

Дворецький М.Л.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Дворецька М.М.

Миколаївський муніципальний колегіум імені Володимира Дмитровича Чайки
Миколаївської міської ради Миколаївської області

Фаленкова М.В.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗНАЧЕНЬ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

Серед різних способів оцінювання рівня знань учнів, отриманих під час навчання в загальноосвітній школі, особливої уваги заслуговує зовнішнє незалежне оцінювання (далі – ЗНО). Основним критерієм щодо ефективності системи прийому до закладу вищої освіти 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 або й інших курсів та порівнювати отримані дані з результатами зовнішнього незалежного оцінювання з різних предметів. Конкурсний бал абітурієнту складається з результатів ЗНО з декількох предметів та середнім балом атестата. Метою є виявлення ступеня впливу результатів кожного з предметів зовнішнього незалежного оцінювання на подальшу успішність студентів та визначення на його основі вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта для відповідної спеціальності. Для досягнення мети автором вирішено низку завдань. Так, розглянуто підходи оцінювання рівня знань учнів, проаналізовано дані щодо результатів ЗНО, вплив коефіцієнтів кожного зі складників на формування конкурсного бала абітурієнта. Створено математичну модель представлення вхідних даних результатів ЗНО та сесії студентів, а також визначено цільову функцію під час оцінювання ступеня оптимальності вагових коефіцієнтів. Завдання підбору оптимальних вагових коефіцієнтів вирішено за допомогою генетичного алгоритму та виконано аналіз отриманих результатів. У результаті було вивчено аспекти формування загального конкурсного бала абітурієнта, а також використання генетичних алгоритмів для подібного класу завдань, а на основі запропонованої математичної моделі знайдено оптимальні вагові коефіцієнти складників конкурсного бала абітурієнта.

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

Постановка проблеми. Є різні способи оцінювання рівня знань учнів, отриманих під час навчання в загальноосвітній школі. Серед них можна згадати проведення випускних іспитів, аналіз бала атестата про загальну середню освіту, наявність успішних виступів на олімпіадах, сертифікатів про участь у позакласних заходах тощо. Зокрема, слід указати на роль зовнішнього незалежного оцінювання (далі – ЗНО) [1, с. 1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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 неза-

лежно від матеріальних статків. Певна річ, ЗНО має і певні недоліки, як-от наявність помилок у завданнях, певна необ'єктивність, можливість скласти тест, діючи «навмання» та інші [2, с. 1]. Але слід пам'ятати, що ЗНО – це лише інструмент оцінювання випускників для вступу до закладу вищої освіти (далі – ЗВО). Він демонструє рівень знання шкільної програми і не призначений для вимірювання якості освіти [3, с. 1; 4, с. 1].

Якісна освіта передбачає володіння не лише знаннями, а й компетенціями, які тестує програма міжнародного оцінювання учнів PISA. Крім оцінки предметних компетенцій, метою PISA є також визначення чинників, що впливають на рівень навчальних досягнень учнів у світі [5, с. 1]. 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 із певного предмета 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 або й інших курсів та порівнювати отримані дані з результатами ЗНО з різних предметів.

Конкурсний бал абітурієнта складається з результатів ЗНО з декількох предметів та середнім балом атестата. Кожен зі складників має ваговий коефіцієнт і, відповідно, різний ступінь впливу на вступ абітурієнта до ЗВО на бюджетну або контрактну форму навчання. Ці коефіцієнти визначаються на розсуд ЗВО, однак не завжди є адекватними вимогам тієї чи іншої спеціальності [6, с. 1].

Для рішення завдань оптимізації, прикладом якої є підбір значень коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта, можуть бути використані приблизні методи рішень, до яких належать і генетичні алгоритми. Вони є методами перебору рішень для тих завдань, у яких неможливо знайти рішення за допомогою математичних формул.

Зважаючи на вищенаведене, дослідження з використання генетичного алгоритму для розрахунку значень вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта є актуальним.

Постановка завдання. Наукова гіпотеза полягає в такому: маючи дані щодо балів ЗНО та подальших результатів сесії студентів, можна визначити оптимальні значення вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта, за яких рейтинговий бал студентів за результатом сесії буде максимально наближеним до конкурсного бала абітурієнта.

Об'єктом дослідження є зв'язок результатів зовнішнього незалежного оцінювання та сесії студентів ЗВО. Предметом дослідження є визначення ступеня впливу окремих складників 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 бала абітурієнта для відповідної спеціальності.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання: розглянути підходи оцінювання рівня знань учнів, зокрема зовнішнє незалежне оцінювання, проаналізувати дані щодо результатів ЗНО, вивчити вплив коефіцієнтів складників на формування кон-

курсного бала абітурієнта; створити математичну модель представлення вхідних даних результатів ЗНО та сесії студентів, визначити цільову функцію під час оцінювання оптимальності обраних вагових коефіцієнтів; визначити переваги використання генетичного алгоритму порівняно з використанням точних методів на базі повного перебору; виконати вирішення завдання пошуку оптимальних вагових коефіцієнтів за допомогою генетичного алгоритму та навести аналіз одержаних результатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Новацією умов прийому у 2015 р. є запровадження вагових коефіцієнтів до кожного зі складників конкурсного бала. Оскільки умовами прийому тепер не визначають профільний предмет для вступу. Це робить ЗВО, присвоюючи складникам конкурсного бала вагові коефіцієнти. Сума коефіцієнтів має дорівнювати одиниці [7, с. 1]. Для вступу на перший курс для здобуття ступеня бакалавра на основі повної загальної середньої освіти конкурсний бал (далі – КБ) обчислюється за такою формулою:

$$КБ = K1 \times П1 + K2 \times П2 + K3 \times П3 + K4 \times А + K5 \times МЛ + K6 \times ОУ, \quad (1)$$

де П1, П2 – оцінки зовнішнього незалежного оцінювання або вступних іспитів із першого та другого предметів; П3 – оцінка зовнішнього незалежного оцінювання, вступного іспиту з третього предмета або творчого конкурсу (за шкалою 100–200); А – середній бал атестата за шкалою 100–200 [6, с. 1; 8, с. 1]. Сума коефіцієнтів К1, К2, К3, К4, К5, К6 має дорівнювати 1.

Для перевірки відповідності конкурсного бала рейтинговому було складено порівняльну таблицю, фрагмент якої наведено на рис. 1. Таблиця включає місце за рейтингом для кожного складника та загального значення конкурсного бала. Для 3–7 колонок сірим кольором підсвічені комірки, результати складників конкурсного бала 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); зеленим – набагато краще (різниця більше 5). Для 1–2 та 8 колонок – ті ж самі кольори, але порівнюється 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

Рис. 1. Порівняння місця за рейтинговим та конкурсним балом

Під час розрахунку загального бала було використано дійсні коефіцієнти складників конкурсного бала на факультеті комп'ютерних наук ЧНУ імені П. Могили («укр. мова» – 0,5, «математика» – 0,2, «вибірковий предмет» – 0,2, «атестат» – 0,1). Дані порівняльної таблиці вказують на невідповідність місця згідно з конкурсним та рейтинговим балами, що може свідчити про некоректність дійсних вагових коефіцієнтів.

Далі проілюструємо, як саме встановлення різних коефіцієнтів може вплинути на значення конкурсного бала та рейтингове місце абітурієнта у вступному списку. Для цього наведемо фрагмент розрахунку конкурсного бала для спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» за двома варіантами. 1-й варіант за поточними значеннями коефіцієнтів: математика – 0,2, українська мова – 0,5, фізика або іноземна мова – 0,2 та середній бал атестата – 0,1. 2-й варіант: математика – 0,5, українська мова – 0,2, фізика або іноземна мова – 0,2 та середній бал атестата – 0,1.

Отримані результати наведено в порівняльній таблиці (табл. 1), у якій також наведемо колонку «різниця у рейтингу», що показуватиме, на скільки місць могло б змінитися положення абітурієнта в рейтингу.

На значення конкурсного бала абітурієнта впливає шість таких складників: результати з трьох предметів зовнішнього незалежного оцінювання (або двох предметів та творчого конкурсу), середній бал атестата про загальну середню освіту, бал за мотиваційний лист та особливі успіхи. Так, на факультеті комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили першими двома предметами є українська мова та математика, а третім – дисципліна за вибором – фізика або іноземна мова (англійська, французька, німецька або іспанська) [8, с. 1].

Кожен зі складників конкурсного бала має всій ваговий коефіцієнт, відповідно до якого один із предметів має більший вплив на значення конкурсного бала порівняно з іншими.

Для можливості використання середнього бала атестата в загальній формулі необхідно виконати переведення до однієї одиниці виміру. Оскільки результати зі складання предметів зовнішнього незалежного оцінювання представлені у 200-бальній шкалі, а середній бал атестата – у 12-бальній, необхідно виконати переведення середнього бала атестата у 200-бальну шкалу за такою формулою:

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

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

Формула конкурсного бала виглядає так:

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

де Π_i – результат зовнішнього незалежного оцінювання з i -го предмета у 200-бальній шкалі, коэф_i – ваговий коефіцієнт i -го предмета, A_{200} – середній бал у 200-бальній шкалі, коэф_A – коефіцієнт середнього бала атестата [9, с. 161].

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

Під час розрахунку рейтингового бала студента за результатами сесії, окрім безпосередньо балів із дисципліни (за 100-бальною шкалою), беруть участь також вагові коефіцієнти дисциплін. Вагові коефіцієнти дисциплін залежать від обсягу дисципліни в кредитах. У загальному вигляді формула розрахунку рейтингового бала студента за результатами сесії виглядає так (4):

Таблиця 1

Порівняльний аналіз двох варіантів розрахунку конкурсного бала абітурієнтів за різних значень вагових коефіцієнтів

Прізвище	Варіант розрахунку 1		Варіант розрахунку 2		Різниця у рейтингу
	Конкурсний бал	Місце за рейтингом	Конкурсний бал	Місце за рейтингом	
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

$$PB = \frac{\sum_{j=1}^N \text{кред}_j \times \text{Бал}_j}{\sum_{j=1}^N \text{кред}_j}, \quad (4)$$

де n – кількість дисциплін, що викладалися протягом семестру; Бал_j – оцінка, отримана студентом з j -ї дисципліни; Кред_j – кількість кредитів, що виділяється на викладання j -ї дисципліни [9, с. 163].

Як зазначалось, конкурсний бал абітурієнта представлено у 200-бальній шкалі, а рейтинговий бал студента – у 100-бальній. Крім того, мінімальне граничне значення задовільного складання предмета ЗНО – 100 балів, а аналогічний показник для оцінки з дисципліни, яку складає студент, – 60 балів. Ураховуючи наведене, для представлення конкурсного та рейтингового балів в одній шкалі використано природну нормалізацію. Цей підхід дає можливість представити значення на інтервалі між 0 та 1. У загальному вигляді формула природної нормалізації виглядає так:

$$\text{Знач}_{\text{норм}} = \frac{\text{Знач} - \text{Знач}_{\text{мін}}}{\text{Знач}_{\text{макс}} - \text{Знач}_{\text{мін}}}, \quad (5)$$

де $\text{Знач}_{\text{мін}}$ – мінімальне значення, а $\text{Знач}_{\text{макс}}$ – максимальне значення нормалізованого параметра.

Для конкурсного бала абітурієнта, враховуючи $\text{мін}(\text{КБ}) = 100$ та $\text{макс}(\text{КБ}) = 200$, формула (5) набуває такого вигляду:

$$\text{КБ}^{\text{норм}} = \frac{\text{КБ}}{100} - 1 \quad (6)$$

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

$$\text{РБ}^{\text{норм}} = \frac{\text{РБ}}{40} - 1,5 \quad (7)$$

Дослідження має на меті пошук таких вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала, за яких його значення буде максимально наближеним до рейтингового бала студента за результатами сесії. Отже, з одного боку, для k -го студента маємо конкурсний бал абітурієнта КБ_k , розрахований за формулою (3) та пронормований за (6) $\text{КБ}_k^{\text{норм}}$. З іншого боку, для цього ж k -го студента маємо формулу для розрахунку рейтингового бала РБ_k за результатами сесії (4), пронормованого за (7) його значення $\text{РБ}_k^{\text{норм}}$. Виходячи з того, що в ідеалі рейтинговий бал за результатами сесії $\text{РБ}_k^{\text{норм}}$ має відповідати конкурсному балу під час вступу $\text{КБ}_k^{\text{норм}}$, маємо таке рівняння (8):

$$\text{РБ}_k^{\text{норм}} - \text{КБ}_k^{\text{норм}} = 0 \quad (8)$$

У формулах розрахунку рейтингового бала $\text{РБ}_k^{\text{норм}}$ немає невідомих, тому цю частину залишаємо без змін. Складник $\text{КБ}_k^{\text{норм}}$ у (8) змінюємо згідно з (3) та (6):

$$\text{РБ}_k^{\text{норм}} - \left(\frac{\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,k} + \text{коэф}_A \times A_{200,k} + \text{коэф}_{\text{ма}} \times \text{МЛ}_k + \text{коэф}_{\text{оу}} \times \text{ОУ}_k}{100 + 1} = 0, \quad (9)$$

де $\Pi_{i,k}$ – результат k -го студента з i -го предмета, а $A_{200,k}$ – середній бал атестата k -го студента, представлений у 200-бальній шкалі згідно з (2).

Невідомими в рівнянні (9) є вагові коефіцієнти предметів ЗНО коэф_i , коефіцієнт середнього бала атестата коэф_A , мотиваційного листа та особливих успіхів.

Ураховуючи наявність результатів сесії та ЗНО для m студентів, маємо систему з $m+1$ лінійних рівнянь, яка доповнюється обмеженням того, що сума всіх вагових коефіцієнтів має дорівнювати одиниці (10):

$$\begin{cases} \text{РБ}_1^{\text{норм}} - \left(\frac{\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,1} + \text{коэф}_A \times A_{200,1} + \text{коэф}_{\text{ма}} \times \text{МЛ}_1 + \text{коэф}_{\text{оу}} \times \text{ОУ}_1}{100 + 1} = 0 \\ \dots \\ \text{РБ}_m^{\text{норм}} - \left(\frac{\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,m} + \text{коэф}_A \times A_{200,m} + \text{коэф}_{\text{ма}} \times \text{МЛ}_m + \text{коэф}_{\text{оу}} \times \text{ОУ}_m}{100 + 1} = 0 \\ \sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i + \text{коэф}_A + \text{коэф}_{\text{ма}} + \text{коэф}_{\text{оу}} = 1 \end{cases} \quad (10)$$

Це 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, за яких значення конкурсного бала для всіх студентів повністю збігатиметься зі значенням рейтингового бала за результатами сесії. Отже, рівність (9) може бути доповнена дельтою, або різницею між конкурсним та рейтинговим балами (11) [9, с. 163]:

$$\text{РБ}_j^{\text{норм}} - \left(\frac{\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,j} + \text{коэф}_A \times A_{200,j} + \text{коэф}_{\text{ма}} \times \text{МЛ}_j + \text{коэф}_{\text{оу}} \times \text{ОУ}_j}{100 + 1} = \Delta_j \quad (11)$$

З огляду на наведені зміни, система (10) набуває такого вигляду:

$$\begin{cases} \text{РБ}_1^{\text{норм}} - \left(\frac{\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,1} + \text{коэф}_A \times A_{200,1} + \text{коэф}_{\text{ма}} \times \text{МЛ}_1 + \text{коэф}_{\text{оу}} \times \text{ОУ}_1}{100 + 1} = \Delta_1 \\ \dots \\ \text{РБ}_m^{\text{норм}} - \left(\frac{\sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i \times \Pi_{i,m} + \text{коэф}_A \times A_{200,m} + \text{коэф}_{\text{ма}} \times \text{МЛ}_m + \text{коэф}_{\text{оу}} \times \text{ОУ}_m}{100 + 1} = \Delta_m \\ \sum_{i=1}^3 \text{коэф}_i + \text{коэф}_A + \text{коэф}_{\text{ма}} + \text{коэф}_{\text{оу}} = 1 \end{cases} \quad (12)$$

Кожне з m рівнянь системи (12) доповнено однією додатковою невідомою Δ_j , відповідно, система отримала m додаткових невідомих. Отже, (12) є системою з $m+1$ лінійних рівнянь, що має $m+6$ невідомих. Така система має нескінченну кількість розв'язків, для визначення оптимального розв'язку необхідно сформулювати критерій його оптимальності.

Критерієм оптимальності під час підбору вагових коефіцієнтів буде мінімізація середнього відхилення між пронормованими значеннями рейтингового та конкурсного балів за всіма студентами [8, с. 1]. Відповідно до цього цільова функція для системи рівнянь (12) може бути представлена так:

$$f(\text{коэф}_1, \text{коэф}_2, \text{коэф}_3, \text{коэф}_4, \text{коэф}_{\text{мл}}, \text{коэф}_{\text{ов}}) = \frac{\sum_{i=1}^m |\Delta_k|}{m} \rightarrow 0 \quad (13)$$

На попередніх етапах дослідження завдання вирішувалось із використанням методу повного перебору. Так, було використано табулювання функції, тобто обчислення значень функції у разі зміни 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 [10, с. 16; 11, с. 1]. Але збільшення кількості вхідних параметрів значно збільшує кількість розрахункових ітерацій.

Для рішення завдань оптимізації, прикладом яких є підбір значень коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта, можуть бути використані приблизні методи рішень, серед яких на окрему увагу заслуговують генетичні алгоритми. Генетичні алгоритми – адаптивні методи пошуку, які використовуються для вирішення завдань функціональної оптимізації. Вони засновані на механізмах і моделях еволюції і генетичних процесах біологічних алгоритмів [12, с. 10].

У найбільш розповсюдженому різновиді генетичного алгоритму особину представлено у вигляді хромосоми з використанням бітових рядків [13, с. 42]. При цьому кожному атрибуту об'єкта відповідає один ген. Ген – бітовий рядок, найчастіше фіксованої довжини, що представляє значення цієї ознаки [14, с. 3]. У разі завдання пошуку оптимальних коефіцієнтів складників конкурсного бала поняття «ген» відповідатиме значення окремого коефіцієнта, а «особина» (або «хромосома») – комбінація з вагових коефіцієнтів усіх складників конкурсного бала.

Кожен ваговий коефіцієнт має бути представлено у вигляді деякої послідовності нулів та одиниць, або біт. Ураховуючи діапазон значень коефіцієнта від 0 до 1 та крок 0,05 маємо 21 варіант значень коефіцієнта. Для збереження числа від 1 до 21 у двійковому форматі знадобиться 5 біт, оскільки $2^4 = 16$, $2^5 = 32$, тобто $2^4 < 21 < 2^5$. Як прикладу на рис. 3.1 наведено представлення у вигляді хромосоми такої комбінації значень коефіцієнтів складників конкурсного бала: «Укр. мова» – 0,5, «Математика» – 0,2, «Вибіркова дисципліна» – 0,2, «Атестат» – 0,1.

Класичний генетичний алгоритм складається з таких 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 зупинки [13, с. 62; 15, с. 84].

На першому етапі здійснюється ініціалізація початкової популяції, що складається з 10 випадкових особин (хромосом). Величина першого коефіцієнта коэф_1 отримується в діапазоні від 0,05 до $(1 - 3 \times 0,05)$ із кроком 0,05. Другий коефіцієнт коэф_2 генерується в діапазоні від 0,05 до $(1 - \text{коэф}_1 - 2 \times 0,05)$, а третій коэф_3 від 0,05 до $(1 - \text{коэф}_1 - \text{коэф}_2 - 0,05)$ відповідно. Значення четвертого коефіцієнта може бути отримано як $\text{коэф}_4 = 1 - \text{коэф}_1 - \text{коэф}_2 - \text{коэф}_3$ та визначається значеннями перших трьох.

Отримавши початкову популяцію, фрагмент прикладу якої наведено на рис. 3, виконується розрахунок значення придатності Fitness_j кожної з особин (хромосом), згідно з цільовою функцією (13).

Етап відбору проходять дві найкращі особини та не проходять дві найгірші [9, с. 164]. Для інших особин імовірність «виживання» визначається за такою формулою:

$$P_j = \frac{\text{Fitness}'_j}{\sum_{j=3}^{n-2} \text{Fitness}'_i}, \quad (14)$$

де $\text{Fitness}' = 1/\text{Fitness}$.

Після відбору в популяції залишається (виживає) половина особин, інші особини виключаються.

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									

Рис. 2. Приклад хромосоми для комбінації значень вагових коефіцієнтів

Особини, що пройшли етап відбору, беруть участь у етапі розмноження. На цьому етапі з множини особин, «які вижили», випадково обирається 5 пар батьків, кожна з яких дає одного нащадка, причому одна і та ж особина може виступати в батьківській ролі в різних парах. На етапі розмноження один із генів успадковується від одного з батьків, а інший – від другого. Ураховуючи те, що кожному з 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 випадково. Використовуючи рівність суми всіх коефіцієнтів одиниці, четвертий ген отримується через розрахунок четвертого коефіцієнта на базі трьох попередніх. На рис. 4 наведено приклад отримання «потомства» на базі особин початкової популяції, «які вижили».

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

Далі перевіряється виконання критерію зупинки, який для поточного завдання складається з двох умов. По-перше, найкраща особина у популяції має бути незмінною протягом п'яти ітерацій. По-друге, середнє значення функції при-

датності має бути меншим, ніж на попередньому кроці. У разі невиконання критерію повторюємо кроки «відбору», «розмноження» та «мутації».

Використовуючи математичну модель, функцію придатності (13) та описані етапи генетичного алгоритму, виконано пошук оптимальних коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта на основі даних щодо рейтингового бала студентів факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили. На рис. 5 наведено зміну значення функції придатності найкращого представника популяції на кожному кроці виконання алгоритму для трьох різних спроб.

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

На рис. 6 наведено покрокову зміну значень коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта для трьох різних спроб розрахунку.

Ураховуючи отримані хоч і за різну кількість кроків, але однакові значення коефіцієнтів складників конкурсного бала для різних спроб їх розрахунку, можна зробити висновок про правильність роботи алгоритму та, відповідно, отриманих результатів. Отриманий результат указує на такі

#	Коефіцієнти				Номер по порядку				Двійкове представлення
	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	0.25	0.25	0.3	0.2	5	5	6	4	00101 00101 00110 00100
2	0.3	0.3	0.3	0.1	6	6	6	2	00110 00110 00110 00010
3	0.25	0.4	0.25	0.1	5	8	5	2	00101 01000 00101 00010

Рис. 3. Фрагмент прикладу початкової популяції

	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
Нашадок	0.4	0.15	0.15	0.3	01000	00010	00010	00101

Рис. 4. Етап розмноження та мутації

оптимальні значення вагових коефіцієнтів під час вступу 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. Порівняння отриманих значень із дійсними 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 – більший (0,4 проти 0,2 та 0,25 проти 0,1 відповідно).

Висновки. У процесі дослідження створено математичну модель представлення вхідних даних, визначено цільову функцію, мінімальне значення якої досягається при оптимальних значеннях вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта.

Для розв'язання завдання запропоновано використати генетичний метод, що належить до групи приблизних методів рішення та використовується під час перебору рішень для тих завдань, у яких неможливо знайти рішення за допомогою матема-

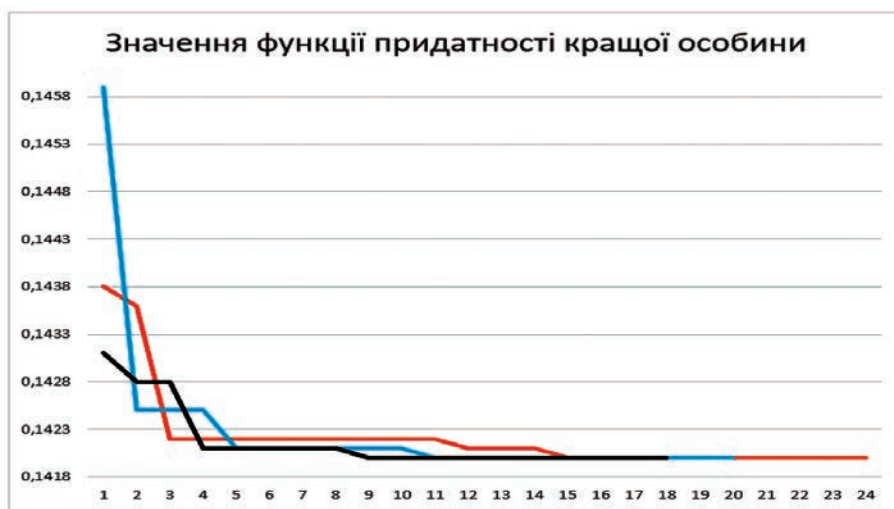


Рис. 5. Значення функції придатності кращої особи популяції покровоко для 3-х різних спроб

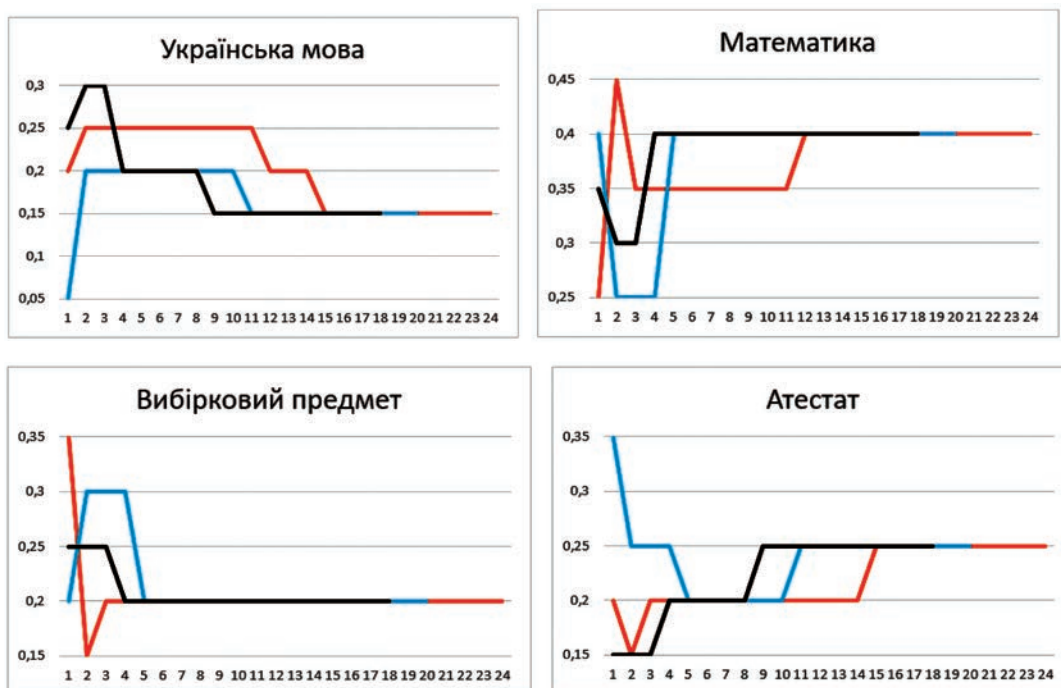


Рис. 6. Покровока зміна значень коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта для трьох різних спроб розрахунку

тичних формул. Ураховуючи отримані в результаті хоч і за різну кількість кроків, але однакові значення коефіцієнтів складників конкурсного бала для різних спроб їх розрахунку, можна зробити висновок про правильність роботи алгоритму та, відповідно, отриманих результатів.

Отримані результати дозволяють виокремити зміщення пріоритетів вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала в бік математики та середнього бала атестата. Також виявлено оптимальний коефіцієнт для одного з предметів на рівні 0,15, а середнього бала атестата на рівні 0,25, що гово-

рить про недоцільність обмежень мінімального значення коефіцієнтів для предметів на рівні 0,2 та максимального значення середнього бала атестата на рівні 0,1.

При цьому необхідно зазначити, що одним із недоліків дослідження була наявність у вибірці студентів, для яких результати всіх складників конкурсного бала відрізнялись від рейтингового бала. Так, серед перспектив розвитку є виявлення таких даних із подальшим їх виключенням під час розрахунку функції придатності особини популяції.

Список літератури:

1. Про Український центр оцінювання якості знань. URL: <http://testportal.gov.ua/pro-utsoyao/> (дата звернення: 03.11.2021)
2. Аналоги ЗНО у країнах «Великої сімки». URL: <https://buki.com.ua/blogs/analohy-zno-u-krayinakh-velykoji-simky/> (дата звернення: 02.11.2021)
3. 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: 08.11.2021)
4. OpenData. Статистичні дані основної сесії ЗНО. URL: <https://zno.testportal.com.ua/opendata> (дата звернення: 02.01.2021)
5. Загальна інформація про PISA. Популярні запитання. URL: <http://pisa.testportal.gov.ua/populyarni-zapytannya/> (дата звернення: 10.11.2021)
6. Український центр оцінювання якості знань. Загальна інформація. URL: <http://testportal.gov.ua/zagalna-informatsiya-zno/> (дата звернення: 05.11.2021)
7. Абітурієнт-2015: доведеться вчити правила вступу. URL: <https://provse.te.ua/2015/08/abiturijent-2015-dovedetsya-vchity-pravyly-postupannya/> (дата звернення: 05.11.2021)
8. 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: 03.01.2021)
9. Дворецька М.М., Воробйова А.І. Пошук оптимальних значень коефіцієнтів складників конкурсного бала 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
10. Дворецька М.М., Співаченко Н.Ф. Визначення оптимальних значень вагових коефіцієнтів складників конкурсного бала абітурієнта на базі результатів сесії студентів ЗНО. URL: <https://manmathmk.files.wordpress.com/2020/12/d094d0b2d0bed180d0b5d186d0bad0b0d18f-2020.pdf> (дата звернення: 4.10.2021)
11. Табулювання функцій. URL: https://informkon.at.ua/praktika/Excel/tabuljuvannja_funkcij.pdf (дата звернення: 5.11.2021)
12. Генетичний алгоритм – презентація онлайн. URL: <https://ppt-online.org/92580> (дата звернення: 5.11.2021)
13. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы : учебно-методическое пособие / под ред. Ю.Ю. Тарасевича. Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2007. 87 с.
14. Генетичні алгоритми. Ключові поняття і методи реалізації. URL: http://www.znannya.org/?view=ga_general (дата звернення: 6.11.2021)
15. Гладков Л.А. Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы : учебник / под ред. В.М. Курейчик. Москва : Физматлит, 2010. 317 с.

Dvoretzkyi M.L., Dvoretzka M.M., Falenkova M.V. GENETIC ALGORITHM USE FOR CALCULATION OF WEIGHT COEFFICIENTS VALUES

Among the different ways of evaluating the pupil's knowledge level that was acquired during their studies in secondary school, external independent testing (EIT) deserves special attention. The main effectiveness criterion of the system of admission to higher education should be to ensure the proper quality of enrollees' knowledge. However, in order to estimate the quality of knowledge of enrollees, it is necessary to conduct additional research on the students' success, and compare the data with the results of EIT in various subjects.

The enrollee's competitive score consists of the results of the EIT in several subjects and the average score of the certificate of complete secondary education. The aim is to identify the influence level of the results of all subjects of the EIT on the further students' progress. To achieve this goal, the author has solved a number of problems. So, approaches to evaluate the students' knowledge level are considered. The results of the EIT data were analyzed. The influence of the coefficients of each of the components in the formation of the competitive score of the applicant was given. The mathematical model for presenting the input data of the EIT results and student sessions has been created. Moreover, when assessing the level of optimality of the weight coefficients, the objective function has been determined. The problem of selecting the optimal weight coefficients was solved using a genetic algorithm. In the ending, the analysis of the obtained results was carried out. As a result, the aspects of the formation of the overall competitive score of the applicant were studied, as well as the use of genetic algorithms for this class of problems. On the basis of the proposed mathematical model, the optimal weights of the components of the applicants' competitive score were found.

Key words: *external independent testing, competitive score, applicant, weights, objective function, natural normalization, genetic algorithm, fitness function.*