

**ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО  
ВИБОРУ МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ  
КАРДИНАЛЬНИХ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК****В.Г. ТОЦЕНКО, В.В. ЦИГАНОК, П.Т. КАЧАНОВ**

Подаються рекомендації щодо вибору методу одержання кардинальних експертних оцінок, який би на думку особи, що приймає рішення, найкраще відповідав поточній ситуації. Вибір ґрунтується на використанні оцінок, отриманих експериментальним шляхом за декількома критеріями методів експертного оцінювання та визначених особою, що приймає рішення, показників відносної вагомості цих оцінок для конкретної ситуації. Вибір здійснюється у два етапи. На першому — визначається Парето-оптимальна підмножина методів, на другому — обчислюються узагальнені кардинальні оцінки відносної ефективності методів із цієї підмножини.

Використання експертної інформації передбачається при застосуванні методів багатокритеріальної оптимізації [1, 2], аналітичних ієрархічних процесів [3], аналітичних мережних процесів [4], цільового програмування [5], цільового оцінювання альтернатив [6, 7], експертних систем різноманітного призначення (наприклад, експертних систем діагностики [8]). Методи одержання експертної інформації, її представлення та обробки є невід'ємною частиною відповідних інформаційних технологій. Методи експертного оцінювання, водночас, зокрема метод парних порівнянь, використовуються як самодостатні, наприклад, в економічних [9], соціальних і медичних дослідженнях [10], спорті [11].

Для підтримки прийняття рішень залучається експертна інформація двох видів: концептуально-понятійна й оцінювальна. Інформацією першого виду є формулювання цілей, критеріїв і альтернатив. Вона подається у текстовій формі природною мовою. До другого виду належить інформація про оцінки показників цілей, критеріїв і альтернатив. При цьому розрізняють абсолютні і відносні оцінки. До абсолютних належать оцінки таких параметрів альтернатив як ймовірність, тривалість і вартість реалізації, час затримки поширення впливу реалізації альтернативи на досягнення цілі. Крім зазначених, використовуються також абсолютні оцінки параметрів цілей: ресурс, необхідний для досягнення цілі, ефект від її досягнення, поріг цілі [6, 7]. У деяких випадках приймають рішення, виходячи з кількісних оцінок ефективності варіантів рішення. Відносні оцінки застосовуються ширше. Серед них виділяють оцінки двох класів: ординальні і кардинальні.

Ординальні оцінки альтернатив являють собою їхні ранги в ряду переваг за певним критерієм. Кардинальні оцінки об'єктів (цілей, критеріїв, альтернатив) виражаються дійсними числами, що показують ступені вираженості у них властивості, за якою порівнюються об'єкти (наприклад, відносні показники вагомості критеріїв, альтернатив відносно деякого критерію, часткові коефіцієнти впливу підцілей).

Одержання кардинальних оцінок об'єктів є стосовно іншим завданням, порівняно з визначенням ординальних. Проте такі оцінки не тільки дозволяють формувати ранжування об'єктів (ординальні оцінки), а й засвідчують їх відносну вагомість, що дає змогу розв'язувати, наприклад, задачу обґрунтованого розподілу ресурсів між ними. Інакше кажучи, визначення кардинальних оцінок є більш загальною задачею підтримки прийняття рішень, ніж ранжування об'єктів. Ці чинники обумовили розробку систем підтримки прийняття рішень, орієнтованих на визначення кардинальних оцінок альтернатив [3, 4, 6, 7]. Останнім часом розроблено чимало методів одержання кардинальних експертних оцінок [3, 4, 12–15], які відрізняються декількома ознаками: алгоритмом отримання інформації від експерта (безпосередня оцінка, парні порівняння), типом оцінок переваг (безперервні, дискретні), класом функцій залежності ваг об'єктів від ступенів переваг (мультипликативні, адитивні), способом обробки первісної експертної інформації (паралельний, послідовний, комбінаторний), способом формування множини первісних експертних оцінок («лінія», «трикутник», «квадрат»), способом вводу первісної експертної інформації (вербальний, числовий, графічний), наявністю чи відсутністю зворотного зв'язку з експертом. Природно, що така відмінність між ознаками методів одержання і обробки кардинальних експертних оцінок (КЕО) породжує різноманітність значень показників методів, суттєвих для користувача, зокрема для особи, яка приймає рішення (ОПР). Ці показники доречно назвати показниками застосування методів. До них належать: показник точності оцінок (математичне чекання відносної похибки); коефіцієнт узгодженості КЕО однакових об'єктів, даних різними експертами; показник тривалості визначення КЕО (математичне очікування часу, або кількості операцій).

Характерною особливістю процесу отримання КЕО є участь у ньому експерта, що унеможлиблює отримання значень показників застосування методів аналітичним шляхом. Тому авторами статті ініціювалися експериментальні дослідження розроблених методів отримання КЕО з метою визначення їх показників застосування. Результати досліджень наведені у табл. 1. Наявність цих даних є необхідною, але недостатньою умовою обґрунтованого вибору методу одержання КЕО в конкретній ситуації. Цей вибір має розглядатися як задача підтримки прийняття рішень при мультикритеріальному оцінюванні альтернатив. У статті пропонується спосіб розв'язання цієї задачі. Вибір методу одержання КЕО ґрунтується на використанні інформації двох типів:

- 1) експериментально визначених значень указаних показників застосування досліджених методів одержання КЕО;
- 2) характеристики поточної ситуації у вигляді вибраної ОПР підмножини вагомих з її позиції показників застосування методів одержання КЕО і визначених нею показників відносної вагомості цих показників.

Задачу вибору методу одержання КЕО можна сформулювати так:

Дано:

- множина  $M = \{m_i\}$ ,  $i \in I$ ,  $I = \{1, 2, \dots, n\}$  методів одержання КЕО;
- множина  $H = \{h_l\}$ ,  $l \in L$ ,  $L = \{1, 2, \dots, c\}$  критеріїв оцінки  $m_i \in M$ ;
- матриця  $K$  розмірністю  $n \times c$ , де елемент матриці  $k_{il}$  — це КЕО методу  $m_i \in M$  за  $j$ -критерієм  $h_l \in H$ ;
- $c$ -вимірний вектор  $V$ , де елемент вектора  $v_l$  — це КЕО показника відносної важливості критерію  $h_l \in H$  для даного конкретного випадку.

Знайти: вектор  $W = \{w_i\}$  узагальнених КЕО методів  $m_i \in M$ .

На основі цих оцінок приймається рішення щодо вибору конкретного методу в даній ситуації.

Спосіб вибору методу одержання КЕО визначається таким алгоритмом. Викладення алгоритму проілюструємо конкретним прикладом, в якому використовуються експериментальні дані, наведені у табл. 1.

**Алгоритм.**

1. Запропонувати ОПР вибрати підмножину  $H_b \subseteq H$  критеріїв оцінки МОКЕО. Наприклад, припустимо, що ОПР вибрала такі критерії оцінки методів:

- коефіцієнт узгодженості одержаних КЕО;
- математичне очікування відносної похибки;
- математичне очікування часу визначення КЕО.

2. Оцінки МОКЕО за кожним критерієм привести до єдиної форми.

Оскільки алгоритм передбачає вибір методу, що йому відповідає максимальна інтегрована КЕО, яка враховує оцінки за всіма критеріями  $h_l \in H_b$  КЕО, то експериментальні оцінки за критеріями  $h_l \in H_b$  мають бути перетворені у такий спосіб, щоб зростання перетвореної оцінки засвідчило підвищення ефективності методу.

Для прикладу, що розглядається, в колонках 3, 6 і 9 табл.1 розміщені значення критеріїв, отримані внаслідок експериментального дослідження, а в колонках 4, 7 і 10 — відповідно, нормовані значення перетворених та відносних оцінок цих критеріїв. Так, з 3-ї колонки отримано 4-у — шляхом нормування:

$$k_{i4} = \frac{k_{i3}}{\sum_j k_{j3}},$$

а з 6-ї отримано 7-у і з 9-ї — 10-у беручи зворотну величину від кожного із значень і нормуючи отримані значення:

$$k_{i7} = \frac{1}{k_{i6}} \bigg/ \sum_j \frac{1}{k_{j6}}, \quad k_{i10} = \frac{1}{k_{i9}} \bigg/ \sum_j \frac{1}{k_{j9}}.$$

3. Визначити коефіцієнти вагомості критеріїв із підмножини  $H_b$ , тобто значення елементів вектора  $V$ , запропонувавши ОПР використати будь-який із методів парних порівнянь, перелічених у табл.1. Результатом роботи будуть нормовані значення ступеня важливості критеріїв  $h_r \in H_b$  для даної ОПР і даної проблеми.

Таблиця 1

№ п / п	Назва методу одержання кардинальних експертних оцінок	Коефіцієнт узгодженості (Кп) одержаних КЕО	Відносна оцінка за Кп і ранжування		Математичне очікування (МО) відносно похибки	Відносна оцінка за МО відносно похибки і ранжування		МО часу визначення КЕО	Відносна оцінка за МО часу визначення КЕО і ранжування	
			4	5		6	7		8	9
1	2									
1	Безпосередньої оцінки	0.93807	0.04563	3	0.08748	0.02235	14	133.81	0.16677	1
2	«Трикутник» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВерБУвД, ПпУпор і посл. МОМП без 33	0.90513	0.04403	10	0.23541	0.00831	21	295.81	0.07544	2
3	«Трикутник» МпПП із вираженням КвБезпЗП у ФШ, ГрувД, ПпУпор і посл. МОМП без 33	0.90894	0.04421	8	0.18579	0.01052	20	617.41	0.03615	12
4	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВерБУвД і паралельним МОМП (Сааті)	0.96171	0.04678	1	0.50873	0.00384	23	326.29	0.06839	3
5	«Квадрат» МпПП із вираженням КвБезпЗП у ФШ, ГрувД і паралельним МОМП (Сааті)	0.94984	0.0462	2	0.45695	0.00428	22	668.78	0.03337	14
6	«Квадрат» АдПП із вираженням БезпЗП у ДШ ВерБУвД і посл. МОМП за рядками без 33	0.87017	0.04232	19	0.11498	0.01701	15	733.18	0.03044	16
7	«Квадрат» АдПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВерБУвД і посл. МОМП по стовпцях без 33	0.89217	0.04339	14	0.07739	0.02527	11	825.57	0.02703	19
8	«Квадрат» МпПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВерБУвД і посл. МОМП за рядками без 33	0.90786	0.04416	9	0.0665	0.0294	8	728.52	0.03063	15
9	«Квадрат» МпПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВерБУвД і посл. МОМП за стовпцями без 33	0.91057	0.04429	7	0.08473	0.02308	13	741.39	0.0301	18
10	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВерБУвД і посл. МОМП за рядками без 33	0.89331	0.04345	13	0.02644	0.07395	4	474.97	0.04698	5

Закінчення табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за стовпцями без 33	0.89487	0.04353	11	0.02849	0.06863	5	479.42	0.04655	6
12	«Трикутник» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФЩ, ВербУвД, ПпУпор і посл. МОМІП	0.9135	0.04443	5	0.14993	0.01304	18	342.61	0.06514	4
13	«Трикутник» МпПП із вираженням КвБезпЗП у ФЩ, ГрувД, ПпУпор і посл. МОМІП	0.91326	0.04442	6	0.12245	0.01597	16	653.99	0.03412	13
14	«Квадрат» АдПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за рядками	0.88639	0.04311	15	0.08386	0.02332	12	1379.9	0.01617	23
15	«Квадрат» АдПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за стовпцями	0.87412	0.04252	16	0.06753	0.02895	9	1359.19	0.01642	22
16	«Квадрат» МпПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за рядками	0.86867	0.04225	20	0.06753	0.02895	10	1036.55	0.02153	20
17	«Квадрат» МпПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за стовпцями	0.87408	0.04251	17	0.12763	0.01532	17	1183.89	0.01885	21
18	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за рядками	0.83731	0.04073	22	0.01533	0.12755	2	599.04	0.03725	11
19	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФЩ, ВербУвД і посл. МОМІП за стовпцями	0.83523	0.04063	23	0.18563	0.01053	19	737.93	0.03024	17
20	«Трикутник» АдПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і комбінаторним МОМІП	0.87113	0.04237	18	0.06485	0.03015	7	540.09	0.04132	8
21	«Трикутник» МпПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і комбінаторним МОМІП	0.8453	0.04111	21	0.01685	0.11604	3	480.9	0.04641	7
22	«Трикутник» АдПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і комбінаторним МОМІП із ПУ	0.914	0.04446	4	0.00794	0.24626	1	555.63	0.04016	10
23	«Трикутник» МпПП із вираженням БезпЗП у ДЩ, ВербУвД і комбінаторним МОМІП із ПУ	0.89386	0.04348	12	0.03414	0.05727	6	550.69	0.04052	9

Нехай, для прикладу, що розглядається, ОПР визначила такі коефіцієнти вагомості критеріїв:  $v_1 = 0,5$ ;  $v_2 = 0,3$ ;  $v_3 = 0,2$ .

4. Визначити Парето-оптимальну підмножину методів отримання КЕО.

Необхідність виконання цієї процедури спричинюється тим, що загалом деякі методи одержання КЕО поступаються перед іншими щодо всіх, без винятку, критеріїв  $h_l \in H_b$ . Зрозуміло, що ці методи не зможуть мати максимальну узагальнену КЕО і через це бути обраними для використання. Тому, для зменшення трудомісткості подальшого процесу аналізу множини  $H_b$  методів одержання КЕО потрібно визначити в цій множині таку підмножину методів, яка має властивість Парето-оптимальності, тобто таку підмножину методів  $M_p \subseteq M$ ,  $M_p = \{m_i\}$ ,  $i \in P$ ,  $P = \{1, 2, \dots, p\}$ , що для  $\forall i \in P$   $\exists j \in P$   $j \neq i$ ,  $[\forall l \in L, L = \{1, 2, \dots, c\}, k_{il} \leq k_{jl}]$ , де  $k_{ab}$  — значення КЕО  $a$ -го методу за  $b$ -м критерієм, за умови прагнення вибору методу одержання КЕО, який має максимальну інтегровану оцінку.

Отже, на цьому кроці алгоритму шляхом видалення із множини методів тих, які за всіма критеріями не кращі за решту методів, знаходимо Парето-оптимальну підмножину  $M_p$  методів.

Визначення цієї підмножини полягає у перетворенні матриці  $K$  розмірністю  $n \times c$  на матрицю  $K_p$  розмірністю  $p \times c$  таким чином:

- 1)  $i := 1$ ;
- 2)  $j := 1$ ;
- 3) якщо  $\forall l \in L, [(k_{il} \leq k_{jl}) \& (i \neq j)]$ , то  $i$ -й рядок видаляється з матриці, інакше — п.5);
- 4)  $n := n - 1$ ; якщо  $i \leq n$ , то п.2), інакше — п.7);
- 5)  $j := j + 1$ ; якщо  $j \leq n$ , то п.3);
- 6)  $i := i + 1$ ; якщо  $i \leq n$ , то п.2)
- 7)  $p := n$ ; перетворення матриці  $K$  закінчено.

Для прикладу, що розглядається, внаслідок виконання п.1)–7) над матрицею вихідних даних із табл.1 до Парето-оптимальної підмножини включено методи 1, 4, 5, 10, 11, 21, 22. У табл. 2 наведені їх відносні оцінки за вибраною підмножиною критеріїв.

5. Перенормувати значення отриманої матриці  $K_p$  за кожним із критеріїв  $m_i \in M_p$ :

$$k_{il} = k_{il} / \sum_{j=1}^p k_{jl}.$$

Результати перенормування оцінок критеріїв з Парето-оптимальної підмножини для прикладу, що розглядається, наведені у табл. 3.

6. Визначити узагальнені оцінки кожного методу з Парето-оптимальної підмножини за формулою

$$w_i = \sum_{l=1}^c k_{il} v_l.$$

7. Ранжувати методи відповідно до значень узагальнених оцінок порядку зменшення. Результати подані в табл.4.

Таблиця 2

№ методу	Назва методу одержання кардинальних експертних оцінок	Відносна оцінка по $K_u$	Відносна оцінка за МО відносної похибки	Відносна оцінка за МО часу визначення КЕО
1	Безпосередньої оцінки	0.04563	0.02235	0.16677
4	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і паралельним МОМП (Сааті)	0.04678	0.00384	0.06839
5	«Квадрат» МпПП із вираженням КвБезпЗП у ФШ, ГрУвД і паралельним МОМП (Сааті)	0.0462	0.00428	0.03337
10	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і посл. МОМП за рядками без ЗЗ	0.04345	0.07395	0.04698
11	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і посл. МОМП за стовпцями без ЗЗ	0.04353	0.06863	0.04655
21	«Трикутник» МпПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВербУвД і комбінаторним МОМП	0.04111	0.11604	0.04641
22	«Трикутник» АдПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВербУвД і комбінаторним МОМП із ПУ	0.04446	0.24626	0.04016

Таблиця 3

№ методу	Назва методу одержання кардинальних експертних оцінок	Відносна оцінка по $K_u$	Відносна оцінка за МО відносної похибки	Відносна оцінка за МО часу визначення КЕО
1	Безпосередньої оцінки	0.146645	0.041748	0.371732
4	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і паралельним МОМП (Сааті)	0.150341	0.007173	0.152442
5	«Квадрат» МпПП із вираженням КвБезпЗП у ФШ, ГрУвД і паралельним МОМП (Сааті)	0.148477	0.007995	0.074382
10	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і посл. МОМП за рядками без ЗЗ	0.139639	0.138134	0.104719
11	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і посл. МОМП за стовпцями без ЗЗ	0.139896	0.128197	0.10376
21	«Трикутник» МпПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВербУвД і комбінаторним МОМП	0.132119	0.216755	0.103448
22	«Трикутник» АдПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВербУвД і комбінаторним МОМП із ПУ	0.142885	0.459998	0.089517

За отриманими результатами можна зробити висновок, що за даними вибраними критеріями оцінки МОКЕО (коефіцієнт узгодженості одержаних КЕО, математичне очікування відносної похибки та математичне очікування часу визначення КЕО) та конкретним ступенем важливості цих критеріїв (0,5; 0,3 і 0,2 відповідно) для одержання КЕО рекомендовано вибрати метод № 22 — «трикутник» адитивних парних порівнянь із вираженням безперервних значень переваг у довільній шкалі, вербальним уводом даних і

комбінаторним методом обробки матриці парних порівнянь із перевіркою узгодженості. Якщо б ОПР на 3-му кроці алгоритму були б отримані інші коефіцієнти вагомості критеріїв, наприклад,  $v_1 = 0,35$ ;  $v_2 = 0,25$ ;  $v_3 = 0,4$ , то внаслідок роботи алгоритму було б рекомендовано вибрати метод № 1 — безпосередньої оцінки.

**Таблиця 4**

№ методу	Назва методу одержання кардинальних експертних оцінок	Інтегрована КЕО методу	Ранжування
1	Безпосередньої оцінки	0.160193	2
4	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і паралельним МОМП (Сааті)	0.107811	6
5	«Квадрат» МпПП із вираженням КвБезпЗП у ФШ, ГрувД і паралельним МОМП (Сааті)	0.091513	7
10	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і посл. МОМП за рядками без ЗЗ	0.132203	4
11	«Квадрат» МпПП із вираженням ДискрЗП у ФШ, ВербУвД і посл. МОМП за стовпцями без ЗЗ	0.129159	5
21	«Трикутник» МпПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВербУвД і комбінаторним МОМП	0.151776	3
22	«Трикутник» АдПП із вираженням БезпЗП у ДШ, ВербУвД і комбінаторним МОМП із ПУ	0.227345	1

Скорочення в таблицях:

- МпПП — мультиплікативні парні порівняння;
- ВербУвД — вербальні уведення даних;
- АдПП — адитивні парні порівняння;
- ГрувД — графічні уведення даних;
- ДискрЗП — дискретні значення переваг;
- ПпУпор — попередні упорядкування;
- КвБезпЗП — квазібезперервні значення переваг;
- посл. — послідовний;
- БезпЗП — безперервні значення переваг;
- МОМП — метод обробки матриці порівнянь;
- ФШ — фундаментальна шкала;
- ЗЗ — зворотний зв'язок з експертом;
- ДШ — довільна шкала;
- ПУ — перевірка узгодженості.

## ЛІТЕРАТУРА

- Gulyniysky L.F., Sergienko I.V.* Refinement of the rules of choice in multiobjective decision-making problems using expert judgment // *Systems Analysis, Modeling Simulation*. — 1994. — **15**. — Р. 39–46.
- Михалевич В.С., Волкович В.Л.* Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. — М.: Наука, 1982. — 286 с.



- Saaty T.L. Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process. — New York: McGraw Hill, 1990. — 502 p.
- Saaty T.L. The Analytic Network Process. RWS Publications. — Pittsburgh, 1996. — 370 p.
- Charnes A., Cooper W.W. Goal Programming and multiple Objective Optimization — Part 1 // European Journal of Operational Research. — **1**, N 1. — P. 39–54.
1. Тоценко В.Г. Оценка сравнительной эффективности альтернатив комплексных целевых программ методом моделирования иерархий целей // Электронное моделирование. — 1998. — **20**. — № 3. — С. 76–90. (Estimation of Comparative Efficiency of Projects of Complex Target – oriented Programs Using the Simulation Method of Goal Hierarchy // Engineering Simulation. — 1999. — **16**. — P. 361–375).
  2. Тоценко В.Г. Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Ч. 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив // Проблемы управления и информатики. — 2001. — № 2. — С. 127–139. (Totsenko V.G. One approach to the Decision Making Support while Planning Research and Development. Part II. The Method of Goal Dynamic Evaluation of Alternatives // J. of Automation and Information Sciences. — 2001. — **33**, N 4).
  3. Тоценко В.Г. Обобщенная концепция экспертных систем диагностирования // Электронное моделирование. — 1995. — № 4. (Totsenko V.G. A Generalized Concept of Diagnosis Expert Systems // Engineering Simulation. — 1996. — **13**. — P. 761–772).
- Rosenberger R. S., Peterson G. L., Loomis J. B. Applying a Method of Paired Comparisons to Measure Economic Values for Multiple Goods Sets // J. of Agricultural & Applied Economics. — 2002. — **34** (1). — P. 215–229.
- Litvin I.N. Paired Comparisons in Science, Social Science, Economics and Health // Inaugural and Emeritus Addresses. — University of Port Elizabeth. — 1999. — P. 1–36.
- Litvin I.N., Hilliard-Lomas J.L. Poisson Model for Paired Comparisons Applied to Soccer Tournaments // South African Statistical J. — 1998. — P. 185–199.
- Тоценко В.Г., Цыганок В.В. Метод парных сравнений с обратной связью с экспертом // Проблемы управления и информатики. — 1999. — № 3. — С. 111–125. (Totsenko V.G., Tsyganok V.V. Method of Paired Comparisons Using Feedback with expert // Journal of Automation and Information Sciences. — 1999. — **31**, № 9. — P. 86–97).
- Тоценко В.Г. Генерация алгоритмов парных сравнений для моделирования предпочтений эксперта при поддержке принятия решений. Ч. 1 // Электронное моделирование. — 2000. — № 3. — С. 11–24. (Totsenko V.G. Generation of Pair Comparisons Algorithms for Simulation of Expert Preferences during Decision Making Support. Part 1 // Engineering Simulation. — 2001. — **18**. — P. 303–316).
- Тоценко В.Г. Генерация алгоритмов парных сравнений для моделирования предпочтений эксперта при поддержке принятия решений. Ч. 2 // Электронное моделирование. — 2000. — № 4. — С. 16–24. (Totsenko V.G. Generation of Pair Comparisons Algorithms for Simulation of Expert Preferences during Decision Making Support. Part 2 // Engineering Simulation. — 2001. — **18**. — P. 447–456).
- Цыганок В.В. Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом // Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2000. — **2**, № 2. — С. 92–102.

Надійшла 22.10.2002

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України,  
вул. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна