рисунками і таблицями (один аркуш та більше) у незліченній кількості, їх також необхідно виносити у додатки.