

УДК 519.86(075.8)

В. В. Колодний, В. В. Зубко

МЕТОД ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РАНЖУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛЬНИХ ТЕРНАРНИХ ПОРІВНЯНЬ

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Анотація. Розроблено новий метод та відповідну інформаційну технологію ранжування альтернатив, які базуються на проведенні та подальшому аналізі візуальних тернарних порівнянь і не вимагають від експерта або децидента ніяких числових або вербальних оцінок. Візуальні тернарні порівняння – це розташування трійки альтернатив на полицях переважань за принципом «чим краща альтернатива, тим вище її розташування». Для того, щоб процес виявлення переважань був надійним, наочним та активізував швидку систему інтуїтивного мислення, дециденту або експерту пропонується розташувати пред'явлені альтернативи на екрані комп'ютера згідно з його вподобаннями. Описано подальшу числову інтерпретацію візуальних тернарних порівнянь та способи отримання кардинальних результуючих ранжувань та ординальних результуючих ранжувань всієї множини альтернатив. Для підвищення надійності результатів ранжування було запропоновано використовувати дві різні форми числової інтерпретації візуальних тернарних порівнянь: за методом рядкових сум (адитивна згортка) і за шкалою Сааті (мультиплікативна згортка). В розробленому методі пом'якшується вимога щодо транзитивності переважань, а розширений контекст порівнянь альтернатив статистично згладжує незначні похибки і дозволяє діагностувати грубі помилки. Описано інформаційну технологію ранжування альтернатив на основі візуальних тернарних порівнянь, яка складається з дев'ятох взаємопов'язаних між собою етапів. Розглянуто приклад застосування розробленого методу та інформаційної технології з випадком виявлення і виправлення суперечливих тернарних порівнянь. Розроблений метод та відповідна інформаційна технологія є перспективними для використання в різноманітних галузях, що потребують ранжування альтернатив при якісному і кількісному оцінюванні (прийняття рішень, психологія, педагогіка, менеджмент, маркетинг, експертні оцінювання тощо).

Ключові слова: метод ранжування альтернатив, інформаційна технологія, візуальні тернарні порівняння, швидке інтуїтивне мислення, полиці переважань, суперечливі порівняння, ординальні ранжування, кардинальні ранжування.

Abstract. A new method and corresponding information technology of ranging alternatives have been developed, which are based on conducting and further analysis of visual ternary comparisons and do not require any numerical or verbal evaluations from an expert or decision maker. Visual ternary comparisons are the arrangement of three alternatives on the shelves of preferences according to the principle "the better the alternative is, the higher its location is." In order for the process of identification of preferences to be reliable, visual and to activate a fast system of intuitive thinking, the decision-maker or expert is suggested to arrange the presented alternatives on the computer screen according to his preferences. Further numerical interpretation of visual ternary comparisons and methods of obtaining cardinal resulting rankings and ordinal resulting rankings of the entire set of alternatives are described. To increase the reliability of ranking results, it was proposed to use two different forms of numerical interpretation of visual ternary comparisons: the method of line sums (additive convolution) and the Saaty scale (multiplicative convolution). In the developed method, the requirement for the transitivity of preferences is mitigated, and the expanded context of comparisons of alternatives statistically smoothes minor errors and allows to diagnose gross errors. Information technology for ranging alternatives based on visual ternary comparisons which consists of nine interconnected stages is described. An example of the application of the developed method and information technology in the case of identification and correction of conflicting ternary comparisons is considered. The developed method and corresponding information technology are promising for use in various fields that require ranging of alternatives in qualitative and quantitative evaluation (decision-making, psychology, pedagogy, management, marketing, expert evaluations etc.).

Keywords: method of ranging alternatives, information technology, visual ternary comparisons, fast intuitive thinking, preference shelves, conflicting comparisons, ordinal rankings, cardinal rankings.

DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2024-59-1-23-31>.

Вступ

Одними з найбільш складних задач прийняття рішень є задачі з цільовою і критеріальною невизначеністю. Основним етапом процесу розв'язання таких актуальних задач є отримання та структурування інформації про переважання децидента. Існує дуже багато форм і способів отримання цієї інформації [1], але переважна більшість з них вимагає від децидентів певних числових і/або вербальних оцінок. В більшості випадків, коли дециденти не є фахівцями в галузі теорії прийняття рішень і системного аналізу, їм буває складно зорієнтуватись у цих способах та адекватно і точно описати свої вподобання.

Під **децидентом** в цій статті автори розуміють **особу, що приймає рішення**, або **експерта**, яким потрібно впорядкувати певні альтернативи за якістю або будь-якою іншою ознакою, спираючись на власний досвід і інтуїцію.

Задачі ранжування альтернатив повсякчас виникають при прийнятті різноманітних рішень і експертних оцінюваннях. Найбільш дослідженими і вживаними методами в цій галузі є методи парних порівнянь [1, 2].

Понад двадцять років тому виникла ідея застосування тернарних тривірневих ранжувань (ТТР) для виявлення переважань [3]. На основі цієї ідеї були розроблені методи та відповідні інформаційні технології візуалізації і виявлення переважань, тобто ранжування альтернатив [4-9].

Широке впровадження цих методів та інформаційних технологій в навчальному процесі ВНТУ протягом багатьох років засвідчило можливість легко, швидко і надійно «вимірювати» найрізноманітніші вподобання студентів: рівень гумору в жартах, душевність музики, масштабність історичної постаті, краю шахових комбінацій тощо. Важливо, що при виконанні завдань такого типу студенти не висловлювали ніякої вербальної або числової інформації щодо своїх вподобань, а використовували тільки своє власне візуальне швидке інтуїтивне мислення [10] і доступний пристрій (ноутбук, мобільний телефон, планшет). Слід відзначити, що студенти проявляли зацікавленість і надавали явну перевагу застосуванню інформаційних технологій на основі візуальних тернарних порівнянь перед традиційними методами чисельного парного порівняння.

Результуючі кардинальні ранжування альтернатив, отримані за різними алгоритмами, виявилися досить близькими, а результуючі ординальні ранжування співпадали в переважній більшості випадків.

Це дало можливість стверджувати про надійність та точність розроблених авторами інформаційних технологій.

Актуальність

Задачі ранжування альтернатив досить часто виникають при прийнятті різноманітних рішень в умовах цільової і критеріальної невизначеності, а також при якісному і кількісному експертному оцінюванні. Розповсюджена практика застосування методу безпосереднього числового оцінювання альтернатив та багатьох інших методів [1, 2] мало відповідає психічним особливостям децидентів [10, 11], тому розробка і застосування нових ефективних методів ранжування альтернатив є актуальними.

Мета

Метою даної статті є підвищення ефективності процесів ранжування альтернатив при прийнятті рішень і експертних оцінюваннях на основі розробки нового методу, що базується на візуальних тернарних порівняннях, та відповідної нової інформаційної технології.

Опис методу ранжування альтернатив на основі візуальних тернарних порівнянь

Як відомо, застосування математики в теорії прийняття рішень ґрунтується на ізоморфізмі відношень

$$\langle \text{краще-гірше} \rangle \Leftrightarrow \langle \text{більше-менше} \rangle. \quad (1)$$

Це потребує обов'язкового перетворення інформації про переважання децидента, поданої природною мовою, в числову форму. На жаль, не завжди ці перетворення є психологічно коректними і інтуїтивно зрозумілими, особливо в тих випадках, коли дециденти є не «еконами», а «гуманами» [11]. Це призводить до того, що матриці порівнянь альтернатив заповнюються числами, які не в повній мірі відповідають справжнім переважаням децидента, хоча створюють ілюзію точності і математичної строгості багатьох існуючих методів прийняття рішень.

Оскільки сучасна комп'ютерна техніка та мобільні пристрої з легкістю дозволяють користувачам швидко переміщувати певні об'єкти на площині екрану, було запропоновано покращити процеси виявлення переважань децидентів щодо альтернатив шляхом їх візуалізації.

Для унаочнення і полегшення процесу вираження децидентами своїх вподобань було запропоновано візуалізацію, ґрунтовану на ізоморфізмі виду

$$\langle \text{краще-гірше} \rangle \Leftrightarrow \langle \text{вище-нижче} \rangle, \quad (2)$$

який виявився більш інтуїтивно зрозумілим, ніж (1).

Подальша числова інтерпретація візуального порівняння за ізоморфізмом

$$\langle \text{вище-нижче} \rangle \Leftrightarrow \langle \text{більше-менше} \rangle \quad (3)$$

має проводитися автоматично без залучення децидента. Ця інтерпретація є також зрозумілою і більш точною, ніж (1).

Виявилось, що візуалізація порівнянь альтернатив сприяє мінімізації когнітивних зусиль децидента.

Розроблений метод належить до нового перспективного класу методів ранжування **VisTerComp** [12]. Його можна розглядати як розвиток і вдосконалення методу некрітеріального структурування множини альтернатив за допомогою аналізу ТТР [4] та методу аналізу тривірневих ранжувань (МАТР) [5].

В тривірневих ранжуваннях на додаток до широко вживаних відношень **переваги** (\succ) і **еквівалентності** (\sim) вводиться відношення **сильної переваги** ($\succ\gg$) [3]. Відношення сильної переваги має сенс «набагато краще», «безумовно переважає» і дає змогу дециденту «масштабувати» свої переважання. Це

дозволяє повніше та точніше використовувати можливості децидентів, які залишаються незадіяними в традиційних методах прийняття рішень.

Для того, щоб процес виявлення переважань був надійним, наочним та активізував швидку систему інтуїтивного мислення децидента [10], були використані аналогії з шаблями або з полицями шафи. Дециденту пропонується розташувати запропоновані альтернативи на екрані комп'ютера згідно з його вподобаннями. Візуальні тернарні порівняння (ВТП) – це розташування трійки альтернатив на шаблях або на полицях переважань за принципом «**чим краща альтернатива, тим вище її розташування**». Як правило, на проведення одного ВТП дециденту вистачає декілька секунд, і воно не є складнішим за парне порівняння. Навпаки, досить часто дециденти проявляли вищу зацікавленість саме до ВТП.

Розглянемо різні конфігурації тернарних порівнянь з використанням відношень \sim , \succ , \succcurlyeq (рис. 1).

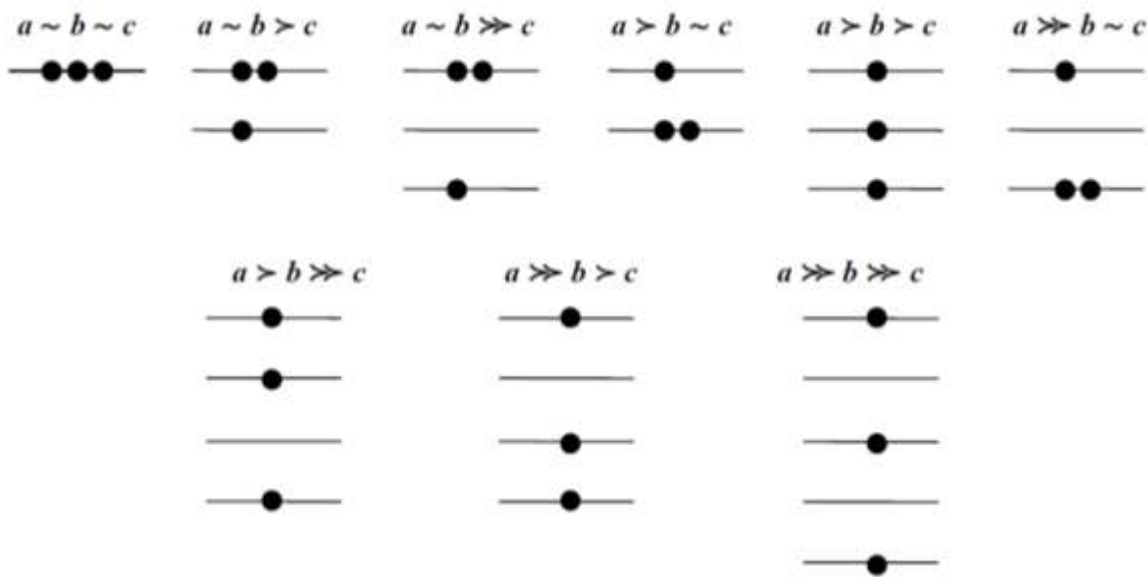


Рисунок 1 – Візуалізація різних конфігурацій ВТП на шаблях переважань

Очевидно, що отримавши результати одного ВТП, ми тим самим отримуємо три парних порівняння альтернатив. Розглянемо всі випадки породжених парних порівнянь (ППП):

$a \sim b \sim c$	\Rightarrow	$a \sim b;$	$b \sim c;$	$a \sim c;$
$a \succ b \succ c$	\Rightarrow	$a \succ b;$	$b \succ c;$	$a \succ c;$
$a \sim b \succ c$	\Rightarrow	$a \sim b;$	$b \succ c;$	$a \succ c;$
$a \succcurlyeq b \sim c$	\Rightarrow	$a \succcurlyeq b;$	$b \sim c;$	$a \succcurlyeq c;$
$a \sim b \succcurlyeq c$	\Rightarrow	$a \sim b;$	$b \succcurlyeq c;$	$a \succcurlyeq c;$
$a \succ b \succcurlyeq c$	\Rightarrow	$a \succ b;$	$b \succcurlyeq c;$	$a \succcurlyeq c;$
$a \succ b \sim c$	\Rightarrow	$a \succ b;$	$b \sim c;$	$a \succ c;$
$a \succcurlyeq b \succ c$	\Rightarrow	$a \succcurlyeq b;$	$b \succ c;$	$a \succcurlyeq c;$
$a \succcurlyeq b \succcurlyeq c$	\Rightarrow	$a \succcurlyeq b;$	$b \succcurlyeq c;$	$a \succcurlyeq c.$

Використання розробленого методу створює певну надлишковість, тому що PPP між будь-якими двома альтернативами будуть утворюватися $N-2$ разів, де N – загальна кількість альтернатив в множині. Ця *надлишковість має позитивний ефект*, оскільки відповідає відомому принципу Терстоуна, згідно з яким для отримання надійних результатів недостатньо одного парного порівняння альтернатив. Крім цього, врахування парних порівнянь в різних контекстах третьої альтернативи дозволяє статистично згладжувати можливі неточності децидентів щодо оцінювання власних переважань.

Слід зазначити, що ППП створюються та аналізуються автоматично при виконанні кожного ВТП і не потребують від децидентів додаткових когнітивних зусиль.

На основі аналізу ППП щодо розходжень між оцінками альтернатив, які були зроблені децидентом в різних контекстах, можна виділити припустимі розбіжності та неприпустимі суперечливості в ВТП.

Припустимими розбіжностями пропонується вважати відмінності виду

$$a \sim b; a > b \quad \text{та} \quad a > b; a \gg b, \quad (4)$$

тобто заміну в ППП на «сусіднє» відношення, а всі інші відмінності вважаються **неприпустимими суперечливостями**. Важливо відзначити, що розроблений метод не потребує безумовного виконання формальної умови транзитивності переважань децидентів, яка, як відомо, досить часто порушується в реальному житті [1, 10, 11]. Достатньо транзитивності з точністю до «сусіднього» відношення.

Припустимі (незначні) розбіжності можуть бути обумовлені похибками, притаманними процесам вимірювання в психології та впливом контексту вибору (ефект різного масштабування), і не вимагають корегування, а неприпустимі суперечливості свідчать про нерациональність або некомпетентність децидента і мають бути виправлені. Після виправлення неприпустимих суперечливостей з урахуванням усієї наявної інформації обчислюються результуючі кардинальні ранжування заданої множини альтернатив.

Для підвищення надійності результатів ранжування було запропоновано використовувати дві різні форми числової інтерпретації ВТП: за методом рядкових сум (**адитивна згортка**) і за шкалою Сааті (**мультиплікативна згортка**) [1]. В обох цих формах потрібно використовувати 9 пронумерованих знизу догори рівнів (рангів альтернатив). Під час проведення ВТП децидент розташовує кожну з трійки альтернатив a_i на будь-якому з дев'яти рівнів. Ранг альтернативи a_i у ВТП будемо позначати $r(a_i)$.

Розглянемо числову інтерпретацію ВТП за **методом рядкових сум** з використанням запропонованої бальної структури $\{-2; -1; 0; +1; +2\}$. При аналізі кожного ППП в таблицю B заноситься відповідний бал за такими правилами:

$$\text{якщо} \quad r(a_i) = r(a_j), \quad \text{то} \quad a_i \sim a_j \Rightarrow b_{ij} = 0; b_{ji} = 0; \quad (5)$$

$$\text{якщо} \quad r(a_i) - r(a_j) = 1, \quad \text{то} \quad a_i > a_j \Rightarrow b_{ij} = 1; b_{ji} = -1; \quad (6)$$

$$\text{якщо} \quad r(a_i) - r(a_j) > 1, \quad \text{то} \quad a_i \gg a_j \Rightarrow b_{ij} = 2; b_{ji} = -2. \quad (7)$$

Після знаходження алгебраїчної суми кожного рядка таблиці B отримаємо числову оцінку відповідних альтернатив. Отримане результуюче кардинальне ранжування альтернатив буде **центрованим**.

Розглянемо числову інтерпретацію ВТП за **шкалою Сааті**. Елементи s_{ij} таблиці S відносних пріоритетів альтернатив a_i та a_j обчислюються за такими правилами:

$$\text{якщо} \quad r(a_i) \geq r(a_j), \quad \text{то} \quad s_{ij} = r(a_i) - r(a_j) + 1; \quad s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}; \quad (8)$$

$$\text{якщо} \quad r(a_i) < r(a_j), \quad \text{то} \quad s_{ji} = r(a_j) - r(a_i) + 1; \quad s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}}; \quad (9)$$

$$1 \leq r(a_i) \leq 9, \quad 1 \leq r(a_j) \leq 9. \quad (10)$$

Після знаходження середнього геометричного в кожному рядку таблиці S та нормування отримаємо результуюче **нормоване** кардинальне ранжування альтернатив.

Слід зазначити, що таблиці B і S внаслідок тернарності ВТП не є матрицями, а являють собою тривимірні масиви, але для наочності у виразах (5)-(9) пропущено третій індекс масиву k .

Перевірка ВТП на суперечливість полягає в знаходженні мінімуму і максимуму поточних значень в кожній клітинці таблиці B і перевірці виконання умови

$$\max_k \{B(i, j)\} - \min_k \{B(i, j)\} > 1.$$

Якщо ця умова виконується, то робиться висновок про наявність неприпустимої суперечливості, яку потрібно виправити.

Опис розробленої інформаційної технології

Інформаційна технологія складається з дев'яťох взаємопов'язаних між собою етапів. Ці етапи та їх взаємозв'язки зображені на рисунку 2. Взаємодія з децидентом або експертом передбачена на етапах 1, 3, 6, 9 (блоки блакитного кольору), а всі інші етапи здійснюються автоматично.

1. Початковими даними в розробленій інформаційній технології є кількість альтернатив та їх назви. Рекомендована кількість альтернатив – від 4 до 9, оскільки менша кількість не підходить для розробленого методу, а при більшій кількості альтернатив тернарних порівнянь буде багато, що може зробити процес ранжування трудомістким та незручним для децидента.

2. Таблиця **B** (для адитивної згортки) повинна ініціалізуватися нулями, а таблиця **S** (для мультиплікативної згортки) – одиницями.



Рисунок 2 – Основні етапи інформаційної технології ранжування альтернатив з допомогою ВТП

3. На етапі проведення ВТП автоматично формуються неповторювані преференційні набори з трьох альтернатив, які випадково вибираються з усієї множини. Ця трійка альтернатив демонструється дециденту на екрані (розташування альтернатив – зліва направо у випадковому порядку) та пропонується їх візуально порівняти. Під час кожного ВТП назви відповідних альтернатив переміщуються по екрану догори, причому **чим краще** альтернатива для децидента, **тим вище** вона має бути розташована. Розташування альтернатив на полицях переважань здійснюється двома кліками: перший клік активізує альтернативу, а другий вказує на обрану децидентом полицю.

4. Під час етапу числової інтерпретації ВТП відбувається обчислення і запис відповідних значень згідно з (5)-(9) в таблиці **B** і **S**.

5. Етап перевірки порівнянь на суперечливість (наявність конфлікуючих ВТП), для чого аналізуються значення в кожній клітинці таблиці **B**. Виявляються помилки децидента і ігноруються незначні розбіжності оцінок (4). Якщо суперечливості не виявлені, поточне ВТП вважається завершеним.

6. Якщо суперечливі ВТП виявлені, вони демонструються в наочному (візуальному) вигляді на полицях переважань. Децидент має можливість побачити та усвідомити суперечливість власних оцінок, а потім зкорегувати їх. Змінювати можна як поточне ВТП, так і попередні ВТП, з якими були виявлені суперечливості.

7. Після проведення всіх ВТП та корегування суперечливостей відбувається перехід до етапу розрахунку інформації для системного аналітика, на якому визначається результуючі кардинальні ранжування всіх альтернатив.

8. На етапі обчислення допоміжної інформації здійснюється розрахунок загального часу, який було використано на проведення усіх ВТП, середнього часу, який було використано для проведення одного ВТП, а також іншої статистичної інформації щодо проведення ранжування альтернатив.

9. Етап візуалізації результуючого ранжування є останнім етапом, під час якого дециденту демонструється результуюче ординальне ранжування альтернатив в простій та наочній формі.

В разі бажання децидента є можливість повторення процесу ранжування для тієї ж множини альтернатив.

Практика застосування розробленої інформаційної технології ранжування альтернатив на основі ВТП показала такі її **переваги**:

- Наочність, простота і інтуїтивна зрозумілість;
- Повна відсутність потреби в числових і вербальних оцінках децидентів;
- Висока швидкість;
- Висока надійність результатів;
- Врахування додаткового контексту порівнянь альтернатив;
- Пом'якшення вимоги щодо транзитивності переважань;
- Можливість виявляти та виправляти суперечливі оцінки;

- Вимірювання компетентності експертів і осіб, що приймають рішення;
- Універсальність і можливість застосування в різноманітних галузях прийняття рішень та експертного оцінювання.

Приклад застосування розробленої інформаційної технології

Розглянемо приклад застосування методу та інформаційної технології ранжування альтернатив в умовах критеріальної невизначеності за допомогою тернарних порівнянь з візуалізацією переважань на дев'яти полицях.

Задача. Приймається рішення щодо релокейту фермерського господарства в одну з п'яти областей України (Київська, Вінницька, Львівська, Харківська, Одеська). Керівник фермерського господарства має деяку неповну інформацію про кожну альтернативу, не в змозі сформулювати всі критерії оцінювання та покладається великою мірою на свій власний досвід і інтуїцію. Потрібно швидко та надійно проранжувати альтернативи, не використовуючи ніяких числових або вербальних характеристик і складних запитань.

Для розв'язання цієї задачі використаємо СППР ІСВП, створену авторами для перевірки ефективності розробленого методу ранжування альтернатив. Запропонуємо керівнику фермерського господарства (дециденту) виконати швидкі інтуїтивні візуальні тернарні порівняння, яких в нашому випадку загалом буде 10.

В якості назв альтернатив для зручності візьмемо назви відповідних обласних центрів $A = \{\text{Київ, Вінниця, Львів, Харків, Одеса}\}$.

В процесі виконання тернарних порівнянь СППР ІСВП виявила два випадки суперечливих порівнянь. Розглянемо докладніше один з них (рис. 3).

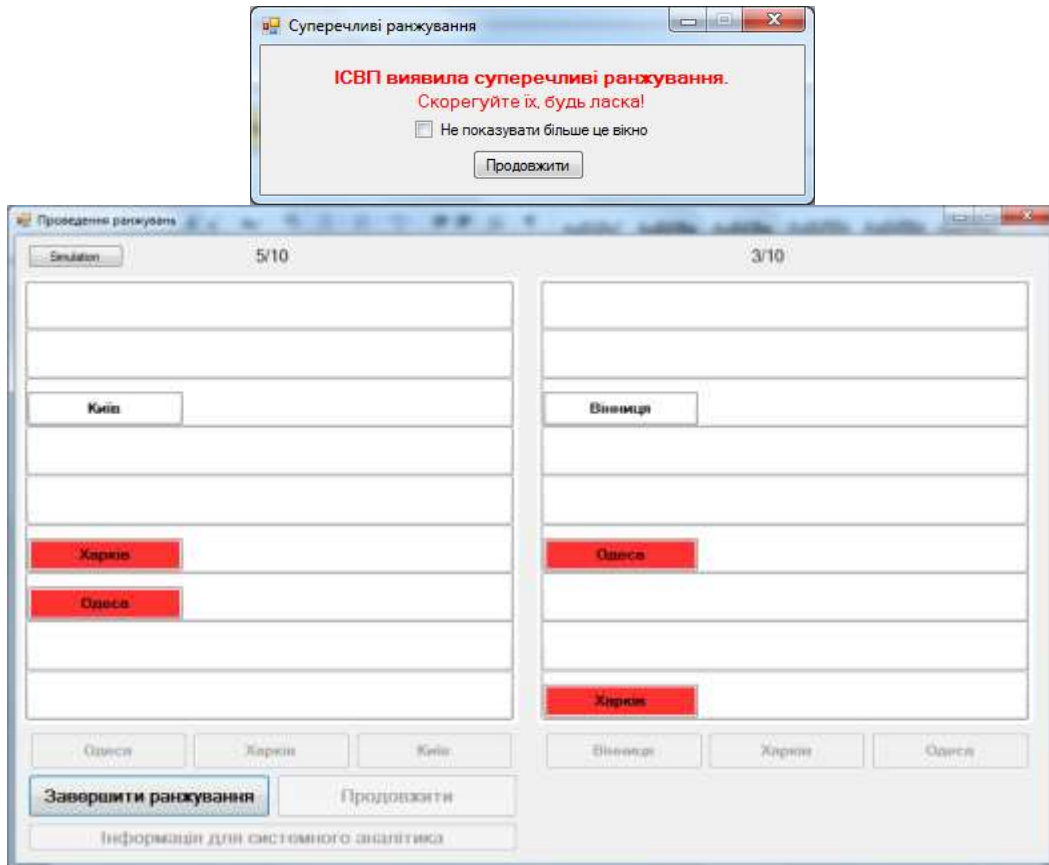


Рисунок 3 – Виявлення суперечливостей в тернарних порівняннях на полицях переважань

З порівняння 3/10 видно, що для децидента Одеса **безумовно** краще Харкова, тобто $\text{Одеса} \gg \text{Харків}$, а з порівняння 5/10 виходить, що для того ж самого децидента Харків краще Одеси, тобто $\text{Харків} > \text{Одеса}$.

Зрозуміло, що ця ситуація є неприпустимою суперечливістю і потребує виправлення. Після обмірковування децидент скорегував порівняння 5/10, перемістивши альтернативу *Харків* на дві полиці нижче, і вийшло, що $\text{Одеса} > \text{Харків}$, а це є допустимою розбіжністю з порівнянням 3/10 згідно з (4).

На рисунку 4 наведено результуюче ранжування всієї множини альтернатив. Це ранжування є **центрованим кардинальним** з візуалізацією у вигляді кольорових однонаправлених барів. Видно, що для керівника фермерського господарства **Вінниця** є найкращою альтернативою, **Київ** і **Львів** непогані, але трохи гірші, а **Одеса** і **Харків** – на останніх місцях.

На рисунку 5 наведено додаткову інформацію для системного аналітика, яка містить статистику розташування альтернатив по полицях переважань і статистику різниць в усіх 30 породжених парних порівняннях. Верхня таблиця містить всі значення тривимірного масиву **V** і результат, обчислений за методом рядкових сум. Нижня таблиця містить всі значення тривимірного масиву **S** і результат, обчислений за шкалою Сааті. Останній стовпець є результуючим **нормованим кардинальним** ранжуванням.

Оскільки ординальні ранжування альтернатив в верхній і нижній таблиці співпадають, можна зробити висновок про високу надійність отриманих результатів.

На виконання всіх десятих порівнянь (з урахуванням виправлення двох суперечливостей) було затрачено менше 2 хвилини, в середньому – 10 секунд на одне візуальне тернарне порівняння.



Рисунок 4 – Результуюче ранжування альтернатив

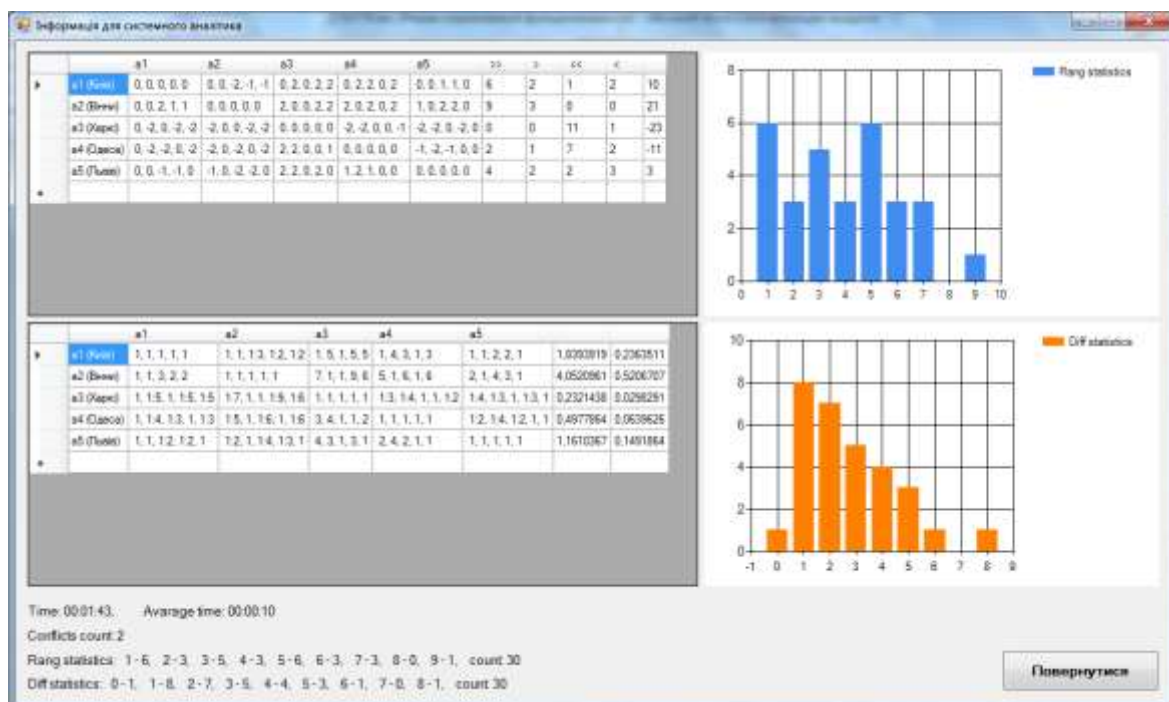


Рисунок 5 – Додаткова інформація для системного аналітика

Висновки

1. Описано новий метод ранжування альтернатив, заснований на проведенні та подальшому аналізі візуальних тернарних порівнянь.
2. Описано основні етапи інформаційної технології виявлення переважань децидента на основі цього методу.
3. Наведено приклад застосування розробленої інформаційної технології з візуалізацією альтернатив на полицях переважань.
4. Розроблений метод не потребує від децидентів ніяких числових або вербальних оцінок, є наочним та інтуїтивно зрозумілим.
5. Розширений контекст порівнянь альтернатив статистично згладжує незначні похибки і дозволяє діагностувати грубі помилки децидента.
6. В розробленому методі пом'якшується вимога щодо транзитивності переважань.
7. Проведені дослідження [12] підтверджують перспективність застосування розробленого методу та відповідної інформаційної технології при якісному і кількісному оцінюванні в різноманітних галузях, де потрібно проводити ранжування альтернатив за якістю або іншими ознаками (прийняття рішень, психологія, педагогіка, менеджмент, маркетинг, експертні оцінювання т. ін.), наприклад, для задач призначення на посаду, вимірювання в галузі емоційного інтелекту, нефактологічного оцінювання знань, аналізу споживацьких переважань, дегустаційних експертиз, некритеріального рейтингування, проведення різноманітних конкурсів тощо.

Список літератури

- [1] А. В. Катренко, та В. В. Пасічник, *Прийняття рішень: теорія та практика: підручник*, Львів, Україна: «Новий Світ – 2000», 2020.
- [2] Г. М. Гнатієнко, та В. Є. Снитюк, *Експертні технології прийняття рішень: Монографія*, Київ, Україна: ТОВ «Маклаут», 2008.
- [3] В. В. Колодний, "Трирівневі ранжування та їх застосування для виявлення переважань," у *Контроль і управління в складних системах*. Вінниця, Україна: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2003, с. 238.
- [4] В. В. Колодний, та В. В. Зубко, "Метод некритеріального структурування множини альтернатив за допомогою аналізу тернарних трирівневих ранжувань," у *Proceedings of the ninth international scientific-practical conference "Internet-Education-Science" (IES-2014)*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2014, с. 13-14.
- [5] В. В. Зубко, "Система прийняття рішень на основі методу аналізу тернарних трирівневих ранжувань," на *XLIV науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/initki/txt/zubko.pdf>.
- [6] В. В. Колодний, та В. В. Зубко, "Застосування гештальт-ранжувань для виявлення переваг ОПР," у *Proceedings of the tenth international scientific-practical conference «Internet-Education-Science» (IES-2016)*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2016, с. 43-44.
- [7] В. В. Зубко, "Інформаційна технологія для візуалізації та виявлення переважань," у *Proceedings of the tenth international scientific-practical conference «Internet-Education-Science» (IES-2016)*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2016, с. 58-59.
- [8] В. В. Колодний, та Д. С. Кудрявцев, "Інформаційна технологія візуального моделювання та обробки тернарних гештальт-ранжувань," *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, том 48, № 2, с. 26-34, Жовтень. 2018. doi: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2018-42-2-26-34>.
- [9] М. В. Лавров, та В. В. Колодний, "Мобільний застосунок для візуального тернарного ранжування альтернатив," на *XLIX науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р.* Вінниця, Україна: ВНТУ, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8742>.
- [10] D. Kahneman, *Thinking, Fast and Slow*. Toronto, Canada: Doubleday Canada. 2013.
- [11] R. H. Thaler, and C. R. Sunstein, *Nudge*. Longon, UK: Penguin. 2022.
- [12] В. В. Колодний, та В. В. Зубко, "Клас методів ранжування та некритеріального оцінювання об'єктів на основі візуальних тернарних порівнянь" на *Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19021/15872>.

Стаття надійшла: 11.01.2024

References

- [1] A. V. Katrenko, and V. V. Pasichnyk, *Pryiniattia rishen: teoriia ta praktyka: pidruchnyk*. Lviv, Ukraina: «Novyi Svit – 2000», 2020. [in Ukrainian]

- [2] H. M. Hnatiienko, and V. Ye. Snytiuk, *Ekspertni tekhnolohii pryiniattia rishen: Monohrafiia*. Kyiv, Ukraina: TOV «Maklout», 2008. [in Ukrainian]
- [3] V. V. Kolodnyi, "Tryrivnevi ranzhuvannia ta yikh zastosuvannia dlia vyivlennia perevazhan," in *Kontrol i upravlinnia v skladnykh systemakh*. Vinnytsia, Ukraina: «UNIVERSUM-Vinnytsia», 2003, p. 238. [in Ukrainian]
- [4] V. V. Kolodnyi, and V. V. Zubko, "Metod nekryterialnoho strukturuvannia mnozhyny alter-natyv za dopomohoiu analizu ternarnykh tryrivnevykh ranzhuvan," in *Proceedings of the ninth international scientific-practical conference "Internet-Education-Science" (IES-2014)*. Vinnytsia, Ukraina: VNTU, 2014, pp. 13-14. [in Ukrainian]
- [5] V. V. Zubko, "Systema pryiniattia rishen na osnovi metodu analizu ternarnykh tryrivnevykh ranzhuvan," na *XLIV naukovo-tekhnichna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, spiv-r-bitnykiv ta studentiv universytetu*. Vinnytsia, Ukraina: VNTU, 2015. [Online]. Available: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/initki/txt/zubko.pdf>.
- [6] V. V. Kolodnyi, and V. V. Zubko, "Zastosuvannia heshtalt-ranzhuvan dlia vyivlennia perevah OPR," in *Proceedings of the tenth international scientific-practical conference «Internet-Education-Science» (IES-2016)*. Vinnytsia, Ukraina: VNTU, 2016, pp. 43-44.
- [7] V. V. Zubko, "Informatsiina tekhnolohiia dlia vizualizatsii ta vyivlennia perevazhan," in *Proceedings of the tenth international scientific-practical conference «Internet-Education-Science» (IES-2016)*. Vinnytsia, Ukraina: VNTU, 2016, pp. 58-59.
- [8] V. V. Kolodnyi, and D. S. Kudriavtsev, "Informatsiina tekhnolohiia vizualnoho modeliuvannia ta obrobky ternarnykh heshtalt-ranzhuvan," *Informatsiini tekhnolohii ta komp'uterna inzheneriia*, vol. 48, no. 2, pp. 26-34, October. 2018. doi: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2018-42-2-26-34>.
- [9] M. V. Lavrov, and V. V. Kolodnyi, "Mobilnyi zastosunok dlia vizualnoho ternarnoho ranzhuvannia alternatyv," in *XLIX naukovo-tekhnichna konferentsiia pidrozdiliv VNTU, Vinnytsia, 27-28 kvitnia 2020 r.* Vinnytsia, Ukraina: VNTU, 2020. [Online]. Available: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8742>.
- [10] D. Kahneman, *Thinking, Fast and Slow*. Toronto, Canada: Doubleday Canada. 2013.
- [11] R. H. Thaler, and C. R. Sunstein, *Nudge*. Longon, UK: Penguin. 2022.
- [12] V. V. Kolodnyi, and V. V. Zubko, "Klas metodiv ranzhuvannia ta nekryterialnoho otsiniuvannia obiektiv na osnovi vizualnykh ternarnykh porivnian" in *Molod v nauksi: doslidzhennia, pro-blemy, perspektyvy (MN-2024)*. Vinnytsia, Ukraina: VNTU, 2023. [Online]. Available: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19021/15872>.

Відомості про авторів

Колодний Володимир Володимирович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук

Kolodnyi Volodymyr – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Computer Science

Зубко Валентин Володимирович – аспірант кафедри комп'ютерних наук

Zubko Valentyn – postgraduate student of the Department of Computer Science

V. V. Kolodnyi, V. V. Zubko

METHOD AND INFORMATION TECHNOLOGY FOR RANGING ALTERNATIVES BASED ON VISUAL TERNARY COMPARISONS

Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia