

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

Відділення: математика
Секція: прикладна математика

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ АБІТУРІЄНТА

Роботу виконала:

Дворецька Марія Михайлівна, учениця 10
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 10-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

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ АБІТУРІЄНТА

Метою є виявлення ступеня впливу результатів кожного з предметів зовнішнього незалежного оцінювання на подальшу успішність студентів, та визначення на його основі вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта для відповідної спеціальності.

Для досягнення мети автором було вирішено ряд задач. Так, у **першому розділі** розглянуто підходи оцінювання рівня знань учнів, проаналізовано дані щодо результатів ЗНО, вплив коефіцієнтів кожної зі складових при формуванні конкурсного балу абітурієнта. У **другому розділі** створено математичну модель представлення вхідних даних результатів ЗНО та сесії студентів, а також визначено функцію мети при оцінюванні ступеня оптимальності вагових коефіцієнтів. У **третьому розділі** вирішено завдання підбору оптимальних вагових коефіцієнтів за допомогою генетичного алгоритму та виконано аналіз отриманих результатів.

В результаті було вивчено аспекти формування загального конкурсного балу абітурієнту, а також використання генетичних алгоритмів для подібного класу задач, і на основі запропонованої математичної моделі знайдено оптимальні вагові коефіцієнти складових конкурсного балу абітурієнта.

Ключові слова: ЗНО, конкурсний бал, абітурієнт, вагові коефіцієнти, функція мети, природна нормалізація, генетичний алгоритм, фітнес-функція.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЛІ ЗНО ТА ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ АБІТУРІЄНТА У ВСТУПНІЙ КОМПАНІЇ.....	7
1.1 Роль зовнішнього незалежного оцінювання у вступній компанії.....	7
1.2 Складові конкурсного балу та їх коефіцієнти.....	8
1.3 Порівняння рейтингу абітурієнтів із майбутнім рейтингом студентів	9
Висновки до розділу	11
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ	12
2.1 Формалізація даних результатів зовнішнього незалежного оцінювання абітурієнта	12
2.2 Формалізація даних по результатах сесії студента	13
2.3 Визначення функції мети при оптимізації значень вагових коефіцієнтів.....	14
Висновки до розділу	17
РОЗДІЛ 3 ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ	18
3.1 Недоліки використання точних методів рішення на базі повного перебору	18
3.2 Використання наближених методів рішення. Генетичний алгоритм	19
3.3 Пошук оптимальних значень вагових коефіцієнтів	21
3.4 Аналіз одержаних результатів	25
Висновки до розділу	27
ВИСНОВКИ.....	28
Список використаних джерел	29
ДОДАТОК А.....	30
ДОДАТОК Б	31

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;

PISA - програма міжнародного оцінювання учнів;

ПЗ – програмне забезпечення;

КБ – конкурсний бал;

РБ – рейтинговий бал;

ГА – генетичний алгоритм;

ЧНУ – Чорноморський національний університет.

ВСТУП

Система зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО) в Україні створювалася та вдосконалювалася протягом багатьох років. Основне її завдання – забезпечити кожному громадянину рівні умови доступу до вищої освіти. Незалежне тестування дозволяє мінімізувати корупційні ризики, що у свою чергу дає можливість здібним учням реалізувати свій потенціал у вишах. Тестування дозволяє об'єктивно оцінити рівень навчальних досягнень школярів, і тепер не треба їхати до вишу, куди маєш бажання вступати, та складати іспити. Необхідно пройти тестування, отримати результат, обрати навчальний заклад вищої освіти (ЗВО) та подати заявку на участь у конкурсі. Цей перелік дій є достатнім для здійснення мрії стати студентом у закладі вищої освіти своєї мрії на спеціальності, що приваблює. Більше того, сьогодні в Україні вже неможливо стати студентом ЗВО, не пройшовши ЗНО [13].

Конкурсний бал абітурієнту складається із результатів ЗНО по декільком предметам та середнього балу атестату. Кожна зі складових має ваговий коефіцієнт, і відповідно, різний ступінь впливу на вступ абітурієнта до ЗВО, зокрема на бюджетну або контрактну форму навчання. Дані коефіцієнти визначаються на розсуд ЗВО, та не завжди є адекватними вимогам тієї чи іншої спеціальності.

Для рішення задач оптимізації, прикладом якої є підбір значень коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнту, можуть бути використані приблизні методи рішень, до яких відноситься і генетичні алгоритми. Вони є методами перебору рішень для тих завдань, в яких неможливо знайти рішення за допомогою математичних формул.

Зважаючи на наведене вище, **тема роботи «Використання генетичного алгоритму для розрахунку значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта» є актуальною.**

Наукова гіпотеза полягає у тому, що маючи дані щодо балів ЗНО та подальших результатів сесії студентів можна спробувати визначити оптимальні значення вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнту, при яких рейтинговий бал студентів за результатом сесії буде максимально наближеним до конкурсного балу абітурієнта.

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

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

Метою дослідження є виявлення ступеня впливу результатів кожного з предметів зовнішнього незалежного оцінювання на подальшу успішність студентів, та визначення на його основі вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта для відповідної спеціальності.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Розглянути підходи оцінювання рівня знань учнів, та зокрема зовнішнє незалежне оцінювання, проаналізувати дані щодо результатів ЗНО, вивчити вплив коефіцієнтів складових при формуванні конкурсного балу абітурієнта;
- Створити математичну модель представлення вхідних даних результатів ЗНО та сесії студентів, визначити функцію мети при оцінюванні оптимальності обраних вагових коефіцієнтів;
- Визначити переваги використання генетичного алгоритму у порівнянні із використанням точних методів на базі повного перебору; виконати вирішення завдання пошуку оптимальних вагових коефіцієнтів за допомогою генетичного алгоритму та навести аналіз одержаних результатів.

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

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОЛІ ЗНО ТА ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СКЛАДОВИХ КОНКУРСНОГО БАЛУ АБІТУРІЄНТА У ВСТУПНІЙ КОМПАНІЇ

1.1 Роль зовнішнього незалежного оцінювання у вступній компанії

Існують різні шляхи оцінювання рівня знань учнів, отриманих під час навчання в загальноосвітній школі. Серед них можна згадати проведення випускних іспитів, аналіз балу атестата про загальну середню освіту, наявність успішних виступів на олімпіадах, сертифікатів про участь у позакласних заходах, тощо. Серед іншого, окремо слід відмітити роль зовнішнього незалежного оцінювання.

Система ЗНО в Україні почала формуватися за підтримки міжнародних та громадських організацій. Позитивними наслідками її впровадження стало наближення української освіти до міжнародних, зокрема європейських, стандартів, зменшення корупції, можливість вступу до університету незалежно від матеріальних статків. Певна річ, що ЗНО має і певні недоліки, такі як: наявність помилок у завданнях, певна необ'єктивність, «можливість скласти тест, діючи “навмання”» та інші [3]. Але слід пам'ятати, що ЗНО — це лише інструмент оцінювання випускників для вступу до ЗВО (або ВНЗ). Він демонструє рівень знання шкільної програми і не призначений для вимірювання якості освіти.

Якісна освіта передбачає володіння не лише знаннями, а й компетенціями, які тестує програма міжнародного оцінювання учнів PISA. Крім оцінки предметних компетенцій, метою PISA також є визначення чинників, що впливають на рівень навчальних досягнень учнів у світі [7]. Але PISA проводить більш глибокий аналіз, що може бути використано для визначення загальних тенденцій щодо рівня освіти і подальшого його

розвитку. ЗНО ж покликане виявити поточний рівень знань з певного предмету окремого учня.

Основним критерієм щодо ефективності системи прийому до ЗВО має бути забезпечення належної якості підготовки абітурієнтів, які прийняті на навчання. Але для оцінки якості знань абітурієнтів, які були зараховані, треба проводити додаткові дослідження щодо успішності навчання студентів першого, а можливо й інших курсів, та порівнювати отримані дані із результатами ЗНО з різних предметів.

1.2 Складові конкурсного балу та їх коефіцієнти

Український центр оцінювання якості освіти (УЦОЯО) — це державна установа, яка здійснює зовнішнє незалежне оцінювання результатів навчання, здобутих на певному освітньому рівні, та проводить моніторингові дослідження якості освіти. До сфери діяльності УЦОЯО належать підготовка та проведення ЗНО, результати якого випускники системи повної загальної середньої освіти подають під час вступу до закладів вищої освіти на навчання за освітнім ступенем «бакалавр» з 2006 року [10].

Результати з певного навчального предмета визначаються за рейтинговою шкалою 100-200 балів – для усіх учасників, які подолали поріг «склав / не склав». Визначення тестового бала здійснюється на основі схем нарахування балів за виконання завдань сертифікаційної роботи, розроблених Українським центром для відповідного предмета, та схем оцінювання завдань відкритою форми з розгорнутою відповіддю [12].

УЦОЯО пропонує сервіс, завдяки якому можна здійснювати аналіз результатів зовнішнього незалежного оцінювання з урахуванням різних показників. Цей сервіс може бути корисний тим, хто зацікавлений у проведенні самостійних досліджень результатів зовнішнього незалежного оцінювання. Також можна проаналізувати результати основної сесії зовнішнього незалежного оцінювання, скориставшись базою, яка містить

деперсоніфіковані дані всіх учасників тестування [1], що було частково використано в рамках даної роботи.

Новацією умов прийому на 2015 р. є запровадження вагових коефіцієнтів до кожного із складових конкурсного балу. Оскільки умовами прийому тепер не визначають профільного предмету для вступу, це робить ЗВО, присвоюючи йому найвищий ваговий коефіцієнт. Сума коефіцієнтів має дорівнювати одиниці [2]. Для вступу на перший курс для здобуття ступеня бакалавра на основі повної загальної середньої освіти конкурсний бал (КБ) обчислюється за такою формулою:

$$\text{КБ} = \text{К1} * \text{П1} + \text{К2} * \text{П2} + \text{К3} * \text{П3} + \text{К4} * \text{А} \quad (1.1),$$

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); А – середній бал атестату за шкалою 100-200 [9] (формула для перетворення середнього балу у 12 бальній шкалі до 200 бальної наводиться згодом у другому розділі роботи).

Сума коефіцієнтів К1, К2, К3, К4 має дорівнювати 1. У якості прикладу, у додатку А наведені значення вагових коефіцієнтів К1, К2, К3, К4 для вступу на факультет комп'ютерних наук ЧНУ ім. П. Могили.

1.3 Порівняння рейтингу абітурієнтів із майбутнім рейтингом студентів

Для перевірки відповідності конкурсного балу рейтинговому було складено порівняльну таблицю, фрагмент якої наведено на рис. 1.1. Таблиця включає місце за рейтингом для кожної складової та загального значення конкурсного балу. Для 3-7 колонок сірим кольором підсвічені комірки, результати складових конкурсного балу яких є значно гіршими за результати сесії (різниця більше 5); синім – трохи гірші за результати сесії (різниця між 3 та 5); жовтим – трохи краще (різниця між 3 та 5); та зеленим

– набагато краще (різниця більше 5). Для 1-2 та 8 колонок – ті ж самі кольори, але порівнюється навпаки, результат сесії із загальним конкурсним балом.

#	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 місця за рейтинговим та конкурсним балом

При розрахунку загального балу було використано діючі коефіцієнти складових конкурсного балу на факультеті комп'ютерних наук ЧНУ ім. П. Могили («укр. мова» - 0,5, «математика» - 0,2, «вибірковий предмет» - 0,2, «атестат» - 0,1). Дані порівняльної таблиці вказують на невідповідність місця згідно конкурсного та рейтингового балу, що може свідчити про некоректність діючих вагових коефіцієнтів.

Далі проілюструємо, як саме встановлення різних коефіцієнтів може вплинути на значення конкурсного балу та рейтингове місце абітурієнта у вступному списку. Для цього проведемо розрахунок конкурсного балу для 10 абітурієнтів, спеціальності «інженерія програмного забезпечення» за двома варіантами. 1-й варіант за фактичними значеннями коефіцієнтів: математика – 0,2, українська мова – 0,5, фізика або іноземна мова – 0,2 та середній бал атестату – 0,1. 2-й варіант: математика – 0,5, українська мова – 0,2, фізика або іноземна мова – 0,2 та середній бал атестату – 0,1.

Отримані результати наведемо у порівняльній таблиці (табл. 1.2), у якій також наведемо колонку «різниця у рейтингу», що покаже, на скільки місць могло б змінитися положення абітурієнта у рейтингу.

Таблиця 1.1 - Порівняльний аналіз двох варіантів розрахунку конкурсного балу абітурієнтів при різних значеннях вагових коефіцієнтів

Прізвище	Варіант розрахунку 1		Варіант розрахунку 2		Різниця у рейтингу
	конкурсний бал	Місце за рейтингом	конкурсний бал	Місце за рейтингом	
Афонін Ю. С.	199,68	1	199,06	1	
Біба Є. В.	195,62	2	195	2	
Бектін К. О.	195,21	3	194,9	3	
Чернигін Г. Л.	194,58	4	189,28	8	-4
Сігєєв О. С.	194,17	5	193,54	5	
Банков Б. А.	192,92	6	194,48	4	+2
Колесніков М. О.	190,2	7	193,38	6	+1
Ткач Д. І.	189,7	8	186,58	11	-3
Пешкова К. М.	189,28	9	189,59	7	+2
Шкіль Р. І.	188,61	10	187,97	9	+1

Висновки до розділу

Конкурсний бал абітурієнта складається із результатів ЗНО по декільком предметам та середнього балу атестату. Кожна з цих складових має свій ваговий коефіцієнт. Дані коефіцієнти визначаються ЗВО, та не завжди є коректними. Внаслідок цього, абітурієнтам, що мають здібності та потенціал до навчання на тій чи іншій спеціальності, може не вистачити місць для зарахування на бюджетну або контрактну форму навчання.

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.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

2.1 Формалізація даних результатів зовнішнього незалежного оцінювання абітурієнта

На значення конкурсного балу абітурієнту впливає чотири складові – результати з трьох предметів зовнішнього незалежного оцінювання (або двох предметів та творчого конкурсу) та середнього балу атестату про загальну середню освіту. Так, на факультеті комп’ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, першими двома предметами є українська мова та математика, а третім є дисципліна за вибором – фізика або іноземна мова (англійська, французька, німецька або іспанська) [9].

Кожна зі складових конкурсного балу має свій ваговий коефіцієнт, відповідно до якого один з предметів має більший вплив на значення конкурсного балу у порівнянні із іншою.

Для можливості використання середнього балу атестата у загальній формулі необхідно виконати переведення до однієї одиниці виміру. Оскільки результати зі складання предметів зовнішнього незалежного оцінювання представлені у 200 бальній шкалі, а середній баз атестату у 12 бальній, необхідно виконати переведення середнього балу атестата у 200 бальну шкалу за наступною формулою:

$$A_{200} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } A_{12} < 1 \\ 100, & \text{якщо } A_{12} \leq 2 \\ 100 + (A_{12} - 2) \times 10 & \end{cases} \quad (2.1),$$

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

Формула конкурсного балу виглядає наступним чином:

$$KB = \sum_{i=1}^3 \Pi_i \times \text{коэф}_i + A_{200} \times \text{коэф}_A \quad (2.2),$$

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.

2.2 Формалізація даних по результатах сесії студента

Рейтинговий бал за результатами сесії складається із балів з дисциплін, що склалися студентами протягом однієї сесії. Даний рейтинг є індикатором успішності навчання студенту та загального рівня засвоєння пройденого матеріалу. Безперечно, рівень засвоєння матеріалу студентами залежить від того базового рівня знань, з яким студенти розпочинають своє навчання у закладі вищої освіти, що відображений у конкурсному балі абітурієнта.

При розрахунку рейтингового балу студента за результатами сесії окрім безпосередньо балів з дисципліни (за 100 бальною шкалою) приймають участь також вагові коефіцієнти дисциплін. Вагові коефіцієнти дисциплін залежать від обсягу дисципліни у кредитах. У загальному вигляді формула розрахунку рейтингового балу студента за результатами сесії має наступний вигляд (2.2):

$$PB = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Бал}_i * \text{Кред}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Кред}_i} \quad (2.3),$$

де n – кількість дисциплін, що викладалися протягом семестру; Бал_i – оцінка, отримана студентом з i -ї дисципліни; Кред_i – кількість кредитів, що виділяється на викладання i -ї дисципліни.

Як зазначалось, конкурсний баз абітурієнта представлено у 200 бальній шкалі, а рейтинговий бал студента у 100 бальній шкалі. Крім того, мінімальне граничне значення задовільного складання предмету ЗНО – 100 балів, а аналогічний показник для оцінки з дисципліни, що складає студент – 60 балів. Враховуючи наведене, для представлення конкурсного та

рейтингового балів в одній шкалі, було використано природну нормалізацію. Даний підхід дає можливість представити значення на інтервалі між 0 та 1. У загальному вигляді формула природної нормалізації має наступний вигляд:

$$\text{Знач}^{\text{норм}} = \frac{\text{Знач} - \min(\text{Знач})}{\max(\text{Знач}) - \min(\text{Знач})} \quad (2.4),$$

де $\min(\text{Знач})$ – мінімальне значення, а $\max(\text{Знач})$ – максимальне значення нормалізованого параметру.

Для конкурсного балу абітурієнта, враховуючи $\min(\text{КБ}) = 100$ та $\max(\text{КБ}) = 200$, формула (2.4) набуває наступного вигляду:

$$\text{КБ}^{\text{норм}} = \frac{\text{КБ}}{100} - 1 \quad (2.5)$$

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

$$\text{РБ}^{\text{норм}} = \frac{\text{РБ}}{40} - 1,5 \quad (2.6)$$

2.3 Визначення функції мети при оптимізації значень вагових коефіцієнтів

Дане дослідження має на меті пошук таких вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу, при яких його значення буде максимально наближено до рейтингового балу студента за результатами сесії. Тобто, з одного боку, для j -го студенту маємо конкурсний бал абітурієнта КБ_j , розрахований за формулою (2.2) та пронормоване за (2.5) $\text{КБ}_j^{\text{норм}}$. З іншого боку, для цього ж j -го студента маємо формулу для розрахунку рейтингового балу РБ_j за результатами сесії (2.3) та пронормоване за (2.6) його значення $\text{РБ}_j^{\text{норм}}$. Виходячи з того, що в ідеалі рейтинговий бал за результатами сесії $\text{РБ}_j^{\text{норм}}$ має відповідати конкурсному балу при вступі $\text{КБ}_j^{\text{норм}}$, маємо наступне рівняння (2.7):

$$РБ_j^{\text{норм}} - КБ_j^{\text{норм}} = 0 \quad (2.7)$$

У формулах розрахунку рейтингового балу $РБ_j^{\text{норм}}$ нема невідомих, тому цю частину залишаємо без змін. Складову $КБ_j^{\text{норм}}$ у (2.7) змінюємо, згідно (2.3) та (2.5):

$$РБ_j^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,j} \times \text{коэф}_i + A_{200,j} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 = 0 \quad (2.8),$$

де $\Pi_{i,j}$ – результат j -го студента з i -го предмету, а $A_{200,j}$ – середній бал атестата j -го студента, представлений у 200 бальній шкалі, згідно до (2.1).

Невідомими у рівнянні (2.8) 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, яка доповнюється обмеженням, що сума всіх вагових коефіцієнтів має дорівнювати одиниці (2.9):

$$\left\{ \begin{array}{l} РБ_1^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,1} \times \text{коэф}_i + A_{200,1} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 = 0 \\ \dots \\ РБ_j^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,j} \times \text{коэф}_i + A_{200,j} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 = 0 \\ \dots \\ РБ_m^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,m} \times \text{коэф}_i + A_{200,m} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 = 0 \\ \sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i + \text{коэф}_A = 1 \end{array} \right. \quad (2.9)$$

Дана система малоімовірно матиме рішення, аналогічно до того, що декілька прямих малоімовірно перетинаються в одній точці. Для нашого випадку це означає, що не існуватиме таких вагових коефіцієнтів, при яких значення конкурсного балу для всіх студентів строго співпадатиме із значенням рейтингового балу за результатами сесії. Тому, рівність (2.8)

може бути доповнена дельтою, або різницею між конкурсним та рейтинговим балами (2.10):

$$РБ_j^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,j} \times \text{коэф}_i + A_{200,j} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 = \Delta_j \quad (2.10)$$

Виходячи з наведених змін, система (2.9) набуває наступного вигляду:

$$\left\{ \begin{array}{l} РБ_1^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,1} \times \text{коэф}_i + A_{200,1} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 - \Delta_1 = 0 \\ \dots \\ РБ_j^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,j} \times \text{коэф}_i + A_{200,j} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 - \Delta_j = 0 \\ \dots \\ РБ_m^{\text{норм}} - \frac{\sum_{i=1}^3 \Pi_{i,m} \times \text{коэф}_i + A_{200,m} \times \text{коэф}_A}{100} + 1 - \Delta_m = 0 \\ \sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i + \text{коэф}_A = 1 \end{array} \right. \quad (2.11)$$

Кожне з m рівнянь системи (2.11) було доповнено однією додатковою невідомою Δ_j , відповідно система в цілому отримала m додаткових невідомих. Отже, (2.11) є системою з $m+1$ лінійних рівнянь, що має $m+4$ невідомих. Така система має нескінченну кількість розв'язків, відповідно для визначення оптимального розв'язку необхідно сформулювати критерій його оптимальності.

Критерієм оптимальності при підборі вагових коефіцієнтів буде виступати мінімізація середнього відхилення між пронормованими значеннями рейтингового та конкурсного балів по всім студентам. Відповідно до цього, функція мети для системи рівнянь (2.11) може бути представлена наступним чином:

$$f(\text{коэф}_1, \text{коэф}_2, \text{коэф}_3, \text{коэф}_A) = \frac{\sum_{i=1}^3 |\Delta_j|}{m} \rightarrow 0 \quad (2.12)$$

Висновки до розділу

У ході роботи над створенням математичної моделі було наведено математичні формули для розрахунку загального конкурсного балу абітурієнта відповідно до значень його окремих складових на їх вагових коефіцієнтів. При розрахунку виконується перетворення значення середнього балу атестата із 12 бальної до 200 бальної шкали. Також наведено спосіб розрахунку рейтингового балу студента за результатами складання сесії.

Враховуючи різні шкали для вимірювання конкурсного та рейтингового балів та необхідність подальшого представлення цих значень у межах однієї моделі, запропоновано використати формулу природної нормалізації для отримання пронормованих значень рейтингового та конкурсного балів.

При підборі оптимальних вагових коефіцієнтів метою є максимальне наближення пронормованих значень рейтингового та конкурсного балів для всіх студентів. Відповідно до цього, складено систему з $m+1$ лінійних рівнянь та $m+4$ невідомих, де m - кількість студентів. Для визначення оптимального розв'язку системи сформульовано відповідну функцію мети.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

3.1 Недоліки використання точних методів рішення на базі повного перебору

На попередніх етапах дослідження (участь у конкурсі МАН 2020 року) задача вирішувалась із використанням методу повного перебору. Так, було використано табулювання функції, тобто обчислення значень функції при зміні аргументу від деякого початкового значення до деякого кінцевого значення з певним кроком. Іншими словами, табуляція функції означає створення таблиці, в якій для кожного значення аргументу обчислено відповідне значення функції [11]. Збільшення кількості вхідних параметрів значно збільшує кількість розрахункових ітерацій.

Так, задача вибору оптимальних значень вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу має чотири вхідні параметри, кожен з яких змінюється на інтервалі від 0 до 1. При табулюванні кожного параметру із кроком 0,1 маємо $11 \times 11 \times 11 \times 11 = 11^4 = 14\,641$ розрахункових ітерацій. Зменшення кроку табулювання у 2 рази до 0,05 призводить до збільшення кількості розрахункових ітерацій до $21 \times 21 \times 21 \times 21 = 21^4 = 194\,481$, тобто приблизно у 13,3 разів. Беручи до уваги можливість змін у розрахунку конкурсного балу, зокрема уведення додаткових обов'язкових до складання предметів, це може привести до збільшення кількості вхідних параметрів. Так, уведення четвертого предмету, та відповідно п'ятого вхідного параметру веде до необхідності виконання вже більше 4 мільйонів ітерацій.

Кожна розрахункова ітерація включає розрахунок відхилення між рейтинговим та конкурсним балами згідно (2.12) для відповідної множини студентів. Так, при обробці студентів 2019 року вступу для спеціальності

«інженерія програмного забезпечення» (34 студенти) необхідно виконати розрахунок відхилення згідно близько 6,6 мільйонів разів (139 млн. при п'яти вхідних параметрах). Для обробки всіх даних, що є у наявності, а це три спеціальності факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили 2017-2019 років вступу (380 студентів), необхідно виконати розрахунок відхилення між рейтинговим та конкурсним балами майже 74 мільйони разів (більш, ніж 1,5 мільярди при п'яти вхідних параметрах).

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

3.2 Використання наближених методів рішення. Генетичний алгоритм

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 за допомогою математичних формул. Однак простий перебір рішень у складній багатовимірній 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) [5]

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 задовольнять умовам завдання.

У найбільш розповсюдженому різновиді генетичного алгоритму особина представляється у вигляді хромосоми із використанням бітових рядків [8]. При цьому кожному атрибуту об'єкта відповідає один ген. Ген являє собою бітовий рядок, найчастіше фіксованої довжини, яка представляє собою значення цієї ознаки [4]. У випадку задачі пошуку оптимальних коефіцієнтів складових конкурсного балу поняттю гену відповідатиме значення окремого коефіцієнту, а особини (або хромосоми) – комбінація із вагових коефіцієнтів всіх складових конкурсного балу.

Отже, для початку кожен ваговий коефіцієнт має бути представлено у вигляді деякої послідовності нулів та одиниць, або біт. Враховуючи діапазон значень коефіцієнту від 0 до 1 та крок 0,05 маємо 21 варіант значень коефіцієнту. Для збереження числа від 1 до 21 у двійковому форматі знадобиться 5 біт, оскільки $2^4 = 16$, $2^5 = 32$, тобто $2^4 < 21 < 2^5$. У табл. 3.1 наведено фрагмент таблиці відповідності при представленні значення вагового коефіцієнту у двійковому форматі.

У якості прикладу на рис. 3.1 наведено представлення у вигляді хромосоми наступної комбінації значень коефіцієнтів складових конкурсного балу: «Укр.мова» - «0,5», «Математика» - «0,2», «Вибіркова дисципліна» - «0,2», «Атестат» - «0,1».

Таблиця 3.1 - Фрагмент таблиці відповідності при представленні значення вагового коефіцієнту у двійковому форматі

Значення коефіцієнту	Номер значення	Двійкове представлення
0,00	0	00000
0,05	1	00001
0,10	2	00010
0,15	3	00011
0,20	4	00100
0,25	5	00101

Предмет	Укр. мова					Математика					Предмет за вибором					Атестат				
Значення	0,5					0,2					0,2					0,1				
Порядковий номер	10					4					4					2				
Двійкове представлення	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Хромосома																				

Рисунок 3.1 – Приклад хромосоми для комбінації значень вагових коефіцієнтів

3.3 Пошук оптимальних значень вагових коефіцієнтів

Класичний генетичний алгоритм складається з етапів:

1. Завдання початкової популяції.
2. Розрахунок функції придатності (фітнес-функції).
3. Відбір.
4. Розмноження.
5. Мутація.
6. Перевірка виконання критерію зупинки.

Пункти 2-6 повторюються у циклі, доки не буде виконано умову 6 [6, 8]. Блок-схему роботи етапів генетичного алгоритму наведено у додатку Б на рис. Б.1.

На першому етапі виконується ініціалізація початкової популяції, що складається з 10 випадкових особин (хромосом). Величина першого коефіцієнту $coef_1$ отримується у діапазоні від 0,05 до $(1 - 3 \times 0,05)$ із кроком 0,05. Другий коефіцієнт $coef_2$ генерується у діапазоні від 0,05 до $(1 - coef_1 - 2 \times 0,05)$, а третій $coef_3$ відповідно від 0,05 до $(1 - coef_1 - coef_2 - 0,05)$. Значення четвертого коефіцієнту може бути отримано, як $coef_4 = 1 - coef_1 - coef_2 - coef_3$, та фактично визначається значеннями перших трьох. Блок-схема алгоритму генерації початкової популяції наведено на у додатку Б на рис. Б.2.

Отримавши початкову популяцію, приклад якої наведено на рис. 3.2, виконується розрахунок значення придатності $Fitness_j$ кожної з особин (хромосом), згідно до цільової функції (2.12). Блок-схема, що відображає процес розрахунку функції придатності, наведена у додатку Б на рис. Б.3.

#	Коефіцієнти				Номер по порядку				Двійкове представлення
	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	0.05	0.3	0.05	0.6	1	5	1	11	00001 00101 00001 01011
2	0.4	0.3	0.1	0.2	8	5	2	4	01000 00101 00010 00100
3	0.45	0.3	0.15	0.1	9	5	2	2	01001 00101 00010 00010
4	0.1	0.6	0.05	0.25	2	11	1	5	00010 01011 00001 00101
5	0.6	0.25	0.1	0.05	11	5	2	1	01011 00101 00010 00001
6	0.3	0.35	0.2	0.15	5	6	4	2	00101 00110 00100 00010
7	0.05	0.6	0.1	0.25	1	11	2	5	00001 01011 00010 00101
8	0.1	0.2	0.45	0.25	2	4	9	5	00010 00100 01001 00101
9	0.05	0.35	0.4	0.2	1	6	8	4	00001 00110 01000 00100
10	0.1	0.45	0.35	0.1	2	9	6	2	00010 01001 00110 00010

Рисунок 3.2 – Приклад початкової популяції

Етап відбору проходять дві найкращі особини та не проходять дві найгірші. Для інших ймовірність «виживання» особини визначається за наступною формулою [8]:

$$P_j = \frac{Fitness_j}{\sum_{i=3}^{n-2} Fitness_i} \quad (3.1)$$

Блок схема етапу відбору наведена у додатку Б на рис. Б.4. На рис. 3.3 наведено результати розрахунків фітнес-функції для прикладу початкової популяції (рис. 3.2) та відповідні ймовірності «виживання» особин. Згідно наведених ймовірностей, приймається рішення про «виживання» особини на етапі відбору. Після відбору у популяції залишається (виживає) половина особин, інші особини виключаються. На рис. 3.3 у колонці «Виживання» наведено рішення по кожній особині початкової популяції.

#	Коефіцієнти				Придатність	Вірогідність	Виживання
	1	2	3	4			
1	0.05	0.3	0.05	0.6	0.1624	1	Так
2	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1678	1	Так
3	0.45	0.3	0.15	0.1	0.1699	0.1651	Так
4	0.1	0.6	0.05	0.25	0.17	0.1652	Ні
5	0.6	0.25	0.1	0.05	0.1702	0.1654	Так
6	0.3	0.35	0.2	0.15	0.1705	0.1657	Так
7	0.05	0.6	0.1	0.25	0.1715	0.1667	Ні
8	0.1	0.2	0.45	0.25	0.1769	0.1719	Ні
9	0.05	0.35	0.4	0.2	0.1798	0	Ні
10	0.1	0.45	0.35	0.1	0.182	0	Ні

Рисунок 3.3 – Етап відбору

Особини, що пройшли етап відбору, приймають участь у етапі розмноження (додаток Б, рис. Б.5). На даному етапі із множини «виживших» особин випадковим чином обирається 5 пар батьків, кожна з яких дає одного нащадка, при чому одна і та ж особина може виступати у ролі батьківської у різних парах. На етапі розмноження один із генів успадковується від одного з батьків, а інший від другого. Враховуючи, що кожному із генів відповідає один ваговий коефіцієнт, маємо чотири гени у хромосомі, два з яких успадковуються від батьків. Третій ген отримуємо в результаті застосування мутації, отримавши його випадковим чином. Використовуючи рівність суми всіх коефіцієнтів одиниці, четвертий ген отримується через розрахунок четвертого коефіцієнту на базі трьох попередніх. На рис. 3.4 наведено приклад отримання «потомства» на базі «виживших особин» початкової популяції для двох батьківських пар.

	Коефіцієнти				Двійкове представлення			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Батько 1	0.4	0.3	0.1	0.2	01000	00101	00010	00100
Батько 2	0.45	0.3	0.15	0.1	01001	00101	00010	00010
Нащадок	0.4	0.15	0.15	0.3	01000	00010	00010	00101

	Коефіцієнти				Двійкове представлення			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Батько 1	0.6	0.25	0.1	0.05	01011	00101	00010	00001
Батько 2	0.45	0.3	0.15	0.1	01001	00101	00010	00010
Нащадок	0.7	0.1	0.1	0.1	01101	00010	00010	00010

Рисунок 3.4 – Етап розмноження та мутації

Для отриманих в результаті нащадків розраховується фітнес-функція придатності особини, після чого вони доповнюють загальну популяцію, яка після цього знову складається з десяти особин.

Далі виконується перевірка виконання критерію зупинки, який для поточної задачі складається з двох умов. По-перше, найкраща особина у популяції має бути незмінною протягом п'яти ітерацій. І по-друге, середнє значення функції придатності має бути меншим, ніж на попередньому кроці. У разі невиконання критерію повторюємо кроки «відбору», «розмноження» та «мутації».

3.4 Аналіз одержаних результатів

Використовуючи математичну модель, сформульовану у другому розділі роботи, функцію придатності (2.12), та відповідно до алгоритму, описаному у 3.2 та 3.3, виконано пошук оптимальних коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта на основі даних щодо рейтингового балу студентів факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили. На рис. 3.5 наведено зміну значення функції придатності найкращого представника популяції на кожному кроці виконання алгоритму для трьох різних спроб.

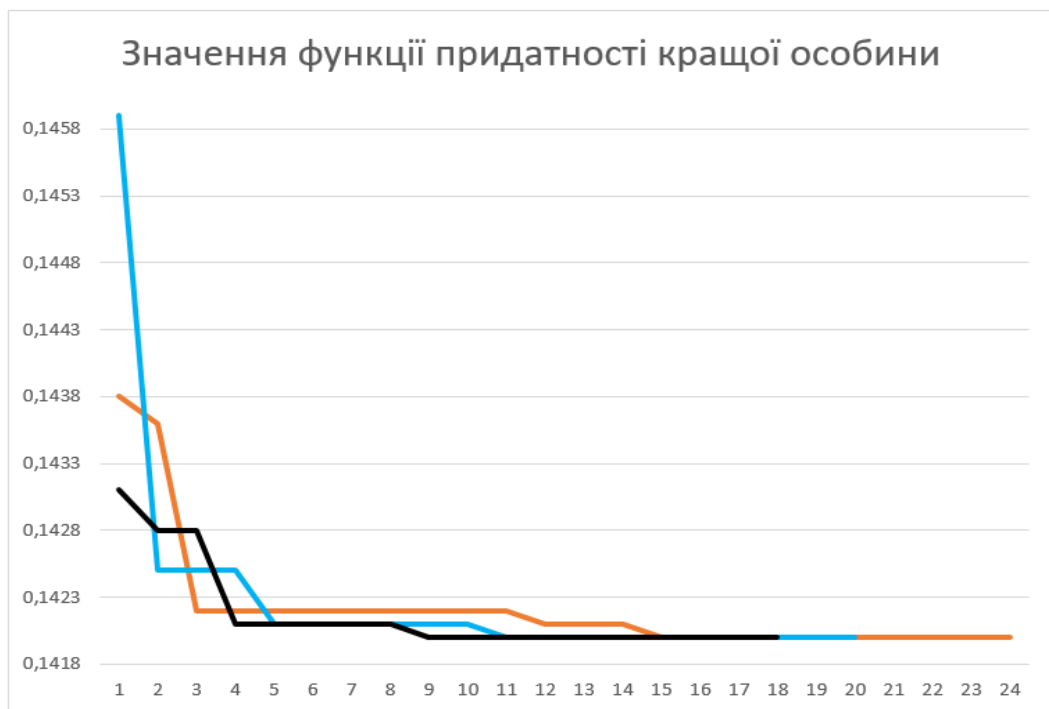


Рисунок 3.5 – Значення функції придатності кращої особини популяції покроково для 3-х різних спроб

Відповідно до отриманої випадковим чином початкової популяції, оптимальне рішення було отримано у всіх трьох випадках за різну кількість кроків, що є характерним для генетичних алгоритмів.

На рис. 3.6 наведено покрокову зміну значень коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта для трьох різних спроб їх розрахунку.

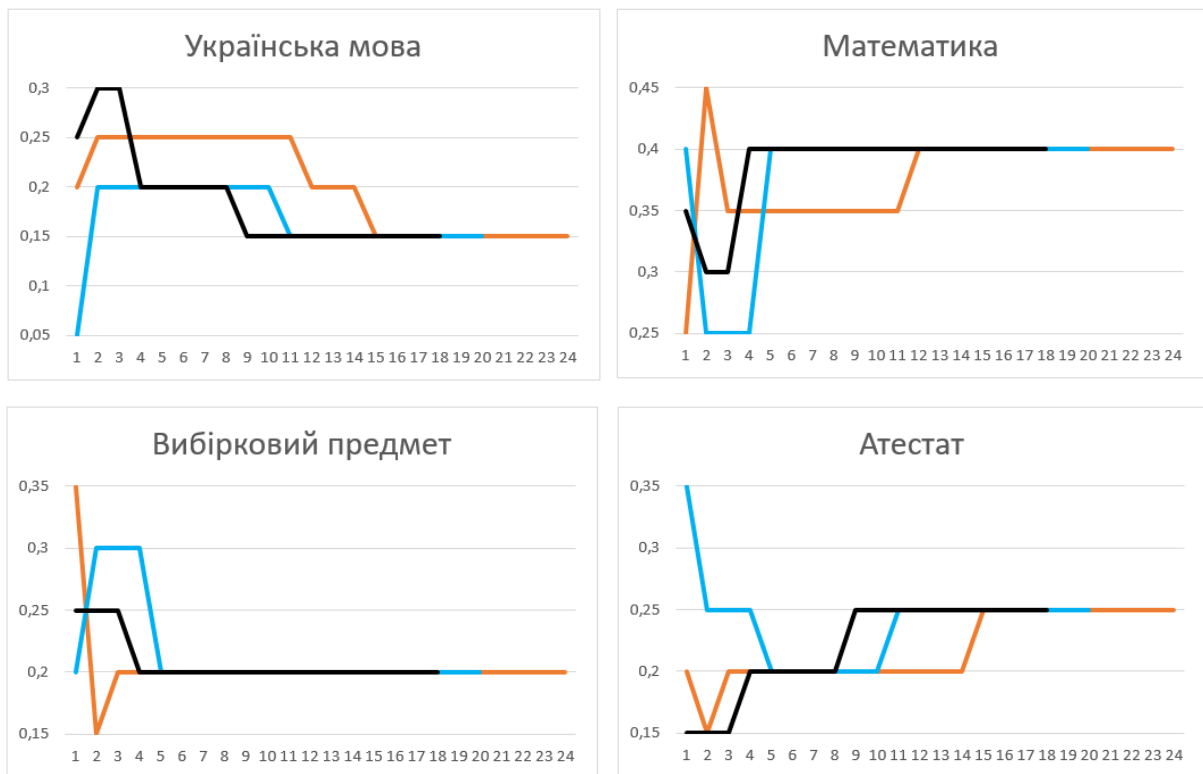


Рисунок 3.6 - Покрокова зміна значень коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта для трьох різних спроб розрахунку

Враховуючи отримані хоч і за різну кількість кроків, але однакові значення коефіцієнтів складових конкурсного балу для різних спроб їх розрахунку, можна зробити висновок про правильність роботи алгоритму та, відповідно, отриманих результатів. Отриманий результат вказує на наступні оптимальні значення вагових коефіцієнтів при вступі на факультет комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили: «українська мова» - 0,15, «математика» - 0,4, «вибірковий предмет» - 0,2 та «середній бал атестата» - 0,25. Порівнюючи отримані значення із діючими (див. додаток А) дає повну відповідність лише за вибірковим предметом. Результати з української мови мають набагато

менший вплив (0,15 проти 0,5), а математика та середній бал атестату, навпаки – більший (0,4 проти 0,2 та 0,25 проти 0,1 відповідно).

Висновки до розділу

Використання точних методів рішення на базі алгоритму повного перебору для підбору оптимальних коефіцієнтів складових конкурсного балу при наявності даних по 380 студентах та чотирьох вхідних параметрів із кроком 0,05 вимагає 74 млн. ітерацій розрахунку відхилення між конкурсним та рейтинговим балом студента, що вказує на неоптимальність використання даного підходу.

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, що є методами перебору рішень для тих завдань, в яких неможливо знайти рішення за допомогою математичних формул.

Кожен ваговий коефіцієнт представлено у вигляді послідовності нулів та одиниць, що є двійковим представленням його порядкового номеру у множині допустимих значень. Результируюча хромосома складається із чотирьох генів, кожен з яких представляє окремий коефіцієнт. На етапі розмноження один із генів успадковується від одного з батьків, а інший від другого. Третій ген отримується в результаті застосування операції мутації. Умовою завершення роботи алгоритму є незмінність найкращої особини у популяції та покращення середнього значення функції придатності.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про доцільність використання генетичного алгоритму та коректність одержаних результатів. Одержані коефіцієнти говорять про більш високий вплив математики та атестату, і водночас нижчий вплив української мови у порівнянні із діючими значеннями.

ВИСНОВКИ

У ході ознайомлення з предметною областю було проаналізовано роль ЗНО в оцінюванні рівня знань учнів, зокрема при вступі до закладів вищої освіти, та розглянуто роль вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу у формуванні загального конкурсного балу. Підбір оптимальних значень коефіцієнтів може підвищити якість відбору абітурієнтів при вступі до ЗВО.

У ході роботи над другим розділом створено математичну модель представлення вхідних даних, визначено функцію мети, мінімальне значення якої досягається при оптимальних значеннях вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу абітурієнта.

Для розв'язання задачі запропоновано використати генетичний метод, що відноситься до групи приблизних методів рішення та використовується при переборі рішень для тих завдань, в яких неможливо знайти рішення за допомогою математичних формул. Враховуючи отримані в результаті хоч і за різну кількість кроків, але однакові значення коефіцієнтів складових конкурсного балу для різних спроб їх розрахунку, можна зробити висновок про правильність роботи алгоритму та, відповідно, отриманих результатів.

Отримані результати дозволяють виділити зміщення пріоритетів вагових коефіцієнтів складових конкурсного балу у бік математики та середнього балу атестату. Також було виявлено оптимальний коефіцієнт для одного з предметів на рівні 0,15, а середнього балу атестату на рівні 0,25, що у свою чергу говорить про неоптимальність обмежень мінімально коефіцієнту для предметів на рівні 0,2 та максимального для середнього балу атестату на рівні 0,1.

При цьому, необхідно зазначити, що одним із недоліків дослідження була наявність у вибірці студентів, для яких результати всіх складових конкурсного балу різко відрізнялись від рейтингового балу. Тому серед перспектив розвитку є виявлення таких даних із подальшим їх виключанням при розрахунку функції придатності особини популяції.

Список використаних джерел

1. OpenData. Статистичні дані основної сесії ЗНО. URL: <https://zno.testportal.com.ua/opendata> (дата звернення: 20.12.2020)
2. Абітурієнт-2015: доведеться вчити правила поступання. URL: <https://provse.te.ua/2015/08/abiturijent-2015-dovedetsya-vchyty-pravyla-postupannya/> (дата звернення: 15.11.2020)
3. Аналоги ЗНО у країнах "Великої сімки". URL: <https://buki.com.ua/blogs/analohy-zno-u-krayinakh-velykoji-simky/> (дата звернення: 28.11.2020)
4. Генетичні алгоритми. Ключові поняття і методи реалізації. URL: http://www.znannya.org/?view=ga_general (дата звернення: 6.01.2021)
5. Генетичний алгоритм - презентація онлайн. URL: <https://ppt-online.org/92580> (дата звернення: 5.01.2021)
6. Гладков Л. А. Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы : учебник / под ред. В.М. Курейчик. Москва : Физматлит, 2010. 317 с.
7. Загальна інформація про PISA. Популярні запитання. URL: <http://pisa.testportal.gov.ua/populyarni-zapytannya/> (дата звернення: 11.12.2020)
8. Панченко Т. В. Генетические алгоритмы : учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. 87 с.
9. Правила прийому на навчання до Чорноморського національного університету імені Петра Могили у 2020 році. URL: https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/12/PravilaprijomuCHNUimeniPetraMogili_2021.pdf (дата звернення: 3.01.2021)
10. Про Український центр оцінювання якості знань. URL: <http://testportal.gov.ua/pro-utsoyao/> (дата звернення: 30.11.2020) (8)
11. Табулювання функцій. URL: https://informkon.at.ua/praktika/Excel/tabuljuvannja_funkcij.pdf (дата звернення: 5.01.2021)
12. Український центр оцінювання якості знань. Загальна інформація. URL: <http://testportal.gov.ua/zagalna-informatsiya-zno/> (дата звернення: 5.11.2020)
13. 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: 8.11.2020)

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Перелік конкурсних предметів для вступу на комп'ютерний факультет ЧНУ ім. П. Могили на основі повної загальної середньої освіти у 2019 році.

Спеціалізація	Перелік конкурсних предметів (вступних іспитів, творчих конкурсів)	Вага предметів сертифікату ЗНО	Вага атестату про повну освіту
Інженерія програмного забезпечення	1. Українська мова та література		0,1
	2. Математика	0,5	
	3. Фізика	0,2	
	3. Іноземна мова (Англійська мова, Французька мова, Німецька мова, Іспанська мова)	0,2	
Комп'ютерні науки	1. Українська мова та література	0,5	0,1
	2. Математика	0,2	
	3. Фізика	0,2	
	3. Іноземна мова (Англійська мова, Французька мова, Німецька мова, Іспанська мова)	0,2	
Комп'ютерна інженерія	1. Українська мова та література	0,5	0,1
	2. Математика	0,2	
	3. Фізика	0,2	
	3. Іноземна мова (Англійська мова, Французька мова, Німецька мова, Іспанська мова)	0,2	

ДОДАТОК Б

Блок-схеми роботи програмного забезпечення вибору оптимальних коефіцієнтів складових конкурсного балу на основі генетичного алгоритму.

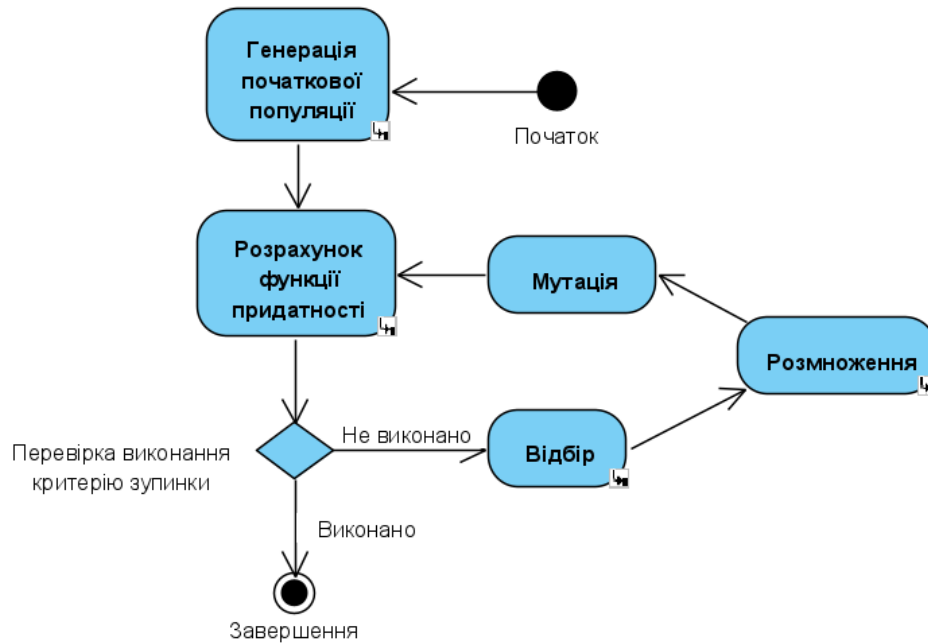


Рисунок Б.1 – Блок-схема роботи генетичного алгоритму

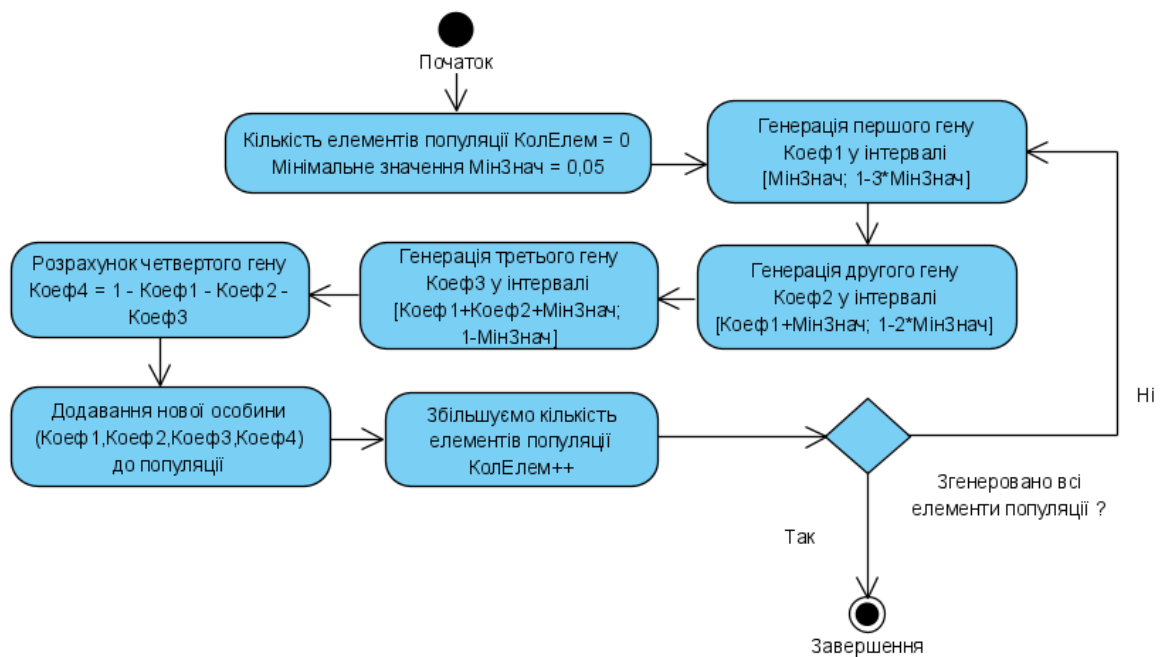


Рисунок Б.2 – Блок-схема алгоритму генерації початкової популяції

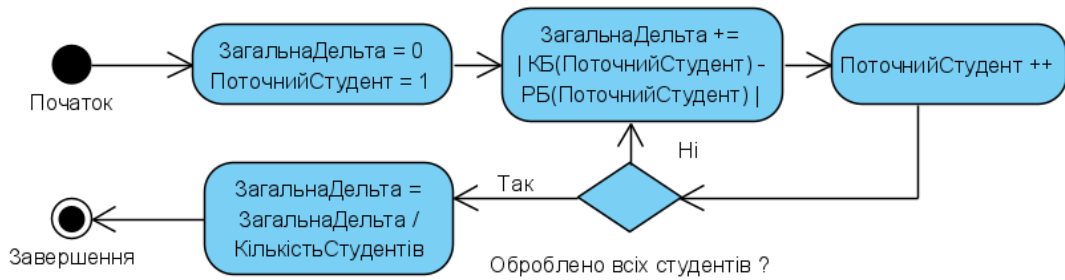


Рисунок Б.3 – Блок-схема розрахунку функції придатності для особи

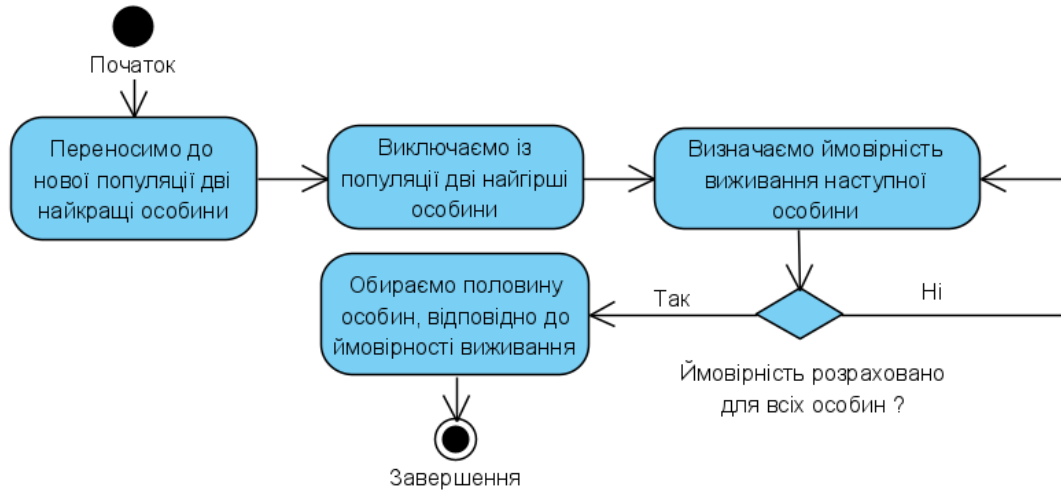


Рисунок Б.4 – Блок-схема відбору кращих особин у нову популяцію

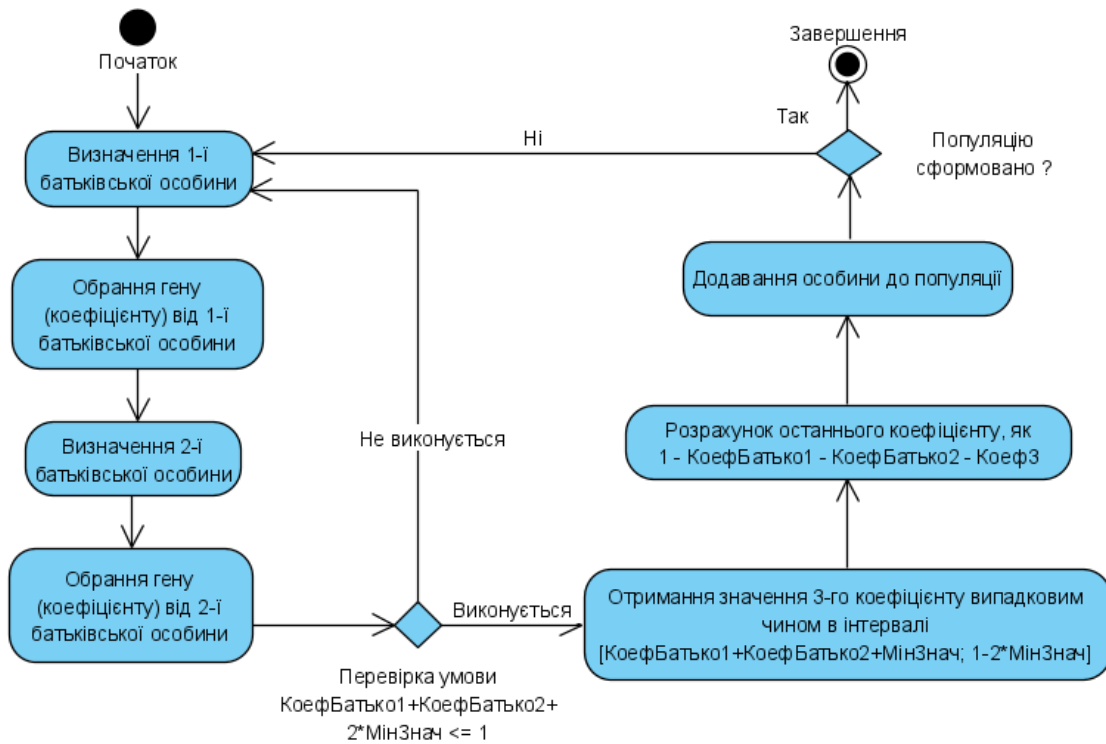


Рисунок Б.5 – Блок-схема етапів розмноження та мутації