

навчанні обдарованих особистостей дало змогу виділити технології її формування, описати структурні, економічні та функціональні характеристики тощо.

### **Використані літературні джерела**

1. *Алексюк А. М.* Педагогіка [Текст] / А. М. Алексюк, М. М. Грищенко, О. В. Киричук та ін. – Київ : Вища школа, 1985. – 295 с.
2. *Олійник В. В.* Організаційно-педагогічні основи дистанційної освіти і навчання: організаційно-педагогічне дослідження [Текст] / В. В. Олійник. – Київ : ЦППО, 2001. – 47 с.
3. *Семенченко Н. В.* Образование в Украине [Текст] / Н. В. Семенченко – Київ : Саммит-книга, 2010. – 320 с.
4. Інформаційно-технологічний підхід до вирішення проблеми [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://studopedia.org/10-46558.html>. – Назва з екрана.

### **Bibliography**

1. *Aleksiuk A. M.* Pedagogika [Tekst] / A. M. Aleksiuk, M. M. Hryshchenko, O. V. Kyrychuk ta in. – Kyiv : Vyshcha shkola, 1985. – 295 s.
2. *Oliinyk V. V.* Orhanizatsiino-pedahohichni osnovy dystantsiinoi osvity i navchannia: orhanizatsiino-pedahohichne doslidzhennia [Tekst] / V. V. Oliinyk. – Kyiv : TsIPPO, 2001. – 47 s.
3. *Semenchenko N. V.* Obrazovanye v Ukraine [Tekst] / N. V. Semenchenko – Kyiv : Sammyt-knyha, 2010. – 320 s.
4. Informatsiino-tekhnologichnyi pidkhid do vyrishennia problemy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://studopedia.org/10-46558.html>. – Nazva z ekrana.

**УДК 37.013.77**

*Наталія Добровольська,  
м. Київ*

## **УТОЧНЕНА МОДЕЛЬ ВРАХУВАННЯ ОЦІНОК АТЕСТАТУ У ПОКАЗНИКАХ ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ**

*Учитывая недостатки действующей системы перевода результатов успешности школьного обучения в показатели внешнего независимого оценивания и опираясь на личный опыт соответствующих исследований, обоснована возможность применения с указанной целью «взвешенных» коэффициентов желательности оценок 12-балльной шкалы, устанавливаемые на второй итерации применения метода расстановки приоритетов, известного также, как «задача о лидере». Поскольку все коэффициенты являются однородными, то получение интегративного показателя успешности школьного обучения рассматривается с*

## Розділ І. Педагогічні проблеми обдарованої особистості

*позиций системного анализа как одношаговая задача принятия решений с векторным показателем эффективности. Обоснована необходимость реализации мультипликативного подхода к агрегации отдельных коэффициентов в интегративный показатель, которая достигается с помощью функции желательности Харрингтона. Введен критерий нормирования интегративного показателя и перевода его в 200-балльную шкалу. Приведены эффективность разработанных рекомендаций, которые позволяют предотвратить возникновение ошибок I–II рода.*

**Ключевые слова:** *внешнее независимое оценивание, школьный аттестат, согласованность оценок 12-балльной и 200-балльной шкал, коэффициенты желательности качественных оценок, мультипликативная функция агрегации, интегративный показатель аттестата, нормирования.*

*Taking into account the shortcomings of the current system translating the results of success in school studies into the indexes of the external independent evaluation, and based on personal experience of relevant studies, the possibility of applying a specified purpose «weighted» factors desirability ratings 12-points scale, which are installed on the second iteration of the method prioritization, also known as «the task about a leader» is proved.*

*Since all coefficients are homogeneous, then an integrative indicator of success in school studies is considered from the standpoint of system analysis as one-step decision-making task with vector performance indicator. The necessity of implementing the multiplier approach to aggregation of individual factors in an integrative figure is achieved by using the Harington's desirability. Introduced rationing criterion integrative index and transfer it to a 200-points scale. An effectiveness of the recommendations which allow you to avoid mistakes of I–II family is shown.*

**Key words:** *external independent evaluation, school certificate, consistency of performance 12-points and 200-points grading scale, desirability's coefficients of the quality estimations, multiplicative function of aggregating, integrative index of the certificate, setting of norms.*

Сьогодні вступ абітурієнтів до ВНЗ відбувається в Україні за підсумками зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО), метою якого є:

- підвищення рівня освіти в країні;
- наближення до європейських стандартів освіти;
- забезпечення реалізації конституційних прав громадян на рівний доступ до якісної освіти;
- здійснення контролю за дотриманням Державного стандарту базової і повної середньої освіти;
- аналіз поточного стану та прогнозування розвитку вітчизняної освітньої системи.

У системі ЗНО враховують інтегративні показники успішності середньої освіти, що сприяє зацікавленості та мотивує учнів на належне опанування спектром навчальних дисциплін, які вони вивчають, а не лише тих, з яких вони мають набір скласти ЗНО для вступу до ВНЗ.

Однак вітчизняні фахівці та науковці не приділяють уваги вдосконаленню процедур і технологій ЗНО. Навіть у Вікіпедії є посилання на нормативні документи, наприклад [10], які регулюють проведення ЗНО і не стосуються ґрунтовного аналізу його проблем. Також дослідження [22; 26] виявили суттєві недоліки у нормативних процедурах урахування успішності середньої освіти у показниках ЗНО [30].

Таким чином, враховуючи важливість ЗНО для розвитку вітчизняної освітянської системи, дослідження його принципів, технологій і процедур є актуальною науковою задачею, розв'язання якої сприятиме її вдосконаленню.

Переведення результатів середньої освіти у показники ЗНО здійснюється, згідно з відповідним наказу МОН України, в якому рекомендовано обчислювати усереднені показники атестату та надано рекомендації, нормативи щодо їх узгодженості з показниками 200-бальної шкали [30]. Разом з тим передбачено лінійну (хоча і різну за диференціацією на інтервалах 1–4 бали і 4–12 балів) залежність показників ЗНО, отриманих за результатами успішності середньої освіти від зазначеного усередненого показника атестату (рис. 1).

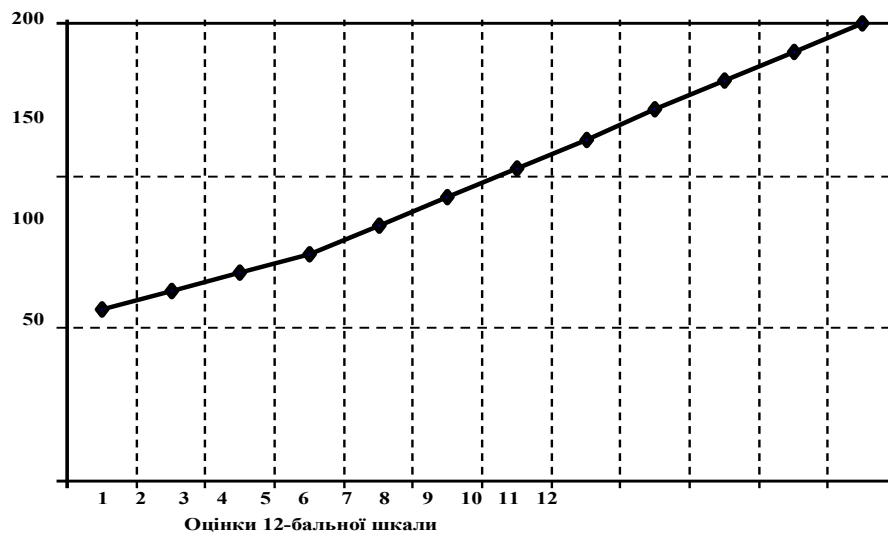


Рис. 1. Ілюстрація лінійності нормативних рекомендації щодо переведення інтегративних показників успішності шкільного навчання за 200-бальною шкалою

У працях [22; 26] було здійснено критичний аналіз досліджуваних рекомендацій МОН України і обґрунтовано, що оскільки з позицій теорії кваліметрії, відображених, зокрема у працях [6; 8; 15; 17; 18; 21; 32 та ін.], 12-бальна шкала є не кількісною, а якісною шкалою впорядкування [11; 13; 31], то математичні перетворення її оцінок, рекомендованого МОН України обчислення середньої значущості, є недоречними.

Необхідно зазначити, що усереднений показник позитивно характеризує будь-яку вибірку, якщо спрацьовує закон великих чисел П. Чебишева, коли кількість її змінних, які підлягають математичному перетворенню прагне до нескінченності [7], чого неможливо досягти, виходячи зі загальної кількості навчальних дисциплін в атестаті. Усереднені показники оцінок атестату, навіть, якщо їх можна було б обчислювати, не порушуючи постулатів теорій вимірювань і статистики, є ризикованими і можуть сприяти виникненню помилок I–II роду.

## Розділ І. Педагогічні проблеми обдарованої особистості

У згадуваних працях [22; 26], враховуючи досвід досліджень [11; 12; 24 та ін.], доведено можливість застосування математичного методу розташування пріоритетів (МРП), відомого як «задача про лідера» [3; 4], для здійснення дефазифікації якісних оцінок 12-бальної шкали через надання їм відповідних зважених коефіцієнтів бажаності. Застосовуючи функцію бажаності Харрінгтона (E. C Harrington) [1; 33], досвід досліджень [11; 12; 14 та ін.], доведено можливість реалізації мультиплікативного підходу для агрегації коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали, тривіальність її нормування та переведення у показники ЗНО [22; 26].

Не зважаючи на наукову обґрунтованість результатів [22; 26], необхідно констатувати, що вони, *по-перше*, використовували континуум унікальної абсолютної 200-бальної шкали, що може формуватися через розв'язання однокрокової задачі прийняття рішень (ПР) з векторним показником ефективності [11; 20; 25], і не враховували адитивного підходу МОН України до формування 200-бальної шкали:  $200=100+100$ . *По-друге*, під час вибору коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали орієнтувалися на максимальну диференціацію цих коефіцієнтів (табл. 1), що, як показують апробація та результати відповідного обговорення з досвідченими вчителями та вченими [22], робить значним розрив між оцінкою «12» та іншими оцінками шкали. *По-третє*, під час встановлення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали було застосовано лише один МРП, причому відповідну технологію було розкрито недостатньо детально.

Таблиця 1

### Співвідношення пропозицій урахування результатів середньої освіти у показниках ЗНО

Середній бал атестату, $\tilde{R}_i$	Показники ЗНО	
	Нормативні (МОН)	Пропоновані після III ітерації застосування МРП
1	2	3
$\tilde{R}_1$	106	0,1
$\tilde{R}_2$	112	0,7
$\tilde{R}_3$	118	2,4
$\tilde{R}_4$	124	6,2
$\tilde{R}_6$	133,5	12,6
$\tilde{R}_6$	143	22,6
$\tilde{R}_7$	152,5	36,8
$\tilde{R}_8$	162	56,2
$\tilde{R}_9$	171,5	81,4
$\tilde{R}_{10}$	181	113,2
$\tilde{R}_{11}$	190,5	152,6
$\tilde{R}_{12}$	200	200

Необхідно вказати на незначну кількість наукових публікацій з досліджень унікальних, з точки зору теорії вимірювань, властивостей абсолютної 200-бальної шкали.

Метою цієї статті є:

- застосування додаткових методів встановлення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали та виявлення порівняльної ефективності цих методів;
- удосконалення моделі нормування інтегративного показника успішності середньої освіти;
- оцінювання ефективності пропозицій щодо узгодженості показників успішності та відповідних показників ЗНО.

**Встановлення коефіцієнтів бажаності оцінок атестату** відбувається за допомогою методів системного аналізу і теорії прийняття рішень (ПР) [11; 20; 25 та ін.], що реалізуються у загальному вигляді так, як подано на рис. 2 [11; 12; 22; 24; 26 та ін.].

Розв'язуючи, відповідно до рис. 2, завдання встановлення «цінності» оцінок 12-бальної шкали, звернемося до закономірного їх ранжування за ступенем бажаності (привабливості, прийнятності, значущості тощо):

$$\begin{aligned} \bar{R}_{12} \succ \bar{R}_{11} \succ \bar{R}_{10} \succ \bar{R}_9 \succ \bar{R}_8 \succ \bar{R}_7 \succ \bar{R}_6 \succ, \\ \succ \bar{R}_5 \succ \bar{R}_4 \succ \bar{R}_3 \succ \bar{R}_2 \succ \bar{R}_1 \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\bar{R}_i$  – умовна позначка  $i$ -ї оцінки шкали;  
 $\succ$  – позначка суворой переваги однієї оцінки шкали перед іншою.

Виходячи з ранжування оцінок 12-бальної шкали (1) та використовуючи джерела [4; 11; 12; 24 та ін.], можна вважати, що більш прийнятними для цілей наших досліджень є:

- 1) метод рангів;
- 2) метод розташування пріоритетів;
- 3) метод аналізу ієрархій (MAI) Т Сааті (T. L. Saaty).

Розглянемо послідовно перелічені методи.

Отже, *метод рангів* полягає у тому, що «цінність» елементів ранжованого ряду оцінюється наступним чином [9]:

$$C_{\bar{R}_i} = 1 - \frac{r_{\bar{R}_i} - 1}{n} \quad (2)$$

де  $r_{\bar{R}_i}$  – ранг  $i$ -ї оцінки шкали;  
 $n = 12$  – кількість оцінок у шкалі.

$$\begin{array}{cccccccccccc} & & & & \text{Оцінки 12-тибальної шкали} & & & & & & & & \\ & & & & \bar{R}_5 & \bar{R}_6 & \bar{R}_7 & \bar{R}_8 & \bar{R}_9 & \bar{R}_{10} & \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} & \\ \bar{R}_1 & \bar{R}_2 & \bar{R}_3 & \bar{R}_4 & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & & & & & & & & \\ & & & & \text{Кількісні показники цінності оцінок 12-тибальної шкали} & & & & & & & & \\ C_{\bar{R}_1} & C_{\bar{R}_2} & C_{\bar{R}_3} & C_{\bar{R}_4} & C_{\bar{R}_5} & C_{\bar{R}_6} & C_{\bar{R}_7} & C_{\bar{R}_8} & C_{\bar{R}_9} & C_{\bar{R}_{10}} & C_{\bar{R}_{11}} & C_{\bar{R}_{12}} & = C \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\ & & & & \text{"Зважені" коефіцієнти бажаності оцінок 12-тибальної шкали} & & & & & & & & \\ \frac{C_{\bar{R}_1}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_2}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_3}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_4}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_5}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_6}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_7}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_8}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_9}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_{10}}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_{11}}}{C} & \frac{C_{\bar{R}_{12}}}{C} & = 1 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\ \alpha_{\bar{R}_1} & \alpha_{\bar{R}_2} & \alpha_{\bar{R}_3} & \alpha_{\bar{R}_4} & \alpha_{\bar{R}_5} & \alpha_{\bar{R}_6} & \alpha_{\bar{R}_7} & \alpha_{\bar{R}_8} & \alpha_{\bar{R}_9} & \alpha_{\bar{R}_{10}} & \alpha_{\bar{R}_{11}} & \alpha_{\bar{R}_{12}} & = 1 \end{array}$$

Рис. 2. Схема встановлення «зважених» коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали

## Розділ І. Педагогічні проблеми обдарованої особистості

Застосовуючи ранжований ряд оцінок (1), нескладно визначити їхню порівняльну «цінність»:

$$\begin{aligned}C_{\bar{R}_{12}} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_{12}} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{1 - 1}{12} = 1; \\C_{\bar{R}_{11}} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_{11}} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{2 - 1}{12} = \frac{11}{12} = 0,9167; \\C_{\bar{R}_{10}} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_{10}} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{3 - 1}{12} = \frac{10}{12} = 0,8333; \\C_{\bar{R}_9} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_9} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{4 - 1}{12} = \frac{9}{12} = 0,75; \\C_{\bar{R}_8} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_8} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{5 - 1}{12} = \frac{8}{12} = 0,6667; \\C_{\bar{R}_7} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_7} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{6 - 1}{12} = \frac{7}{12} = 0,5833; \\C_{\bar{R}_6} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_6} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{7 - 1}{12} = \frac{6}{12} = 0,5; \\C_{\bar{R}_5} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_5} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{8 - 1}{12} = \frac{5}{12} = 0,4167; \\C_{\bar{R}_4} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_4} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{9 - 1}{12} = \frac{4}{12} = 0,3333; \\C_{\bar{R}_3} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_3} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{10 - 1}{12} = \frac{3}{12} = 0,25; \\C_{\bar{R}_2} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_2} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{11 - 1}{12} = \frac{2}{12} = 0,1667; \\C_{\bar{R}_1} &= 1 - \frac{r_{\bar{R}_1} - 1}{n = 12} = 1 - \frac{12 - 1}{12} = \frac{1}{12} = 0,0833.\end{aligned}$$

Також нескладно визначити сумарну «цінність» усіх оцінок шкали

$$C = \sum_{i=1}^{n=12} C_{\bar{R}_i} = 6,5 \quad (3)$$

і відповідні їм коефіцієнти бажаності:

$$\begin{aligned}\alpha_{\bar{R}_{12}} &= \frac{C_{\bar{R}_{12}}}{C} = \frac{1}{6,5} = 0,1538; \\ \alpha_{\bar{R}_{11}} &= \frac{C_{\bar{R}_{11}}}{C} = \frac{0,9167}{6,5} = 0,1410; \\ \alpha_{\bar{R}_{10}} &= \frac{C_{\bar{R}_{10}}}{C} = \frac{0,8333}{6,5} = 0,1282; \\ \alpha_{\bar{R}_9} &= \frac{C_{\bar{R}_9}}{C} = \frac{0,75}{6,5} = 0,1154;\end{aligned}$$

$$\alpha_{\bar{R}_8} = \frac{C_{\bar{R}_8}}{C} = \frac{0,6667}{6,5} = 0,1026;$$

$$\alpha_{\bar{R}_7} = \frac{C_{\bar{R}_7}}{C} = \frac{0,5833}{6,5} = 0,0897;$$

$$\alpha_{\bar{R}_6} = \frac{C_{\bar{R}_6}}{C} = \frac{0,5}{6,5} = 0,0769;$$

$$\alpha_{\bar{R}_5} = \frac{C_{\bar{R}_5}}{C} = \frac{0,4167}{6,5} = 0,0641;$$

$$\alpha_{\bar{R}_4} = \frac{C_{\bar{R}_4}}{C} = \frac{0,3333}{6,5} = 0,0513;$$

$$\alpha_{\bar{R}_3} = \frac{C_{\bar{R}_3}}{C} = \frac{0,25}{6,5} = 0,0385;$$

$$\alpha_{\bar{R}_2} = \frac{C_{\bar{R}_2}}{C} = \frac{0,1667}{6,5} = 0,0256;$$

$$\alpha_{\bar{R}_1} = \frac{C_{\bar{R}_1}}{C} = \frac{0,0833}{6,5} = 0,0128.$$

Оглядаючи отримані коефіцієнти бажаності оцінок 12-бальної шкали, необхідно констатувати, що вони є дійсно «зваженими», оскільки виконуються відповідні умови:

$$0 \leq \alpha_{\bar{R}_i} \leq 1, \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n=12} \alpha_{\bar{R}_i} &= \alpha_{\bar{R}_1} + \alpha_{\bar{R}_2} + \alpha_{\bar{R}_3} + \alpha_{\bar{R}_4} + \alpha_{\bar{R}_5} + \alpha_{\bar{R}_6} + \alpha_{\bar{R}_7} + \alpha_{\bar{R}_8} + \alpha_{\bar{R}_9} + \alpha_{\bar{R}_{10}} + \alpha_{\bar{R}_{11}} + \alpha_{\bar{R}_{12}} = \\ &= 0,0128 + 0,0256 + 0,0385 + 0,0513 + 0,0641 + 0,0769 + 0,0897 + 0,1026 + 0,1154 + 0,1282 + \\ &+ 0,1410 + 0,1538 = 1. \end{aligned}$$

Таким чином, з виразу (2) та обчислених значень «цінностей» та коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали зрозуміло, що вони мають виражену лінійну залежність (рис. 3). Оскільки ця лінійна залежність не відповідає «здоровому глузду», то результати, отримані за допомогою методу рангів, недоцільно застосовувати у подальших дослідженнях.

Здійснений аналіз наукових праць [3; 4; 11; 12; 22; 23; 27 та ін.] підтверджує, що *метод розстановки пріоритетів* має такі переваги, як:

- практична застосовність за заздалегідь невідомої транзитивності думок експертів;
- спрощення задачі визначення чисельності групи експертів, які залучаються до досліджень;
- можливість застосовувати декілька критеріїв оцінки важливості (бажаності) оцінок 12-бальної шкали;
- комплексний критерій розраховується, як проста сума «зважених» оцінок окремих рис.

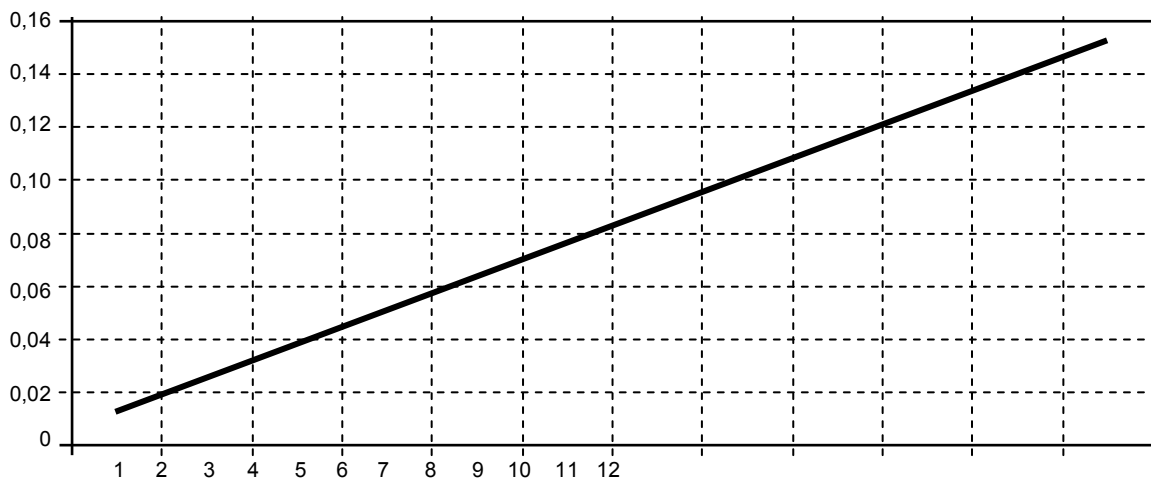


Рис. 3. Ілюстрація лінійності коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали за умов застосування методу рангів

Метод було розроблено для розв'язання таких задач, як:

- 1) визначення найкращого об'єкта зі заданої сукупності відповідно до ознаки, що була сформульована заздалегідь;
- 2) упорядкування об'єктів, відповідно до ступеня виразності ознаки;
- 3) упорядкування об'єктів та кількісна оцінка виразності ознаки.

У початковому варіанті задача розташування пріоритетів, відома як «задача про лідера», розглядається, як проблема визначення результатів певного спортивного змагання. Порядок визначення переможця (лідера) і поділ місць серед інших учасників турніру, прийнятий на сьогодні та суть якого полягає у підсумовуванні балів, набраних кожним учасником чи командою, не завжди може бути визнано бездоганним. Адже місце учасника в турнірній таблиці визначає сума балів, що отримується без урахування сили супротивників, яких переміг конкретний спортсмен (команда). Однак рішення «задачі про лідера» дозволяє врахувати цю силу і за підсумком більш точно розподілити місця [3; 4].

Розглянемо математичну постановку задачі.

Кожна оцінка 12-бальної шкали  $\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, \dots, \tilde{R}_{12}$  уявляється вершиною графа (рис. 4), що відповідає результатам порівняльного аналізу, визначеним виразом (1).

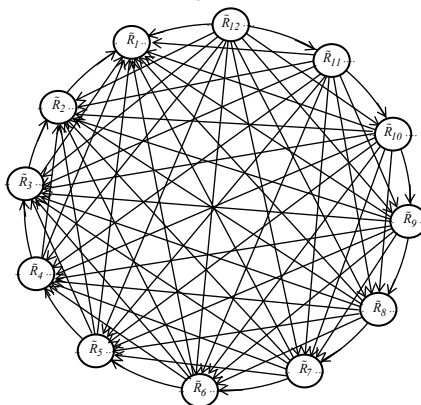


Рис. 4. Граф розстановки пріоритетів на континуумі оцінок 12-бальної шкали



Якщо оцінка риса  $\tilde{R}_i$  має перевагу над оцінкою  $\tilde{R}_j$  ( $\tilde{R}_i \succ \tilde{R}_j$ ), на графі існує дуга  $i \rightarrow j$ .  
І, навпаки, якщо ж  $\tilde{R}_j \succ \tilde{R}_i$ , на графі існує дуга  $j \rightarrow i$ .

Спосіб розв'язання задачі такий.

Спочатку має бути побудована квадратна матриця  $C = \|c_{ij}\|$  розмірністю  $12 \times 12$ :

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1j} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2j} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{i1} & c_{i2} & \dots & c_{ij} & \dots & c_{in} \\ \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nj} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Для побудови квадратної матриці виду (5) необхідно розбити систему переваг (1) на парні порівняння бажаності (вагомості) оцінок 12-бальної шкали:

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_{10} \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_9 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_7 \\ \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_3 \\ \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_{10} \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_9 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_7 \\ \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_3 \\ \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_{11} \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_9 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_6 \\ \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_2 \\ \tilde{R}_{10} \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_8 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_5 \\ \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_9 \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_7 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_4 \\ \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_8 \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_6 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_3 \\ \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_7 \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_5 \quad \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_2 \\ \tilde{R}_6 \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_4 \quad \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_5 \succ \tilde{R}_1 \end{aligned}$$

$$\tilde{R}_4 \succ \tilde{R}_3 \quad \tilde{R}_4 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_4 \succ \tilde{R}_1$$

$$\tilde{R}_3 \succ \tilde{R}_2 \quad \tilde{R}_3 \succ \tilde{R}_1$$

$$\tilde{R}_2 \succ \tilde{R}_1$$

Використовуючи отримані попарні порівняння бажаності оцінок 12-бальної шкали та застосовуючи вираз [4; 29]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{якщо } \tilde{R}_i \succ \tilde{R}_j \\ 0, & \text{якщо навпаки, } \tilde{R}_j \succ \tilde{R}_i \end{cases} \quad (6)$$

формується оціночна квадратна матриця суміжності оцінок 12-бальної шкали (графи 1–13 табл. 2).

Потім вводиться поняття ітерованої «цінності» порядку  $k$  оцінки  $\tilde{R}_i$ .

Отже, ітерована «цінність» першого порядку оцінки  $\tilde{R}_i$  позначається як  $C_i(1)$  та обчислюється як сума балів цієї оцінки. При цьому не враховується «вагомність» інших оцінок

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (7)$$

Розподіл балів серед  $n$  оцінок 12-бальної шкали задається вектором:

$$P(1) = [P_1(1), P_2(1), \dots, P_i(1), \dots, P_n(1)] \quad (8)$$

На другій ітерації за «вагу» оцінки  $\tilde{R}_i$  приймається ітерована «вага» першого порядку.

Таким чином, ітерована «вага» другого порядку на цьому етапі знаходження коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали обчислюється з врахуванням «ваги» інших оцінок:

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^n c_{ij} P_j(1) \quad (9)$$

Ітерована «вага» оцінок 12-бальної шкали другого порядку подається таким вектором:

$$P(2) = [P_1(2), P_2(2), \dots, P_i(2), \dots, P_n(2)] \quad (10)$$

Подальші ітерації зі знаходження коефіцієнтів бажаності здійснюються аналогічно:

$$P(k) = C \cdot P(k-1) \quad (11)$$

Разом з тим:

$$P(0) = (1, 1, \dots, 1) \quad (12)$$

Отже, процес математичної оброблення даних табл. 2 полягає у послідовному застосуванні перетворення, що задається матрицею  $C$ , до початкового вектора  $P(0)$ .

Позначимо через  $P_i^{сiдн.}(k)$  нормовану ітеровану «вагу»  $k$ -го порядку оцінки  $\tilde{R}_i$ :

Таблиця 2

**Результати застосування методу розстановки пріоритетів для встановлення «зважених» коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали**

$\tilde{R}_i$	$\tilde{R}_{12}$	$\tilde{R}_{11}$	$\tilde{R}_{10}$	$\tilde{R}_9$	$\tilde{R}_8$	$\tilde{R}_7$	$\tilde{R}_6$	$\tilde{R}_5$	$\tilde{R}_4$	$\tilde{R}_3$	$\tilde{R}_2$	$\tilde{R}_1$	I ітерація		
													е	а	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
$\tilde{R}_{12}$	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23	0,1598	
$\tilde{R}_{11}$	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21	0,1458	
$\tilde{R}_{10}$	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	0,1319	
$\tilde{R}_9$	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17	0,1181	
$\tilde{R}_8$	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	15	0,1042	
$\tilde{R}_7$	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	13	0,0903	
$\tilde{R}_6$	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	11	0,0764	
$\tilde{R}_5$	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	9	0,0625	
$\tilde{R}_4$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	7	0,0486	
$\tilde{R}_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5	0,0347	
$\tilde{R}_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0,0208	
$\tilde{R}_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0069	
													е	144	1
$\tilde{R}_i$	II ітерація		III ітерація		IV ітерація										
	е	а	е	а	е	а									
1	16	17	18	19	20	21									
$\tilde{R}_{12}$	265	0,2293	2047	0,2921	11967	0,3368									
$\tilde{R}_{11}$	221	0,1912	1561	0,2228	9559	0,2691									
$\tilde{R}_{10}$	181	0,1566	1158	0,1653	5640	0,1588									
$\tilde{R}_9$	145	0,1254	833	0,1189	3649	0,1027									
$\tilde{R}_8$	113	0,0978	575	0,0821	2241	0,0631									
$\tilde{R}_7$	85	0,0735	377	0,0538	1289	0,0363									
$\tilde{R}_6$	61	0,0528	231	0,033	681	0,0192									
$\tilde{R}_5$	41	0,0355	129	0,0184	321	0,009									
$\tilde{R}_4$	25	0,0216	63	0,009	129	0,0036									
$\tilde{R}_3$	13	0,0112	25	0,0035	41	0,0011									
$\tilde{R}_2$	5	0,0043	7	0,001	9	0,0003									
$\tilde{R}_1$	1	0,0008	1	0,0001	1	0,0000									
е	1156	1	7007	1	35527	1									

$$P_i^{eioh.}(k) = \frac{P_{\tilde{R}_i}(k)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}(k)}; \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n P_i^{eioh.}(k) = 1. \quad (14)$$

Застосовуючи [4], у загальному випадку процес обчислення нормованої ітерованої «ваги» оцінок 12-бальної шкали можна подати у вигляді такої формули:

$$P^{eioh.}(k) = \frac{1}{\lambda(k)} C \cdot P^{eioh.}(k-1), \quad (15)$$

де  $k = 1, 2, \dots$ ;

$$\lambda(k) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} P_i^{eioh.}(k-1) - \text{сума компонент вектора } C \cdot P(k-1);$$

Якщо квадратна матриця  $C$  така, що не розкладається, то розглянута процедура, відповідно до теореми Перона–Фробеніуса (Oskar Perron & Georg Frobenius) [2; 4; 5; 7 та ін.], приводить у граничному значенні до максимального особистого числа  $\lambda = \lim_{k \rightarrow \infty} \lambda(k)$  квадратної матриці  $C$  із відповідним особистим вектором, який визначається так:

$$P = \lim_{k \rightarrow \infty} P(k). \quad (16)$$

Таким чином, процес обчислення нормованої ітерованій «ваги» оцінок 12-бальної шкали є таким, що сходиться.

Здійснення процесу обчислення за формулою (13) відрізняється від простого сумування балів тим, що дозволяє врахувати побічні (непрямі) переваги оцінок 12-бальної шкали.

Здійснимо ці обчислення. Отже, обчислення за першою ітерацією тривіальне і подано у графах 14, 15 табл. 2. Обчислення за другою ітерацією таке:

$$P_{\tilde{R}_{12}}(2) = 1 \cdot 23 + 2 \cdot (21 + 19 + 17 + 15 + 13 + \dots + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 265;$$

$$P_{\tilde{R}_{11}}(2) = 1 \cdot 21 + 2 \cdot (19 + 17 + 15 + 13 + 11 + \dots + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 221;$$

$$P_{\tilde{R}_{10}}(2) = 1 \cdot 19 + 2 \cdot (17 + 15 + 13 + 11 + 9 + \dots + 7 + 5 + 3 + 1) = 181$$

$$P_{\tilde{R}_9}(2) = 1 \cdot 17 + 2 \cdot (15 + 13 + 11 + 9 + 7 + \dots + 5 + 3 + 1) = 145;$$

$$P_{\tilde{R}_8}(2) = 1 \cdot 15 + 2 \cdot (13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 113$$

$$P_{\tilde{R}_7}(2) = 1 \cdot 13 + 2 \cdot (11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 85$$

$$P_{\tilde{R}_6}(2) = 1 \cdot 11 + 2 \cdot (9 + 7 + 5 + 3 + 1) = 61$$

$$P_{\tilde{R}_5}(2) = 1 \cdot 9 + 2 \cdot (7 + 5 + 3 + 1) = 41$$

$$P_{\tilde{R}_4}(2) = 1 \cdot 7 + 2 \cdot (5 + 3 + 1) = 25$$

$$P_{\tilde{R}_3}(2) = 1 \cdot 5 + 2 \cdot (3 + 1) = 13$$

$$P_{\tilde{R}_2}(2) = 1 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 5$$

$$P_{\tilde{R}_1}(2) = 1 \cdot 1 = 1$$

Отримані результати подано у графі 16 табл. 2.

Сумарна «цінність» оцінок 12-бальної шкали на другій ітерації застосування МРП містить величину:

$$\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}(k) = P_{\tilde{R}_{12}}(2) + P_{\tilde{R}_{11}}(2) + P_{\tilde{R}_{10}}(2) + P_{\tilde{R}_9}(2) + P_{\tilde{R}_8}(2) + P_{\tilde{R}_7}(2) + P_{\tilde{R}_6}(2) + P_{\tilde{R}_5}(2) + P_{\tilde{R}_4}(2) + P_{\tilde{R}_3}(2) + P_{\tilde{R}_2}(2) + P_{\tilde{R}_1}(2) = 265 + 221 + 181 + 141 + 113 + 85 + 61 + 41 + 25 + 13 + 5 + 1 = 1156.$$

Відповідно до формул (13), (15) отримуємо такі значення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали:

$$P_{\tilde{R}_{12}}^{eioh.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_{12}}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_{12}}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{265}{1156} = 0,2293;$$

$$P_{\tilde{R}_{11}}^{eioh.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_{11}}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_{11}}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{221}{1156} = 0,1912;$$

$$P_{\tilde{R}_{10}}^{eioh.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_{10}}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_{10}}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{181}{1156} = 0,1566;$$

$$P_{\tilde{R}_9}^{eioh.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_9}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_9}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{145}{1156} = 0,1254;$$

$$P_{\tilde{R}_8}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_8}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_8}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{113}{1156} = 0,0978;$$

$$P_{\tilde{R}_7}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_7}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_7}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{85}{1156} = 0,0735;$$

$$P_{\tilde{R}_6}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_6}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_6}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{61}{1156} = 0,0528;$$

$$P_{\tilde{R}_5}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_5}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_5}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{41}{1156} = 0,0355;$$

$$P_{\tilde{R}_4}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_4}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_4}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{41}{1156} = 0,0216;$$

$$P_{\tilde{R}_3}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_3}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_3}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{13}{1156} = 0,0112;$$

$$P_{\tilde{R}_2}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_2}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_2}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{5}{1156} = 0,0043;$$

$$P_{\tilde{R}_1}^{ei\partial n.}(2) = \alpha_{\tilde{R}_1}(2) = \frac{C_{\tilde{R}_1}(2)}{\sum_{i=1}^{n=12} P_{\tilde{R}_i}} = \frac{1}{1156} = 0,0008.$$

Отримані коефіцієнти бажаності оцінок 12-бальної шкали є «зваженими», оскільки вони менше 1 і в сумі дорівнюють 1.

На кожній наступній ітерації значення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали  $P_{\tilde{R}_i}^{ei\partial n.}(k) = \alpha_{\tilde{R}_i}(k)$  уточнюються (див. графі 19, 21 табл. 2).

Оскільки у нашому конкретному випадку обчислення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали здійснюються з точністю до четвертого знаку після коми, то, як випливає з графі 21 табл. 2, наступні ітерації після третьої втрачають сенс.

На рис. 5 наочно проілюстровано динаміку диференціації (нелінійності) шуканих коефіцієнтів бажаності на кожній ітерації застосування МРП.

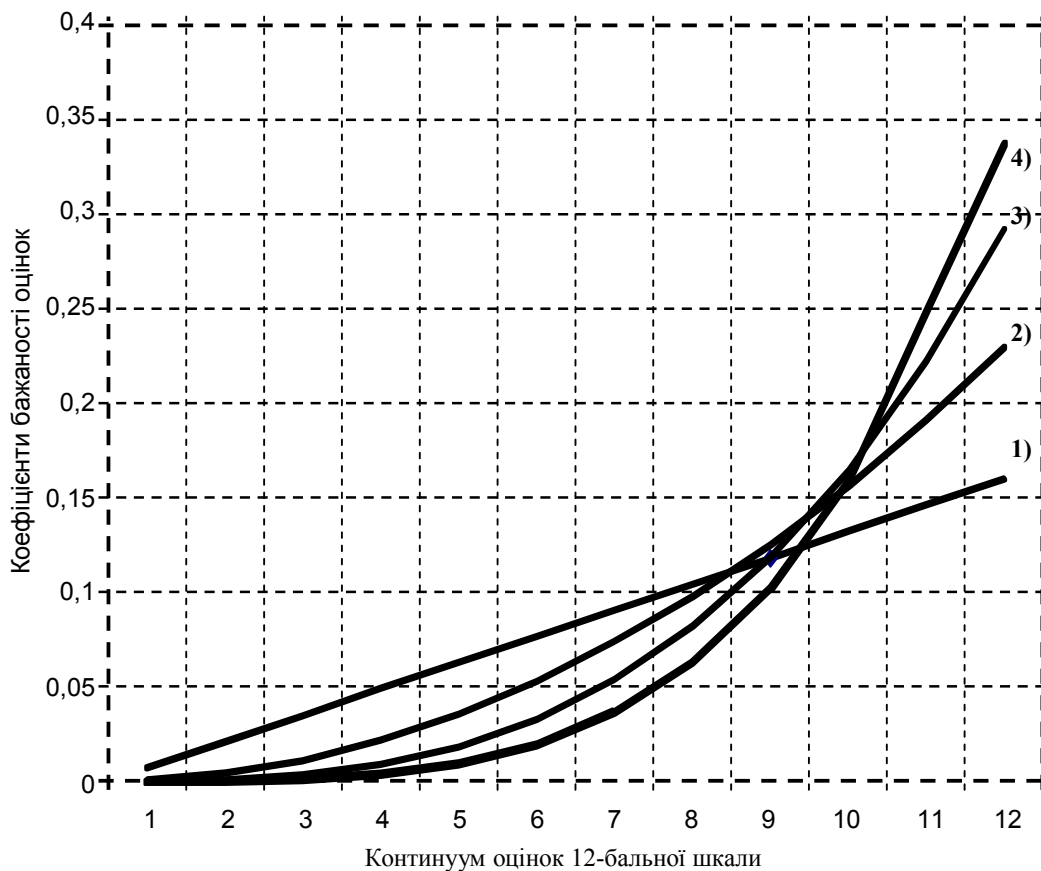


Рис. 5. Динаміка диференціації (нелінійності) коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали залежно від ітерації застосування методу розстановки пріоритетів: 1) – 4) – номери ітерацій методу

Як бачимо з табл. 2 та більш наочно рис. 5, на першій ітерації застосування МРП отримуємо лінійну залежність коефіцієнтів бажаності, що є неприйнятним, адже вона наближена до результатів застосування методу рангів (рис. 3). Результати проведення четвертої ітерації, де досягнуто максимальної диференціації коефіцієнтів бажаності за прийнятої точності їх обчислень, є також неприйнятними у тому розумінні, що МОН України, припускаючи, що оцінки 12-бальної шкали є позитивними [16], вважає [30], що інтегративна оцінка атестату «1», має отримати певний показник у ЗНО, а саме 106 балів (рис. 1, табл. 1).

Як зазначалося вище, застосування результатів третьої ітерації МРП (табл. 1, графа 19 табл. 2, рис. 5) призводить до значного розриву між оцінкою «12» та іншими високими оцінками шкали. Таким чином, ґрунтуючись на наведеному, вважаємо доцільним для подальших досліджень взяти за основу коефіцієнти бажаності оцінок 12-бальної шкали, отримані та другій ітерації застосування МРП.

Метод аналізу ієрархій не буде описано та застосовано у цій публікації, оскільки, *по-перше*, в такому випадку значно зросте її обсяг, *по-друге*, він потребує проведення спеціальних додаткових досліджень. Тому застосування МАІ має стати предметом обговорення іншої статті.

Таким чином, розв'язання першого завдання цієї публікації можна вважати в цілому виконаним.

**Удосконалення моделі нормування інтегративного показника атестату.** У дослідженнях [11; 20; 22; 23; 25; 26 та ін.] було доведено, що, якщо певним чином отримані однорідні та «зважені» показники (у нашому випадку – коефіцієнти бажаності оцінок 12-бальної шкали), то їхня агрегація в інтегративний показник відбувається на основі реалізації адитивного підходу:

$$\varphi = \frac{1}{m} \sum_{i=1, j=1}^{n=12, m} \alpha_{\bar{R}_{ij}}, \quad (17)$$

де  $\alpha_{\bar{R}_{ij}}$  –  $i$ -та оцінка 12-бальної шкали ( $i = \overline{1, m}$ ), яку має в атестаті певний абітурієнт з  $j$ -тої навчальної дисципліни (НД) ( $j = \overline{1, m}$ ).

Тоді, враховуючи, що МОН України розглядає не безперервний континуум 200-бальної шкали, а уявляє її складеною, тобто  $200=100+100$ , то нескладно, орієнтуючись на максимальне значення коефіцієнта бажаності оцінки 12 ( $\alpha_{\bar{R}_i}(2) = 0,2293$ ), визначитися з нормуванням та переведенням інтегративної оцінки шкільного атестату в показник ЗНО:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\varphi} = \frac{\varphi}{\alpha_{\bar{R}_{12}}} \cdot 100 = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_{\bar{R}_i}}{\alpha_{\bar{R}_{12}}} \cdot 100 \\ \varphi_{\text{ЗНО}} = 100 + \bar{\varphi} = 100 + \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_{\bar{R}_i}}{\alpha_{\bar{R}_{12}}} \cdot 100 \end{array} \right. \quad (18)$$

Однак, як зазначалося вище, певна обмеженість кількості НД в атестаті може призвести до отримання ризикованих інтегративних результатів середньої освіти і, навіть, виникненню у статистиці помилок I–II роду. Тому необхідно враховувати досвід досліджень [1; 11; 14; 19; 20; 22; 23; 25; 26; 33 та ін.], де доведено, що більш ефективним для задачі отримання інтегративного показника успішності у середній освіті може бути мультиплікативний підхід, реалізація якого для досліджень може відбуватися за допомогою функції бажаності Харрінгтона:

$$\varphi = n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \alpha_{\bar{R}_i}}. \quad (19)$$

Ця формула припускає можливість не абсолютної, як у випадку реалізації адитивного підходу (17), а лише відносної часткової компенсації невисоких значень коефіцієнтів бажаності за одними навчальними дисциплінами, високими значеннями з інших, що відповідає практиці навчання. З огляду на це, формула вигляду (18) дійсно може бути кількісним, однозначним, єдиним та універсальним інтегративним показником успішності середньої освіти. Враховуючи такі властивості, як адекватність, ефективність та статистична чутливість, узагальнену функцію бажаності (18) дійсно можна застосовувати у ролі критерію оптимізації. До того ж, у дослідженні [19] переконливо довели, що запропонований мультиплікативний підхід сприяє запобіганню виникненню помилок I–II роду, про які йшлося вище.



Нескладно здійснити перехід від (18) за показниками ЗНО:

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{\varphi} = \frac{\varphi}{\alpha_{\bar{R}_{12}}} \cdot 100 = \frac{\sqrt[m]{\prod_{i=1, j=1}^{n=12, m} \alpha_{\bar{R}_{ij}}}}{\alpha_{\bar{R}_{12}}} \cdot 100 \\ \varphi_{ЗНО} = 100 + \hat{\varphi} = 100 + \frac{\sqrt[m]{\prod_{i=1, j=1}^{n=12, m} \alpha_{\bar{R}_{ij}}}}{\alpha_{\bar{R}_{12}}} \cdot 100 \end{array} \right. \quad (20)$$

Таким чином, можна вважати розв'язаним друге завдання цієї публікації.

**Оцінювання ефективності запропонованого підходу до переведення інтегративно-го показника успішності середньої освіти у показник ЗНО.** Для цього необхідно здійснити порівняльний аналіз двох атестатів випускників 2015 року, які мають за підсумками навчання однакову суму балів (табл. 3). Ми акцентуємо увагу на таких показниках успішності, оскільки у цьому випадку особливості розроблених рекомендацій проявляються більш яскраво [22; 26].

Отже, з табл. 3 бачимо, що загальна сума балів атестату у двох абітурієнтів А і В становить 264 бали. Відповідно до рекомендацій МОН України, у такому випадку вони будуть мати однакові середні бали успішності («11»), тому за показниками ЗНО це має відповідати для кожного з них 190,5 балів за 200-бальною шкалою. Йдеться про однакове врахування результатів середньої освіти абітурієнтів А і В.

Таблиця 3

**Порівняльний аналіз ефективності різних методів врахування успішності шкільного навчання у показниках зовнішнього незалежного оцінювання**

№	Навчальна дисципліна	Абітурієнт А		Абітурієнт Б	
		Оцінка атестату	$\alpha_{\bar{R}_i}$	Оцінка атестату	$\alpha_{\bar{R}_i}$
1	2	3	4	5	6
1	Українська мова	11	0,1912	11	0,1912
2	Українська література	11	0,1912	11	0,1912
3	Світова література	11	0,1912	11	0,1912
4	Англійська мова	11	0,1912	11	0,1912
5	Історія України	10	0,1566	10	0,1566
6	Всесвітня історія	10	0,1566	10	0,1566
7	Економіка	11	0,1912	11	0,1912
8	Людина і світ	11	0,1912	10	0,1566
9	Географія	10	0,1566	10	0,1566
10	Алгебра	11	0,1912	12	0,2293
11	Геометрія	11	0,1912	12	0,2293
12	Астрономія	11	0,1912	12	0,2293
13	Біологія	12	0,2293	12	0,2293
14	Фізика	11	0,1912	12	0,2293
15	Хімія	11	0,1912	10	0,1566
16	Екологія	12	0,2293	11	0,1912
17	Художня культура	12	0,2293	12	0,2293
18	Інформатика	11	0,1912	12	0,2293
19	Технології	11	0,1912	10	0,1566

1	2	3	4	5	6
20	Фізична культура	12	0,2293	10	0,1566
21	Захист Вітчизни	12	0,2293	12	0,2293
<i>Державна підсумкова атестація</i>					
22	Українська мова	7	0,0735	10	0,1566
23	Історія України	12	0,2293	–	–
24	Біологія	12	0,2293	–	–
25	Математика	–	–	11	0,1912
26	Фізика	–	–	11	0,1912
27	Σ	264	4,634	264	4,6168
28	Середнє значення	11	0,1931	11	0,1924
29	Рекомендований показник 200-бальної шкали	190,5	184,2	190,5	183,9
30	Середнє геометричне значення	–	0,1889	–	0,1900
31	Рекомендований показник 200-бальної шкали	–	182,4	–	182,9

Якщо надати оцінкам атестату коефіцієнти бажаності, отримані на другій ітерації застосування МРП (графа 17 табл. 2, рис. 5), і скористатися формулою (16), то зазначені абітурієнти А і В будуть мати різні інтегративні показники успішності – 0,1931 і 0,1924. Подальше перетворення цих усереднених показників, відповідно до формули (17), підтверджує, що показники ЗНО для абітурієнта А становлять величину  $\varphi_{ЗНО}^A = 184,2$  балів 200-бальної шкали, що на 0,3 бали більше відповідного показника для абітурієнта В:  $\varphi_{ЗНО}^B = 183,9$  балів.

Наведене дозволяє зробити висновок, що абітурієнт А мав у ЗНЗ кращі навчальні успіхи, тому його показники ЗНО вищі відповідних результатів абітурієнта В.

Якщо, застосовуючи коефіцієнти бажаності оцінок атестату, знайти їх середнє геометричне значення (рядок 30 табл. 3), то ситуація з показниками ЗНО змінюється наступним чином. Відповідно до формули (19) показник ЗНО для абітурієнта А становитиме величину  $\varphi_{ЗНО}^A = 182,4$  балів 200-бальної шкали, а для абітурієнта В – на 0,5 балів більше, тобто,  $\varphi_{ЗНО}^B = 182,9$  балів. Отже, застосування мультиплікативного підходу шляхом застосування функції бажаності Харрінгтона призвело до більш обережних показників ЗНО стосовно простого усереднення коефіцієнтів бажаності оцінок атестату, що підтверджує їх ефективність.

У табл. 4 подано результати порівняльного аналізу показників ЗНО, що встановлено чинними нормативами і за допомогою наших рекомендацій. Рекомендації стосуються ситуації, коли інтегративна оцінка атестату чітко відповідає коефіцієнту бажаності певної оцінки 12-бальної шкали.

З цієї таблиці бачимо, що, зникаючи малі знання, яким мають відповідати оцінки «1», «2», «3» 12-бальної шкали, мають мізерні показники ЗНО, що відповідає «здоровому глузду». Оскільки показники ЗНО збільшуються нелінійно (залежно від коефіцієнтів бажаності оцінок), то це має стимулювати та мотивувати учнів на плідну навчальну діяльність і належне опанування спектром НД, що ними вивчаються.

Порівняння другого та третього рядків табл. 4 вказує на правильність вибору нами коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали, отриманих на другій ітерації застосування

**Співвідношення пропозицій урахування результатів шкільного навчання  
у показниках зовнішнього незалежного оцінювання**

Показники ЗНО	Оцінки 12-бальної шкали											
	$\tilde{R}_1$	$\tilde{R}_2$	$\tilde{R}_3$	$\tilde{R}_4$	$\tilde{R}_5$	$\tilde{R}_6$	$\tilde{R}_7$	$\tilde{R}_8$	$\tilde{R}_9$	$\tilde{R}_{10}$	$\tilde{R}_{11}$	$\tilde{R}_{12}$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Нормативні	106	112	118	124	133,5	143	152,5	162	171,5	181	190,5	200
Рекомендовані: II ітерація МРП	100,3	101,9	104,9	109,4	115,5	123,0	132,1	142,7	154,7	168,3	183,4	200
III ітерація МРП	100	100,3	101,2	103,1	106,3	111,3	118,4	128,1	140,7	156,6	173,3	200

МРП. З одного боку, за підсумками другої та третьої ітерацій коефіцієнтів бажаності та показники ЗНО, що відповідають інтегративній оцінці успішності, змінюються нелінійно. Однак у другій ітерації маємо незначний розрив між коефіцієнтами бажаності та показниками ЗНО, для високих оцінок 12-бальної шкали.

Таким чином, нами розв'язано третє завдання цієї публікації.

Отже, узагальнюючи отримані у статті нові наукові результати з переведення інтегративних показників навчання у показники ЗНО, вкажемо на такі важливі положення.

1. Проведено порівняльний аналіз ефективності методів встановлення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали, а саме: методу рангів і МРП. Визначено, що недоцільно застосовувати метод рангів, оскільки він дає лінійну залежність шуканих коефіцієнтів.

2. За прийнятої точності обчислень застосування МРП є доцільним для перших чотирьох ітерацій. Причому на четвертій ітерації коефіцієнт бажаності для найгіршої оцінки шкали «1» досягає 0, тому немає сенсу застосовувати її результати. Результати першої ітерації дають лінійну залежність коефіцієнтів бажаності, на третій ітерації досягається максимальна диференціація коефіцієнтів бажаності, однак досягається і значний розрив між оцінкою «12» та іншими оцінками шкали. Таким чином, більш прийнятними є коефіцієнти бажаності, отримані на другій ітерації застосування МРП, оскільки, з одного боку, вони є нелінійними, а з іншого – незначний розрив у показниках бажаності між оцінкою «12» та іншими оцінками.

3. Застосування коефіцієнтів бажаності незалежно від того, адитивний чи мультиплікативний підхід реалізовано для встановлення інтегративного показника успішності, призводить до обґрунтованих та більш точних показників ЗНО. Функція бажаності Харрінгтона, як реалізація мультиплікативного підходу, дає більш коректні (обережні) результати, які необхідно брати за основу.

4. Особливість наших рекомендацій щодо переведення результатів навчання у середній освіті в показники ЗНО полягає у тому, що вони сприяють запобіганню помилок I–II роду і є важливим з позицій забезпечення надійності.

5. Вважаємо, що подальші дослідження доцільно здійснювати у таких напрямках:

– застосування МАІ для встановлення коефіцієнтів бажаності оцінок 12-бальної шкали та оцінювання його ефективності;

– розроблення алгоритмічних процедур переведення результатів успішності навчання у середній освіті у показники ЗНО.

### Використані літературні джерела

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 278 с.
2. Батищев Д. И. Методы оптимального проектирования [Текст] / Д. И. Батищев. – М. : Радио и связь, 1984. – 248 с.
3. Берж К. Теория графов и ее применение [Текст] / К. Берж ; пер. с франц. – М. : ИЛ, 1962. – 320 с.
4. Блюмберг В. А. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов [Текст] / В. А. Блюмберг, В. Ф. Глушенко. – Л. : Лениздат, 1982. – 160 с.
5. Бронштейн И. Н. Справочник по математике (для инженеров и учащихся вузов) [Текст] : пер. с нем. / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев; под ред. Г. Гроше, В. Циглера. – Лейпциг : Тойбнер ; М. : Наука, 1981. – 719 с.
6. Васильев В. И. Основы квалиологии и квалиметрии образования [Текст] / В. И. Васильев, Т. Н. Тягунова. – М. : Изд. центр ЕАОИ, 2007. – 280 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей [Текст] / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
8. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии [Текст] / Дж. Гласс, Дж. Стенли ; общ. ред. Ю. П. Адлера ; пер. с англ. Л. И. Харусовой. – М. : Прогресс, 1976. – 496 с.
9. Денисов А. А. Теория больших систем управления [Текст] : учеб. пособ. / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 238 с.
10. Зовнішнє незалежне оцінювання навчальних досягнень випускників загальноосвітніх навчальних закладів : Інформаційні матеріали [Текст] / уклад. : І. Л. Лікарчук (наук. ред.) та ін. – Київ, 2007. – 288 с.
11. Камишин В. В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу [Текст] : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. – Київ : Інформаційні системи, 2012. – 270 с.
12. Камишин В. В. Процедура фазифікації/дефазифікації балів шкал оцінювання [Текст] / В. В. Камишин, О. М. Рева, Л. М. Макаренко, О. М. Медведенко // Електроніка та системи управління : наук. журн. – 2012. – № 3 (33). – С. 53–62.
13. Камишин В. В. Системно-інформаційний аналіз ефективності шкал кваліметрії академічної обдарованості [Текст] / В. В. Камишин // Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. – Київ : НАУ-друк, 2013. – Вип. 2 (42). – С. 45–55.
14. Камышин В. В. Разработка методических рекомендаций для педагогов по интегральной оценке академической и интеллектуальной одаренности обучающихся [Текст] / В. В. Камышин // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – Челябинск : ЧИППКРО, 2013. – № 3–4 (16–17). – С. 108–118.
15. Кириллов В. И. Квалиметрия и системный анализ [Текст] : учеб. пособ. / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.
16. Критерії оцінювання навчальних досягнень у системі загальної середньої освіти (проект) // Освіта. – 2000. – № 37.
17. Марченко Е. К. Методы квалиметрии в педагогике [Текст] / Е. К. Марченко. – М. : Знание, 1979. – 33 с.
18. Михеев В. И. Моделирование и методы теории измерений в педагогике [Текст] / В. И. Михеев. – М. : Высшая школа, 1987. – 200 с.
19. Мультипликативный подход к интегральной оценке уровня профессиональной подготовки авиационных операторов [Текст] / А. Н. Рева, В. А. Шульгин, С. П. Борсук [и др.] // *Elmi məsnuələg: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*. – Bakı, İyul–Sentyabr, 2014. – Child 16. – С. 42–53.
20. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. – Т. 3: Эффективность технических систем [Текст] / под общ. ред. : В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
21. Пфанцагель И. Теория измерений [Текст] / И. Пфанцагель. – М. : Мир, 1976. – 248 с.
22. Рева О. М. Інноваційний підхід до вдосконалення зовнішнього незалежного оцінювання [Текст] / О. М. Рева, В. В. Камишин, Н. А. Добровольська // Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи : Збірник наукових праць [Текст] / М. Мадзігон (гол. ред.) та ін. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2016. – Вип. 1 (16). – С. 37–53.
23. Рева О. М. Інтегральна оцінка та статистична «норма» недисциплінованості (за даними опитування студентів) [Текст] / О. М. Рева, О. П. Максимова // Вісник Національного авіаційного університету: зб. наук. пр. – Вип. 1. – Київ : НАУ-друк, 2009. – С. 78–84. – (Серія: «Педагогіка. Психологія»).
24. Рева О. М. Кількісна і лінгвістична відповідність рівнів сформованості компетентності студентів [Текст] / О. М. Рева, В. В. Камишин, О. В. Тімець // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика : зб. наук. пр. – Вип. 14. – Київ : ІОД, 2010. – С. 88–101.
25. Рева О. М. Однокрокові методи рішення задач з векторним показником ефективності: методичні вказівки до вивчення курсу «Основи теорії прийняття рішень» [Текст] / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1996. – 23 с.

26. Рева О. М. Проблеми урахування успішності шкільного навчання абітурієнтів в показниках зовнішнього незалежного оцінювання [Текст] / О. М. Рева, В. В. Камишин, Н. А. Добровольська // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016): матер. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 24–26 травня 2016 р.). – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 70–76.
27. Рева О. М. Розвиток процедур застосування методів розпізнавання образів для визначення маргинальності думок учасників навчально-виховного процесу [Текст] / О. М. Рева, О. В. Тімець // Вища освіта України: Теоретичний та наук.-метод часопис. – Додаток 4. – Т. III, 2009. – С. 459–470. – (Серія: «Педагогіка»).
28. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
29. Самохвалов Ю. Я. Экспертное оценивание: Методический аспект [Текст] / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – Київ : ДУИКТ, 2007. – 362 с.
30. Про умови прийому на навчання до вищих навчальних закладів України в 2016 році : наказ Міністерства освіти і науки України 15 жовтня 2015 р. № 1085.
31. Федієнко В. В. Шляхом Болонського процесу: Порівняльний аналіз ефективності шкал вимірювання і оцінювання знань [Текст] / В. В. Федієнко // Наукові праці академії. – Вип. IX. – Кіровоград : ДЛІАУ, 2005. – С. 212–232.
32. Циба В. Т. Основи теорії кваліметрії [Текст] : навч. посіб. / В. Т. Циба. – КИЇВ : ІЗМН, 1997. – 160 с.
33. Harrington E. C. Desirability Function [Текст] / E. C. Harrington // Industrial Quality Control, april 1965. – v. 21. – № 10. – P. 494–498.

### Bibliography

1. Adler Yu. P. Planirovaniye eksperymenta pry poyske optymalnykh uslovyi [Tekst] / Yu. P. Adler, E. V. Markova, Yu. V. Hranovskyi. – М. : Nauka, 1976. – 278 s.
2. Batyshchev D. Y. Metody optymalnogo proektyrovaniya [Tekst] / D. Y. Batyshchev. – М. : Radyo y sviaz, 1984. – 248 s.
3. Berzh K. Teoriya hrafov y ee prymerenyye [Tekst] / K. Berzh ; per. s frants. – М. : YL, 1962. – 320 s.
4. Bliumberh V. A. Kakoe reshenye luchshe? Metod rasstanovky pryorytetov [Tekst] / V. A. Bliumberh, V. F. Hlushchenko. – L. : Lenydat, 1982. – 160 s.
5. Bronshtein Y. N. Spravochnik po matematyke (dlya ynzhenеров y uchashchykhsia vuzov) [Tekst] : per. s nem. / Y. N. Bronshtein, K. A. Semendiaev; pod red. H. Hroshe, V. Tsyhlera. – Leiptsyh : Toibner ; М. : Nauka, 1981. – 719 s.
6. Vasylev V. Y. Osnovy kvalyolohyy y kvalymetryy obrazovaniya [Tekst] / V. Y. Vasylev, T. N. Tiahunova. – М. : Yzd. tsentr EAOY, 2007. – 280 s.
7. Venttsel E. S. Teoriya veroiatnostei [Tekst] / E. S. Venttsel. – М. : Nauka, 1969. – 576 s.
8. Hlass Dzh. Statysticheskiye metody v pedahohyke y psykholohyy [Tekst] / Dzh. Hlass, Dzh. Stenly ; obshch. red. Yu. P. Adlera ; per. s anhl. L. Y. Kharusovoi. – М. : Prohress, 1976. – 496 s.
9. Denysov A. A. Teoriya bolshykh system upravleniya [Tekst] : ucheb. posob. / A. A. Denysov, D. N. Kolesnykov. – L. : Enerhoizdat, 1981. – 238 s.
10. Zovnishnie nezalezhne otsiniuvannia navchalnykh dosiahnen vypusnykiv zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv : Informatsiini materialy [Tekst] / uklad. : I. L. Likarchuk (nauk. red.) ta in. – Kyiv, 2007. – 288 s.
11. Kamyshyn V. V. Metody systemnogo analizu u kvalimetrii navchalno-vykhovnogo protsesu [Tekst] : monohrafiia / V. V. Kamyshyn, O. M. Reva. – Kyiv : Informatsiini systemy, 2012. – 270 s.
12. Kamyshyn V. V. Protседura fazyfikatsii/defazyfikatsii baliv shkal otsiniuvannia [Tekst] / V. V. Kamyshyn, O. M. Reva, L. M. Makarenko, O. M. Medvedenko // Elektronika ta systemy upravlinnia : nauk. zhurn. – 2012. – № 3 (33). – S. 53–62.
13. Kamyshyn V. V. Systemno-informatsiyni analiz efektyvnosti shkal kvalimetrii akademichnoi obdarovanosti [Tekst] / V. V. Kamyshyn // Problemy informatyzatsii ta upravlinnia : zb. nauk. pr. – Kyiv : NAU-druk, 2013. – Вып. 2 (42). – S. 45–55.
14. Kamyshyn V. V. Razrabotka metodycheskykh rekomendatsyi dlia pedahohov po yntehralnoi otsenke akademicheskoi y yntellektualnoi odarennosti obuchaiushchykhsia [Tekst] / V. V. Kamyshyn // Nauchnoe obespecheniye systemy povysheniya kvalyfykatsyy kadrov. – Cheliabynsk : ChYPPKRO, 2013. – № 3–4 (16–17). – S. 108–118.
15. Kyryllov V. Y. Kvalymetryia y systemnyi analiz [Tekst] : ucheb. posob. / V. Y. Kyryllov. – Mynsk : Novoe znanye ; М. : YNFRA-M, 2011. – 440 s.

## Розділ І. Педагогічні проблеми обдарованої особистості

16. Kryterii otsiniuvannia navchalnykh dosiahnen u systemi zahalnoi serednoi osvity (proekt) // Osvita. – 2000. – № 37.
17. Marchenko E. K. Metody kvalymetryy v pedahohyke [Tekst] / E. K. Marchenko. – M. : Znanye, 1979. – 33 s.
18. Mykheev V. Y. Modelyrovanye y metody teoryy yzmerenyi v pedahohyke [Tekst] / V. Y. Mykheev. – M. : Vysshaia shkola, 1987. – 200 s.
19. Mulyplykatyvnyi podkhod k yntehralnoi otsenke urovnia professyonalnoi podhotovky avyatsyonnykh operatorov [Tekst] / A. N. Reva, V. A. Shulhyn, S. P. Borsuk [y dr.] // Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin. – Baki, Iyul–Sentyabr, 2014. – Child 16. – C. 42–53.
20. Nadezhnost y efektyvnost v tekhnike : spravochnyk v 10 t. – T. 3: Efektyvnost tekhnicheskyykh system [Tekst] / pod obshch. red. : V. F. Utkyna, Yu. V. Kriuchkova. – M. : Mashynostroenye, 1988. – 328 s.
21. Pfantsahl Y. Teoryia yzmerenyi [Tekst] / Y. Pfantsahl. – M. : Myr, 1976. – 248 s.
22. Reva O. M. Innovatsiyni pidkhdid do vdoskonalennia zovnishnoho nezalezhnogo otsiniuvannia [Tekst] / O. M. Reva, V. V. Kamyshchyn, N. A. Dobrovolska // Pedahohichni innovatsii: idei, realii, perspektyvy : Zbirnyk naukovykh prats [Tekst] / M. Madzihon (hol. red.) ta in. – Kyiv : Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy, 2016. – Vyp. 1 (16). – C. 37–53.
23. Reva O. M. Intehralna otsinka ta statystychna «norma» nedystyplinovanosti (za danymy opytuvannia studentiv) [Tekst] / O. M. Reva, O. P. Maksymova // Visnyk Natsionalnoho aviatsiinoho universytetu: zb. nauk. pr. – Vyp. 1. – Kyiv : NAU-druk, 2009. – S. 78–84. – (Serii: «Pedahohika. Psykhologhiia»).
24. Reva O. M. Kilkisna i linhvistychna vidpovidnist rivniv sformovanosti kompetentnosti studentiv [Tekst] / O. M. Reva, V. V. Kamyshchyn, O. V. Timets // Navchannia i vykhovannia obdarovanoi dytyny: teoriia i praktyka : zb. nauk. pr. – Vyp. 14. – Kyiv : IOD, 2010. – S. 88–101.
25. Reva O. M. Odnokrokovy metody rishennia zadach z vektornym pokaznykom efektyvnosti: metodychni vkazivky do vyvchennia kursu «Osnovy teorii pryiniattia rishen» [Tekst] / O. M. Reva. – Kirovohrad : DLAU, 1996. – 23 s.
26. Reva O. M. Problemy urakhuvannia uspishnosti shkilnoho navchannia abiturientiv v pokaznykakh zovnishnoho nezalezhnogo otsiniuvannia [Tekst] / O. M. Reva, V. V. Kamyshchyn, N. A. Dobrovolska // Suchasni informatsiini ta innovatsiini tekhnolohii na transporti (MINTT–2016): mater. VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (Kherson, 24–26 travnia 2016 r.). – Kherson : KhDMA, 2016. – S. 70–76.
27. Reva O. M. Rozvytok protsedur zastosuvannia metodiv rozpiznavannia obraziv dlia vyznachennia marhynalnosti dumok uchasnykiv navchalno-vykhovnoho protsesu [Tekst] / O. M. Reva, O. V. Timets // Vyshcha osvita Ukrainy: Teoretychni ta nauk.-metod chasopys. – Dodatok 4. – T. III, 2009. – S. 459–470. – (Serii: «Pedahohika»).
28. Saaty T. Pryniatye reshenyi: Metod analiza yerarkhyi [Tekst] : per. s anhl. R. H. Vachnadze / T. Saaty. – M. : Radyo y sviaz, 1993. – 278 s.
29. Samokhvalov Yu. Ya. Ekspertnoe otsenyvanye: Metodycheskyi aspekt [Tekst] / Yu. Ya. Samokhvalov, E. M. Naumenko. – Kyiv : DUKIT, 2007. – 362 c.
30. Pro umovy pryiomu na navchannia do vyshchykh navchalnykh zakladiv Ukrainy v 2016 rotsi : nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrainy 15 zhovtnia 2015 r. № 1085.
31. Fediienko V. V. Shliakhom Bolonskoho protsesu: Porivnialnii analiz efektyvnosti shkal vymiriuvannia i otsiniuvannia znan [Tekst] / V. V. Fediienko // Naukovi pratsi akademii. – Vyp. IKh. – Kirovohrad : DLAU, 2005. – S. 212–232.
32. Tsyba V. T. Osnovy teorii kvalimetrii [Tekst] : navch. posib. / V. T. Tsyba. – KYIV : IZMN, 1997. – 160 s.
33. Harrington E. C. Desirability Function [Tekst] / E. C. Harrington // Industrial Quality Control, april 1965. – v. 21. – № 10. – R. 494–498.