

Міністерство освіти і науки України
Департамент науки і освіти Миколаївської облдержадміністрації
Миколаївське територіальне відділення МАН України

Відділення: математика
Секція: прикладна математика

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ АБІТУРІЄНТА

Роботу виконала:

Дворецька Марія Михайлівна, учениця 11
класу Миколаївського муніципального
колегіуму імені Володимира Дмитровича
Чайки Миколаївської міської ради

Керівник:

Воробйова Алла Іванівна, кандидат
фізико-математичних наук, доцент
кафедри інтелектуальних інформаційних
систем Чорноморського національного
університету імені Петра Могили

Науковий консультант:

Давиденко Євген Олександрович,
кандидат технічних наук, доцент кафедри
інженерії програмного забезпечення
Чорноморського національного
університету імені Петра Могили

Миколаївська обласна мала академія наук

Анотація

Дворецька Марія Михайлівна, учениця 11-класу
Миколаївського муніципального колегіуму
імені Володимира Дмитровича Чайки

Науковий керівник: Воробйова Алла Іванівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ АБІТУРІЄНТА

Метою є виявлення залежності успішного навчання студентів від отриманих результатів з окремих предметів зовнішнього незалежного оцінювання у вигляді оптимальних значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу.

Для досягнення мети автором було вирішено наступні задачі. У **першому розділі** розглянуто роль коефіцієнтів складових конкурсного балу при підрахунку його значення, наведено порівняльну таблицю результатів ЗНО та сесії студентів, проаналізовано недоліки точних та переваги наближених методів вирішення задач оптимізації. Виконано представлення результатів ЗНО та сесії студентів, створено математичну модель у відповідності до мінімізації відхилення між ними, та визначено цільову функцію для оцінюванні ступеня оптимальності вагових коефіцієнтів. У **другому розділі** виконано реалізацію задачі пошуку оптимальних значень коефіцієнтів із використанням модифікованого генетичного алгоритму на основі визначеної цільової функції. До складу генетичного алгоритму запропоновано ввести додатковий етап, що полягає у створенні однієї із особин популяції із використанням елементів градієнтного методу.

В результаті для вхідних даних спеціальності «інженерія програмного забезпечення» Чорноморського національного університету імені Петра Могили. знайдено оптимальні значення вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта.

Ключові слова: ЗНО, конкурсний бал, абітурієнт, вагові коефіцієнти, цільова функція, нормалізації, генетичний алгоритм, фітнес-функція.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ВАГОВІ КОЕФІЦІЄНТИ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ, МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ	7
1.1 Результати зовнішнього незалежного оцінювання та зв'язок конкурсного балу абітурієнта із рейтингом студента	7
1.2 Недоліки точних методів та використання наближених методів рішення.....	10
1.3 Представлення результатів зовнішнього незалежного оцінювання та сесії студента	12
1.4 Цільова функція оптимізації значень вагових коефіцієнтів.....	14
Висновки до розділу	16
РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ	18
2.1 Генерація початкової популяції.....	18
2.2 Відбір.....	22
2.3 Розмноження.....	24
2.4 Запобігання «виродженню» популяції.....	26
2.5 Використання елементів градієнтного методу	28
Висновки до розділу	31
ВИСНОВКИ.....	32
Список використаних джерел	33

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів

ЗНО – зовнішнє незалежне оцінювання;

ЗВО – заклад вищої освіти;

УЦОЯО– український центр оцінювання якості освіти;

ВНЗ – вищий навчальний заклад;

ПЗ – програмне забезпечення;

КБ – конкурсний бал;

РБ – рейтинговий бал;

ГА – генетичний алгоритм;

ЧНУ – Чорноморський національний університет.

ВСТУП

На сьогодні система зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО) в Україні займає одне із головних місць в оцінюванні рівня знань, здобутих у межах на поза межами закладів загальної середньої освіти. Основне завдання зовнішнього незалежного оцінювання - забезпечити кожному студенту рівні умови доступу до вищої освіти. Основною перевагою є мінімізація корупційних ризиків, що у свою чергу дає можливість здібним учням реалізувати свій потенціал у вишах, і сьогодні в Україні вже неможливо стати студентом закладу вищої освіти, не пройшовши ЗНО [22].

Загальний конкурсний бал складається із результатів ЗНО по декільком предметам, середнього балу атестату, а також балу за мотиваційний лист та особливі успіхи. Всі складові мають свої вагові коефіцієнти, і відповідно, різний ступінь впливу на рішення про вступ абітурієнта до закладу вищої освіти, а також чи потрапить він на бюджетну форму навчання. Вагові коефіцієнти визначаються закладом вищої освіти, та не усюди є оптимальними з точки зору подальшого успішного навчання на тій чи іншій спеціальності.

Підбір оптимальних значень вагових коефіцієнтів, при яких успіхи студентів у навчанні будуть максимально відповідати їх конкурсному балу при вступі, є класичним прикладом задачі оптимізації [5, 16], для рішення якої можуть бути використані приблизні методи. Це методи перебору рішень для тих завдань, в яких неможливо знайти рішення за допомогою лише математичних формул. Використання одного із них, а саме генетичного алгоритму, покладено в основу даної роботи.

Зважаючи на наведене вище, **тема роботи «Визначення оптимального розподілу значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта» є актуальною.**

Наукова гіпотеза полягає у тому, що маючи дані щодо результатів ЗНО для абітурієнтів, що вступають на певну спеціальність та відомості про

подальші результати їх навчання, як студентів, можливо визначити оптимальний розподіл значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнту, при яких рейтинговий бал студентів за результатом сесії буде максимально наближеним до конкурсного балу абітурієнта при вступі до ЗВО.

Об'єкт дослідження: зв'язок результатів зовнішнього незалежного оцінювання абітурієнтів та сесії студентів закладу вищої освіти.

Предмет дослідження: визначення ступеню впливу на загальний конкурсний бал абітурієнта окремих його складових.

Метою дослідження є виявлення залежності успішного навчання студентів від отриманих результатів з окремих предметів зовнішнього незалежного оцінювання у вигляді оптимальних значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Розглянути вплив вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта при розрахунку його значення; виконати аналіз методів пошуку їх оптимальних значень, визначити переваги використання генетичного алгоритму у порівнянні із використанням точних методів на базі повного перебору; створити математичну модель представлення даних сесії студентів та результатів ЗНО із приведенням до однієї шкали, визначити цільову функцію при оцінюванні ступеня оптимальності обраного розподілу вагових коефіцієнтів;
- Вирішення завдання пошуку оптимального розподілу вагових коефіцієнтів за допомогою генетичного алгоритму, виконати модифікацію алгоритму для отримання більш швидкого рішення в рамках поточної предметної області.

Структура роботи зумовлена метою та задачами дослідження та складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ВАГОВІ КОЕФІЦІЄНТИ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ, МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ

1.1 Результати зовнішнього незалежного оцінювання та зв'язок конкурсного балу абітурієнта із рейтингом студента

Існує багато шляхів оцінювання рівня знань, що знаходить своє застосування у межах на поза межами закладів загальної середньої освіти [2, 18, 20]. На сьогодні одне з перших місць серед них займає зовнішнє незалежне оцінювання (ЗНО) [6, 7, 22]. ЗНО має ряд переваг, головними серед яких є неупередженість оцінювання та відсутність корупційної складової, остання з яких і стала головним аргументом на користь його використання у якості інструмента вимірювання рівня знання шкільної програми.

Беззаперечно, ЗНО має ряд недоліків, серед яких зазначають наявність помилок у завданнях, певна необ'єктивність, можливість діяти «навмання» та інші [7, 8, 14]. Але слід пам'ятати, це лише інструмент оцінювання для вступу до закладу вищої освіти (ЗВО), що не призначений для вимірювання якості освіти та володіння компетенціями [15, 18]. Для закладу вищої освіти основним критерієм прийому є забезпечення належної якості підготовки вступників. Але ЗВО також володіють інформацією щодо подальшої успішності навчання їх студентів, на основі якої можна провести аналіз та пошук залежності між результатами ЗНО [4] та подальшими успіхами у навчанні.

Результати з окремого предмета ЗНО представлені за рейтинговою шкалою від 100 до 200 балів [20]. У 2015 році нововведенням у спосіб розрахунку конкурсного балу абітурієнту стало запровадження вагових коефіцієнтів до кожного із його складових. Згідно до умов вступу, значення вагових коефіцієнтів визначається закладом вищої освіти у межах коридору, регламентованого цими умовами [6].

Так, згідно до «Умов прийому для здобуття вищої освіти 2021 року» [8, 21] частини VII «Конкурсний відбір, його організація та проведення», конкурсний відбір проводиться на основі конкурсного балу, що розраховується на основі: оцінки зовнішнього незалежного оцінювання або вступних іспитів з трьох предметів; середнього балу документа про повну загальну середню освіту, переведений у шкалу від 100 до 200 балів; балу за успішне закінчення у рік вступу підготовчих курсів закладу вищої освіти.

При розрахунку конкурсного балу кожна складова домножається на відповідний ваговий коефіцієнт. Отже, значення конкурсного балу визначається набором вагових коефіцієнтів K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 та K_6 . Також при встановленні значень вагових коефіцієнтів мають бути враховані наступні вимоги:

- невід'ємні вагові коефіцієнти $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ встановлюються закладом вищої освіти з точністю до 0,01;
- K_1, K_2, K_3 встановлюються на рівні не менше ніж 0,2 кожний;
- у разі проведення творчого конкурсу K_3 не має перевищувати 0,25 до нього та оцінки за мотиваційний лист;
- K_5 не може перевищувати 0,01;
- K_6 не може перевищувати 0,05;
- сума коефіцієнтів $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ для кожної конкурсної пропозиції має дорівнювати 1 [21].

Підсумувавши вищенаведене, для вступу на перший курс для здобуття ступеня бакалавра на основі повної загальної середньої освіти конкурсний бал (КБ) обчислюється за формулою: $KB = K_1 \times П1 + K_2 \times П2 + K_3 \times П3 + K_4 \times A + K_5 \times МЛ + K_6 \times ОУ$, де $П1, П2$ - оцінки зовнішнього незалежного оцінювання або вступних іспитів з першого та другого предметів; $П3$ - оцінка зовнішнього незалежного оцінювання, вступного іспиту з третього предмета або творчого конкурсу (за шкалою 100 - 200); A - середній бал документа про повну загальну середню освіту, переведений у шкалу від 100 до 200 балів відповідно до таблиці переведення

середнього балу документа про повну загальну середню освіту, обчисленого за 12-бальною шкалою; ОУ - бал за успішне закінчення у рік вступу підготовчих курсів закладу вищої освіти для вступу до нього за шкалою від 100 до 200 балів у разі вступу на спеціальності (спеціалізації), зазначені в переліку спеціальностей, яким надається особлива підтримка; МЛ - оцінка за мотиваційний лист, переведений у шкалу від 100 до 200 [21].

У роботі сформульовано наукову гіпотезу, що окремі складові конкурсного балу мають різний ступінь впливу на результати подальшого навчання студента залежно від обраної ним спеціальності. Відповідно при неоптимальному визначенні рівня коефіцієнтів складових конкурсного балу його загальне значення не відповідатиме рівню подальшої успішності студента.

На підтвердження цього було складено порівняльну таблицю, де наведено місця студентів за рейтингом згідно різних критеріїв, серед яких: результати ЗНО з окремих предметів; загальне значення конкурсного балу, розрахованого згідно діючих значень коефіцієнтів; та результати сесії студентів (згідно загального середньозваженого балу). Дані для таблиці було взято на спеціальності «інженерія програмного забезпечення» факультету «комп'ютерних наук» Чорноморського національного університету імені Петра Могили. Були використані наступні діючі значення вагових коефіцієнтів («укр. мова» - 0,5, «математика» - 0,2, «вибірковий предмет» - 0,2, «атестат» - 0,1).

Фрагмент отриманої порівняльної таблиці наведено на рис. 1.1. Таблиця включає місце за рейтингом для кожної складової та загального значення конкурсного балу. Для 3-7 колонок сірим кольором виділені комірки, результати у яких є значно гіршими за результати сесії (різниця 5 та більше); синім – трохи гірші за результати сесії (у межах від 3 до 5); жовтим – трохи краще (у межах від 3 до 5); та зеленим – набагато краще (різниця 5 та більше). Для 1-2 та 8 колонок виконується таке ж порівняння результатів сесії із загальним конкурсним балом, але у інших бік.

#	Прізвище Ім'я По батькові	Укр.мова	Математика	Дисц.за вибором	Атестат	Загальний бал	Сесія
1	Шкіль Р. І.	9	9	10	1	10	1
2	Афонін Ю. С.	1	1	7	3	1	2
3	Бойко Д. Д.	26	27	31	30	31	3
4	Бектін К. О.	7	4	1	6	3	4
5	Чернигін Г. Л.	2	10	1	13	4	5
6	Біба Є. В.	4	4	1	7	2	6
7	Сігєєв О. С.	8	6	1	7	5	7
8	Колесніков М. О.	11	7	6	5	9	8
9	Мальцева В. М.	14	12	26	15	15	9
10	Сабіна В. О.	27	18	33	19	28	10

Рисунок 1.1 – Порівняння рейтингу за конкурсним балом та результатами сесії

Дані порівняльної таблиці вказують на невідповідність місця рейтингу згідно конкурсного балу абітурієнта місцю згідно результатам сесії для багатьох студентів. Це може свідчити про неоптимальність діючих вагових коефіцієнтів, що у свою чергу призводить до зарахування на бюджетні місця не найкращих для даної спеціальності студентів, та, з іншого боку, до нестачі місць для здібних претендентів.

Дана робота має на меті пошук оптимальних значень вагових коефіцієнтів, при яких відхилення між конкурсним балом та результатами сесії буде мінімальним.

1.2 Недоліки точних методів та використання наближених методів рішення

На початкових етапах дослідження, що були висвітлені під час участі у конкурсі МАН 2020 року, задача була вирішена із використанням методу повного перебору. На основі визначеної функції мети (мінімізація відхилення результатів ЗНО та сесії) було виконано табулювання функції із певним інтервалом [14, 19].

Але збільшення кількості вхідних параметрів або зменшення кроку табулювання значно збільшувало кількість розрахункових ітерацій. Так, задача мала чотири вхідні параметри, кожен з яких змінюється на інтервалі від 0 до 1 із кроком 0,1. Це відповідало $11 \times 11 \times 11 \times 11 = 11^4 = 14\,641$ розрахунковим ітераціям. Згідно діючи умов вступу [21], кількість складових конкурсного балу було збільшено до шести, а точність коефіцієнтів визначено, як 0,01. Враховуючи наведені зміни, це потребуватиме $101^6 = 1\,061\,520\,150\,601$ розрахункових ітерацій [14].

Відповідно до наведеного, використання точних методів рішення на базі повного перебору не є оптимальним підходом, особливо у випадках зменшення кроку табулювання вхідних параметрів, збільшення їх кількості, або збільшення кількості елементів множини студентів.

Для рішення задач оптимізації, прикладом якої є підбір значень коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнту, можуть бути використані приблизні методи рішень, серед яких окремої уваги заслуговують генетичні алгоритми. Генетичні алгоритми – адаптивні методи пошуку, які використовуються для вирішення задач функціональної оптимізації. Вони засновані на механізмах і моделях еволюції, і генетичних процесах біологічних алгоритмів.

По суті, генетичний алгоритм - це метод перебору рішень для тих завдань, в яких неможливо знайти рішення лише за допомогою математичних формул. Однак простий перебір рішень у складній багатовимірної задачі - це нескінченно довго. Тому генетичний алгоритм перебирає не всі рішення, а тільки кращі. Алгоритм бере групу рішень і шукає серед них найбільш підходящі. Потім трохи змінює їх - отримує нові рішення, серед яких знову відбирає кращі, а гірші відкидає. Таким чином, на кожному кроці роботи алгоритм відбирає найбільш підходящі рішення (проводить селекцію), вважаючи, що вони на наступному кроці дадуть ще більш кращі рішення (еволюціонують) [9].

В теорії генетичних алгоритмів проводиться аналогія між задачею і біологічним процесом та вводяться наступні терміни: особина - одне рішення задачі; та популяція - набір рішень задачі. На початку алгоритму випадковим чином генерується набір рішень (початкова популяція). Ці рішення будуть ставати краще (еволюціонувати) в процесі роботи алгоритму до тих пір, поки не задовільнять умовам завдання.

У найбільш розповсюдженому різновиді генетичного алгоритму особина представляється у вигляді хромосоми [1, 3, 16]. При цьому кожному атрибуту об'єкта відповідає один ген, що відповідає значенню цієї ознаки [10]. У випадку задачі пошуку оптимальних коефіцієнтів складових конкурсного балу поняттю гену відповідає значення окремого коефіцієнту, а особини (або хромосоми) – комбінація із вагових коефіцієнтів всіх складових конкурсного балу.

1.3 Представлення результатів зовнішнього незалежного оцінювання та сесії студента

Згідно правил вступу [21], на значення конкурсного балу абітурієнта впливає шість складових – результати з трьох предметів зовнішнього незалежного оцінювання (або двох предметів та творчого конкурсу), середнього балу атестату про загальну середню освіту, балу за мотиваційний лист та балу за особливі успіхи. На факультеті комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, першими двома предметами є математика та українська мова, а третім є дисципліна за вибором – фізика, хімія, біологія, географія або іноземна мова (англійська, французька, німецька або іспанська) [17].

Кожна з шести вищезазначених складових має свій ваговий коефіцієнт, згідно до якого частина предметів має більший вплив на значення конкурсного балу у порівнянні із іншими.

Для використання значення середнього балу атестата про загальну середню освіту у формулі розрахунку конкурсного балу, необхідно

виконати перетворення до однієї шкали, тобто представити 12 бальний результат значенням від 100 до 200 балів. Для цього виконується переведення за наступною формулою:

$$A_{200} = \begin{cases} (A_{12} - 2) \times 10 + 100, & \text{якщо } A_{12} > 2 \\ 100, & \text{якщо } 1 \leq A_{12} \leq 2 \\ 0, & \text{якщо } A_{12} < 1 \end{cases} \quad (1.1),$$

де A_{12} – середній бал атестата у 12 бальній шкалі, а A_{200} – середній бал у 200 бальній шкалі.

Формула розрахунку конкурсного балу представлена нижче:

$$KB = \sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_i + \text{коэф}_A \times A_{200} + \text{коэф}_{мл} \times МЛ + \text{коэф}_{оу} \times ОУ \quad (1.2),$$

де Π_i – результат зовнішнього незалежного оцінювання з i -го предмету у 200 бальній шкалі, коэф_i – ваговий коефіцієнт i -го предмету, A_{200} – середній бал у 200 бальній шкалі, коэф_A – коефіцієнт середнього балу атестату, МЛ – бал за мотиваційний лист у 200 бальній шкалі, $\text{коэф}_{мл}$ – коефіцієнт мотиваційного листа, ОУ – бал за особливі успіхи, $\text{коэф}_{оу}$ – коефіцієнт балу за особливі успіхи [12, 13].

Середньозважений бал за результатами сесії розраховується на основі балів з дисциплін, які отримав студент протягом сесії. Він є показником успішності навчання та рівня засвоєння матеріалу. У розрахунку середньозваженого балу також приймають участь вагові коефіцієнти дисциплін, що залежать від обсягу дисципліни у кредитах. Формула розрахунку середньозваженого рейтингового балу має наступний вигляд (1.3):

$$РБ = \sum_{j=1}^N \text{коэф}_j \times \text{Бал}_j \quad (1.3),$$

де N – кількість дисциплін, що викладалися протягом семестру; Бал_j – оцінка, отримана студентом з j -ї дисципліни; коэф_j – ваговий коефіцієнт j -ї дисципліни, що розраховується згідно (1.4) [12]:

$$\text{коэф}_j = \frac{\text{кред}_j}{\sum_{j=1}^N \text{кред}_j} \quad (1.4),$$

де кред_j – кількість кредитів j -ї дисципліни.

Конкурсний бал абітурієнта представлено у 200 бальній шкалі, а середньозважений бал результату сесії у 100 бальній. Також слід враховувати, що область значень результату ЗНО – від 100 до 200 балів, а для оцінки з дисципліни, що отримує студент протягом сесії – від 60 до 100 балів. Для приведення конкурсного та рейтингового балів до однієї шкали, використано формулу природної нормалізації, що дає можливість представити значення на інтервалі між 0 та 1:

$$\text{Знач}_{\text{норм}} = \frac{\text{Знач} - \text{Знач}_{\text{мін}}}{\text{Знач}_{\text{макс}} - \text{Знач}_{\text{мін}}} \quad (1.5)$$

Враховуючи, що для конкурсного балу абітурієнта $\text{мін}(\text{КБ}) = 100$ та $\text{макс}(\text{КБ}) = 200$, формула (1.5) набуває наступного вигляду:

$$\text{КБ}^{\text{норм}} = \frac{\text{КБ}}{100} - 1 \quad (1.6)$$

Для рейтингового балу студента $\text{мін}(\text{РБ}) = 60$ та $\text{макс}(\text{РБ}) = 100$, відповідно до чого:

$$\text{РБ}^{\text{норм}} = \frac{\text{РБ}}{40} - 1,5 \quad (1.7)$$

1.4 Цільова функція оптимізації значень вагових коефіцієнтів

Метою роботи є знаходження оптимальних значень вагових коефіцієнтів конкурсного балу при яких його значення буде максимально відповідати подальшим успіхам у навчанні студента, тобто значенню рейтингового балу за результатами сесії. Для k -го студенту маємо конкурсний бал $\text{КБ}_k^{\text{норм}}$, розрахований за (1.2) та (1.6), та рейтинговий бал за результатами сесії РБ_k , отриманий згідно (1.3), (1.4) та (1.7). В ідеалі різниця між ними дорівнює нулю, тобто:

$$PB_k^{норм} - KB_k^{норм} = 0 \quad (1.8)$$

Враховуючи, що у (1.3), (1.4) та (1.7) нема невідомих, залишаємо у (1.8) $PB_k^{норм}$ без змін. Складову $KB_j^{норм}$ змінюємо, згідно (1.2) та (1.6):

$$PB_k^{норм} + 1 = \frac{(\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,k} + \text{коэф}_A \times A_{200,k} + \text{коэф}_{мл} \times МЛ_k + \text{коэф}_{оу} \times ОУ_k)}{100} \quad (1.9),$$

де $\Pi_{i,k}$ – результат k -го студента з i -го предмету, а $A_{200,k}$ – середній бал атестата k -го студента, представлений у 200 бальній шкалі.

Невідомими у рівнянні (1.8) виступають вагові коефіцієнти предметів ЗНО коэф_i та коефіцієнт середнього балу атестату коэф_A .

Враховуючи наявність результатів сесії та ЗНО для m студентів, маємо систему з m лінійних рівнянь (1.10):

$$\begin{cases} PB_1^{норм} + 1 = \frac{(\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,1} + \text{коэф}_A \times A_{200,1} + \text{коэф}_{мл} \times МЛ_1 + \text{коэф}_{оу} \times ОУ_1)}{100} \\ \dots \\ PB_m^{норм} + 1 = \frac{(\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,m} + \text{коэф}_A \times A_{200,m} + \text{коэф}_{мл} \times МЛ_m + \text{коэф}_{оу} \times ОУ_m)}{100} \end{cases} \quad (1.10)$$

Але така система не матиме рішень, оскільки на практиці зменшення різниці конкурсного та рейтингового балу для одного студента може вести до її збільшення для іншого. Тому, рівність (1.9) може бути доповнена дельтою, або різницею між конкурсним та рейтинговим балами. Також до системи рівнянь, згідно до умов вступу [21], додаються обмеження на область значень коефіцієнтів та умову щодо того, що сума коефіцієнтів дорівнює одиниці. Відповідно до цього, система (1.10) набуває наступного вигляду (1.11) [13]:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 RB_1^{норм} + 1 - \left(\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,1} + \text{коэф}_A \times A_{200,1} + \right. \\
 \left. + \text{коэф}_{мл} \times МЛ_1 + \text{коэф}_{oy} \times ОУ_1 \right) / 100 = \Delta_1 \\
 \dots \\
 RB_m^{норм} + 1 - \left(\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,m} + \text{коэф}_A \times A_{200,m} + \right. \\
 \left. + \text{коэф}_{мл} \times МЛ_m + \text{коэф}_{oy} \times ОУ_m \right) / 100 = \Delta_m \\
 \sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i + \text{коэф}_A + \text{коэф}_{мл} + \text{коэф}_{oy} = 1 \\
 0,2 \leq \text{коэф}_1 < 1, \quad 0,2 \leq \text{коэф}_2 < 1, \quad 0,2 \leq \text{коэф}_3 < 1 \\
 0 \leq \text{коэф}_A \leq 0,1, \quad 0 \leq \text{коэф}_{мл} \leq 0,05, \quad 0 \leq \text{коэф}_{oy} \leq 0,01
 \end{array} \right. \quad (1.11)$$

Кожне з m рівнянь системи (1.10) було доповнено однією додатковою невідомою Δ_k , відповідно система в цілому отримала m додаткових невідомих. Отже, (1.11) є системою з $m+1$ лінійних рівнянь, що має $m+6$ невідомих. Така система має нескінченну кількість розв'язків, область значень яких обмежена 6-ма додатковими нерівностями, що визначають область значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу.

Критерієм оптимальності рішення виступає мінімізація середнього відхилення рейтингового та конкурсного балів по всім студентам [12, 13], а функція мети для системи (1.11) представлена наступним чином:

$$f(\text{коэф}_1, \text{коэф}_2, \text{коэф}_3, \text{коэф}_A, \text{коэф}_{мл}, \text{коэф}_{oy}) = \frac{\sum_{i=1}^m |\Delta_k|}{m} \rightarrow 0 \quad (1.12)$$

Висновки до розділу

Значення конкурсного балу абітурієнта розраховується на основі результатів ЗНО з декількох предметів, середнього балу атестату, мотиваційного листа та додаткових балів за особливі успіхи. При цьому кожна зі складових має свій ваговий коефіцієнт. Значення коефіцієнтів визначаються закладом вищої освіти, та не завжди відповідають оптимальним значенням з точки зору кореляції результатів ЗНО із подальшими результатами навчання у ЗВО.

Маючи дані щодо результатів ЗНО та подальших результатів сесії студентів можна визначити оптимальні значення вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнту, при яких конкурсний бал абітурієнтів за результатами ЗНО та атестату буде максимально відповідати майбутньому рейтинговому балу студентів за результатами сесії.

Для вирішення задачі пошуку оптимальних значень коефіцієнтів можуть бути використані приблизні методи рішень, що дозволяють значно зменшити кількість необхідних розрахунків у порівнянні із точними, зокрема методом повного перебору. Особливої уваги заслуговують генетичні алгоритми, що представляють собою відбір із множини можливих рішень кращих, із подальшою незначною модифікацією для отримання нових рішень, серед яких знову відбираються кращі, а гірші відкидаються.

Виконано представлення у вигляді математичних формул результатів зовнішнього незалежного оцінювання та сесії студентів закладу вищої освіти, виконавши приведення результатів кожного з предметів ЗНО до 200 бальної шкали. Запропоновано використати природну нормалізацію, яка враховує інтервал допустимих значень, для приведення конкурсного та рейтингового балів до однієї шкали, що дозволило використати їх значення у межах однієї формули.

Цільова функція визначена виходячи із того, що подальші успіхи у навчанні мають на пряму залежати від значення конкурсного балу, а отже при оптимальних значеннях вагових коефіцієнтів різниця конкурсного та рейтингового балів має бути мінімальною. Із розрахунку на наявність даних про m студентів та умову про суму коефіцієнтів, що має дорівнювати одиниці, складено систему з $m+1$ рівнянь, що мають $m+6$ невідомих, яка була доповнена 12-ма нерівностями, що визначають області допустимих значень шести вагових коефіцієнтів.

РОЗДІЛ 2

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

2.1 Генерація початкової популяції

Класичний генетичний алгоритм складається з етапів: завдання початкової популяції; розрахунок функції придатності (фітнес-функції); відбір; розмноження; мутація; перевірка виконання критерію зупинки. Пункти 2-6 повторюються у циклі, доки не буде виконано умову 6 [11, 16]. Блок-схему роботи етапів генетичного алгоритму наведено у [12].

У роботі запропоновано наступний алгоритм генерації особин для початкової популяції. На першому кроці кожен коефіцієнт генерується випадковим чином у діапазоні від мінімального до максимального значення, згідно таблиці 2.1, тобто має виконуватись наступна нерівність (2.1):

$$K_{i,\min} \leq K_i \leq K_{i,\max} \quad (2.1),$$

де K_i – згенероване значення для i -го коефіцієнта, а $K_{i,\min}$ та $K_{i,\max}$ його мінімальне та максимальне значення, відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Обмеження області значень вагових коефіцієнтів

Умовне позначення коефіцієнту	Назва коефіцієнту	Мінімальне значення	Максимальне значення	Точність
K_1	Математика	0,2	1	0,01
K_2	Укр. мова	0,2	1	0,01
K_3	Вибір. дисц.	0,2	1	0,01
K_4	Середній бал	0	0,1	0,01
K_5	Мотив. лист	0	0,01	0,01
K_6	Особл. успіхи	0	0,05	0,01

На рис. 2.1 згенеровані, на даному кроці для однієї з особин популяції, значення коефіцієнтів позначено сірим кольором та підписом «Згенеровано». Значення коефіцієнтів наведено на рис. 2.2 у рядку «згенеровані значення».

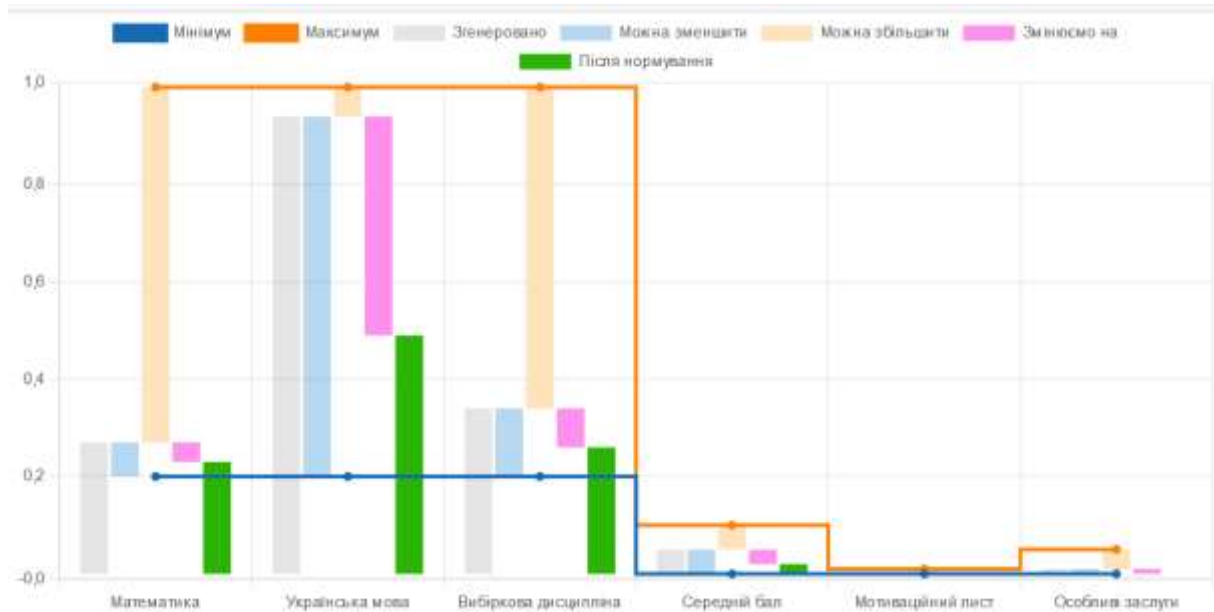


Рисунок 2.1 – Генерація значень коефіцієнтів особини початкової популяції. Графічне представлення

	Математика	Українська мова	Вибіркова дисципліна	Середній бал	Мотиваційний лист	Особливі заслуги	Сума	Прибрати при нормуванні
Згенероване значення	0.27	0.94	0.34	0.05	0	0.01	1.61	0.61
Можливо змінити на	0.07	0.74	0.14	0.05	0.00	0.01	1.01	
Змінюємо на	$(0.07 / 1.01) \times 0.61 = 0.0423$	$(0.74 / 1.01) \times 0.61 = 0.4469$	$(0.14 / 1.01) \times 0.61 = 0.0846$	$(0.05 / 1.01) \times 0.61 = 0.0302$	$(0.00 / 1.01) \times 0.61 = 0.0000$	$(0.01 / 1.01) \times 0.61 = 0.0060$		
Пронормоване значення	0.23	0.49	0.26	0.02	0.00	0.00		

Рисунок 2.2 – Генерація значень коефіцієнтів особини початкової популяції. Табличне представлення

Після виконання першого кроку та отримання випадкового значення для кожного коефіцієнту їх сума може відрізнятись від одиниці (як у прикладі на рис. 2.2, рядок «згенеровані значення», комірки «Сума» та «Прибрати при нормуванні»). Для виконання нормування значень

коефіцієнтів могла бути застосована наступна формула корегування значення (2.2):

$$K_{i,норм} = \frac{K_i}{\sum_{j=1}^6 K_j} \quad (2.2),$$

де K_i – згенероване значення для i -го коефіцієнта.

Але даний підхід не може бути використаний у нашому випадку, оскільки в результаті виконання нормування за (2.2) можна отримати значення коефіцієнтів, що вийдуть за межі області допустимих значень (табл. 2.1). Тому запропоновано для кожного коефіцієнта отримати значення, у межах якого він може бути змінений, яка визначається, як (2.3):

$$K_{i,вільно} = \begin{cases} K_i - K_{\min}, \text{ якщо } \sum_{j=1}^6 K_j > 0 \\ K_{\max} - K_i, \text{ якщо } \sum_{j=1}^6 K_j \leq 0 \end{cases} \quad (2.3),$$

де K_i – згенероване значення для i -го коефіцієнта.

На рис. 2.1 значення $K_{i,вільно}$ схематично наведено голубим та персиковим кольором. На рис. 2.2 ці значення вказано у рядку «можливо змінити на».

Далі, для визначення дельти для кожного коефіцієнту, на яку його треба змінити, щоб сума дорівнювала одиниці, використовуємо наступну формулу (2.4). Дельта зменшує (або збільшує) значення коефіцієнту пропорційно до величини коридору, в межах якого значення може бути змінене:

$$K_{зміни} = \frac{K_{i,вільно}}{\sum_{j=1}^6 K_{j,вільно}} \times \left(\sum_{j=1}^6 K_j - 1 \right) \quad (2.4),$$

де $K_{i,вільно}$ – значення, на яке коефіцієнт може бути змінено, розраховується згідно з (2.3). Значення $K_{зміни}$ наводиться на рис. 2.1 фіолетовим кольором, а на рис. 2.2 у рядочку «змінюємо на».

Остаточний розрахунок нормованого значення коефіцієнту виконується шляхом віднімання від початково згенерованого значення розрахованої згідно (2.4) дельти:

$$K_{i,норм} = K_i - K_{зміни} \quad (2.5)$$

Згідно описаного вище підходу при нормалізації вагових коефіцієнтів, сума отриманих значень буде дорівнювати одиниці, але при цьому вони гарантовано залишатимуться у коридорі допустимих значень між $K_{i,min}$ та $K_{i,max}$.

Фінальний набір вагових коефіцієнтів згенерованої особини, що розглядалась у якості прикладу на рис. 2.1 та 2.2, наведено у вигляді 2-х різних типів діаграм на рис. 2.3.

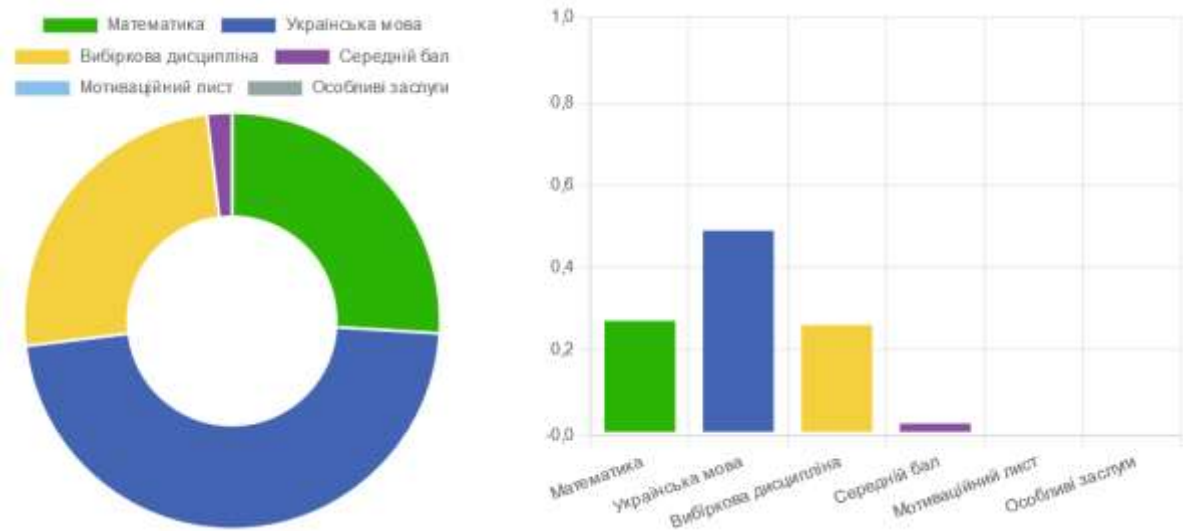


Рисунок 2.3 – Фінальний набір вагових коефіцієнтів згенерованої особини

2.2 Відбір

Наступним етапом алгоритму є відбір найкращих особин, що перейдуть на наступний етап. Для визначення «якості» особини, що характеризується рівнем оптимальності її вагових коефіцієнтів, для кожної особини популяції згідно (1.12) розраховується функція придатності, (або фітнес функція). Після розрахунку фітнес функції для кожної особини, популяція, що складається з 10 особин, сортується за зростанням її значення, враховуючи, що згідно до (1.12) метою є мінімізація значення функції.

Перші дві особини проходять етап відбору, як найкращі, відповідно для них ймовірність виживання встановлюється на рівні 1, або 100%. Останні дві особини не проходять відбір, як найгірші, тобто для них ймовірність виживання дорівнює 0. Для особин з 3-ї по 8-му включно ймовірність виживання тим вища, чим менше значення її функції придатності. Всього із популяції «виживає» та переходить на наступний крок 5 особин, тобто враховуючи 2 особини, що виживають із ймовірністю 100%, із 6 особин, що лишилися, має залишитись 3.

На рис. 2.4 на прикладі однієї популяції наведено розраховані значення фітнес функції, ймовірності виживання особини, а також остаточного рішення про її виживання.

При розрахунку значення ймовірності виживання i -ї особини виконується попереднє нормування значення фітнес функції на основі її мінімального та максимального значення у межах популяції, а також враховано, що чим менше значення функції, тим більше має бути ймовірність виживання особини (2.6):

$$P_i = \frac{F_{fitness,max} - F_{fitness,i}}{F_{fitness,max} - F_{fitness,min}} \quad (2.6),$$

де $F_{fitness,max}$ – максимальне значення, а $F_{fitness,min}$ – мінімальне значення фітнес функції у межах популяції.

Математика	Українська мова	Вибіркова дисципліна	Середній бал	Мотиваційний лист	Особливі заслуги	Фітнес функція	Ймовірність виживання	Рішення
0.37	0.31	0.29	0.02	0.01	0.00	0.178474	100.00%	ТАК
0.32	0.32	0.35	0.01	0.00	0.00	0.180075	100.00%	ТАК
0.23	0.49	0.26	0.02	0.00	0.00	0.180274	19.01%	ТАК
0.29	0.37	0.33	0.01	0.00	0.00	0.180398	18.82%	НІ
0.42	0.20	0.33	0.03	0.01	0.01	0.180833	18.17%	ТАК
0.40	0.27	0.29	0.02	0.01	0.01	0.181333	17.42%	ТАК
0.32	0.23	0.39	0.04	0.00	0.02	0.183968	13.47%	НІ
0.30	0.36	0.30	0.02	0.00	0.02	0.184210	13.10%	НІ
0.23	0.40	0.33	0.02	0.01	0.01	0.186751	0.00%	НІ
0.27	0.24	0.47	0.00	0.01	0.01	0.192940	0.00%	НІ

Рисунок 2.4 – Відбір «виживших» особин

Також виконується подальше нормування значень ймовірності виживання для особин з 3 по 8 включно для виконання умови $\sum_{i=3}^8 P_i = 1$. Для цього розраховуємо нормоване значення ймовірності згідно за формулою (2.7):

$$P_{i,норм} = \frac{P_i}{\sum_{i=3}^8 P_i} \quad (2.7)$$

На рис. 2.5 наведено графічне представлення значення функції придатності для всіх особин популяції (синій колір графіку), розраховані для них значення ймовірності виживання (зелений колір графіку) та остаточне рішення про виживання особини (оранжевий колір графіку).

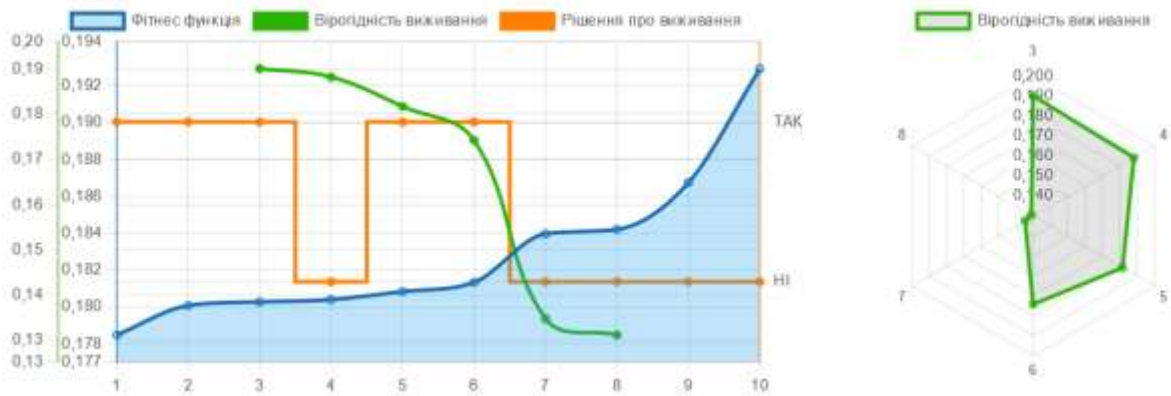


Рисунок 2.5 – Графічне представлення етапу відбору особин популяції

2.3 Розмноження

Етап розмноження починається із вибору із множини виживших особин 5-ти батьківських пар, кожна з яких дає одного нащадка. При створенні нащадка виконується схрещування 2-х батьківських особин, в результаті якого перші декілька коефіцієнтів нащадок отримує від першого батька, а всі інші від другого батька. Кількість коефіцієнтів, що дістануться від першого батька, визначаються випадковим числом у діапазоні від 0 до 6. На рис. 2.6 наведено приклад отримання нової особини популяції в результаті розмноження, у якому від першого батька береться 1-й коефіцієнт, а 2-6 дістаються від другого з батьків.

	Математика	Українська мова	Вибіркова дисципліна	Середній бал	Мотиваційний лист	Особливі заслуги
Батько 1	0.40	0.27	0.29	0.02	0.01	0.01
Батько 2	0.23	0.49	0.26	0.02	0.00	0.00
Нащадок	0.40	0.49	0.26	0.02	0.00	0.00
Мутація	0.40	0.59	0.26	0.02	0.00	0.00
Нормалізація	0.32	0.43	0.24	0.01	0.00	0.00

Рисунок 2.6 – Отримання нової особини популяції в результаті розмноження

У наведеному прикладі у першому рядку наведено значення коефіцієнтів першого з батьків, у другому – другого. При цьому сірим кольором підсвічено коефіцієнти, що буде передано нащадку. У третьому

рядку наведено початковий стан нащадка, при чому світло-зеленим кольором підсвічено коефіцієнти, що дістались від першого з батьків, в голубим – від другого.

Після отримання екземпляра нащадка в результаті виконання операції схрещування, із вірогідністю 50% (генерація випадкового числа) у нащадка виникає мутація. В результаті мутації один із коефіцієнтів нащадка змінюється відповідно до згенерованого випадковим чином значення. Алгоритм генерації значення коефіцієнту було наведено раніше під час описання генерації початкової популяції у підрозділі 2.1. Номер коефіцієнта, що зазнає мутації, також визначається випадковим чином. На рис. 2.6 його значення наведено у четвертому рядку та підсвічено помаранчевим кольором.

Після операцій схрещування та мутації може бути отримано особину, для якої значення суми всіх коефіцієнтів відрізнятиметься від одиниці. Дана ситуація виправляється за рахунок виконання нормалізації значень коефіцієнтів особини-нащадка. При цьому використовується алгоритм нормалізації, що також було описано під час висвітлення етапу генерації початкової популяції у підрозділі 2.1.

Після виконання нормалізації отримана особина додається до поточної популяції і операція повторюється для інших 4-ох батьківських пар. Графічне представлення отримання значень коефіцієнтів для особини, що генерується в результаті етапу розмноження, наведено на рис. 2.7 та 2.8.

Після створення 5-ти дочірніх елементів у спосіб, отриманий вище, популяція знову нараховує 10 елементів. Після цього заново виконується етап відбору, описаний у підрозділі 2.2. Виконання алгоритму триває, доки не виконується умова зупинки алгоритму.

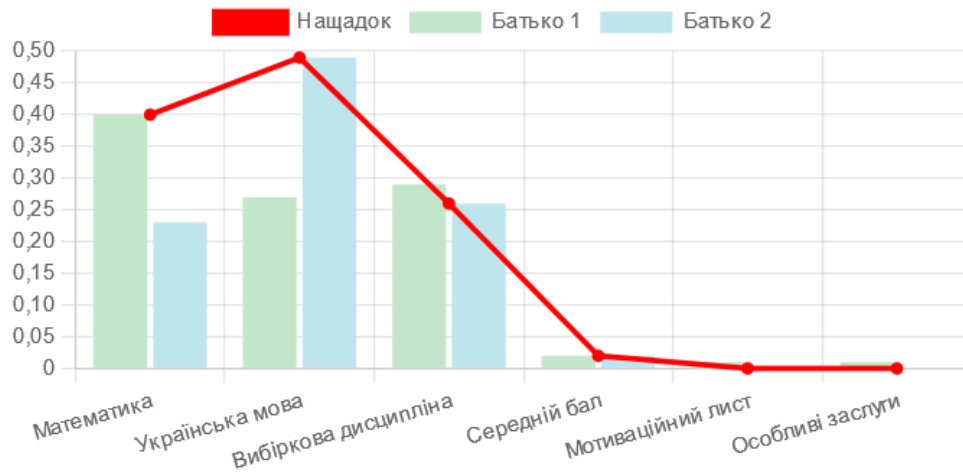


Рисунок 2.7 – Отримання екземпляра нащадка в результаті виконання операції схрещування

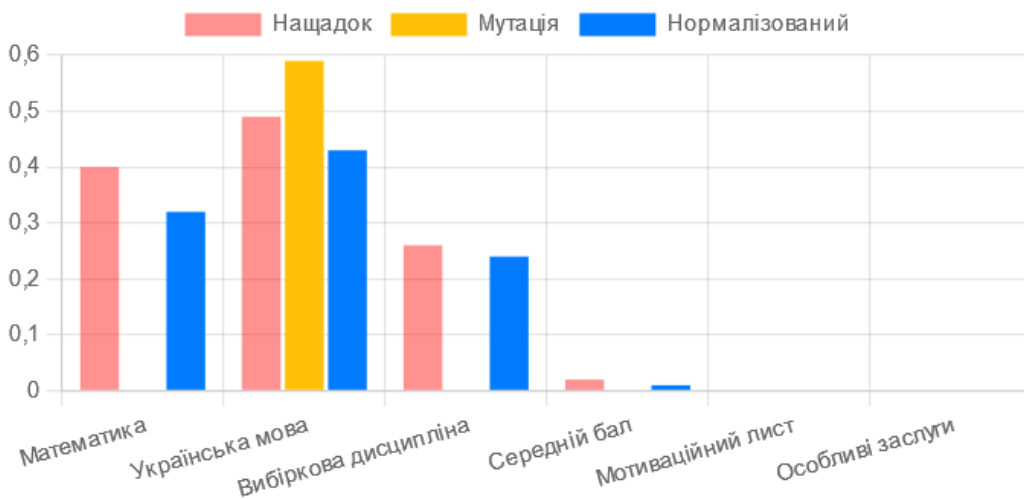


Рисунок 2.8 – Мутація та нормалізація особини-нащадка

2.4 Запобігання «виродженню» популяції

Декількаразове використання алгоритму у вигляді, описаному у підрозділах 2.1–2.3 на основі даних результатів складання ЗНО та результатів сесії студентів спеціальності «інженерія програмного забезпечення» Чорноморського національного університету ім. Петра Могили показало, що у інтервалі між 25 та 55 кроками відбувається повне виродження популяції особин без досягнення оптимальних значень вагових коефіцієнтів.

Описана ситуація має місце через можливість наявності у межах популяції декількох особин із однаковими значеннями всіх вагових коефіцієнтів. Враховуючи, що на етапі селекції із високою ймовірністю виживають особини із найкращим значенням фітнес-функції, маємо покрокове збільшення кількості ідентичних особин, із кращим у межах популяції значенням фітнес-функції. Також враховуючи 50% ймовірності мутації, маємо у пари батьків, що представлені ідентичними особинами високу ймовірність виникнення ідентичного потомка.

На рис. 2.9 наведено залежність кількості однакових особин у межах популяції від кроку алгоритму для трьох різних спроб розрахунку оптимальних значень вагових коефіцієнтів.

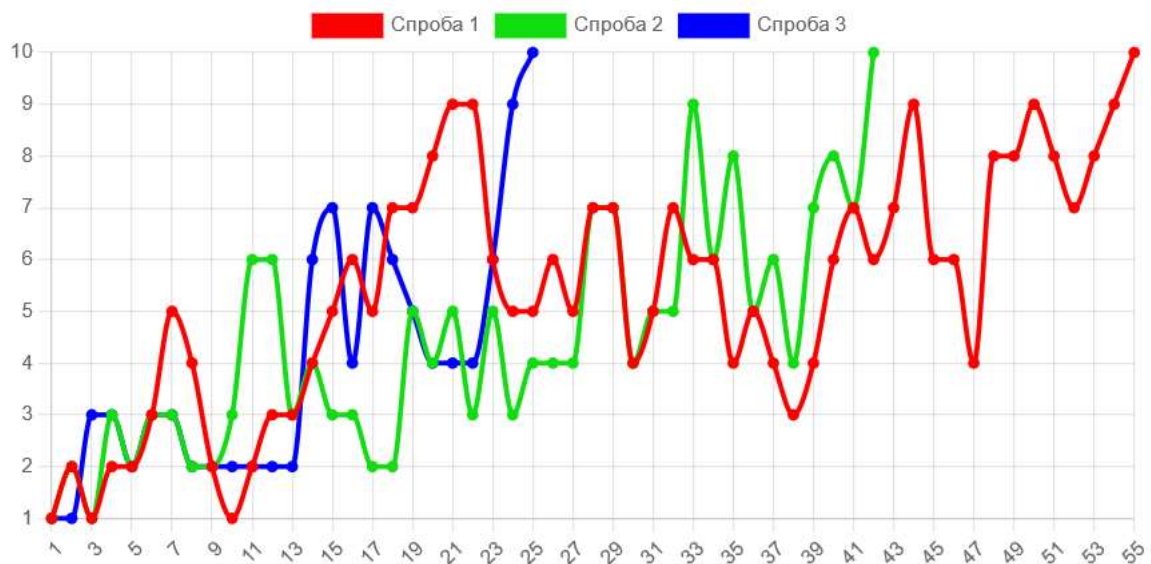


Рисунок 2.9 – Кількість однакових особин у межах популяції на різних кроках алгоритму

Враховуючи наведене, при отриманні нової особини на етапі генерації нової популяції була введена заборона на повне дублювання значень вагових коефіцієнтів. Також на етапі розмноження, якщо отримується особина-нащадок, що вже присутня у популяції, вона примусово зазнає мутації.

2.5 Використання елементів градієнтного методу

Запропоноване у підрозділі 2.4 нововведення запобігає виродженню популяції, і алгоритм визначає оптимальні значення вагових коефіцієнтів, але за велику кількість кроків. При цьому спостерігається «буксування» на місці, тобто відносно велику кількість кроків значення фітнес-функції найкращого у популяції елементу залишається без змін. Так, на рис. 2.10 наведено, як змінюється значення фітнес-функції найкращої особини популяції покроково для трьох різних спроб розрахунку після введення обмеження на відсутність однакових особин у популяції.

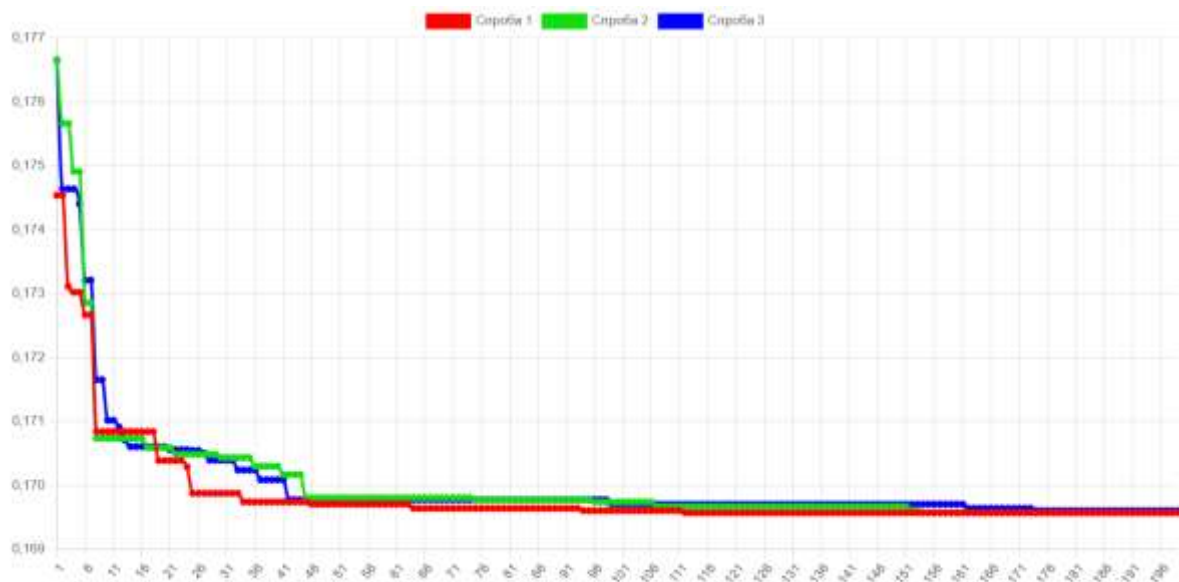


Рисунок 2.10 – Покрокова зміна значення фітнес-функції кращого елемента популяції

Для оптимізації роботи методу запропоновано додати до алгоритму додатковий етап, що буде виконуватись після етапу розмноження. На цьому етапі до популяції додається елемент на основі кращого елемента попередньої популяції. Але значення його коефіцієнтів змінюється в сторону покращення показників фітнес-функції для кожного вагового коефіцієнту окремо. Дельта для вагового коефіцієнта розраховується, як різниця відповідного коефіцієнта найкращої особини популяції та його середнього значення у межах популяції особин (2.8):

$$\Delta K_i = K_{i,best} - \frac{\sum_{j=1}^{10} K_{i,j}}{10} \quad (2.8)$$

Далі значення коефіцієнту нового елемента розраховується згідно (2.9), тобто виконується додавання дельти до значення відповідного коефіцієнту найкращого елемента, але із урахуванням коридору допустимих значень для коефіцієнту:

$$K_i = \begin{cases} K_{i,best} + \Delta K_i, \text{ якщо } K_{i,best} + \Delta K_i < K_{\max} \text{ та } K_{i,best} + \Delta K_i > K_{\min} \\ K_{\max}, \text{ якщо } K_{i,best} + \Delta K_i \geq K_{\max} \\ K_{\min}, \text{ якщо } K_{i,best} + \Delta K_i \leq K_{\min} \end{cases} \quad (2.9)$$

Для того, щоб кількість елементів у популяції залишалася сталою, кількість елементів, що отримується на етапі розмноження, зменшується на одиницю. Тобто перші 5 елементів отримується із попередньої популяції, 4 в результаті їх розмноження, і останній елемент у результаті застосування елементів градієнтного методу, описаного вище. Далі всі отримані елементи проходять стандартний етап селекції (або відбору), що було описано у підрозділі 2.2.

В результаті застосування останнього етапу, що було запропоновано автором роботи, кількість кроків, за яку визначаються оптимальні значення вагових коефіцієнтів вдалося істотно зменшити. Так, на рис. 2.11 наведено три спроби проведення розрахунків після застосування етапу «додавання досконалого елемента».

Також на рис. 2.12а – 2.12в наведено покрокову зміну значень коефіцієнтів складових конкурсного балу для трьох різних спроб розрахунку оптимальних значень.

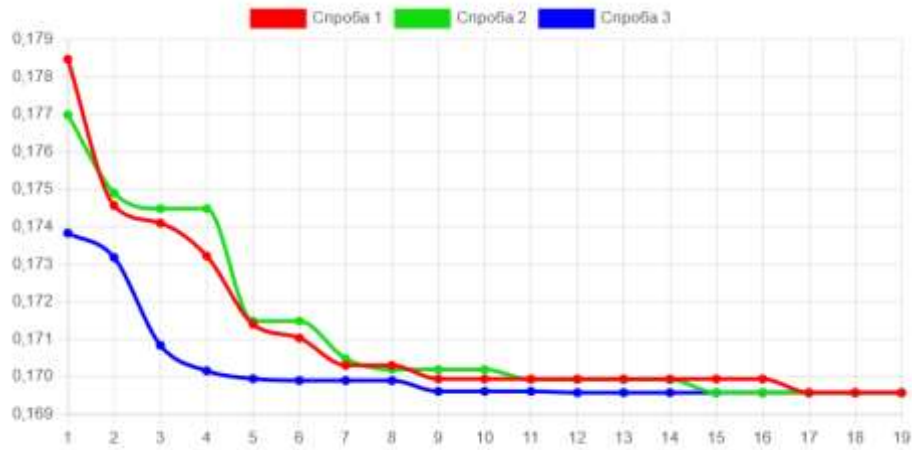


Рисунок 2.11 – Покрокова зміна фітнес функції

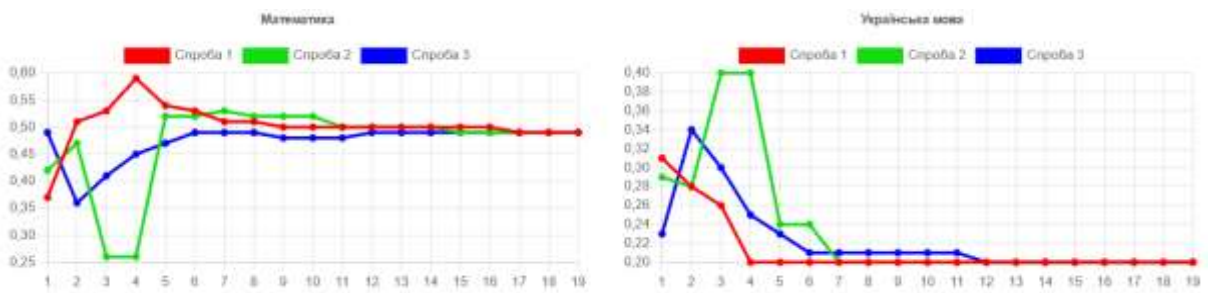


Рисунок 2.12а – Покрокова зміна коефіцієнтів для «математики» та «української мови»

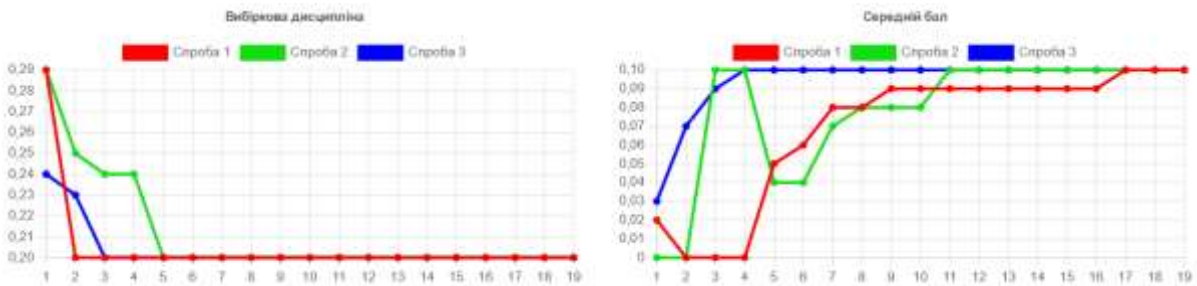


Рисунок 2.12б – Покрокова зміна коефіцієнтів для «вибіркової дисципліни» та «середнього балу атестату»

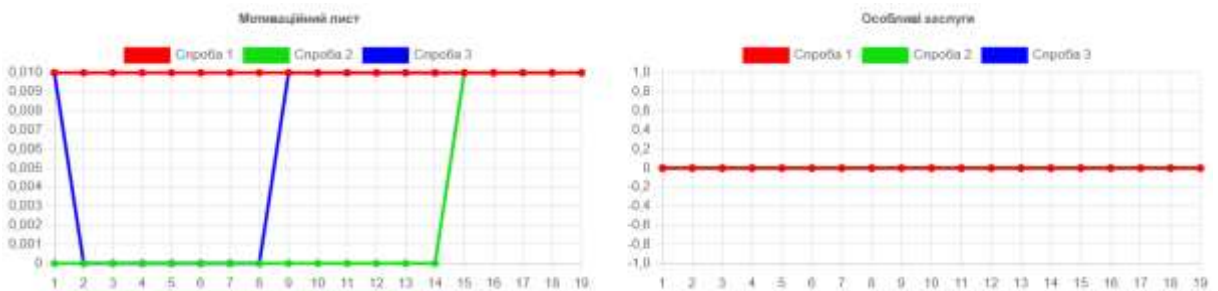


Рисунок 2.12в – Покрокова зміна коефіцієнтів для «мотиваційного листа» та «особливих заслуг»

Висновки до розділу

Для вирішення задачі пошуку оптимальних значень коефіцієнтів складових конкурсного балу було використано генетичний алгоритм із представленням набору коефіцієнтів у вигляді особини популяції, у якій значення окремого коефіцієнту відповідає значенню окремого гену хромосоми. На етапах генерації початкової популяції та розмноження при розрахунку значень коефіцієнтів використано запропонований автором алгоритм їх нормалізації, що враховує обмеження області значень коефіцієнтів та вимогу щодо того, що сума всіх коефіцієнтів має дорівнювати одиниці.

В процесі генерації нових особин та на етапі розмноження введено додаткове обмеження, що не дозволяє існування у межах популяції двох однакових особин. Дане обмеження покликане запобігти виродженню популяції до досягнення оптимальних значень вагових коефіцієнтів. Також автором запропоновано модифікацію генетичного алгоритму у вигляді додавання етапу «додавання досконалого елемента» на основі застосування елементів градієнтного методу, що дозволило скоротити кількість кроків алгоритму, необхідних знаходження оптимальних значень коефіцієнтів приблизно у 10 разів.

Отримання однакових результатів оптимальних значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу для набору різних спроб розрахунку при різних початкових значеннях дозволяє говорити про достовірність отриманих результатів та виправданість використання алгоритму в цілому та запропонованих автором модифікацій зокрема.

ВИСНОВКИ

Було наведено правила розрахунку конкурсного балу абітурієнта та розглянуто вплив вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу при розрахунку його значення. Наголошено на тому, що підбір оптимальних значень коефіцієнтів може підвищити якість відбору абітурієнтів при вступі до ЗВО. Також визначено переваги використання приблизних методів рішень задач оптимізації, зокрема генетичного алгоритму у порівнянні із використанням точних методів на базі повного перебору. Створено математичну модель представлення вхідних даних із приведенням їх до однієї шкали, визначено цільову функцію, мінімальне значення якої досягається при оптимальному розподілі значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта.

Задачу вирішено із використанням модифікованого генетичного алгоритму, що відноситься до групи приблизних методів рішення. Він використовується при переборі рішень для тих завдань, в яких неможливо знайти рішення за допомогою математичних формул. Запропонована автором модифікація алгоритму у вигляді додаткового етапу на основі елементів градієнтного методу дозволила скоротити кількість кроків, необхідних для знаходження оптимального розподілу у 10 разів.

Отримані в результаті проведення декількох спроб розрахунків хоч і за різну кількість кроків, але однакові значення коефіцієнтів складових конкурсного балу, свідчать про правильність роботи алгоритму та, відповідно, про достовірність результатів.

Результати, отримані для даних факультету комп'ютерних наук ЧНУ ім. П. Могили дозволяють виділити зміщення пріоритетів вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу у бік математики та середнього балу атестату, що досягають, або майже досягають верхньої межі області допустимих значень.

Список використаних джерел

1. Davis L. D. Handbook Of Genetic Algorithms. Van Nostrand Reinhold, 1991. 385 p.
2. How to Assess Students' Prior Knowledge. Teaching Excellence & Educational Innovation. URL: <https://www.cmu.edu/teaching/assessment/priorknowledge/index.html> (дата звернення: 28.11.2020)
3. Lee, N. K., Li, X., Wang, D. A comprehensive survey on genetic algorithms for DNA motif prediction. Information Sciences, 2018. 466. P.25-43.
4. OpenData. Статистичні дані основної сесії ЗНО. URL: <https://zno.testportal.com.ua/opendata> (дата звернення: 20.10.2021)
5. Serbin V.V., Syrymbayeva A., Tolebayeva K. Multi-criteria decision-making model for information learning system: a critique of the level of doubt. International Journal of eGovernance and Networks, 2015. No3. pp. 56-65
6. Абітурієнт-2015: доведеться вчити правила поступання. URL: <https://provse.te.ua/2015/08/abiturijent-2015-dovedetsya-vchyty-pravyla-postupannya/> (дата звернення: 15.10.2021)
7. Аналоги ЗНО у країнах "Великої сімки". URL: <https://buki.com.ua/blogs/analohy-zno-u-krayinakh-velykoji-simky/> (дата звернення: 28.10.2021)
8. Вступна компанія 2021. Порядок нарахування балів за особливі успіхи. URL: <https://www.cuspu.edu.ua/ua/bakalavr/443-vstup-na-osnovi-povnoi-zahalnoi-serednoi-osvity/5785-poriadok-narakhuvannia-baliv-za-osoblyvi-uspikhy-abo-uspishne-zakinchennia-slukhachamy-pidhotovchukh-kursiv> (дата звернення: 27.11.2021)
9. Генетичний алгоритм - презентація онлайн. URL: <https://ppt-online.org/92580> (дата звернення: 5.11.2021)
10. Генетичні алгоритми. Ключові поняття і методи реалізації. URL: http://www.znannya.org/?view=ga_general (дата звернення: 6.11.2021)
11. Гладков Л. А. Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы : учебник / под ред. В.М. Курейчик. Москва : Физматлит, 2010. 317 с.
12. Дворецька М. М. Використання генетичного алгоритму для розрахунку значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта. URL: https://jasu2021.com/image_upload/ri_2.12.pdf (дата звернення: 16.11.2021)

13. Дворецька М. М., Воробйова А. І. Пошук оптимальних значень коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта. Інтелектуальні інформаційні системи : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів : тези доп., 9–12 лютого 2021 р. / ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв, 2021. – с.161-164
14. Дворецька М. М., Співаченко Н. Ф. Визначення оптимальних значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта на базі результатів сесії студентів ЗВО. URL:<https://manmathmk.files.wordpress.com/2020/12/d094d0b2d0bed180d0b5d186d0bad0b0d18f-2020.pdf> (дата звернення: 4.11.2021)
15. Загальна інформація про PISA. Популярні запитання. URL: <http://pisa.testportal.gov.ua/populyarni-zapytannya/> (дата звернення: 11.10.2021)
16. Панченко Т. В. Генетические алгоритмы : учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. 87 с.
17. Правила прийому на навчання до Чорноморського національного університету імені Петра Могили у 2021 році. URL: https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/12/PravilaprijomuCHNUimeniPetraMogili_2021.pdf (дата обрання: 3.11.2021)
18. Про Український центр оцінювання якості знань. URL: <http://testportal.gov.ua/pro-utsoyao/> (дата звернення: 30.10.2021)
19. Табулювання функцій. URL: https://informkon.at.ua/praktika/Excel/tabuljuvannja_funkcij.pdf (дата звернення: 5.11.2021)
20. Український центр оцінювання якості знань. Загальна інформація. URL: <http://testportal.gov.ua/zagalna-informatsiya-zno/> (дата звернення: 5.10.2021)
21. Умови прийому для здобуття вищої освіти 2021 року. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/vstupna-kampaniya-2021/umovi-prijomu-dlya-zdobuttya-vishoyi-osviti-2021-roku> (дата звернення: 26.11.2021)
22. Що таке ЗНО? Важлива інформація, яка допоможе тобі краще зрозуміти, що таке ЗНО та навіщо воно потрібне. URL: <https://naurok.ua/student/blog/scho-take-zno> (дата звернення: 8.10.2021)