

УДК 519.816

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РІШЕНЬ, ОТРИМУВАНИХ ЦІЛЬОВИМ МЕТОДОМ

В.В. Циганок

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

e-mail: tsyg@ukr.net

При використанні методу цільового динамічного оцінювання альтернатив [1] (цільового методу) в системах підтримки прийняття рішень (СППР) для отримання варіантів рішень актуальним постає питання: на скільки отримане рішення є стійким? Іншими словами, на скільки воно є незалежним від невідворотних похибок в оцінках експертів при побудові баз знань (БЗ) СППР? До теперішнього часу стійкість рішень досліджувалась відносно аналітичних ієрархічних процесів (АНР – Analytic Hierarchy Process) [2], стосовно ж цільового методу – це питання раніше не розглядалось.

Очевидно, що стійкість рішень залежить як від структури БЗ, на основі якої генерується рішення, так і від числових значень показників, що містяться в даній БЗ.

Що стосується структури БЗ, то постає питання на скільки залежить стійкість рішень від складності БЗ? Проаналізувавши сутність цільового методу, можна припустити, що складність мережевої структури БЗ (при цільовому методі – ієрархії цілей), а тим самим і стійкість рішень, які приймаються на її основі, залежить від довжин шляхів, що існують в ієрархії цілей від будь-якої цілі нижнього рівня в ієрархії до головної цілі. Це припущення виникає при аналізі алгоритму цільового методу, і є сенс його перевірити. Відносно ж числових значень показників, що знаходяться в БЗ, то важливо оцінити вплив помилок експертів при оцінюванні ступенів впливу одних цілей на інші, тобто при визначенні часткових коефіцієнтів впливу (ЧКВ). І, оскільки, при визначенні ЧКВ застосовуються методи експертної оцінки, – оцінити вимоги по точності, що висуваються до цих методів, для забезпечення бажаної достовірності отримуваних рішень.

Розробка методу оцінки стійкості рішень, отримуваних цільовим методом

Основними класами задач, що вирішуються цільовим методом, є ранжирування альтернатив та їх оцінювання. Під *стійкістю* отримуваних рішень при ранжируванні будемо розуміти властивість збереження порядку ранжирування альтернатив при наявності природних помилок в процесі експертного оцінювання, показником стійкості може служити ймовірність збереження порядку ранжирування. Коли мова йде про оцінювання альтернатив, то для забезпечення стійкості рішень важливо, щоб отримані оцінки завжди знаходились в діапазоні, обмеженому наперед заданою відносною похибкою, показником стійкості може бути ймовірність, що оцінка не вийде за межі допустимого відхилення. Характерно, що сам процес вирішення задач, що стосуються стійкості отримуваних рішень, є одним, і тим самим, незалежно від того, до першого чи до другого класу відноситься задача.

Отже, сформулюємо постановку задачі.

Дано: сформована БЗ (ієрархія цілей);

Знайти: точність методу експертного оцінювання (математичне очікування відносної похибки - M_δ), необхідну для того, щоб виконувалась умова перебування в заданих межах показника стійкості отримуваних цільовим методом рішень.

Процес вирішення:

Помилки експертів, що виникають при визначенні ЧКВ k_i , $i \in \{1..n\}$, будемо моделювати задаванням для БЗ *девіації* ЧКВ. В цьому випадку, девіація – це межа випадкового відхилення кожного з ЧКВ в відсотках від їх поточних значень. БЗ вважається підданою впливу девіації Δ , коли кожен з її ЧКВ змінено по закону: $k_i^* = k_i + R_i \cdot k_i \cdot \Delta / 100$, де R_i – випадкова величина, рівномірно розподілена в діапазоні $[-1; 1]$.

Очевидно, що для того, щоб отримати необхідну точність для методів експертного оцінювання, що застосовуються при визначенні ЧКВ, в ієрархії цілей потрібно знайти таку максимальну девіацію ЧКВ – Δ , при якій результат роботи цільового методу залишається стійким (тобто не виникає порушення ранжирування, або, для іншого класу задач, відхилення отриманих оцінок не перевищує задану похибку).

Максимальну девіацію ЧКВ для заданої БЗ будемо шукати *методом половинного ділення*, як відносну величину, що вимірюється відсотками. Для цього задаємо деяке, довільне вихідне значення девіації ЧКВ в діапазоні пошуку від 0% до 100% і піддаємо БЗ впливу цієї девіації. Для цього вихідного значення девіації перевіряємо, чи залишається сталим результат роботи цільового методу у порівнянні з результатом при девіації 0%? Якщо результат – сталий, то пошук максимальної девіації продовжуємо в діапазоні, обмеженому значенням, що використовувалось при попередньому розрахунку і верхньою межею діапазону (а точніше, розглядаємо середину цього діапазону). У протилежному випадку – коли результат не є сталим – беремо для перевірки середину іншого діапазону, зліва від значення, що використовувалось в попередньому розрахунку. З кожною такою ітерацією діапазон пошуку звужується. Цей ітеративний процес закінчується при досягненні бажаної точності визначення девіації ЧКВ. Тобто, процес зупиняється, якщо значення середини діапазону пошуку відрізняється від значення одної з меж цього діапазону на величину, що не перевищує задану точність.

Слід відмітити, що, оскільки, процес моделювання помилок експертів є стохастичним, то існує ймовірність не виявити можливе порушення стійкості при заданій девіації ЧКВ. При застосуванні вищеописаного методу дуже важливим є зведення до мінімуму цієї ймовірності, тому що, на відміну від послідовного пошуку, при методі половинного ділення, хоча процес пошуку і протікає значно швидше, проте будь-який пропуск порушення стійкості переводить пошук в невірний діапазон, що в результаті часто приводить до невірних висновків. Ось, наприклад, нехай достовірно відомо, що порушення ранжирування в деякій ієрархії цілей починає відбуватись при девіації 3%, а на деякому кроці пошуку при перевірці, коли значення девіації, наприклад, становило 5% не було виявлено порушення ранжирування. Тоді, навіть у випадку, що при подальших перевірках значень девіації наявне порушення ранжирування буде виявленим, знайдене значення девіації методом половинного ділення буде більшим за 5%.

Одним із очевидних способів ліквідувати не виявлення (пропуск) порушення стійкості є повний перебір варіантів значень ЧКВ в рамках заданої девіації. Виходячи з очевидного припущення, що функція залежності ймовірності виникнення порушення стійкості від значення девіації ЧКВ є монотонно зростаючою, можна зробити висновок, що порушення стійкості починають виникати насамперед при максимальних відхиленнях ЧКВ. Тоді, для суттєвого звуження області пошуку та найбільш швидкого виявлення

можливого порушення, будемо задавати при переборі тільки крайні значення ЧКВ: $k_i^* = k_i \pm k_i \cdot \Delta / 100$.

В цьому випадку, кількість варіантів значень ЧКВ, що мають розглядатись при повному переборі буде 2^n , де n – кількість ЧКВ в ієрархії цілей. Застосування такого типу переборів має сенс тільки при малих значеннях n , коли n не перевищує 15-20. В реальних ієрархіях цілей для визначення, чи відбуваються порушення стійкості результатів роботи цільового методу при заданій девіації ЧКВ, пропонується застосування генетичного алгоритму, поняття якого вперше ввів у 1975 році Холланд [3].

Розглянемо вищезгадану задачу, яка на думку автора, що як найкраще підпадає під класичну реалізацію генетичного алгоритму. Цю задачу можна сформулювати наступним чином.

Задано: сформовану ієрархію цілей, яка містить n ЧКВ; девіацію ЧКВ δ .

Знайти: таку множину значень ЧКВ, при якій спостерігається максимальне порушення стійкості результатів роботи цільового методу під впливом девіації δ .

Саме при виконанні цієї, останнє сформульованої умови, виявлення порушення стійкості прийняття рішень може бути гарантованим. Виходячи з цієї умови, в генетичному алгоритмі буде реалізовано функцію корисності. Тобто, функція корисності має приймати тим більше значення, чим більше порушення стійкості спостерігається. В нашому випадку ця функція буде задана алгоритмічно у вигляді реалізації цільового методу з подальшим визначенням максимального відхилення значень результатів від стабільних значень (обчислених при відсутності девіації ЧКВ – при $\delta = 0$).

Визначення максимального відхилення результатів роботи цільового методу від стабільних значень розглянемо окремо для кожного з двох класів задач, що згадувались раніше. При розгляді першого класу задач, пов'язаних з ранжируванням альтернатив, на перший погляд, здавалось логічним взяти за показник відхилення результатів цільового методу від стабільних значень, наприклад, відстань Кемені [4], що визначається між двома відношеннями A та B , де A характеризує ранжирування α – при відсутності девіації ЧКВ, B – ранжирування β при заданій множині значень ЧКВ, що були піддані впливу девіації δ :

$$D(A, B) = \sum_{i,j} |\alpha(i, j) - \beta(i, j)|. \quad (1)$$

Та при подальшому аналізі виявляється, що відстань Кемені не зовсім відповідає вимогам щодо функцій корисності генетичного алгоритму, оскільки є нечутливою до тих змін результатів роботи цільового методу, які не призводять до змін в ранжируванні. Тобто, для різних вхідних даних (різних множин значень ЧКВ) значення функції корисності буде одним і тим самим у випадку, коли не спостерігається порушення ранжирування, і в цьому випадку будуть відсутні критерії для цілеспрямованого пошуку, який закладено в основу генетичного алгоритму. Тому, для класу задач підтримки прийняття рішень, пов'язаних із ранжируванням альтернатив, як функцію корисності в генетичному алгоритмі було запропоновано використати емпіричну функцію виду:

$$f_1 = \sum_{i=1}^{k-1} \frac{a_{i+1} - a_i}{b_{i+1} - b_i}, \quad (2)$$

де a_i – кардинальна оцінка альтернативи з i -м рангом, що отримана при відсутності девіації ЧКВ, а b_i – кардинальна оцінка альтернативи з i -м рангом, отримана при заданій множині значень ЧКВ, які були піддані впливу девіації δ , k – кількість альтернатив – цілей нижнього рівня в ієрархії цілей.

Що стосується функції корисності для класу задач, в яких аналізуються ієрархії на предмет утримання результируючих оцінок альтернатив в рамках максимальної відносної похибки, то в даному випадку повністю задовольняє вимогам функція визначення цієї максимальної відносної похибки:

$$f_2 = \max_i \left(\frac{|a_i - b_i|}{a_i} \right), \quad (3)$$

де a_i та b_i – кардинальні оцінки i -ї альтернативи, отримані без наявності та при умові наявності девіації ЧКВ відповідно.

Поняттю „популяція”, що фігурує в генетичному алгоритмі, відповідає множина фіксованої потужності, що складається з множин значень ЧКВ ієрархії цілей – варіантів рішень (в генетичному алгоритмі, так званих, „особин” в популяції).

Відмінністю від класичної реалізації генетичного алгоритму є те, що в процесі пошуку проводиться перевірка на предмет наявності порушення стійкості рішення, і припинення пошуку, якщо таке порушення виявлено. У випадку, якщо робота генетичного алгоритму завершена, і за весь час пошуку порушення стійкості не виявлено, то робиться висновок про стійкість рішень при заданій девіації ЧКВ δ .

Ця особливість в реалізації генетичного алгоритму знімає можливе питання про область визначення функції (2), а саме про поводження її при $a_{i+1} \leq a_i$. При таких значеннях фіксується порушення стійкості рішень (у цьому випадку – порушення ранжирування) і на цьому кроці припиняється подальша робота генетичного алгоритму, а тому, відпадає необхідність в обчисленні функції корисності.

Отже, це застосування генетичного алгоритму є складовою (однією ітерацією) більш загальної задачі про знаходження необхідної точності методу експертного оцінювання.

Таким чином, коли методом половинного ділення знайдено максимальне значення девіації ЧКВ, при якому зберігається стійкість роботи цільового методу, тоді це значення порівнюється з математичним очікуванням відносної похибки методів експертного оцінювання – M_δ , (отриманих експериментальним шляхом[5-6]) і помноженим на 100, щоб привести до єдиної одиниці вимірювання – відсотків. Всі методи експертного оцінювання, у яких математичні очікування відносної похибки не перевищують знайдене значення девіації ЧКВ, можуть бути використані в подальшому для визначення ЧКВ даної ієрархії цілей.

Програмні інструменти, які створені для аналізу стійкості рішень

Ці програмні інструменти створені у вигляді додатків до СППР „Солон-3”[7] і розроблені в середовищі програмування „Delphi”. В СППР „Солон-3” додано режим ”Аналіз стійкості рішень” (див. Рис.1), в якому задаються вихідні дані для розрахунків.

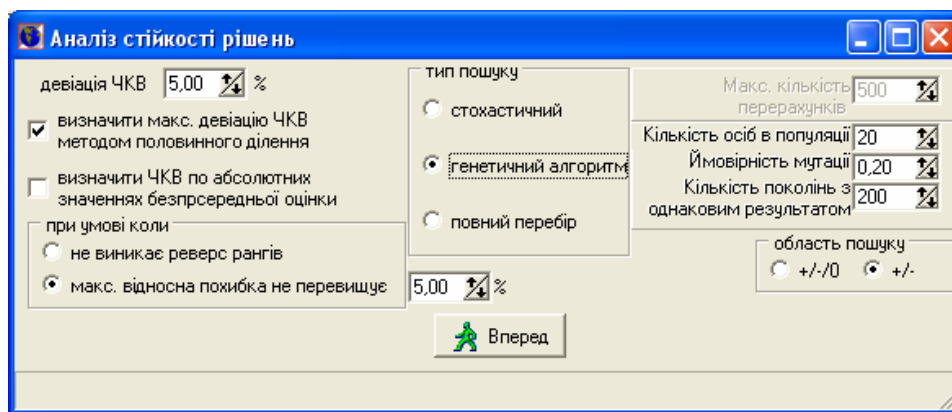


Рис.1. Інтерфейс програмних інструментів, створених в СППР „Солон-3”

Під час розрахунків, підсистема дозволяє виявити порушення стійкості рішень того чи іншого типу, а також методом половинного ділення знайти граничне значення девіації ЧКВ, при якому зберігається стійкість в прийнятті рішень на основі БЗ, що розглядається.

Висновок

Запропоновано методику визначення ступеня стійкості рішень, що приймаються на основі знань, закладених експертами в БЗ СППР, при застосуванні цільового методу. Викладено рекомендації щодо вибору методу експертного оцінювання для конкретної БЗ в залежності від її стійкості. Розроблена методика оцінки стійкості рішень може бути застосована і в інших системах, в яких використовується експертна інформація.

Література

1. Тоценко В.Г. Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Часть 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив. Проблемы управления и информатики, №2, 2001, 127-139
2. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. – N. Y.: McGraw-Hill, 1980.
3. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence.— London: Bradford book edition, 1994 —211 p.
4. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения. - М.: Советское радио, 1972. - 192 с.
5. Тоценко В.Г., Цыганок В.В., Деев В.А., Качанов П.Т., Качанова Е.В., Торба Л.Т. Экспериментальное исследование методов получения кардинальных экспертных оценок альтернатив. Ч.1. Методы без обратной связи с экспертом. Проблемы управления и информатики, 2003, №1, с.34-49.
6. Тоценко В.Г., Цыганок В.В., Деев В.А., Качанов П.Т., Качанова Е.В., Торба Л.Т. Экспериментальное исследование методов получения кардинальных экспертных оценок альтернатив. Ч.2. Методы с обратной связью с экспертом. Проблемы управления и информатики, 2003, №2, с.112-126.
7. Тоценко В.Г., Качанов П.Т., Цыганок В.В. Комп'ютерна програма "Система підтримки прийняття рішень СОЛОН-3" (СППР СОЛОН-3) // Свідоцтво про державну реєстрацію авторського права на твір №8669 // Міністерство освіти і науки України державний департамент інтелектуальної власності // зареєстровано 31.10.2003.