

І.С. РОМАНЧЕНКО

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: 1958.romancenکو@gmail.com.

М.М. ПОТЬОМКІН

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: favorite_p@ukr.net.

М.В. НІКОЛАЄНКО

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: nikolaenko.max.2013@gmail.com.

Д.І. ГРАЗІОН

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна,
e-mail: denion@ukr.net.

ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ РАНЖУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ, ОТРИМАНОГО МЕТОДОМ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Анотація. У статті наведено загальний опис методу аналізу ієрархій та виконано аналіз проблеми оцінювання стійкості ранжування альтернатив, отриманого цим методом. Показано, що оцінювання стійкості є важливою складовою висновків про можливість практичного використання результатів ранжування. Запропоновано підхід до оцінювання стійкості, який ґрунтується на інтерактивній процедурі і надає змогу значно скоротити обсяги розрахунків. Завдяки застосуванню цього підходу можна підвищити обґрунтованість рекомендацій, розроблених на основі методу аналізу ієрархій за наявності достатньо об'єктивного висновку про стійкість пріоритетів розглянутих альтернатив.

Ключові слова: метод аналізу ієрархій, експертне опитування, ефект реверсу рангів, похибка експертної оцінки, стійкість ранжування.

ВСТУП

Як відомо, метод аналізу ієрархій (МАІ) [1] є багатокритерійним методом прийняття компромісних рішень на підставі аналізу факторів, вплив яких не можна описати за допомогою аналітичних залежностей [2]. Результати наукометричних досліджень ступеня вживаності прикладних багатокритерійних методів прийняття рішень, застосованих у різних галузях практичної діяльності [3, 4], свідчать про те, що МАІ є одним з найбільш широкоживаних методів. Тому проведення досліджень щодо підвищення обґрунтованості рішень, які приймаються на його основі, є, на наш погляд, актуальним науковим завданням.

ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ОТРИМУВАННОГО РАНЖУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ

Оскільки МАІ досить докладно описаний у спеціальній літературі, тут наведемо лише його загальний опис [1, 2]. На першому етапі визначають мету розв'язуваного завдання. На другому етапі, виходячи з визначеної мети, будують відповідну ієрархію. На третьому етапі для кожного рівня ієрархії формують матриці парних порівнянь, що підлягають заповненню за результатами експертного опитування. При цьому кількість матриць на кожному рівні відповідає кількості вузлів вищого рівня, з якими пов'язані вузли поточного рівня, а розмір кожної матриці визначається кількістю факторів, що підлягають парному порівнянню. На четвертому етапі формують матриці парних порівнянь, які в МАІ є обернено симетричними. Під час заповнення наддіагональних елементів матриці експерт користується шкалою оціночних суджень, запропонованою Т. Сааті [1], та здійснює послідовне парне порівняння факторів. Водно-

час експерт повинен оцінити рівень важливості кожного фактора порівняно з іншими, враховуючи вплив розглядуваного фактора на фактор вищого рівня ієрархії, для якого заповнюють матрицю. На п'ятому етапі для кожної матриці парних порівнянь здійснюють оцінювання елементів вектора локальних пріоритетів, для чого розраховують компоненти власного вектора, який відповідає максимальному власному значенню матриці, та здійснюють їхнє нормування до одиниці. На шостому етапі для кожної матриці парних порівнянь виконують оцінювання її узгодженості, а на сьомому — перевірку узгодженості всієї ієрархії. На останньому, восьмому етапі розраховують вектор глобальних пріоритетів альтернатив, на основі якого здійснюють ранжування альтернатив у пріоритетний ряд за перевагою.

Слід зазначити, що за час існування МАІ він неодноразово ставав об'єктом різних удосконалень та модифікацій, докладний опис яких наведено в [5, 6]. Однак, ці дослідження здебільшого стосувались обчислювальних процедур МАІ, вплив особливостей яких на отримувані результати розглянуто в [6, 7]. У спеціальній літературі, зокрема в [8–10], наведено дані про специфічні особливості МАІ, пов'язані з проблемою реверсу рангів. Суть цієї проблеми полягає у можливій зміні порядку ранжування альтернатив у разі зміни переліку факторів, за якими їх порівнюють, навіть у тому випадку, коли з розгляду вилучають найменш значущі фактори. У цьому випадку розглядають проблему оцінювання стійкості вектора пріоритетів відносно структури ієрархії. Її можна досить просто розв'язати, виконавши декілька циклів розрахунків за МАІ для спрощених ієрархій. У кожному циклі з ієрархії виключають один вузол. Якщо за всіма циклами розрахунків пріоритети альтернатив не змінилися, то вектор пріоритетів відносно структури ієрархії вважають стійким. Однак, порядок ранжування може змінюватися не лише у разі зміни кількості розглядуваних факторів, але й внаслідок наявності похибок експертних оцінок. У цьому випадку розглядають проблему оцінювання стійкості вектора пріоритетів відносно похибок експертних оцінок.

У монографії [11] наведено результати спеціальних досліджень стійкості векторів локальних пріоритетів відносно похибок експертних суджень, на основі яких було встановлено, що достатньою умовою такої стійкості є узгодженість матриці парних порівнянь. Водночас зазначено, що стійкість зберігається для відносно невеликих коливань величин експертних суджень. Однак, питання допустимої величини таких «невеликих коливань» у [11] не розглянуто, тому не можна оцінити стійкість ранжування на практиці для конкретного завдання, розв'язуваного з використанням МАІ. До того ж, ці дослідження стосувалися лише матриць локальних пріоритетів, а не вектора глобальних пріоритетів, тобто не розглянуто вплив похибок експертних оцінок на результати ранжування. Потреба в оцінюванні такої стійкості випливає з того, що результати ранжування залежать не лише від похибок експертного оцінювання, а й від ефектів розрахунків під час згортки векторів локальних пріоритетів у єдиний вектор глобального пріоритету.

Доцільно наголосити, що оцінювання стійкості ранжування внаслідок похибок експертного оцінювання має велике значення для практики використання МАІ. Це пояснюється тим, що вже сам факт усвідомлення можливого прояву ефекту реверсу рангів за наявності таких похибок зменшує обґрунтованість отриманих результатів та відповідно рівень довіри до них.

На перший погляд, оцінити стійкість отриманого ранжування альтернатив можна досить просто за допомогою багаторазового застосування МАІ з матрицями парних порівнянь, сформованих штучно шляхом заміни значень, визначених експертом, на нові, достатньо близькі до них за шкалою Т. Сааті. Поняття «дос-

татньо близькі» можна трактувати як відхилення на декілька поділок цієї шкали залежно від кваліфікації експерта. Якщо для всіх сформованих матриць ранжування альтернатив буде таким самим, як і для матриць, заповнених експертом, то можна вважати, що воно є стійким відносно заданої величини похибок експертного оцінювання. Однак, цей підхід є дуже трудомістким. До прикладу, результат простого розрахунку для матриці 8×8 свідчить про те, що експерти мають оцінити 28 її наддіагональних елементів. Якщо похибку експерта встановити на рівні ± 1 поділка шкали Т. Сааті, тоді кожен з її 28 елементів може мати три значення. Це означає, що для оцінювання стійкості ранжування лише для цієї матриці потрібно отримати вектори глобальних пріоритетів для 21952 її варіантів та виконати їхній аналіз. Виходячи з того, що ієрархія містить декілька матриць, можна дійти висновку про непридатність такого підходу для широкого використання. Інакше кажучи, виникає проблема практичного оцінювання стійкості ранжування альтернатив відносно похибок експертного оцінювання. До того ж, для її розв'язання слід розробити відповідний підхід, який можна реалізувати на практиці.

ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ РАНЖУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ, ОТРИМАНОВОГО З ВИКОРИСТАННЯМ МАІ

В основу пропонованого підходу покладено такі міркування. У загальному випадку будемо вважати, що ранжування є стійким, якщо воно не змінюється в разі змінювання ступеня впливу на нього кожного фактора з ієрархії. Зрозуміло, що ранжування є нестійким, якщо воно є нестійким хоча б за одним із факторів.

Однак, у деяких випадках завдання може мати більш конкретний характер. Наприклад, потрібно оцінити стійкість відносно найкращої альтернативи, тобто визначити, чи залишиться найкраща альтернатива такою в разі змінювання експертних суджень. Іншими словами, перед оцінюванням стійкості потрібно чітко визначити критерій стійкості. На додаток до викладеного висунемо таку гіпотезу: якщо суттєві відхилення значень елементів деякого вектора локальних пріоритетів не призводять до зміни ранжування, то й малі їхні відхилення не призведуть до зміни ранжування. На практиці ця гіпотеза надає змогу проводити свого роду «стрес-тест» на стійкість, а саме сформувати для деякого фактора з ієрархії вектор локальних пріоритетів, який суттєво відрізняється від реального (отриманого за результатами оброблення матриці парних порівнянь), та розрахувати для нього вектор глобальних пріоритетів. Якщо при цьому ранжування не зміниться, то на підставі запропонованої гіпотези можна вважати, що ранжування є стійким за цим фактором.

Оцінювання стійкості розв'язку, отриманого за МАІ, доцільно починати з оцінювання його стійкості відносно ієрархії у цілому. Для цього запропоновано скористатися інтерактивним підходом, згідно з яким дослідник може у реальному часі на свій розсуд змінювати значення елементів вектора локальних пріоритетів деякої матриці та одразу візуально спостерігати (оцінювати) вплив цих змін на елементи вектора глобального пріоритету, а отже, і на ранжування альтернатив.

З урахуванням цих міркувань розроблено програмний модуль для оброблення результатів експертного опитування за МАІ, який містить блок оцінювання стійкості відносно ієрархії в цілому, який надає змогу для будь-якого фактора з ієрархії відобразити вихідні елементи вектора локальних пріоритетів та елементи вектора глобальних пріоритетів, отримані за результатами розрахунків, сформувати нові значення елементів вектора локальних пріоритетів та відобразити відповідні їм значення елементів вектора глобальних пріоритетів. При цьому значення елементів локальних пріоритетів можуть змінюватись дискретно (для реалізації режиму «стрес-тест») або неперервно (для реалізації режиму «плавне змінювання»).

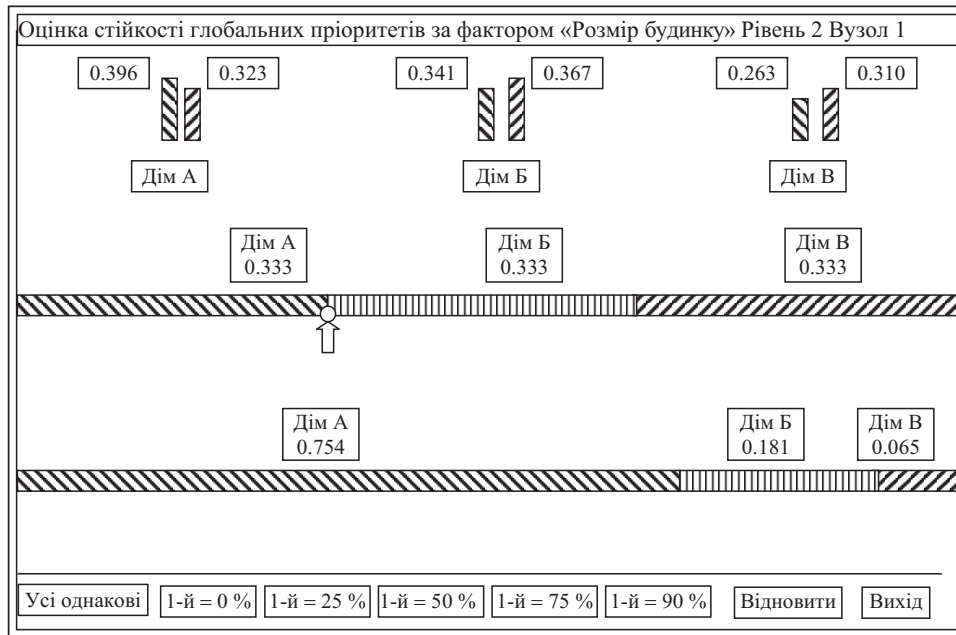


Рис. 1. Графічне зображення на екрані монітора для оцінювання стійкості ранжування відносно ієрархії в цілому

Графічне зображення на екрані монітора (для прикладу з [1], що стосується вибору будинку, який доцільно придбати) наведено на рис. 1. Зображення на моніторі складається з трьох зон: зони заголовка, зони графічного відображення інформації та зони керування. Зона заголовка містить назву фактора, за яким оцінюють стійкість ранжування, та його місце в ієрархії.

У свою чергу зона графічного відображення складається з трьох частин.

У першій частині у вигляді стовпчастої діаграми відображаються елементи векторів глобальних пріоритетів альтернатив: зліва — вихідного, отриманого за результатами розрахунків за МАІ, справа — розрахункового, отриманого під час оцінювання стійкості (у цьому випадку за однакового значення локальних пріоритетів для фактора «Розмір будинку»).

У другій частині зони графічного відображення інформації у вигляді смужки, поділеної на декілька ділянок, відображаються елементи вектора локальних пріоритетів, пов'язані з розглядуваним фактором (у цьому випадку це «Розмір будинку»). Водночас кількість ділянок смужки відповідає кількості елементів вектора локальних пріоритетів, а довжина кожної ділянки є пропорційною значенню відповідного елемента цього вектора. Для оцінювання стійкості в режимі «плавне змінювання» довжину кожної ділянки можна змінити шляхом переміщення мишею її нижнього правого кута вправо або вліво. Синхронно з цим переміщенням змінюється висота елементів стовпчастої діаграми, зображеної у першій частині зони графічного відображення інформації та пов'язаної з елементами розрахункового вектора глобальних пріоритетів. До того ж, синхронно змінюється цифрова індикація значень елементів обох векторів.

У третій частині зони графічного відображення інформації у вигляді смужки, поділеної на декілька ділянок, відображаються елементи вихідного вектора локальних пріоритетів, отриманого за допомогою МАІ. Ця зона має винятково довідковий характер та використовується для візуального порівняння значень елементів вихідного вектора локальних пріоритетів з відповідними значеннями елементів вектора, відображеного у другій частині зони графічного відображення інформації.

Таблиця 1. Фактори, за якими оцінюється доцільність вибору будинку

| № фактора | Назва фактора | № фактора | Назва фактора |
|-----------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|
| 1 | Розміри будинку | 5 | Стан двору |
| 2 | Зручність автобусних маршрутів | 6 | Сучасність побутового обладнання |
| 3 | Якість навколишнього середовища | 7 | Загальний стан будинку |
| 4 | Вік будинку | 8 | Фінансові умови придбання |

Зона керування містить кнопки, за допомогою яких можна виконати стрес-тест за визначеними дискретними значеннями елементів вектора локальних пріоритетів, відновити їхні вихідні значення та завершити оцінювання стійкості для поточного фактора. При цьому кнопка «Усі однакові» встановлює однакові значення елементів вектора локальних пріоритетів, а інші кнопки встановлюють значення обраного елемента цього вектора на одному з рівнів (0, 25, 50, 75, 90 %) за однакового значення інших елементів (тобто, якщо, наприклад, перший елемент встановити на рівні 0 %, тоді для цього прикладу всі інші елементи набудуть значення 50 %).

Із зони заголовка графічного зображення, наведеного на рис. 1, видно, що стрес-тест виконано для фактора «Розмір будинку», який є першим вузлом на другому рівні ієрархії. У цьому випадку стрес-тест здійснено шляхом надання всім елементам вектора локальних пріоритетів однакових значень (0.333), які суттєво різняться від вихідних значень цього вектора, наведених у третій зоні графічного зображення.

На графічному зображенні векторів глобальних пріоритетів можна бачити, що в результаті стрес-тесту ранжування альтернатив змінилося — замість вихідного пріоритетного ряду (Дім А, Дім Б, Дім В) сформувався новий (Дім Б, Дім А, Дім В). Інакше кажучи, за цим фактором ранжування альтернатив відносно ієрархії в цілому є нестійким.

У цій задачі за критерієм «Незмінний лідер» з усіх розглядуваних факторів (табл. 1) стрес-тест не пройшли лише фактори «Розміри будинку» та «Якість навколишнього середовища», які потребують додаткового дослідження. За іншими факторами найкраща альтернатива не змінилась.

Отже, за допомогою стрес-тесту можна визначити фактори, за якими подальше оцінювання стійкості ранжування до впливу похибок експертних суджень не є доцільним через те, що будь-які помилки експертів не призведуть до зміни порядку альтернатив у пріоритетному ряду (або до порушення іншого критерію, обраного для перевірки на стійкість).

Для тих факторів, які стрес-тест не пройшли, оцінювання стійкості ранжування запропоновано здійснювати в режимі «плавне змінювання». У цьому випадку для вибраного фактора шукають такі діапазони змінювання значень елементів вектора локальних пріоритетів, за яких задовольняється вибраний критерій перевірки на стійкість. Наявність цих діапазонів надає змогу надалі перейти до оцінювання впливу похибок експертного оцінювання на результати ранжування для тих факторів, які не пройшли стрес-тест. Водночас використовують гіпотезу про те, що ранжування буде стійким відносно вибраного фактора тоді, коли для відповідної йому матриці парних порівнянь з урахуванням визначеного діапазону похибок експертного оцінювання не вдасться отримати вектор локальних пріоритетів, значення елементів якого виходять за межі, визначені для них у режимі «плавне змінювання».

Таблиця 2. Матриця парних порівнянь третього рівня ієрархії для прикладу, наведеного в [1]

| Альтернатива | Дім А | Дім Б | Дім В | Середнє геометричне | Вектор пріоритетів |
|--------------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|
| Дім А | 1 | 6 | 8 | 1.817 | 0.677 |
| Дім Б | 1/6 | 1 | 4 | 0.550 | 0.205 |
| Дім В | 1/8 | 1/4 | 1 | 0.315 | 0.117 |

Звернемо увагу на те, що для математичних постановок задач вигляду $y = A(x)$ стійкістю за вихідними даними вважають ситуацію, коли малі коливання вихідних даних (δx) призводять до малих коливань значень функції (δy), тобто $\|\delta y\| \rightarrow 0$ для $\|\delta x\| \rightarrow 0$ [12].

З огляду на те, що методи експертного оцінювання не є математично строгими, застосування математичних підходів до оцінювання стійкості є проблематичним. Доводиться замість вимоги $\|\delta x\| \rightarrow 0$ користуватися формулюванням «допустимий діапазон помилки експерта». При цьому визначити рекомендації щодо величини цього діапазону досить складно, тому експерту надають право, виходячи з власного досвіду, визначити його можливу величину.

Виходячи з того, що у цьому прикладі стрес-тест не пройшли лише фактори № 1 «Розміри будинку» та № 3 «Якість навколишнього середовища», можна стверджувати, що стійкість ранжування, зумовлена матрицями третього рівня ієрархії, залежатиме лише від значень елементів векторів локальних пріоритетів матриць, які відповідають порівнянню альтернативних варіантів будинків за цими факторами. Іншими словами, можна вважати, що за факторами «Зручність автобусних маршрутів», «Вік будинку», «Стан двору», «Сучасність побутового обладнання», «Загальний стан будинку» та «Фінансові умови придбання» результати ранжування, отримані з використанням МАІ, є стійкими.

Щоб наочно пояснити наступні етапи запропонованого підходу, скористаємося матрицею третього рівня ієрархії для розглянутого прикладу з [1], яка передбачає порівняння будинків за фактором «Розміри будинку» (табл. 2).

Тут для оцінювання впливу похибок експертних оцінок можна застосувати матриці парних порівнянь, у яких наддіагональні елементи будуть змінюватися відповідно до встановленої похибки експертних оцінок. Якщо таку похибку встановити на рівні ± 1 поділка шкали Т. Сааті, тоді кількість можливих варіантів вихідної матриці буде становити $3^3 - 1 = 26$. Інакше кажучи, для невеликих за розміром матриць парних порівнянь оцінити стійкість ранжування альтернатив можна звичайним МАІ, використовуючи його для набору матриць, елементи яких отримують прямим перебором. У випадку матриць більшого розміру міркування є такими. Якщо для обчислення елементів ненормованого вектора локальних пріоритетів скористатися середнім геометричним елементів відповідного рядка матриці, як це запропоновано в [1], тоді значення кожного елемента ненормованого вектора локальних пріоритетів буде залежати лише від експертних оцінок, які знаходяться у відповідному рядку. Водночас, ненормований елемент вектора пріоритету матиме максимальні значення тоді, коли значення всіх елементів відповідного йому рядка також є найбільшими. Аналогічно, мінімальні значення він буде мати тоді, коли значення всіх елементів відповідного рядка є найменшими. Іншими словами, ці два значення забезпечать діапазон, в якому може знаходитися значення ненормованого елемента вектора пріоритету в разі змінювання експертних оцінок відповідно до заданої величини їхньої похибки. У такий спосіб можна отримати діапазони змінювання для кожної альтернативи.

Нормуючи їх разом з фіксованими значеннями ненормованих елементів для інших альтернатив, отримуємо можливий діапазон змінювання значення елементу вектора локальних пріоритетів. Порівняння цього діапазону з діапазоном, отриманим в інтерактивний спосіб у режимі «плавне змінювання», дасть можливість оцінити стійкість ранжування. Якщо розрахований діапазон знаходиться в межах діапазону, отриманого в інтерактивний спосіб, то розв'язок є стійким. В іншому разі він є нестійким. Результати оцінювання стійкості з використанням розглянутого підходу будуть підставою для обґрунтованого висновку про можливість практичного використання результатів, отриманих методом МАІ.

Розглянемо застосування цього підходу до даних, наведених у табл. 2, за використанням вище критерієм стійкості ранжування «Незмінний лідер». Нагадаємо, що відповідно до [1], лідером ранжування є «Дім А». Йому відповідає перший рядок матриці, максимальними значеннями наддіагональних елементів якого будуть значення 7 та 9, а мінімальними — 5 та 7. Їм відповідають значення 1.913 (максимальне) та 1.710 (мінімальне) ненормованого вектора пріоритетів. Відповідні вектори локальних пріоритетів мають вигляд {0.689; 0.198; 0.113} та {0.664; 0.213; 0.122}. Отже, для заданої величини похибки експертної оцінки локальний пріоритет першої альтернативи може змінюватися від 0.664 до 0.689. Водночас результат застосування режиму «плавне змінювання» свідчить про те, що альтернатива «Дім А» переходить на друге місце та поступається лідерством альтернативі «Дім Б» тоді, коли її локальний пріоритет буде меншим за 0.322. У результаті порівняння цього значення з діапазоном, зумовленим встановленою похибкою експертної оцінки, виявляється, що лідерство альтернативи «Дім А» за фактором «Розміри будинку» є стійким. Розглянутий приклад має ілюстративний характер та свідчить про те, що практичне використання запропонованого підходу до оцінювання стійкості ранжування альтернатив, отриманого за методом аналізу ієрархій, є можливим. Зрозуміло, що в деяких випадках перевірка на стійкість результатів МАІ може бути досить трудомісткою, проте без її виконання вести мову про обґрунтованість рекомендацій, розроблених на основі отриманого пріоритетного ряду, досить проблематично.

Слід також зазначити, що у ширшому розумінні відхилення експертних оцінок можна розглядати не як похибку, а як зміну поглядів експертів у разі зміни зовнішніх факторів. Зокрема, це стосується оцінювання довготривалих проєктів, для яких застосування МАІ є одним з перших етапів обґрунтування доцільності їхньої реалізації. На момент заповнення матриць парних порівнянь оцінки експертів можуть бути достовірними, проте на момент завершення проєкту важливість оцінюваних факторів може змінитися внаслідок зміни зовнішніх умов. Наприклад, фінансові умови придбання будинку Б є більш привабливими порівняно з умовами придбання будинку А [1], однак цей факт нівелюється іншими перевагами будинку А. З огляду на фінансові можливості родини, наявні на момент опитування експертів, вибір будинку А, можливо, і є прийнятним. Однак, якщо для його придбання потрібно взяти на себе довгострокове кредитне зобов'язання, то виникає питання щодо стабільності джерел погашення цього кредиту. Зміни зовнішніх умов (втрата роботи, захворювання, форс-мажорні обставини тощо) можуть призвести до того, що з часом фінансові проблеми переважатимуть і лідерство будинку А вже не буде таким беззаперечним. Саме такі ситуації можна виявити за допомогою перевірки на стійкість.

ВИСНОВКИ

У статті наведено опис підходу до оцінювання стійкості ранжування альтернатив, отриманого з використанням МАІ. Показано, що цей підхід надає змогу здійснювати оцінювання як для ієрархії у цілому, так і для окремих матриць парних

порівнянь. Водночас для зменшення обсягу розрахунків запропоновано здійснювати оцінювання стійкості на основі інтерактивної процедури. Реалізація цього підходу на практиці забезпечить достатньо об'єктивні підстави для висновку про стійкість пріоритетів розглянутих альтернатив і, як наслідок, підвищить обґрунтованість рекомендацій, розроблених на основі МАІ.

Напрямок подальших досліджень є пошук способів підвищення обґрунтованості результатів, отримуваних за МАІ, за рахунок запобігання впливу ефекту реверсу рангів на результати ранжування альтернатив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва: Радио и связь, 1991. 224 с.
2. Загорка О.М., Мосов С.П., Сбитнев А.І., Стужук П.І. Елементи дослідження складних систем військового призначення. Київ: НАОУ, 2005. 100 с.
3. Aruldoss M., Lakshmi T.M., Venkatesan V.P. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*. 2013. Vol. 1, N 1. P. 31–43.
4. Moghaddam N.B., Nasiri M., Mousavi S.M. An appropriate multiple criteria decision making method for solving electricity planning problems, addressing sustainability issue. *Int. Journal Environ. Sci. Tech.* 2011. Vol. 8, N 3. P. 605–620.
5. Миронова Н.А. Интеграция модификаций метода анализа иерархии для систем поддержки принятия групповых решений. *Радиоэлектроника, информатика, управління*. 2011. № 2. С. 47–54.
6. Потьомкін М.М., Ніколаєнко М.В., Гразіон Д.І. Удосконалення методу аналізу ієрархій на основі уточнення процедур формування матриць парних порівнянь. *Кібернетика та системний аналіз*. 2020. Т. 56, № 4. С. 98–107.
7. Латыпова В.А. О применении приближенных методов расчета в методе анализа иерархий. *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*. 2017. Т. 9, № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/146TVN617.pdf>.
8. Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях. Санкт-Петербург: Ютас, 2007. 104 с.
9. Недашківська Н.І. Оцінювання реверсу рангів у методі аналізу ієрархій. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2005. № 4. С. 120–130.
10. Лотов А.В., Поспелов И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. Москва: МАКС Пресс, 2008. 197 с.
11. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1993. 278 с.
12. Калиткин Н.Н. Численные методы. Москва: Наука, 1978. 512 с.

I.S. Romanchenko, M.M. Potomkin, M.V. Nikolaienko, D.I. Grazion **APPROACH TO ASSESSING THE STABILITY OF RANKING** **ALTERNATIVES OBTAINED BY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**

Abstract. The article provides a general description of the analytic hierarchy process and analyzes the problem of assessing the stability of ranking alternatives obtained by this process. Stability assessment is shown to be an important component of conclusions on the possibility of practical use of ranking results. An approach to assessing the stability is proposed, which is based on an interactive procedure. This can significantly reduce the amount of calculation. Using this approach increases the argumentation of recommendations developed on the basis of the analytic hierarchy process due to the presence of a fairly objective conclusion on the stability of the priorities of the considered alternatives.

Keywords: analytic hierarchy process, expert survey, ranks reversal effect, expert estimation error, ranking stability.

Надійшла до редакції 04.02.2020