

УДК 519.816

**П. Д. Роїк, В. В. Циганок**

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

## **Метод поліпшення узгодженості оцінок експертів у ході діалогу**

*Розроблено метод поліпшення узгодженості експертних оцінок, яка визначається на основі спектрального підходу, коли множина оцінок подається у вигляді складових спектра на дискретній або неперервній додатній шкалі. Визначено рівень (пориг) узгодженості експертних оцінок, що є достатнім для їхньої агрегації. Запропонований метод у діалозі з експертами, при зведенні до мінімуму тиску на них, дозволяє підвищити узгодженість їхніх оцінок до достатнього рівня та значно підвищує ймовірність успішного завершення експертиз.*

**Ключові слова:** підтримка прийняття рішень, експертні оцінки, узгодженість експертних оцінок, достатній для агрегації рівень узгодженості, зворотний зв'язок з експертами.

### **Вступ**

При підтримці прийняття рішень (ППР) у різних сферах життєдіяльності людини все більш важливим стає фактор адекватності моделей, на основі яких генеруються рекомендації особам, що приймають рішення (ОПР). На адекватність таких моделей предметних областей, беззаперечно, впливає повнота та несуперечливість інформації і знань, що закладені у ці моделі. Виходячи з цього, адекватність моделей, а, як наслідок, і якість рекомендацій ОПР, залежить у першу чергу від повноти використання наявних знань у тій чи іншій області застосування. Як свідчать проведені дослідження Delphi Group (США) [1], значна частка знань, що використовуються певною організацією, не є будь-яким чином формалізованою і може бути отримана лише від фахівців-експертів. Саме це обумовлює необхідність залучення експертних знань для генерації якісних рекомендацій ОПР при ППР.

Окрім цього, слід зазначити, що у переважній більшості випадків недоцільно покладатися на знання лише єдиного, хоч і надкомпетентного експерта. Груповим рішенням здебільшого віддається перевага завдяки вищій достовірності результатів у таких експертизах. Отже, достатній рівень адекватності моделей предметних областей може досягатися шляхом підвищення повноти використання знань у цих областях у ході залучення груп експертів до процесу побудови моделей.

© П. Д. Роїк, В. В. Циганок

Іншим згаданим аспектом, що значно впливає на якість сформованих для ОПР рекомендацій, є несуперечливість інформації. Причому несуперечливість стосується в тому числі і експертної інформації, яка в даному випадку виступає як узгодженість оцінок, наданих експертами. Основна мета визначення узгодженості експертних оцінок — це вирішення питання, чи достатньою є узгодженість для того, щоб після агрегування цих оцінок був би отриманий достовірний результат. Адже, якщо оцінки узгоджені недостатньо, то після їхньої агрегації може статися ситуація, схожа на випадок стрільби по мішені, коли в результаті усереднення двох промахів справа та зліва від центру мішені, можна отримати середнє значення в центрі мішені. Звичайно, такий результат агрегації не є інформативним і достовірним, і таких ситуацій бажано уникати при проведенні експертиз. У зв'язку з цим виникають закономірні питання: 1) «яким чином можливо поліпшити узгодженість оцінок?» і 2) «до якої міри це потрібно здійснювати у ході експертизи?»

Питанням визначення узгодженості присвячені роботи ряду іноземних і вітчизняних учених: Т. Сааті [2], В. Кочкодайа [3], В.Г. Тоценка [4], М.З. Згуровського [5], Н.Д. Панкратової, Н.І. Недашківської [6], А. Оленка [7], С. Сірайа, Л. Михайлова, Дж.А. Кіна [8] та ін. Фактично, перелічені дослідження вирішують питання визначення узгодженості, і лише деякі з них торкаються питання її поліпшення. Крім того, запропоновані показники визначення узгодженості за вхідні дані переважно беруть лише експертні оцінки у вигляді повністю заповнених матриць парних порівнянь (МПП) і не розглядають, наприклад, безпосередні оцінки експертів і неповні МПП. Що стосується методів, які передбачають поліпшення узгодженості шляхом застосування зворотного зв'язку з експертом, то такі методи досліджувалися колективом вітчизняних учених на початку минулого десятиліття [9]. Ці дослідження започаткували аналіз цілого ряду методів, які дозволяють досягати бажаної достовірності результатів у експертизах. До таких методів, що описані в [9] і отримали назву «зі зворотним зв'язком з експертом», слід віднести наступні: методи отримання кардинальних експертних оцінок шляхом парних порівнянь «трикутник» і «квадрат»; з попереднім упорядкуванням альтернатив і без нього; із застосуванням як мультиплікативних, так і адитивних порівнянь. Основним джерелом критики, яка має місце стосовно згаданого сімейства методів зі зворотним зв'язком, є наявність тиску на експерта при зверненні до нього з пропозицією про зміну своєї попередньої оцінки. Незважаючи на те, що експерту завжди надається можливість відмовитися змінювати свою попередню оцінку, все ж наявність такого звернення деякою мірою спонукає експерта погоджуватися з наданими системою пропозиціями. Мотивацією такої поведінки експерта, а саме — переважно погоджуватися на певну зміну своєї попередньої оцінки, може слугувати бажання якомога швидше завершити експертизу.

У недавніх дослідженнях, що започатковані авторами у [10], розглядається ряд проблем визначення рівня узгодженості оцінок у разі групової експертизи. Проведений аналіз публікацій свідчить про те, що попри наявну велику кількість запропонованих методів визначення рівня узгодженості, всі вони містять істотні недоліки, які суттєво знижують достовірність результатів експертних оцінювань. Серед цих недоліків, які характерні певним методам, слід зазначити наступні: високу розбіжність значень для різних вибірок оцінок без гарантії однорідного визначення узгодженості та безперервності; неочікувану поведінку при зміні розмі-

ру шкали; неможливість розрізнити деякі характерні розподіли експертних оцінок; неможливість масштабування; немонотонність функції рівня узгодженості; залежність рівня узгодженості від зсуву оцінок на шкалі тощо.

Однією із задач проведеного дослідження є розробка методу визначення рівня узгодженості експертних оцінок шляхом обчислення певного індексу узгодженості, у якому береться до уваги цілий ряд вимог, поставлених на основі здорового глузду та умов подальшого використання цього індексу. Основні вимоги, які сформульовано в [10], наступні: 1) множину індивідуальних експертних оцінок можливо подати на обмеженій з обох сторін чисельній шкалі (неперервній або дискретній); 2) максимальний рівень узгодженості (1.0) досягається тоді і тільки тоді, коли всі експерти вибрали одну й ту ж саму оцінку; 3) індекс узгодженості повинен бути незалежним від зсувів оцінок; 4) за однієї і тієї самої множини оцінок, збільшення розміру шкали приводить до підвищення індексу узгодженості, і навпаки; 5) якщо деяка множина оцінок більш узгоджена, ніж інша в певній шкалі, то вона є більш узгодженою і в будь-якій іншій шкалі; 6) при лінійних змінах (одночасному пропорційному збільшенні/зменшенні) розмірів шкали і значень усіх оцінок індекс узгодженості залишається незмінним.

Індекс узгодженості запропоновано визначати, використовуючи спектральний підхід, у рамках якого оцінки експертів відображуються у вигляді спектра на обмеженій шкалі. Індекс обчислюється як нормоване значення суми відстаней між оцінками експертів для всіх можливих пар оцінок. Перевірка застосування такої формули розрахунку індексу узгодженості також проводилася для функції квадрату попарних різниць у парах оцінок, але проведений аналіз засвідчив більшу практичну придатність функції відстані [10].

Виходячи з усього вищевикладеного, актуальність питань визначення узгодженості експертних оцінок і розроблення ефективних процедур поліпшення узгодженості вбачається безсумнівною.

### Індекс узгодженості, що розглядається

У [10] було запропоновано індекс узгодженості подати у вигляді наступного виразу:

$$I = 1 - \frac{\sum_{i \neq j} f(|x_i - x_j|)}{M},$$

де  $x_i$  — оцінка  $i$ -го експерта;  $M$  — значення виразу чисельника для найбільш неузгодженого випадку за тієї самої кількості оцінок.

Вираз у чисельнику — це сума відстаней між оцінками для усіх можливих пар оцінок експертів. Запропонована функція  $f$  має таку властивість:  $f(x) > 0$ , якщо  $x > 0$  та  $f(x) = 0$ , якщо  $x = 0$ .

За викладених вище умов:  $I \geq 0$  і максимум ( $I = 1$ ) досягається тоді і тільки тоді, коли всі змінні (оцінки) рівні. Окрім того, як для  $f = x^2$ , так і для  $f = |x|$ , мінімум  $I$  досягається тоді, коли половина оцінок лежить на одному кінці шкали, інша — на іншому (коли кількість оцінок непарна, «зайва» оцінка може бути на будь-якому з кінців інтервалу).

Визначення цього мінімуму в певному сенсі йде врозрід із підходами тих авторів, які вважають, що мінімум повинен досягатися, коли всі оцінки рівномірно розподілені за всією шкалою. Але для практичного застосування індексу не дуже важливо, де функція досягає мінімуму, оскільки всі випадки високої неузгодженості не можуть використовуватися для подальшої агрегації оцінок експертів. Адже узгодженість у цих випадках необхідно поліпшувати, важливо лише, щоб функція задовольняла базовим вимогам.

Для обчислення  $M$  було формально визначено, який саме набір оцінок є найбільш неузгодженим для запропонованого індексу узгодженості. Для цього був знайдений максимум у випадку, коли  $f = x^2$ .

Тобто, було розглянуто задачу:

$$\sum_{i \neq j} (x_i - x_j)^2 \rightarrow \max, i, j = \overline{1..n},$$

$$x_i \leq x_{i+1}, i = \overline{1..n-1},$$

$$x_1 \geq 1,$$

$$x_n \leq s,$$

де  $n$  — кількість експертів, що надають свої оцінки на шкалі  $[1, s]$ ;  $x_i \in [1, s]$ ,  $i = \overline{1..n}$  — оцінка  $i$ -го експерта. Без утрати загальності вважається, що  $x_i \leq x_{i+1}$ ,  $i = \overline{1..n-1}$ .

Після ряду перетворень і розв'язання системи нелінійних рівнянь числовим методом за допомогою програмних засобів отримано, що коли  $n$  парне, то розв'язок має вигляд  $\{1..1, s..s\}$  (кількість «1» та «s» однакова), та вигляд  $\{1..1, s..s\}$  (кількість «1» на одиницю більша/менша ніж кількість «s»), якщо  $n$  — непарне. Це якраз і є інтерпретацією випадку, де половина оцінок лежить на одному кінці шкали, інша — на іншому, а коли кількість оцінок непарна, «зайва» оцінка може бути на будь-якому з кінців шкали.

## Задачі дослідження

Отже, задачею, яку варто поставити перед даним дослідженням є створення методу підвищення рівня узгодженості експертних оцінок. Причому, експертні оцінки, що наразі розглядаються, включають у себе досить широкий спектр категорій: це і безпосередні числові оцінки, і оцінки, що отримані як парні порівняння об'єктів (як повні, так і неповні), як абсолютні, так і відносні оцінки, які отримані в різних за докладністю вербальних шкалах оцінювання тощо. Питання, яке закономірно постає — це «Навіщо взагалі підвищувати рівень узгодженості?» Відповідь на це питання можна отримати, проаналізувавши ряд властивостей, що притаманні узгодженим експертним оцінкам.

Перша та головна вимога множини оцінок — це можливість і доцільність їхньої агрегації. Тобто, агрегувати (узагальнювати) множину експертних оцінок без втрати достовірності інформації, яку вони несуть у собі, доцільно лише у випадках достатньо узгодженої множини. Звичайно ж метою будь-якої експертизи в галузі ППР є отримання достовірних числових оцінок характеристик певних

об'єктів, а оскільки, як відмічалось вище, більшу достовірність можливо досягти лише завдяки саме груповій експертизі, то необхідним постає процес узагальнення оцінок, які надали різні експерти.

Слід зазначити, що для узагальнення експертних оцінок існують ряд функцій агрегації, таких як середнє арифметичне, середнє геометричне, медіанне значення тощо. Всіх їх доцільно застосовувати для агрегації експертних оцінок в певних випадках, але загальною вимогою має бути близькість (подібність, невіддаленість) оцінок, що агрегуються. Ця вимога обґрунтовується тим, що при проведенні експертиз, на відміну від групових опитувань, вважається, що існує деяка «істинна» («правильна») оцінка — значення характеристики об'єкта, що оцінюється. В той же час, коли маємо справу з опитуваннями респондентів, то істинної оцінки бути не може — у кожного респондента є своя власна, недоторканна думка, яка виражається його/її незмінним відношенням до певного об'єкта (це відношення не можна і не доцільно змінювати під зовнішнім впливом, наприклад, впливом переконання). Таким чином, узгодженість експертних оцінок характеризується мірою їхньої близькості, і їхнє агрегування доцільно виконувати лише, якщо вони достатньо близькі одна до одної. Інакше може статися випадок, як при визначенні середньої температури пацієнтів по лікарні, — це значення, зазвичай, близьке до 36,6 °С, але є зовсім не інформативним. Отже, другою вимогою множини експертних оцінок, яка, фактично, впливає з першої, можна вважати наявність гіпотетичної істинної оцінки, яка в ідеальному випадку має збігатися з отриманою узагальненою оцінкою.

Тепер зауважимо, що узгодженість оцінок може бути як внутрішньою (узгодженість між собою різних оцінок певного експерта, наприклад, при парних порівняннях ним множини об'єктів), так і зовнішньою (узгодженість оцінок різних експертів, що надані щодо певного об'єкта). Природа внутрішньої узгодженості — це протиріччя між судженнями одного певного експерта, в той час як природа зовнішньої узгодженості — протиріччя між судженнями експертів у разі групової експертизи. І у зв'язку з цим, до завдань, що пов'язані зі створенням індексу узгодженості, додається вимога щодо інваріантності його до типу узгодженості саме в цьому сенсі. Тобто, процес визначення узгодженості не має залежати від того, внутрішня це узгодженість чи зовнішня.

Щоб виконувалася ця остання згадана умова, якраз і пропонується використати спектральний підхід до подання експертних оцінок, що запропонований у [4] та удосконалений у [11]. Підхід полягає у формуванні на основі експертних матриць парних порівнянь множини оцінок і поданні її у вигляді складових на обмеженій з обох кінців шкалі. Кожну цю складову можна поставити у відповідність оцінці, наданій деяким експертом. Набір таких складових зображають у вигляді спектра оцінок, приклад якого показано на рис. 1.

Слід зауважити, що на рис. 1 зображено дискретну шкалу, оскільки у цьому прикладі оцінювання експертів виконувались у цілочисловій шкалі, але запропонований індекс узгодженості дає можливість робити розрахунки і для випадку, коли оцінки задаються в неперервній шкалі. Окрім того, звернімо увагу, що шкала є обмеженою діапазоном значень, які може приймати кожна оцінка, але нульова позначка присутня на шкалі. Наявність нуля, як початку відліку, дає можливість масштабування того чи іншого спектра оцінок відносно даної позначки шкали.

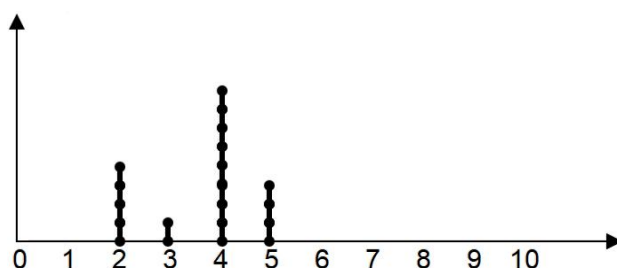


Рис. 1. Приклад спектра, що відповідає множині оцінок  $\{2,2,2,2,3,4,4,4,4,4,4,4,4,5,5,5\}$

Тепер можна резюмувати, що поліпшення узгодженості необхідне до певного визначеного рівня, нижче якого агрегація оцінок є недоречною.

Тому ще однією важливою задачею є розробка методу поліпшення узгодженості. Основним підґрунтям для розробки такого методу є започатковані та проаналізовані методи кардинальних (числових) експертних оцінок альтернатив зі зворотним зв'язком з експертом [9]. Слід зауважити, що наявні методи експертного оцінювання, які базуються на ординальних (порядкових) оцінках, у рамках даного дослідження не розглядаються. Питання узгодженості таких оцінок теж вимагає окремого наукового дослідження.

Отже, проаналізовані в [9] методи зі зворотним зв'язком, реалізовані на основі діалогу з експертом/експертами. Цей діалог і є, так званим, зворотним зв'язком. У разі недостатньої для узагальнення узгодженості, до експерта, що дав найбільш неузгоджену з рештою експертів оцінку, у ході зворотного зв'язку, генерується запитання на кшталт: «Ваша попередня оцінка *альтернативи № 1* — 4, чи не погодитесь *зменшити* попередньо дану Вами оцінку?». Експерт у ході такого діалогу вільний погодитись, або відмовитися від корекції своїх оцінок. Зазвичай, на практиці, подібний діалог з експертом може повторюватися багато разів, і психологічно експерт врешті буде більше схильний до надання позитивної відповіді заради найшвидшого закінчення діалогу. У цьому полягає певний «тиск» на експерта та пов'язана з ним наявна критика опонентів цього методу.

Поліпшення узгодженості за допомогою зворотного зв'язку може не досягти мети — досягнення достатнього для агрегації рівня узгодженості експертних оцінок. Це відбувається у разі відмов експертів змінювати свої попередні судження. В таких випадках методика експертизи передбачає припинення процесу оцінювання і заміну експертної групи через неспроможність експертів прийти до узгодженого рішення. Можливість частого повторювання безуспішних експертиз можна також віднести до певних недоліків, що характерно для методів зі зворотним зв'язком.

Попри все, існує ще один критерій якості методу поліпшення узгодженості — це кількість звернень до експертів. Оскільки робота експертів — це затратна процедура стосовно часу і високовартісна, то бажаною є мінімізація кількості звернень до експертів.

Отже, наразі перед дослідниками стоїть завдання створення методу поліпшення узгодженості, який зменшує тиск на експерта та зводить до мінімуму кількість безуспішних експертиз і кількість звернень до експертів.

## Визначення порогу узгодженості

Безпосередньо пов'язаною з вирішенням поставленого завдання є задача визначення порогу узгодженості. Поріг узгодженості — це саме те значення узгодженості експертних оцінок, досягнення якого дає підстави для агрегації оцінок і отримання при цьому достовірної узагальненої оцінки. Вирішення задачі визначення цього значення для запропонованого індексу узгодженості подано в [10].

Для визначення порогів достатньої узгодженості було зроблено припущення щодо трикутної форми функції закону розподілу оцінок за умови, коли 30 експертів навмання ставлять оцінку 15 000 разів.

У ході дослідження було проаналізовано поріг узгодженості для двох функцій, які можливо застосовувати в індексі узгодженості:  $f = x^2$  та  $f = |x|$ . У ході аналізу прийшли до висновку, що для  $f = |x|$  досягається набагато більш рівномірний розподіл, який тяжіє до центру, а не до периферії на горизонтальній осі. Порогове значення за 95-відсоткової персентилі дорівнює 0,73. Закон розподілу оцінок має вигляд, який зображено на рис. 2.

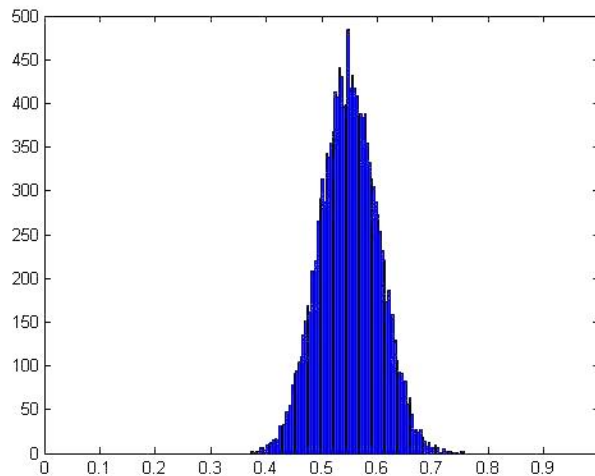


Рис. 2. Приклад зображення закону розподілу оцінок для функції  $f = |x|$

За рівномірного розподілу оцінок досягається істотно нижче значення індексу узгодженості: 0,26 для  $f = |x|$  проти 0,57 для  $f = x^2$ . Це слугує підтвердженням більшої адаптованості обраної функції до умов реальних статистичних досліджень, а тому свідчить про кращу придатність функції  $f = |x|$  для використання в межах установлених задач.

## Запропонований метод і його переваги

Тепер, коли сформульовано основні задачі, опишемо запропоновану процедуру поліпшення узгодженості задля досягнення рівня узгодженості, достатнього для агрегації експертних оцінок. Фактично, ця процедура передбачає досягнення порогу узгодженості. Ще раз варто зазначити, що у ході підвищення рівня узгодженості переслідуються дві цілі: питання до експерта повинні бути ненав'язли-

вими (тобто, не має спричинятися тиск на експерта) та кількість питань повинна бути мінімальною.

Отже, нехай  $n$  експертів дали свої оцінки  $x_i^*, i = \overline{1..n}$ , та індекс їхньої узгодженості виявився нижче порогу узгодженості. Тоді, для кожного експерта  $i$  фіксуємо оцінку всіх інших експертів, а оцінку  $i$ -го експерта варіюємо, та знаходимо, за якого значення індекс узгодженості становиться максимальним, тобто розв'яжемо задачу мінімізації функції  $F(x_i) = \sum_{i \neq j} f(|x_i - x_j|)$ .

У випадку, якщо  $f = x^2$ , то  $F(x_i) = \sum_{i \neq j} (x_i - x_j)^2$ , і мінімум досягається, коли

$$F'(x_i) = 2 \sum_{i \neq j} (x_i - x_j) = 0, j = \overline{1..i, i+1..n}, \text{ тобто коли } x_i = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n x_j}{n-1} \text{ (середнє арифметичне оцінок інших експертів).}$$

Аналогічно, значення мінімуму знаходимо при  $f = |x|$ , тоді  $F(x_i) = \sum_{i \neq j} |x_i - x_j|$ . Сума модулів має вигляд неперервної ламаної лінії, і з властивостей

модуля впливає, що найбільший нахил функція має справа, а найменший — зліва. Нахил буде нульовим якраз на медіані значень, отже мінімум досягається на медіані оцінок інших експертів.

Далі визначаємо, оцінка якого експерта найбільше максимізувала індекс узгодженості.

Запитуємо у цього експерта, чи бажає він змінити свою оцінку. Якщо відповідь — «ні», переходимо до наступного за ним експерта, оцінка якого є наступною у порядку зменшення максимізації індексу узгодженості. Якщо відповідь — «так», то просимо експерта надати нову оцінку. Якщо надана ним оцінка збільшила індекс узгодженості, то замінюємо його попередню оцінку новою, якщо ні — то просто запам'ятовуємо цю ситуацію для подальшого аналізу.

Описаний вище алгоритм скінченний, оскільки звернення до кожного експерта може відбуватися лише один раз.

Алгоритм закінчує свою роботу у випадку, коли попередньо визначений достатній рівень (поріг) узгодженості досягнуто, або коли неможливо досягти цього порогу.

Наголосимо, що ця процедура зворотного зв'язку, на відміну від досліджених у [9], може пропонувати експертові лише змінити попередню надану ним оцінку, не вказуючи бажаного для підвищення узгодженості напрямку її змінювання. Тим самим, «тиск» на експерта значно зменшується порівняно з методами, що досліджені в [9]. Тобто, «тиск» на експерта при зверненні з питанням типу «Чи не погодитесь змінити свою попередню оцінку?» є меншим, ніж у випадку питання «Чи не погодитесь зменшити/збільшити свою попередню оцінку?», оскільки в першому випадку експертові не «нав'язується» напрямок необхідної зміни його/її оцінки. Крім того, запропонований алгоритм зводить до мінімуму кількість звернень до експертів, оскільки лише один раз може відбуватися звернення до кожного експерта про зміну його оцінки, в той час як у альтернативних методах (досліджених у [9]), кількість звернень до певного експерта з проханням змінити



одну й ту ж саму його оцінку в бік збільшення або зменшення, може бути значною.

### Приклад роботи алгоритму

Приклад роботи алгоритму подано нижче у вигляді діалогових повідомлень у ході виконання макету відповідного програмного засобу.

Введіть максимальне значення на шкалі (5–100): 10.  
Введіть кількість експертів (2–25): 5.  
Яку функцію використовувати (модуль (1) чи квадрат (2))?: 1.  
Рахую порогове значення (95 % перцентиль)...  
Пороговий індекс узгодженості дорівнює 0,82.  
Введіть оцінку експерта № 1 ([1, 10]): 7.  
Введіть оцінку експерта № 2 ([1, 10]): 3.  
Введіть оцінку експерта № 3 ([1, 10]): 6.  
Введіть оцінку експерта № 4 ([1, 10]): 7.  
Введіть оцінку експерта № 5 ([1, 10]): 1.  
Рахую індекс узгодженості...  
Індекс узгодженості дорівнює 0,41.  
Намагаємося підвищити рівень узгодженості...  
Експерте № 5, чи хочете Ви змінити свою оцінку (була 1.0) (так (1) або ні (0))?: 1.  
Експерте № 5, яка Ваша нова оцінка (була 1.0)?: 7.  
Індекс узгодженості покращився, тепер дорівнює 0,67.  
Експерте №2, чи хочете Ви змінити свою оцінку (була 3.0) (так (1) або ні (0))?: 1.  
Експерте №2, яка Ваша нова оцінка (була 3.0)?: 6.  
Індекс узгодженості покращився, тепер дорівнює 0,89.  
Фінальний індекс узгодженості дорівнює 0,89.  
Оцінки: 7.0, 6.0, 6.0, 7.0, 7.0

Тепер слід розглянути випадок, коли після всіх запланованих звернень до експертів необхідний рівень узгодженості все ж не досягнуто. У такому випадку пропонується задіяти процедуру виключення оцінок деяких експертів з розгляду. Вбачається, що ця процедура не є бажаною, адже ми при цьому втрачаємо (не беремо до уваги) судження деяких експертів, але ця процедура є вимушеною і проводиться заради досягнення успішного результату експертизи. Звичайно ж, достовірність результату групової експертизи у ході такого процесу зменшується, і щоб її сенс не було втрачено, попередньо емпірично було введено обмеження на мінімальну кількість експертних оцінок — 3. Тобто, у випадку недосягнення порогу узгодженості при трьох оцінках, що залишилися, робиться висновок про недостатню узгодженість суджень експертів у групі та необхідність проведення повторної експертизи.

Отже, сутність цієї процедури полягає в послідовному знаходженні та виключенні з розгляду оцінки, яка вносить найбільший вклад у мінімізацію індексу узгодженості. Після кожної такої ітерації виконується перерахунок індексу узгодженості для скороченої множини. У певному сенсі ця процедура є досить логіч-

ною, оскільки, в першу чергу, виключаються так звані «викиди» — оцінки, що є найбільш віддалені від середньо-групового значення.

Звичайно, збіжність алгоритму цієї процедури є очевидною, оскільки шляхом виключення оцінок завжди отримаємо вироджений випадок множини експертних оцінок, що складається з єдиної оцінки, і ця множина має найбільший індекс узгодженості, рівний одиниці.

Для подальшого дослідження залишається ще ряд питань. По-перше, це питання щодо визначення мінімальної кількості експертних оцінок, яка має залишатися, щоб критично не знизилася достовірність отриманих узагальнених оцінок і, тим самим, не звелася нанівець достовірність результату експертизи. Тобто, ця кількість може бути обґрунтованою не на рівні 3-х оцінок, а бути дещо більшою. Окрім того, додаткової уваги заслуговує питання, що при виборі експертної оцінки для виключення її із розгляду, потрібно враховувати ті повторно надані оцінки, які не були прийняті при попередніх зверненнях до експертів через те, що вони не підвищували узгодженість.

Запропонований метод практично реалізовано та апробовано в рамках системи розподіленого збору та обробки експертної інформації «Консенсус-2» [12].

## Висновки

Розроблено метод поліпшення узгодженості оцінок у групі, який дає можливість виключити тиск на експерта за рахунок того, що напрямок бажаної зміни для підвищення узгодженості попередньо наданої оцінки не вказується. Метод дозволяє значно підвищити ймовірність успішного завершення експертиз.

Подальші дослідження планується зосередити на доопрацюванні запропонованого підходу у плані визначення мінімальної кількості оцінок, яка необхідна для отримання достовірних результатів експертизи та на процедурах подальшого використання попередньо не прийнятих змін оцінок.

1. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями (методы и технологии). Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 260 с.
2. Saaty T.L. Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.
3. Koczkodaj W. A new definition of consistency of pairwise comparisons. *Mathematical and Computer Modeling*. 1993. **18**(7). P. 79–84.
4. Totsenko V.G. The Agreement Degree of Estimations Set with Regard of Experts Competency. Proc. of the Fourth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process. Simon Fraser University. Vancouver, Canada, 1996. P. 229–241.
5. Zgurovsky M.Z., Totsenko V.G. and Tsyganok V.V. Group Incomplete Paired Comparisons with Account of Expert Competence. *Mathematical and Computer Modelling*. 2004. **39**(4-5). P. 349–361.
6. Pankratova N., Nedashkovskaya N. Methods of evaluation and improvement of consistency of expert pairwise comparison judgments. *Internat. J. Information Theories and Applications*. 2015. Vol. 22. N 3. P. 203–223.
7. Olenko Andriy and Tsyganok Vitaliy. Double Entropy Inter-Rater Agreement Indices. *Applied Psychological Measurement*. 2016. Vol. 40(1). P. 37–55.
8. Siraj Sajid, Mikhailov Ludmil, Keane John A. Contribution of individual judgments toward inconsistency in pairwise comparisons. *European Journal of Operational Research*. 2015. **242**(2). P. 557–567.

9. Totsenko V.G., Tsyganok V.V., Kachanov P.T., Kachanova E.V., Deev A.A., Torba L.T. Experimental Research of Methods for Getting Cardinal Expert Estimates of Alternatives. Part 2. Methods with Expert Feedback *Journal of Automation and Information Sciences*. 2003. Vol. 35, Is. 4. P. 28–38.

10. Циганок В.В., Роїк П.Д. Визначення узгодженості оцінок експертів при підтримці прийняття групових рішень. *Системний аналіз та інформаційні технології*: Матеріали 20-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2018 (21–24 травня 2018, м. Київ). Київ: ННК «ПСА» НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. С. 96–97.

11. Циганок В.В. Елементи комбінаторного підходу при визначенні спектрального коефіцієнта узгодженості експертних парних порівнянь. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. 2012. Т. 14. № 2. С. 98–105.

12. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №75023. Комп'ютерна програма «Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень — «Консенсус-2» / В.В. Циганок, П.Д. Роїк, О.В. Андрійчук, С.В. Каденко; від 27/11/2017.

Надійшла до редакції 11.06.2018