

УДК 378.14:519.8

**В. Є. Бахрушин**, д-р фіз.-мат. наук, професор,

**А. В. Бахрушин**, магістрант

Класичний приватний університет, м. Запоріжжя

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВІДБОРІ АБІТУРІЄНТІВ**

Висвітлено основні джерела невизначеності при відборі абітурієнтів до ВНЗ за результатами ЗНО. Запропоновано застосовувати для вирішення цього завдання методи багатокритеріального прийняття рішень. Розроблено програмну реалізацію мовою R методів головного критерію, ранжирування показників, максимінного та максимаксного оцінювання і наведено результати їх застосування для модельного прикладу.

**Ключові слова:** *відбір абітурієнтів, ВНЗ, ЗНО, умови невизначеності, багатокритеріальне прийняття рішень, головний критерій, ранжирування критеріїв, максимінне оцінювання, максимаксне оцінювання, програмна реалізація, мова R.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** Останнім часом в Україні склалася практика, коли Міністерство освіти і науки щорічно затверджує обов'язкові для всіх вищих навчальних закладів умови прийому студентів. Вони визначають правила формування конкурсного балу абітурієнта, сертифікати ЗНО, які потрібні для участі в конкурсі на конкретні напрями підготовки тощо. Зокрема, Умови прийому на 2014 р. [1] передбачають, що конкурсний бал обчислюється шляхом додавання балів сертифікатів ЗНО з конкурсних предметів (вступних екзаменів, творчих конкурсів), середнього бала документа про повну загальну середню освіту та передбачених Умовами додаткових балів.

Така методика формування конкурсного балу є достатньо прозорою і простою з погляду організації вступної кампанії, але вона має істотні недоліки. Одним з них є те, що вона практично виключає університети з процесу відбору майбутніх студентів. Спроба надати університетам можливість проводити за деякими спеціальностями творчі конкурси й встановлювати певні додаткові бали виявилася не зовсім вдалою, оскільки результати творчих конкурсів слабо корелюють з успішністю навчання студентів, а додаткові бали ВНЗ можуть нараховувати лише за умови закінчення власних підготовчих курсів, програми яких у більшості випадків орієнтовані не на найкращих за рівнем підготовки абітурієнтів. Таким чином, університети практично не мають дієвих важелів впливу на відбір абітурієнтів, а відтак вони де-факто позбавляються відповідальності за якість навчання.

За новим Законом України «Про вищу освіту» конкурсний бал абітурієнтів має визначатися як зважена сума окремих показників. У цьому випадку його можна обчислити за формулою:

$$I = \alpha_1 I_1 + \alpha_2 I_2 + \dots + \alpha_k I_k, \quad (1)$$

де  $I_1, I_2, \dots, I_k$  — окремі показники (бали сертифікатів ЗНО, середній бал атестата тощо), а  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$  — відповідні вагові коефіцієнти, значення яких ВНЗ будуть встановлювати самостійно. Це дає змогу гнучкіше враховувати особливості вимог окремих університетів та напрямів підготовки, але не вирішує всіх проблем, що будуть розглянуті нижче.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При відборі абітурієнтів різні університети можуть виходити з різних міркувань. Але головним, у будь-якому випадку, є питання впливу результатів відбору на ті чи інші показники їх діяльності. Цих показників досить багато, тому обмежимося лише прогнозованою успішністю навчання студентів, що впливає на їх відсів, працевлаштування, а також успішність майбутньої трудової діяльності. Всі ці індикатори, у свою чергу, є важливими складовими різноманітних українських та міжнародних рейтингів та інших систем оцінювання ВНЗ.

Виходячи з цього, найкращим методом обчислення конкурсного балу можна було б вважати той, що забезпечує його найбільшу прогностичну валідність з погляду оцінювання майбутньої успішності навчання зарахованих абітурієнтів. Під прогностичною валідністю розуміють кореляцію між конкурсним балом і обраними показниками успішності [2–3]. Вона залежить не тільки від формули обчислення конкурсного балу, але також і від багатьох інших чинників. Тому при використанні у формулі лише показників навчальних досягнень важко розраховувати на дуже високу прогностичну валідність конкурсного балу за будь-якого способу його обчислення. Це підтверджується, зокрема, даними [4]. Втім, на етапі вступу ми не можемо об'єктивно оцінити внесок багатьох важливих факторів. Тому завдання максимізації прогностичної валідності конкурсного балу є важливим навіть у випадку, коли його складові залишаються без змін.

Існують і інші джерела невизначеності при відборі абітурієнтів. Зокрема, це:

- невідповідність обраної у ЗНО моделі успішного абітурієнта прийнятим у конкретних ВНЗ для конкретних напрямів підготовки моделям успішних студентів [5; 6];
- відсутність інформації про абсолютний рівень знань абітурієнтів (ЗНО надає лише впорядкування абітурієнтів за рівнем навчальних досягнень);

- невідомі статистичні похибки результатів ЗНО;
- нечіткість та суперечливість цілей ЗНО (забезпечення рівного доступу до вищої освіти, боротьба з корупцією, підвищення якості освіти, наближення до європейських стандартів, ...);
- невідомі цілі абітурієнтів, їх спроможність до навчання тощо.

До важливих джерел невизначеності належить також недостатньо висока якість окремих тестів ЗНО. Зокрема, в [6–8] показано, що більшість завдань тестів з географії, історії України, біології та деяких інших дисциплін характеризується дуже низькими (менш 0,3) значеннями коефіцієнтів кореляції. Тобто відсутній статистично значущий зв'язок між успішністю виконання цих завдань та підсумковим тестовим балом. Тести з математики та фізики вирізняються високим впливом випадкового вибору відповідей на підсумковий бал.

Згідно із загальними стандартами розробки тестів [9] для всіх підсумкових балів, а також для окремих балів та їхніх комбінацій, що мають змістову інтерпретацію, мають бути наведені стандартні похибки. Але для тестів ЗНО такі дані відсутні. Для оцінювання невизначеності підсумкових балів сертифікатів ЗНО можна скористатися відомою [10–11] формулою:

$$s_E = s_X \sqrt{1-r}, \quad (2)$$

де  $s_E$  — стандартне відхилення похибки вимірювань, що характеризує результат конкретного абітурієнта;  $s_X$  — стандартне відхилення підсумкового тестового балу, яке характеризує усю сукупність результатів з конкретної дисципліни;  $r$  — надійність тесту.

У [12] за даними звітів УЦОЯО, що наведені на сайтах [www.testportal.gov.ua](http://www.testportal.gov.ua) та [www.osvita.org.ua](http://www.osvita.org.ua), оцінено похибки підсумкових тестових балів і показано, що вони перебувають в межах 4–9% від максимально можливого первинного балу. Це свідчить про недостатню надійність тестів. Вказані оцінки є доволі грубими, тому що формула (2) передбачає нормальний розподіл результатів тестування, а він насправді не є таким. Крім того, для розрахунку статистичної похибки бажано використовувати показники ретестової надійності. Але для результатів ЗНО в офіційних звітах наводяться лише значення альфа Кронбаха, що характеризують надійність, як внутрішню узгодженість тестів. Втім, ці дані надають певне уявлення про можливість статистичну похибку результатів ЗНО.

**Метою статті** є аналіз альтернативних принципів відбору абітурієнтів у вищих навчальних закладах, що базуються на методах багатокритеріального прийняття рішень.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як вже зазначалося, діючи умови та нові пропозиції передбачають розрахунок конкурсного

балу абітурієнтів як простої або зваженої суми окремих показників. Для коректності підсумовування ці показники повинні вимірюватися принаймні за інтервальною шкалою та мати однакову фізичну розмірність. Але ці вимоги не виконуються для підсумкових балів ЗНО. Для перерахунку первинних тестових балів у підсумкові у ЗНО використовують еквіпроцентильне перетворення [13]. При цьому передбачається, що підсумкові бали повинні відповідати нормальному розподілу із середнім значенням 150 та стандартним відхиленням 20.

Одержувані числові значення ми в певному наближенні можемо розглядати, як виміряні за інтервальною шкалою. Але лише за умови, що ми розуміємо їх як квантили відповідних статистичних розподілів. Тому ми маємо право порівнювати результати різних абітурієнтів з одного й того самого тесту, обчислювати для результатів цього тесту окремі статистичні показники тощо. Але яким буде зміст суми чи середнього значення результатів тестування одного абітурієнта з різних дисциплін, тобто різних квантилів різних розподілів? Ще питання — чи можна вважати рівними суми, наприклад,  $190 + 150$  та  $170 + 170$  балів?

Можна було б абстрагуватися від змісту підсумкових балів і розглядати їх суму як певний аналог суми рангів за окремими показниками. Але й тут є проблема. Кількість результатів (значень рангів), що відповідає одному первинному балу тестів ЗНО є різною не тільки для різних дисциплін, але також і для різних діапазонів шкали в межах однієї дисципліни. Зокрема, для тесту з української мови та літератури ЗНО-2013 одному балу в різних діапазонах шкали відповідає приблизно від 10 до 3000 результатів, для тесту з математики — від 50 до понад 4500, для тесту з німецької мови — від 0 до 140 тощо. При застосуванні еквіпроцентильного перетворення окремим значенням підсумкових балів можуть відповідати декілька різних значень первинних балів. Зокрема, для тесту з української мови і літератури першої сесії ЗНО-2013 підсумковому результату 100,5 відповідають первинні бали від 1 до 11; результату 200 — від 105 до 107 і т. д. З іншого боку, багато передбачених шкалою допустимих значень підсумкової шкали взагалі не використовуються при підбитті підсумків. Наприклад, для вказаного тесту з 201 можливого значення (за шкалою від 100 до 200 з кроком 0,5) використовуються лише 96, а для тесту ЗНО-2013 з фізики — 54. При цьому максимальний розрив між використовуваними балами іноді перевищує 5 одиниць підсумкової шкали.

Тому доцільно розглянути інші варіанти побудови системи відбору абітурієнтів. Для цього можуть бути використані відомі підходи та методи теорії прийняття рішень [14; 15]. Найпростішими з них є такі:

- визначення головного (профільного) показника та перетворення інших (непрофільних) на обмеження;

- ранжирування показників та їхнє послідовне використання при відборі абітурієнтів;
- максимінне оцінювання абітурієнтів;
- максимаксне оцінювання абітурієнтів.

Нехай ми маємо матрицю  $X$ , де  $x_{ij}$  — значення  $j$ -го показника для  $i$ -го абітурієнта ( $i = 1, \dots, N$ ;  $j = 1, \dots, M$ ). Будемо вважати, що перші  $M-1$  показників є непрофільними і повинні набувати значень у межах від 124 до 200 балів, а останній показник є профільним і має перебувати в межах від 140 до 200 балів.

Тоді оцінка за методом головного критерію конкурсний бал визначається згідно з формулою:

$$r_i = x_{iM}; \quad x_{ij} \geq x_j^* \quad (j = 1, \dots, M-1), \quad (3)$$

де  $x_j^*$  — встановлене порогове значення  $j$ -го показника.

При максимінному оцінюванні ми не робимо поділ показників на профільні та непрофільні. Конкурсний бал при цьому визначається за формулою:

$$r_i = \min_j x_{ij}. \quad (4)$$

При максимаксному оцінюванні, як і у попередньому випадку, не виокремлюються профільні та непрофільні показники, але конкурсний бал визначається за формулою:

$$r_i = \max_j x_{ij}. \quad (5)$$

У всіх цих випадках наступний відбір абітурієнтів може здійснюватися на основі їхнього ранжирування за спаданням конкурсного бала.

При застосуванні методу ранжирування показників алгоритм відбору є таким. Нехай між показниками встановлено таке відношення переваги:

$$r_1 < r_2 < \dots < r_M. \quad (6)$$

Тоді для рангів абітурієнтів будуть виконуватися такі співвідношення:

якщо  $x_{kM} > x_{lM}$ , то  $R_k \succ R_l$ ;

якщо  $x_{kM} = x_{lM}$ ;  $x_{kM-1} > x_{lM-1}$ , то  $R_k \succ R_l$ ;

якщо  $x_{kM} = x_{lM}$ ;  $x_{kM-1} = x_{lM-1}$ ;  $x_{kM-2} > x_{lM-2}$ , то  $R_k \succ R_l$ ;

...

Мовою R було написано програмні скрипти, що реалізують вказані методи. Як приклад, нижче наведено фрагмент скрипту для відбору абітурієнтів за методом головного критерію на модельній вибірці.

```

# Створення модельної вибірки показників абі-
# турієнтів
x = matrix(nrow = 500, ncol = 4)
y = matrix(nrow = 500, ncol = 4)
x[,1] = seq(1, 500, by = 1)
x[,2] = rnorm(500, 162, 12)
x[,2] = 124 + 76*(x[,2] -
min(x[,2]))/(max(x[,2]) - min(x[,2]))
x[,3] = rnorm(500, 1, 0.02)
x[,3] = x[,3]*x[,2]
x[,3] = 124 + 76*(x[,3] -
min(x[,3]))/(max(x[,3]) - min(x[,3]))
x[,4] = rnorm(500, 175, 10)
x[,4] = 140 + 60*(x[,4] -
min(x[,4]))/(max(x[,4]) - min(x[,4]))
# Відбраковування абітурієнтів, що мають нижчі
# за прохідні значення непрофільних показників
j = 1
for (i in 1:500)
{
if (x[i,2] < 140 || x[i,3] < 140)
{y[j,] = c(0, 0, 0, 0)}
else{
y[j,] = x[i,]
j = j + 1
}
}

# Впорядкування абітурієнтів за спаданням зна-
# чення профільного показника
h=y[order(y[,4], decreasing = TRUE),]
h
У цьому скрипті перший стовпчик матриці X містить ідентифі-
каційні номери абітурієнтів, за якими потім можна визначати, хто
саме посів яке місце у рейтингу.
У випадку максимінного оцінювання процедуру визначення
конкурсного балу можна реалізувати так:
a = x[,1]
for (i in 1:500)
{
y[i,1] = a[i]
y[i,2] = min(x[i,2], x[i,3], x[i,4])
}

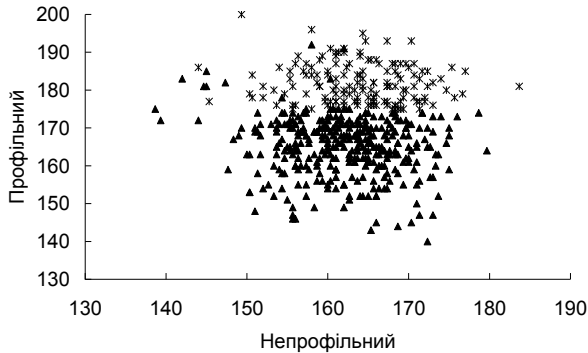
```

Подібна ж процедура використовується і при максимаксному оцінюванні:

```
a = x[,1]
for (i in 1:500)
{
y[i,1] = a[i]
y[i,2] = max(x[i,2], x[i,3], x[i,4])
}
```

Розглянемо на модельному прикладі можливі результати застосування деяких методів формування конкурсного балу. Нехай ми маємо групу абітурієнтів кількістю 500 осіб, з яких нам потрібно відібрати 150 студентів. Згенеруємо чотири вибірки їх тестових балів, припускаючи, що три з них, які відповідають непрофільним тестам і сертифікату ЗНО, підпорядковуються нормальному розподілу із середнім значенням 162 та стандартним відхиленням 12, а четверта — теж нормальному розподілу, але з параметрами 170 та 10.

На рис. 1 показано результати відбору при застосуванні методу головного критерію, коли для двох непрофільних сертифікатів ЗНО та середнього балу атестату про загальну середню освіту встановлено обмеження 140 балів. Через неможливість побудови чотиривимірного зображення за вісю абсцис тут відкладено середні значення непрофільних показників.



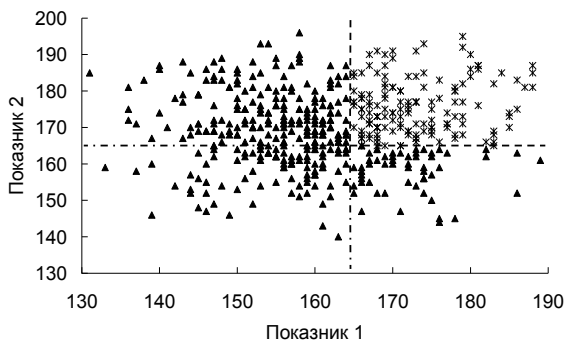
**Рис. 1.** Результати відбору при використанні методу головного критерію (\* — зараховані; ▲ — незарховані)

Така процедура відбору призводить до можливості потрапляння абітурієнтів з близькими показниками до різних категорій (зараховані чи не зараховані), оскільки за однакового середнього значення непрофільних показників в деяких випадках окремі із них можуть бути меншими, ніж встановлені пороги. Частота таких випадків збільшується із збільшенням величини використовуваних порогів. Крім того, при встановленні надмірно високих порогів для непрофільних показників можлива

ситуація, коли успішні абітурієнти матимуть з профільного тесту значно нижчі бали, ніж значення непрофільних показників. Тому в межах цього підходу порогові значення мають бути не дуже високими.

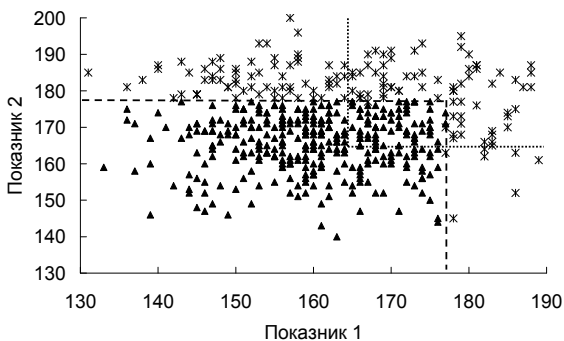
Цей підхід може бути доцільним у випадках, коли програма навчання у ВНЗ значною мірою базується на ґрунтовних шкільних знаннях відповідної профільної дисципліни, зокрема, при вступі на такі напрями, як математика, біологія, іноземна філологія й т. п.

Максимінне оцінювання (рис. 2) гарантує, що за кожним із використовуваних показників результати зарахованих абітурієнтів будуть достатньо високими (з урахуванням співвідношення загальної кількості абітурієнтів та кількості місць для вступників). Але їх профільні показники мабуть не будуть найкращими серед усіх претендентів.



**Рис. 2.** Результати відбору при використанні максимінного оцінювання

При максимаксному оцінюванні (рис. 3) ми обираємо тих, хто має найкращі значення хоча б за одним із показників.



**Рис. 3.** Результати відбору при використанні максимаксного оцінювання

Максимінне оцінювання абітурієнтів може виявитися доцільним у випадках, коли всі показники є важливими для успішності подальшого навчання, але вибір «профільного» показника є досить умов-



ним. Зокрема, це може стосуватися напрямів підготовки, пов'язаних з міжнародною економікою, правознавством тощо.

Принцип максимаксного оцінювання є сенс використовувати, якщо, з одного боку, програма навчання не базується значною мірою на тих компетенціях вступників, які характеризують використовувані показники їх оцінювання. Але з іншого боку є необхідність відзначити такі якості абітурієнтів, як сформованість інтересів і наявність певних навчальних досягнень за обраним напрямом. Такий підхід може бути корисним, наприклад, при відборі абітурієнтів, що бажають вивчати філософію.

**Висновки.** Застосування методів багатокритеріального прийняття рішень при відборі студентів у вищі навчальні заклади дає змогу гнучкіше враховувати специфіку конкретних ВНЗ та напрямів підготовки при обчисленні конкурсних балів абітурієнтів порівняно з існуючою методикою їх розрахунку. Тому доцільно надати вищим навчальним закладам можливість самостійно визначати відповідні формули для кожного напрямку підготовки.

#### Список використаних джерел:

1. Умови прийому до вищих навчальних закладів України у 2014 р. — Режим доступу: <http://www.mon.gov.ua/files/normative/2013-11-14/1691/cp-2014-%201510nak.rar> (02.04.2014).
2. Звонников В. И. Контроль качества обучения при аттестации: Компетентностный подход / В. И. Звонников, М. Б. Чельшкова. — М. : Логос, 2009. — 272 с.
3. Аванесов В. С. Проблема качества педагогических измерений / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. — 2004. — №2. — С. 3–27.
4. Дослідження якості системи вступу до ВНЗ України на основі зовнішнього незалежного оцінювання випускників загальноосвітніх навчальних закладів. Аналітичний звіт. — К. : Міжнародний фонд «Відродження». — 2010. — 36 с.
5. Barber M. An avalanche is coming: Higher education and the revolution ahead / M. Barber, K. Donnelly, S. Rizvi. — Режим доступу: [http://www.ippr.org/images/media/files/publication/2013/04/avalanche-is-coming\\_Mar2013\\_10432.pdf](http://www.ippr.org/images/media/files/publication/2013/04/avalanche-is-coming_Mar2013_10432.pdf).
6. Бахрушин В. Є. Тестові технології в освіті: Проблеми якості тестів / В. Є. Бахрушин, О. М. Горбань // Наукові записки Академії наук вищої школи України. — 2011. — Т. 6. — С. 24–34.
7. Bakhrushin V. E. Test technologies in education: The problem of test quality / V. E. Bakhrushin, O. M. Gorban // Ukr. J. Phys. Opt. — 2011. — Vol. 12, Suppl. 2: Sc. Horiz. — S. 1–10.
8. Бахрушин, В. Є. Статистичний аналіз тестів ЗНО 2009–2011 / В. Є. Бахрушин, О. М. Горбань, М. А. Ігнахіна // Вища освіта України. Тематичний випуск «Вища освіта України в контексті інтеграції до Європейського освітнього простору». — 2012. — Т. 3 (28). — С. 29–35.
9. Summary of the standards for educational and psychological testing— Режим доступу: [http://spb.ca.gov/content/laws/selection\\_manual\\_appendixf.pdf](http://spb.ca.gov/content/laws/selection_manual_appendixf.pdf).

10. Ким В. С. Тестирование учебных достижений / В. С. Ким. — Уссурийск : Издательство УГПИ, 2007. — 214 с.
11. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий / В. С. Аванесов. — М. : Центр тестирования, 2002. — 240 с.
12. Бахрушин В. Наскільки якісними є тести ЗНО / В. Бахрушин. — Режим доступу: <http://education-ua.org/ua/articles?start=10>.
13. Ковальчук Ю. О. Теорія освітніх вимірювань / Ю. О. Ковальчук. — Ніжин, 2012. — 200 с.
14. Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. — К. : ВПЦ «Київський університет», 2010. — 336 с.
15. Черноуцкий И. Г. Методы принятия решений / И. Г. Черноуцкий. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
16. Бутковский А. Г. Характеристики систем с распределенными параметрами : справ. пособие / А. Г. Бутковский. — М. : Наука, 1979. — 224 с.

The basic sources of uncertainty at the selection of applicants to universities based on the EIE results are considered. It is proposed to apply the methods of multicriteria decision-making for solving this problem. R language software implementation of the methods of principal criterion, indicators ranking, maximin and maximax assessment is developed and the results of their application for model example are presented.

**Key words:** *selection of applicants, university, EIE, uncertainty conditions, multicriteria decision making, ranking of criteria maximin assessment, maximax assessment, program implementation, R language.*

Отримано: 27.03.2014

УДК 004.5

**М. В. Білокопитова**, студентка

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

### **ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ**

Через впровадження Болонського процесу в систему освіти актуальною в наш час стала задача персоналізації навчального процесу. У статті розглядається можливість персоналізації навчального процесу за рахунок врахування особливостей учня при роботі з інформацією.

**Ключові слова:** *комп'ютерне тестування, індивідуальний план, комп'ютерний контроль, індивідуальні особливості, персоналізація.*

Різке зростання інформаційних потоків та широке впровадження різноманітних комп'ютерно-інформаційних (інформативних) технологій практично в усі сфери життєдіяльності людини зумовили структурні,