

УДК 004.832.2:519.23

ПРОЦЕДУРА ПОБУДОВИ МЕДІАНИ КЕМЕНІ ЯК ОСТАТОЧНОЇ ГРУПОВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВАГ

В. В. Камишин, канд. техн. наук,
Інститут обдарованої дитини
Національної академії педагогічних наук України

e-mail: kvv@iod.gov.ua

Уперше в практиці досліджень у дидактиці застосовано медіану Кемені, яка розв'язує задачу непараметричної оптимізації в мінімізації відхилень думок окремих експертів-студентів про значущість характерних рис недисциплінованості від загальногрупової думки. Отримане емпіричне значення медіани має надзвичайно високий ступінь збігу (значення коефіцієнта рангової кореляції Спірмена майже ідеальне: $R_S = 0,9984$) з узгодженою (коефіцієнт конкордації за Кендалом $W = 0,7988$ статистично достовірний на рівні значущості $\alpha = 0,2\%$) груповою системою переваг, побудованою за допомогою стратегії підсумовування та усереднювання рангів.

Ключові слова: характерні риси недисциплінованості, групова система переваг, ступінь узгодженості думок експертів, непараметрична оцінка, медіана Кемені.

Kemeny's median is applied for the first time in the practice of research in didactics. It solves the problem of non-parametric optimization in minimization the deviations from all-group opinion of individual expert-students' opinions on the importance of indiscipline characteristics. The resulting empirical median value has extremely high degree of coincidence (the Spearman rank correlation coefficient is almost perfect: $R_S = 0,9984$) with a consistent (a concordance coefficient by Kendall $W = 0,7988$ is statistically reliable at the level of significance $\alpha = 0,2\%$) with the group system of preferences, built through the strategy of summation and ranks averaging.

Keywords: characteristics of indiscipline, group benefits system, the degree of experts' opinion consistency, non-parametric estimation, the Kemeni median.

Вступ

Прийняття рішень (ПР) — найбільш часто повторюваний вид інтелектуальної діяльності людини (за деякими підрахунками до 10 000 (!) виборів/день [1]) [2; 3]. Згідно з працею [4, 5] ПР — це емоційно-вольовий акт цілеспрямованого вибору однієї стратегії, альтернативи, результату, об'єкта з деякого їх числа шляхом перетворення початкової інформації, коли ситуація невизначена. Таким чином, якщо вибір здійснюється людиною, яка приймає рішення (ЛПР), то простий метод ПР — це знаходження системи переваг (СП) ЛПР, яку, враховуючи [6–8], розумітимемо як будь-яку форму впорядкування (ранжування) досліджуваних альтернатив (у контексті цієї статті — від найбільш до найменш значущих). У цьому випадку вибір очевидний, оскільки найважливіша альтернатива знаходиться на першому місці, наступна за значущістю — на другому і т. д. і т. п.

Не менш важливими є групові СП (ГСП), оскільки групові вибори традиційно вважаються більш раціональними, ніж індивідуальні [6]. Проте в методах визначення індивідуальних і групових СП, а також ступені їх узгодженості зазвичай спостерігається поширена помилка, яка полягає в тому, що відповіді експертів прагнуть розглядати як числа, тому дослідники займаються «оцифруванням» відповідних думок, припи-

суючи їм чисельні значення-бали, які потім обробляють методами прикладної статистики, нібито як результати звичайних фізико-технічних вимірів. І оскільки відповіді експертів зазвичай — не числа, а такі об'єкти нечислової природи, як градації якісних ознак, ранжування, розбиття, результати парних порівнянь, нечіткі переваги і т. д., то для їхнього аналізу корисними є методи статистики об'єктів нечислової природи. Вищезазначене є цілком закономірним, оскільки ЛПР мислить не числами, і перехід від прийнятності до неприйнятності якогось об'єкта або явища відбувається не стрибкоподібно, а поступово [7; 9].

На основі з вищезазначеного необхідно вважати актуальною проблему вдосконалення процедур групового вибору.

Аналіз досліджень та публікацій

З аналізу наукових джерел [7; 8; 10–19 та ін.] можна зробити висновок, що в абсолютній більшості випадків ГСП визначається за допомогою такої стратегії групових рішень, як підсумовування та усереднювання рангів індивідуальних СП учасників експертизи. Далі встановлюється статистична достовірність ГСП на заданому рівні значущості α , у разі позитивного результату, робиться висновок про її застосування у подальших дослідженнях проблемних ситуацій та процедурах ПР. Проте при цьому виникає закономірне

запитання: чи відображає отримана таким чином ГСП істинну думку експертів про переваги впорядкованих об'єктів? Відповідь на нього може дати застосування непараметричних методів ранжирування, наприклад, класичних критеріїв ПР, апробація яких із вказаною метою проведена в роботах [8; 20–24]. Отримані за їх допомогою ГСП мають міру ризику-невизначеності, адекватну відповідній характеристиці кожного із застосованих критеріїв (Вальда, Севіджа, Байеса–Лапласа, Гурвиця).

Разом з тим застосування класичних критеріїв не вичерпує усього різноманіття непараметричних методів знаходження ГСП, серед яких необхідно виокремити медіану Кемені [17–19; 25; 26].

Постановка завдання досліджень

Таким чином, виходячи з проведеного аналізу, метою цієї статті є подальша розробка й адаптація процедур визначення ГСП шляхом непараметричного розв'язку оптимізаційної задачі мінімізації сумарної відстані від експерта-кандидата в «середнє» до думок усіх інших експертів.

Знайдену у такий спосіб «середню» думку називають *медіаною Кемені*. Причому її визначення буде проілюстровано на характерних рисах недисциплінованості (ХРН) студентів.

Така увага автора не лише до проблем інформаційних технологій та експертних процедур, але і до проблем недисциплінованості не випадкова і пояснюється таким:

1. Характером професійної діяльності, пов'язаної з навчанням і вихованням молодого покоління;

2. Ознайомленням з цікавим документом ІСАО (міжнародна організація цивільної авіації, членом якої є Україна) [27], у якому наведено одинадцять ХРН і відповідні антидоти їх подолання в процесі професійної підготовки курсантів-пілотів.

Оскільки проблема дисциплінованості характерна для будь-якої галузі людської діяльності, а найлегше її коригувати у процесі навчання, то в табл. 1 подано більш повний перелік ХРН, складений з урахуванням досвіду ІСАО:

Таблиця 1

Характерні риси недисциплінованості студентів, що проявляються в процесі навчання

Позначення риси, H_i	Опис особливостей прояву характерних рис недисциплінованості в навчальному процесі
1	2
H_1	Пропускає заняття без поважних причин
H_2	Вважає, що все неправильно: критикує систему навчання, обладнання та взагалі все, що його оточує
H_3	Вороже ставиться до оточуючих, прискіпливий, завжди готовий до сварки та провокує її
H_4	Надмірно наполегливий, прагне за будь-яку ціну, навіть за рахунок товаришів, виконати доручене, вищою мірою егоїстичний
H_5	Базика, працює ліниво та повільно, не шкодує часу
H_6	Боязкий, боїться своїх товаришів і викладачів; працює один; як правило, не просить допомоги і не прагне до успіху
H_7	Незацікавлений, завжди неуважний та квапливий
H_8	«Усезнайка», бачить мало користі від занять, сам собі викладач; вважає, що його система підготовки краща; простакуватий і балакучий
H_9	Повільний, йому завжди бракує часу для завершення роботи, хоча завжди виконує те, що необхідно
H_{10}	Не визнає колективних дій
H_{11}	Ухиляється від роботи на заняттях
H_{12}	Не виконує вказівок і робить усе по-своєму
H_{13}	Не робить спроби допомогти товаришам або викладачам
H_{14}	Безвідповідальний, безтурботний, недбалий у використанні обладнання, неохайний, нетактовний
H_{15}	Неуважний, у якого думки завжди сконцентровані не на предметі вивчення, плутає реальне з вигадкою
H_{16}	Імпульсивний, прагне якнайшвидше отримати результат, не замислюючись над його правильністю
H_{17}	Несамостійний, іде на поводу в товаришів
H_{18}	Систематично запізнюється на заняттях
H_{19}	Не виконує домашні завдання
H_{20}	Не відвідує загальноінститутські, загальнофакультетські заходи
H_{21}	Несвоєчасно повертає книжки до бібліотеки

3. Явище недисциплінованості студентів визнане в Україні на державному рівні. Так, одним з очікуваних позитивів приєднання вітчизняної освітньої системи до Болонських домовленостей є «підвищення мотивації до навчання та відвідування занять» [28].

Визначення попередньої ГСП студентів на множині ХРН

До досліджень було залучено 179 студентів-менеджерів, які, застосовуючи попарне порівняння і такий спосіб виявлення індивідуальних переваг, як частина сумарної інтенсивності [7; 8], побудували відповідні СП. При цьому вкажемо, що оцінка значущості ХРН проводилася з позицій негативного впливу на проведення занять.

Далі, застосовуючи таку вищезазначену стратегію групових рішень, як підсумовування та усереднювання рангів, було отримано ГСП випробовуваних студентів на множині $n = 21$ ХРН.

Для з'ясування питання її узгодженості було обчислено коефіцієнт конкордації за Кендаллом і зроблено перевірку статистичної гіпотези його достовірності за допомогою критерію χ^2 .

Установлено, що отримане емпіричне значення коефіцієнта конкордації $W_{m=179} = 0,2247$ є статистично достовірним, оскільки виконується умова:

$$\chi_{\text{факт.}}^2 = 804,3 \gg \chi_{20; 0,2\%}^2 = 45,31.$$

Невелике абсолютне значення коефіцієнта конкордації пояснюється як значним об'ємом вибірки випробовуваних ($m = 179$), так і кіль-

кістю упорядковуваних альтернатив-ХРН ($n = 21$), що, безумовно, і вплинуло на варіативність думок студентів і, в результаті, на абсолютну величину W . При цьому було встановлено, що сім випробовуваних є явними маргіналами, оскільки в індивідуальних СП поставили на 1–2-те місце ХРН H_{20} і H_{21} , що хоча і характеризують недисциплінованість, але жодним чином не можуть безпосередньо негативно вплинути на проведення занять. При цьому навіть не беручи до уваги їхні думки, у новій ГСП, що об'єднує дані опитування вже $m = 172$ студентів про значущість ХРН, варіативність їхніх думок виявилася також незвичайно високою.

Тобто коефіцієнт конкордації збільшився усього на 6 % та склав величину $W_{m=172} = 0,2379$, хоча перевірка статистичної гіпотези підтвердила його значущість

$$\chi_{\text{емп.}}^2 = 819,724 \gg \chi_{k=20; \alpha=0,2\%}^2 = 45,31,$$

як і в попередньому випадку, не виконується критерій достатності абсолютної величини коефіцієнта конкордації [19]:

$$W \geq 0,7 \dots, 0,8. \quad (1)$$

Отже, враховуючи, що в ГСП суперечливі думки студентів можуть бути усередненими (і справді були усередненими), для більш об'єктивного виявлення маргіналів було адаптовано методи теорії розпізнавання образів [7; 20]. Послідовне триразове ітераційне застосування цих методів дозволило редукувати початкову вибірку респондентів до $m = 36$ студентів (табл. 2).

Таблиця 2

Індивідуальні системи переваг студентів на множині характерних рис недисциплінованості

j	Ранги характерних рис недисциплінованості в індивідуальних системах переваг студентів																				
	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	H_{14}	H_{15}	H_{16}	H_{17}	H_{18}	H_{19}	H_{20}	H_{21}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
13	1	6	2,5	8,5	21	16,5	11	6	15	10	6	8,5	13	20	14	12	16,5	2,5	4	18,5	18,5
16	10	5	4	3	14	19,5	11	6	17,5	17,5	2	8	12	21	13	9	15,5	7	1	15,5	19,5
20	1	2,5	5,5	2,5	17	15	12,5	8	18	11	5,5	9,5	14	21	12,5	9,5	16	5,5	5,5	20	19
22	5,5	4	11	7,5	21	13	17	9,5	16	12	2	1	14,5	18,5	14,5	7,5	9,5	3	5,5	18,5	20
23	2	3,5	1	9,5	17	14,5	13	5,5	17	12	5,5	3,5	11	17	14,5	9,5	19	7	8	20	21
24	3	9,5	4	7	16	20,5	15	11	20,5	13	5,5	5,5	9,5	19	12	14	8	2	1	17	18
28	2	9,5	3,5	3,5	17,5	14,5	13	7,5	16	11	5,5	7,5	12	21	14,5	9,5	17,5	1	5,5	19	20
30	5,5	7,5	2,5	1	12	16	13,5	7,5	18	10,5	2,5	9	13,5	20,5	16	10,5	16	4	5,5	20,5	19
32	2	12,5	1	5	9,5	17	12,5	9,5	18	5	9,5	14,5	3	19	14,5	9,5	16	7	5	20,5	20,5
33	2	3	1	17,5	12	15	12	8	17,5	10	4,5	4,5	14	19	12	6,5	16	6,5	9	20,5	20,5
34	2,5	8,5	1	5,5	18	14	13	5,5	15,5	11	5,5	2,5	12	21	15,5	5,5	18	10	8,5	20	18
37	3	11,5	1,5	4	16	17	15	1,5	18	13,5	8,5	5	13,5	20	11,5	8,5	7	10	6	21	19
86	1	2	5	10	15	12,5	12,5	9	16,5	11	7,5	7,5	14	19	18	6	16,5	3,5	3,5	20,5	20,5
88	3,5	3,5	1	10	13	14,5	11	5,5	16	9	5,5	7,5	12	20,5	18	14,5	17	2	7,5	19	20,5
91	1	2	3	10,5	15,5	18	17	5,5	12	14	5,5	4	9	19	13	10,5	15,5	7,5	7,5	20	21
94	2,5	7,5	7,5	10	13	14,5	14,5	9	16	11	2,5	4	6	20,5	18	12	17	5	1	19	20,5
121	10	5	1,5	5	15	14	11,5	1,5	16,5	11,5	8,5	5	13	20	16,5	3	18	7	8,5	19	21
127	2	3	1	16	4	15	13	5,5	17,5	12	7	5,5	14	20,5	10,5	8	17,5	10,5	9	20,5	19
128	1	9,5	2	4,5	15,5	13,5	12	9,5	17,5	11	4,5	3	15,5	21	13,5	7	17,5	7	7	19,5	19,5
133	3	8	1	3	16	11,5	13,5	5	20,5	6,5	17	6,5	11,5	18,5	15	3	13,5	9,5	9,5	20,5	18,5
134	3	13	1,5	5	19	11	15	9,5	21	9,5	8	4	13	20	16	1,5	13	6,5	6,5	17	18
135	2,5	2,5	1	12,5	6,5	14	11	8,5	18,5	18,5	5	4	12,5	16,5	16,5	8,5	15	6,5	10	20	21
136	8,5	8,5	4	4	13,5	15	13,5	10	18	16	6,5	1	17	20	11,5	6,5	11,5	4	2	21	19
137	4,5	9,5	1	9,5	19	16,5	13	2	18	14	6,5	4,5	16,5	11	12	3	15	6,5	8	20	21
140	1	2,5	2,5	10	15	18	16,5	4	16,5	13	5,5	7	11	20	14	9	12	5,5	8	20	20

Закінчення табл. 2

j	Ранги характерних рис недисципованості в індивідуальних системах переваг студентів																				
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	H ₁₄	H ₁₅	H ₁₆	H ₁₇	H ₁₈	H ₁₉	H ₂₀	H ₂₁
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
141	3,5	2	1	5	14	17	13	9,5	18	12	6	3,5	11	21	15,5	7	15,5	8	9,5	19	20
142	5	7,5	1	13	14	11,5	11,5	3	19	16	7,5	2	16	16	4	7,5	18	7,5	10	20	21
144	2	6,5	1	9	12,5	17	11	15,5	18	10	5	6,5	12,5	21	15,5	8	14	3	4	19,5	19,5
145	15	5	1	2,5	16	11,5	9	6	10	17,5	4	7	13	19	14	11,5	17,5	8	2,5	20	21
147	1,5	4	1,5	8	17	16	11,5	9	18	13,5	5	3	11,5	19,5	13,5	7	15	6	10	21	19,5
152	2	1	6	3,5	16	14,5	14,5	3,5	13	8	12	6	11	20,5	17	6	18	10	9	19	20,5
154	10	5	4	3	15,5	18,5	11	6,5	15,5	17	1	8	12	18,5	13	9	14	6,5	2	20	21
167	3	1	2	7	15,5	15,5	17	7	12	11	5	4	10	19,5	14	13	18	9	7	19,5	21
169	1,5	3	1,5	6	17,5	17,5	15,5	7	14	11	9,5	4	12	19,5	13	9,5	15,5	8	5	19,5	21
171	2	8	2	2	20	14,5	13	4	17	12	6	5	9,5	21	14,5	9,5	18,5	11	7	16	18,5
172	6	1	2	9,5	9,5	17	11	3	15	8	6	4	13,5	21	16	6	18,5	13,5	12	18,5	20
Σ	134,5	203,5	93,5	253	538,5	551	470,5	244	601	429,5	219	195,5	439	700	507	298	556,5	237	230,5	699	715,5
r _д	2	4	1	9	15	16	13	8	18	11	5	3	12	20	14	10	17	7	6	19	21

Застосовуючи до даних табл. 2 ту саму стратегію підсумовування та усереднювання рангів, отримуємо таку ГСП:

$$\begin{aligned}
 & H_3 \underset{m=36}{\succ} H_1 \underset{m=36}{\succ} H_{12} \underset{m=36}{\succ} H_2 \underset{m=36}{\succ} H_{11} \underset{m=36}{\succ} H_{19} \underset{m=36}{\succ} \\
 & \underset{m=36}{\succ} H_{18} \underset{m=36}{\succ} H_8 \underset{m=36}{\succ} H_4 \underset{m=36}{\succ} H_{16} \underset{m=36}{\succ} H_{10} \underset{m=36}{\succ} H_{13} \underset{m=36}{\succ} \\
 & \underset{m=36}{\succ} H_7 \underset{m=36}{\succ} H_{15} \underset{m=36}{\succ} H_5 \underset{m=36}{\succ} H_6 \underset{m=36}{\succ} H_{17} \underset{m=36}{\succ} H_9 \underset{m=36}{\succ} \\
 & \underset{m=36}{\succ} H_{20} \underset{m=36}{\succ} H_{14} \underset{m=36}{\succ} H_{21}.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де $\underset{m=36}{\succ}$ — позначення переваги однієї ХРН над іншою в ГСП, отриманою після відсіювання думок студентів-маргіналів.

Для ГСП (2) емпіричне значення коефіцієнта конкордації $W_{m=36} = 0,7988$ не лише задовольняє критерій (1), але і є статистично достовірним, оскільки виконується умова:

$$\chi_{\text{емп.}}^2 = 575,132 \gg \chi_{k=20; \alpha=0,2\%}^2 = 45,31.$$

І тепер виникає питання: якщо ГСП (2) статистично достовірно узгоджена, то яким же має бути істинне групове рішення?

Побудова медіани Кемені як остаточної ГСП студентів на ХРН

Обчислення медіани Кемені — завдання цілочислового програмування. Для її визначення застосовують різні алгоритми дискретної математики, зокрема, використовують метод гілок і границь. Також застосовують алгоритми, що ґрунтуються на ідеї випадкового пошуку, оскільки для кожного бінарного відношення нескладно знайти множину його сусідів. Проте, як витікає з аналізу роботи [19], у контексті цілей дослідження найбільш прийнятним є евристичний алгоритм визначення медіани Кемені. При цьому для побудови медіани Кемені було застосовано індивідуальні СП тих самих студентів (табл. 2), що покладені в основу статистично достовірної ГСП (2).

Отже, кожен індивідуальну СП (табл. 2) варто перетворити на відповідну квадратну матрицю,

елементи якої визначаються так:

$$p_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } H_i \succ H_j, \\ -1, & \text{якщо } H_i \prec H_j, \\ 0, & \text{якщо } H_i \approx H_j. \end{cases}
 \tag{3}$$

Далі від матриць попарних порівнянь переходимо до матриці втрат. Для її побудови визначається відстань від довільного ранжування до множини всіх інших ранжувань:

$$d_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } p_{ij} = 1, \\ 1, & \text{якщо } p_{ij} = 0, \\ 2, & \text{якщо } p_{ij} = -1. \end{cases}
 \tag{4}$$

Наступним кроком є визначення елементів узагальненої матриці втрат згідно з такою формулою:

$$R_{ij} = \sum_{j=1}^m d_{ij}(p, p_v),
 \tag{5}$$

де p — довільне ранжування, в якому $p_{ij} = 1$.

При цьому зрозуміло, що діагональні елементи матриці втрат є рефлексивними:

$$R_{1-1} = R_{2-2} = \dots = R_{21-21}.$$

Результати відповідних обчислень утворюють узагальнену матрицю втрат (табл. 3). Підраховуючи дані узагальнених втрат за рядками табл. 3 і аналізуючи відповідні результати у графі 23, отримуємо, що $S_{\min} = S_3 = 148$.

Отже, найменшого відхилення в думках студентів буде досягнуто за умови надання ХРН H_3 першого рангового місця в ГСП.

Видаляючи з табл. 3 усі втрати, пов'язані з урахуванням ХРН (відповідний рядок і графу 4), для проведення другої ітерації отримуємо нову, зредуковану на один елемент, матрицю втрат (табл. 4), з якої виходить, що мінімуму відхилення думок експертів буде досягнуто за умови, що H_1 ХРН займе друге рангове місце в ГСП, оскільки $S_{\min}^{(2)} = S_1 = 222$.

Таблиця 3

Формування узагальненої матриці втрат для побудови медіани Кемені

H_i	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	H_{14}	H_{15}	H_{16}	H_{17}	H_{18}	H_{19}	H_{20}	H_{21}	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H_1	35	19	45	14	0	2	2	14	2	0	15	17	2	0	4	15	0	20	16	0	0	222
H_2	51	35	56	31	2	2	1	23	0	6	36	31	6	0	3	20	5	29	33	0	0	370
H_3	25	14	35	15	0	0	0	6	0	0	10	7	2	0	0	4	2	13	15	0	0	148
H_4	56	39	55	35	6	6	8	31	1	7	40	46	11	0	6	27	2	35	41	0	0	452
H_5	70	68	70	64	35	36	52	63	24	56	65	66	56	7	47	63	31	67	66	8	9	1023
H_6	68	68	70	64	34	35	58	70	19	62	68	70	54	5	43	68	30	70	70	4	3	1033
H_7	68	69	70	62	18	12	35	68	11	53	68	68	36	2	24	64	16	70	70	0	0	884
H_8	56	47	64	39	7	0	2	35	0	5	44	38	8	0	1	23	5	37	36	0	0	447
H_9	68	70	70	69	46	51	59	70	35	62	70	70	68	13	54	66	41	70	70	9	6	1137
H_{10}	70	64	70	63	14	8	17	65	8	35	64	67	30	5	23	57	17	64	65	2	0	808
H_{11}	55	34	60	30	5	2	2	26	0	6	35	43	6	0	4	18	4	30	31	0	0	391
H_{12}	53	39	63	24	4	0	2	32	0	3	27	35	2	0	1	14	0	24	25	0	0	348
H_{13}	68	64	68	59	14	16	34	62	2	40	64	68	35	3	17	57	11	66	68	0	0	816
H_{14}	70	70	70	70	63	65	68	70	57	65	70	70	67	35	67	70	64	70	70	36	36	1323
H_{15}	66	67	70	64	23	27	46	69	16	47	66	69	53	3	35	66	25	67	68	0	0	947
H_{16}	55	50	66	43	7	2	6	47	4	13	52	56	13	0	4	35	4	47	45	0	0	549
H_{17}	70	65	68	68	39	40	54	65	29	53	66	70	59	6	45	66	35	68	70	3	2	1041
H_{18}	50	41	57	35	3	0	0	33	0	6	40	46	4	0	3	23	2	35	34	0	0	412
H_{19}	54	37	55	29	4	0	0	34	0	5	39	45	2	0	2	25	0	36	35	0	0	402
H_{20}	70	70	70	70	62	66	70	70	61	68	70	70	70	34	70	70	67	70	70	35	23	1326
H_{21}	70	70	70	70	61	67	70	70	64	70	70	70	70	34	70	70	68	70	70	47	35	1356

Таблиця 4

Матриця втрат для побудови медіани Кемені, зредукована після першої ітерації

H_i	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	H_{14}	H_{15}	H_{16}	H_{17}	H_{18}	H_{19}	H_{20}	Σ
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H_1	35	19	14	0	2	2	14	2	0	15	17	2	0	4	15	0	20	16	0	0	222
H_2	51	35	31	2	2	1	23	0	6	36	31	6	0	3	20	5	29	33	0	0	370
H_3	56	39	35	6	6	8	31	1	7	40	46	11	0	6	27	2	35	41	0	0	452
H_4	70	68	64	35	36	52	63	24	56	65	66	56	7	47	63	31	67	66	8	9	1023
H_5	68	68	64	34	35	58	70	19	62	68	70	54	5	43	68	30	70	70	4	3	1033
H_6	68	69	62	18	12	35	68	11	53	68	68	36	2	24	64	16	70	70	0	0	884
H_7	56	47	39	7	0	2	35	0	5	44	38	8	0	1	23	5	37	36	0	0	447
H_8	68	70	69	46	51	59	70	35	62	70	70	68	13	54	66	41	70	70	9	6	1137
H_9	70	64	63	14	8	17	65	8	35	64	67	30	5	23	57	17	64	65	2	0	808
H_{10}	55	34	30	5	2	2	26	0	6	35	43	6	0	4	18	4	30	31	0	0	391
H_{11}	53	39	24	4	0	2	32	0	3	27	35	2	0	1	14	0	24	25	0	0	348
H_{12}	68	64	59	14	16	34	62	2	40	64	68	35	3	17	57	11	66	68	0	0	816
H_{13}	70	70	70	63	65	68	70	57	65	70	70	67	35	67	70	64	70	70	36	36	1323
H_{14}	66	67	64	23	27	46	69	16	47	66	69	53	3	35	66	25	67	68	0	0	947
H_{15}	55	50	43	7	2	6	47	4	13	52	56	13	0	4	35	4	47	45	0	0	549
H_{16}	70	65	68	39	40	54	65	29	53	66	70	59	6	45	66	35	68	70	3	2	1041
H_{17}	50	41	35	3	0	0	33	0	6	40	46	4	0	3	23	2	35	34	0	0	412
H_{18}	54	37	29	4	0	0	34	0	5	39	45	2	0	2	25	0	36	35	0	0	402
H_{19}	70	70	70	62	66	70	70	61	68	70	70	70	34	70	70	67	70	70	35	23	1326
H_{20}	70	70	70	61	67	70	70	64	70	70	70	70	34	70	70	68	70	70	47	35	1356

Виконуючи послідовно аналогічні дії з редукцією вихідної розмірності матриці узагальнених втрат, на кожній новій ітерації визначаємо рангове місце для чергової за значущістю ХРН.

Таким чином отримуємо остаточну медіану Кемені, що є непараметричним розв'язком оптимізаційної задачі з виявлення ГСП для в цілому узгоджених думок респондентів:

$$\begin{aligned} H_{3_{med}} > H_{1_{med}} > H_{12_{med}} > H_{2_{med}} > H_{11_{med}} > H_{19_{med}} > H_{18_{med}} > \\ > H_{8_{med}} > H_{4_{med}} > H_{16_{med}} > H_{10_{med}} > H_{13_{med}} > H_{7_{med}} > H_{15_{med}} > \\ > H_{6_{med}} > H_{5_{med}} \approx H_{17_{med}} > H_{9_{med}} > H_{20_{med}} > H_{14_{med}} > H_{21_{med}}, \end{aligned} \quad (6)$$

де $>$ — позначення переваги однієї ХРН перед іншою у ГСП, визначеною як медіана Кемені; \approx — позначення адекватності ХРН за важливістю в ГСП, визначеною як медіана Кемені.

Порівняльний аналіз ГСП (2) і (6), проведений за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Спірмена, показує їх майже абсолютний збіг ($R_S = 0,9984$), що свідчить про правильність вибраного непараметричного підходу до побудови ГСП за допомогою медіани Кемені.

Висновки

Підсумовуючи отримані та представлені в цій статті нові наукові результати, насамперед значимо, що вперше у практиці досліджень у дидактиці застосовано медіану Кемені, яка розв'язує задачу непараметричної оптимізації в мінімізації відхилень думок окремих експертів-студентів про значущість ХРН від загальногрупової думки.

Отримане емпіричне значення медіани має незвичайно високий ступінь збігу (коефіцієнт рангової кореляції Спірмена має майже ідеальне емпіричне значення ($R_S = 0,9984$) з узгодженою (коефіцієнт конкордації за Кендаллом $W_{m=36} = 0,7988$ є статистично достовірним на рівні значущості $\alpha = 0,2\%$) ГСП, отриманою за допомогою стратегії підсумовування та усереднювання рангів.

Ці результати свідчать про правильність вибраного непараметричного підходу до побудови ГСП за допомогою медіани Кемені.

Подальші дослідження з поширення методів системного аналізу в дидактиці необхідно проводити шляхом розробки моделей взаємодії в діаді «викладач — недисциплінований студент» методами теорії ігор.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ходаков В. Є.* Вступ до комп'ютерних наук: навч. посібн. / В. Є. Ходаков, Н. В. Пилипенко, Н. А. Соколова; за ред. В. Є. Ходакова. — К. : Центр навчальної літератури, 2005. — 496 с.
2. *Шеридан Т. Б.* Системы человек-машина: модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором: пер. с англ. / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел; под ред. К. В. Фролова. — М.: Машиностроение, 1980. — 400 с.
3. *Эдвардс У.* Принятие решений / У. Эдвардс // Человеческий фактор: в 6-ти т. — Т. 3.: Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов. — Ч. I. — Модели психической деятельности. — М.: Мир, 1991. — С. 5–89.
4. *Рева О. М.* Проблеми та важливість прийняття рішень у гуманістичних системах (Вступ): конспект лекції з курсу «Основи теорії прийняття рішень». Для студентів денної форми навчання спеціальності 7.050108 «Маркетинг» / О. М. Рева. — Кіровоград: КІК, 2001. — 23 с.
5. *Козелецкий Ю.* Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий; пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса; под ред. Б. В. Бирюкова. — М.: Прогресс, 1979. — 504 с.
6. *Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова // Эффективность технических систем.* — М.: Машиностроение, 1988. — Т. 3. — 328 с.
7. *Камишин В. В.* Методы системного анализа у кваліметрії навчально-виховного процесу: монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. — К.: Інформаційні системи, 2012. — 270 с.
8. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского; пер. с англ. Н. И. Ринго. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
9. *Панкова Л. А.* Организация экспертизы и анализ экспертной информации / Л. А. Панкова, А. М. Петровский, М. В. Шнейдерман. — М.: Наука, 1984. — 117 с.
10. *Варакин Е. Н.* Принятие решений на основе экспертного оценивания: метод. пособ. / Е. Н. Варакин, В. А. Желудов, В. Н. Бганцов, С. С. Ибнеев. — Л.: ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1988. — 88 с.
11. *Герасимов Б. М.* Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б. М. Герасимов, М. М. Дивизионюк, И. Ю. Субач. — Севастополь, 2004. — 320 с.
12. *Самохвалов Ю. Я.* Экспертное оценивание: методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. — К.: ДУИКТ, 2007. — 362 с.
13. *Орлов А. И.* Организационно-экономическое моделирование. Экспертные оценки: учеб. в 3 ч. / А. И. Орлов. — М.: Изд-во МГУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — Ч. 2. — 2011. — 486 с.

14. Мушик Э. Методы принятия технических решений: пер. с нем. В. М. Ивановой / Э. Мушик, П. Мюллер. — М. : Мир, 1990. — 208 с.

15. Рева А. Н. Теоретические модели групповых систем предпочтений авиадиспетчеров, базирующиеся на классических критериях принятия решений / А. Н. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насиров, Д. С. Алексеев // Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin. — Baki, iyul — sentyabr 2012. — Cild. 14. — № 3. — С. 37–45.

16. Кемени Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения / Дж. Кемени, Дж. Снелл. — М. : Сов. радио, 1972. — 192 с.

17. Training Manual. Doc. ICAO 7192-AN/857. Part A-1. General Considerations. — Montreal, Canada, 1975. — 58 p.

18. Модернізація вищої освіти України і Болонський процес / Уклад. М. Ф. Степко, Я. Я. Болубаш, К. М. Левківський, Ю. В. Сухарніков; відп. ред. М. Ф. Степко. — К. : Освіта України, 2004. — 60 с.

19. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. — К. : МАКИС, 2007. — 336 с.

20. Васильев В. И. Распознающие системы: Справочник / В. И. Васильев. — К. : Наук. думка, 1983. — 423 с.

REFERENCES

1. Hodakov V. E. Introduction to Computer Science: Teach. aids. / V. E. Hodakov, N. V. Pylypenko, N. A. Sokolov, Ed. V. E. Hodakov. — Kyiv : Centre textbooks, 2005. — 496 p.

2. Sheridan T. B. Man-machine Systems : Models of data processing, management and re — Adoption shiny human operator : Trans. with the English / T. B. Sheridan, Ferrel William R, Ed. K. V. Frolov. — Moscow: Machine-nostroeny, 1980. — 400 p.

3. Edwards W. Adoption decisions / W. Edwards // Chelovechesky factor : The 6-t. — T. 3. : Modeling activities , professionalnoe Education and otbor operators. — Part IV. — Models psyhicheskoy activities. — Moscow : Mir, 1991. — P. 5–89 .

4. Reva J. M. Problems of and the importance of decision making in humanistic systems (Introduction) : Synopsis of Le ation of the course “Fundamentals of decision theory”. For full-time students of the specialty 7.050108 “Marketing” / О. М. Рева. — Kirovograd: CIC, 2001. — 23 p.

5. Kozeletskyy Yu. Psycholohycheskaya Theory of Solutions / Yu. Kozeletskyy, Trans. with Polish. GE Myntsa, VN Porus, Ed. B. Byryukova. — Moscow: Progress, 1979. — 504 p.

6. Efficiency and reliability of techno in : handbook of 10 t / Under Society. eds. V. F. Utkin, V. Y. Kryu-

chkov // Efficiency tehnycheskyh systems. — Moscow : Mashinostroenie, 1988. — Т. 3. — 328 p.

7. Kamyshin V. Methods of systems analysis in quality control of the educational process : monograph / V. Kamyshin, O. Reva. — K. : Information Systems, 2012. — 270 p.

8. Zadeh L. A. The concept lynchvystycheskoy variable & its Application Adoption priblizhenikh decisions / L. Zadeh, Ed. N. N. Moiseev, S. A. Orlovskii, Trans. with the english. N. I. Ring. — Moscow : Mir, 1976. — 165 p.

9. Pankova L. A. Organization and analysis of expert information / L. A. Pankov, A. Petrovsky, M. Schneiderman. — Moscow : Nauka, 1984. — 117 p.

10. Vaparyn E. N. Adoption decisions on the basis ekspertnoho otsenyvaniya : method. benefits / E. N. Vaparyn, V. A. Zheludov, V. N. Bantsov, SS Ybneev. — L. : wiki im. A. F. Mozhdysk, 1988. — 88 p.

11. Gerasimov B. M. Adoption Support Systems solutions : design, Application, evaluation of efficiency efektyvnosti / B. M. Gerasimov, M. M. Dyvyzynyuk, I. Yu Subach. — Sevastopol, 2004. — 320 p.

12. Samokhvalov Y. Y. Expert evaluation : methodical aspect / Y. Y. Samokhvalov, E. M. Naumenko. — K. : DUIKT, 2007. — 362 с.

13. Orlov A. I. Organizational-economic design. Expert estimations. Part 3. — Moscow : Izd MTU im. H. E. Bauman, 2009. — Part 2. — 2011. — 486 p.

14. Mushyk E. Methods Adoption tehnycheskyh decisions : Trans. with Nam. V. M. Yvanovoy / E. Mushyk, P. Müller. — Moscow : Mir, 1990. — 208 p.

15. Reva A. Theoretical models of hrupovyyh predpochtenny avyadyspetcherov , bazyruyuschyeya klas-sycheskyh Criteria for Adoption decisions / A. N. Reva, V. V. Kamyshin, C. S. Nasir, J. S. Alekseev // Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin. — Baki, iyul — sentyabr 2012. — Cild. 14. — № 3. — С. 37–45 .

16. Kemeny J. Kybernetychesk modeling : Some Applications / J. Kemeny and J. Snell. — M. : Radio Sovetskoe, 1972. — 192 p.

17. Training Manual. Doc. ICAO 7192-AN/857. Part A-1. General Considerations. — Montreal, Canada, 1975. — 58 P.

18. Modernisation of Higher Education of Ukraine and the Bologna Process / life. M. F. Styopka, J. J. Bolubash, K. Levkovsky, Y. Suharnikov, Ed. eds. M. F. Styopka. — K., Ukraine Education, 2004. — 60 p.

19. Tarasov V. A. Intellectual system support solutions Adoption : Theory, Synthesis, Efficiency / V. A. Tarasov, B. Gerasimov, I. A. Levin, V. A. Korneychuk. — K. : MAKYS, 2007. — 336 p.

20. Vasilyev V. I. Raspoznayuschye system : Directory / V. I. Vasilyev. — K. : Science. opinion, 1983. — 423 p.