Розвиток радіотехнічного забезпечення, АСУ та зв'язку Повітряних Сил

УДК 004.942

DOI: 10.30748/nitps.2021.45.12

А.А. Адаменко

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛІЗУ РОЗВИТКУ СИТУАЦІЇ В НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ МОДЕЛЯХ

Запропоновано підхід щодо проведення ретроспективного аналізу розвитку слабо структурованої ситуації з використанням її нечіткої когнітивної моделі. Підхід базується на перетворенні причинно-наслідкової когнітивної карти в мережу логічних зв'язків між концептами типу “частка-ціле”, формалізації станів концептів та логічних зв'язків між ними методами логіки антонімів. Доведені теорема, аналітичні вирази для зворотних функцій та сформовані задачі ретроспективного аналізу розвитку ситуації за умови незалежності концептів та наявності між ними кон'юнктивних чи диз'юнктивних зв'язків будь-якої складності.

Ключові слова: слабо структурована ситуація, когнітивне моделювання, нечітка когнітивна модель, логіка антонімів, ретроспективний аналіз, зворотна функція.

Вступ

Постановка проблеми. Одним із підходів дослідження слабо структурованих систем та ситуацій (далі – ситуації) є їх статичний та динамічний аналіз за допомогою їх когнітивних моделей.

В основу когнітивної моделі покладено поняття когнітивної карти, що формально являє собою орієнтований зважений граф, в якому вершини відповідають базисним факторам (далі – концептам), а дуги – взаємовідношенням між ними. Когнітивна модель конкретної динамічної системи чи ситуації отримується в результаті параметризації когнітивної карти, коли вершинам та дугам графу ставляться у відповідність змінні, за допомогою яких формалізують стани концептів, характер зв'язків між ними, а також задаються механізми перетворення впливів концептів один на одного.

Аналіз різних методичних підходів щодо побудови когнітивних моделей, а також результатів розробки та використання когнітивних моделей в різних предметних областях свідчить про зосередження уваги розробників та дослідників на забезпеченні можливості аналізу перспективного розвитку слабо структурованої ситуації чи системи у майбутньому за різними керованими або некерованими сценаріями.

Задавши імпульс (змінивши якісний стан деякої множини концептів) в деяких вершинах системи, можливо провести аналіз результатів розповсюдження цього імпульсу по когнітивній карті (далі – імпульсний процес). У цьому випадку мову прийнято вести про перспективний аналіз розвитку ситуації з використанням її когнітивної моделі.

Але на практиці існує необхідність здійснення ретроспективного аналізу ситуації, коли необхідно проаналізувати саме причину виникнення того чи іншого їх стану, що вже має або може мати місце. Особливі умови проведення таких досліджень складає нестохастична невизначеність щодо стану самих елементів слабо структурованої ситуації, а також щодо особливостей взаємозв'язків між ними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Елементи ретроспективного аналізу знайшли своє відображення в методах розв'язання зворотних задач управління ситуацією, що, в основному, застосовуються до чітких когнітивних моделей [1–3].

Але найбільшу практичну цінність при моделюванні слабо структурованих ситуацій в умовах нестохастичної невизначеності здобули різні типи нечітких когнітивних моделей (НКМ), основними з яких є: нечіткі когнітивні карти Б. Коско [4–5]; нечіткі когнітивні моделі В. Силова [6]; нечіткі продукційні когнітивні моделі [7]; нечіткі узагальнені продукційні когнітивні моделі [8]; нечіткі реляційні когнітивні моделі [9].

В наведених типах НКМ параметризація вершин та дуг когнітивної карти формалізуються з використанням методів теорії нечітких множин, нечітких відносин та нечіткої логіки.

Методи аналізу НКМ базуються на операціях нечіткої арифметики, основними з яких є операції S-норми, що відповідає операції диз'юнкції, та T-норми, що відповідає операції кон'юнкції.

На практиці можна зустріти багато варіантів аналітичних виразів, за якими здійснюють операції S- та T-норми над нечіткими множинами. Але, в

основному, в їх основу покладені “min- max-” операції, що по своїй суті унеможливають побудову зворотних функцій.

Віддаючи належне методам параметризації та аналізу НКМ, слід зауважити, що проведення ретроспективного аналізу розвитку ситуації з їх допомогою значно обмежено. Перш за все, це пов'язано з особливостями проведення операцій S- та T-норми над нечіткими множинами.

Окремі підходи, що дозволяють здійснювати ретроспективний аналіз ситуацій із застосуванням їх НКМ, розглянуто в [10–11]. Вони базуються на удосконаленні методів проведення операцій над нечіткими множинами та застосуванні методів побудови нейронних мереж, що доцільно за умов наявності достатнього статистичного матеріалу.

Іншим підходом щодо побудови НКМ слабо структурованих ситуацій в умовах нестохастичної невизначеності є методи, що базуються на апаратіві теорії логіки антонімів [12; 14]. Але на сьогодні методи їх побудови та аналізу не містять елементів ретроспективного аналізу.

Мета статті – удосконалення методів дослідження когнітивних моделей, побудованих на основі використання методів теорії логіки антонімів шляхом удосконалення методів їх параметризації та розробки методів ретроспективного аналізу розвитку ситуації з урахуванням різних типів логічних зв'язків між концептами та сили їх впливу.

Виклад основного матеріалу

Розглядається слабо структурована система як взаємодія її елементів (підсистем), де якість того чи іншого елемента може визначатися якістю як “співдіючих” (позитивний зв'язок) так і “протидіючих” (негативний зв'язок) елементів (підсистем). Як само сукупність різних за характером впливів визначить майбутній стан певного елемента чітко формалізувати неможливо. Тобто має місце нестохастична невизначеність щодо поточного стану кожного з елементів системи та результатів їх взаємодії.

Запропонований нижче методичний підхід щодо параметризації нечітких когнітивних моделей та їх ретроспективного аналізу базується на теоретичних положеннях логіки антонімів (ЛА).

Головною концепцією методу є представлення когнітивної карти у виді мережі логічних зв'язків між її концептами з наступним введенням змінних, що описують їх стани, силу логічних зв'язків, а також функцій, що пов'язують ці змінні згідно побудованих раніше логічних формул.

В інтересах параметризації вершин когнітивної карти обирається єдина шкала. Для цього будемо розглядати антонімічну пару A та αA , що задають граничні значення можливих станів відповідних

концептів $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$. Наприклад, якщо кожний концепт розглядати як деяку подію, то в умовах невизначеності їх стан можна оцінити як чисельну міру ступеня можливості (ймовірності, частоти тощо) наступу цієї події та прийняти, що A = “Достовірно” та αA = “Неможливо”. Тоді показник якості вершини X_i (далі – змінна $H[X_i]$) задається одною з антонімічних оцінок $H[A]$ або $H[\alpha A]$ (тобто, $H[X_i] = H[A]$ або $H[X_i] = H[\alpha A]$), що визначають на скільки поточний стан елемента X_i наближений до стану A = “Достовірно” або до стану αA = “Неможливо” відповідно.

Згідно положень ЛА антонімічні оцінки зв'язані між собою виразами виду:

$$H[A] = -\log_2 \left(1 - 2^{-H[\alpha A]} \right), \quad (1)$$

$$H[\alpha A] = -\log_2 \left(1 - 2^{-H[A]} \right).$$

Зрозуміло, якщо міра наявності у елемента X_i властивості – одного з елементів антонімічної пари оцінюється як мінімальна, то міра наявності у нього протилежної властивості у цьому випадку буде максимальною. Тобто, якщо $H[A] \rightarrow 0$, то $H[\alpha A] \rightarrow \infty$ і навпаки, якщо $H[A] \rightarrow \infty$, то $H[\alpha A] \rightarrow 0$.

В цій роботі буде розглянуто випадок формалізації логічних зв'язків типу “частка-ціле”, що, зокрема, часто використовується при побудові ієрархічних когнітивних моделей.

Для цього будемо використовувати базові оператори ЛА, що задають два види зв'язків: γ -зв'язок (сильний зв'язок), що відповідає операції кон'юнкції, та β -зв'язок (слабкий зв'язок), що відповідає операції диз'юнкції.

У випадку незалежності елементів A та B міра наближення системи S до свого стану абсолютної якості з урахуванням характеру взаємозв'язків між її елементами буде розраховуватися за формулами (варіант, що не враховує вагові коефіцієнти елементів):

$$H[S = A \beta B] = H[A] + H[B], \quad (2)$$

$$H[S = A \gamma B] = -\log_2 \left[1 - 2^{-H[\alpha A] - H[\alpha B]} \right], \quad (3)$$

або за еквівалентною формулою:

$$H[S = A \gamma B] = -\log_2 \left[1 - \left(1 - 2^{-H[A]} \right) \left(1 - 2^{-H[B]} \right) \right]. \quad (4)$$

З урахуванням наявності зв'язків між елементами системи двох типів можна сформулювати наступні дві задачі ретроспективного аналізу розвитку слабо структурованої ситуації.

Задача 1 – Ретроспективний аналіз розвитку ситуації в підсистемі концептів при наявності слабкого зв'язку між ними.

Постановка задачі. Стан слабо структурованої підсистеми S визначається станом її елементів A та B , між якими існує слабкий зв'язок (β -зв'язок). Необхідно визначити стан елементу B (тобто, значення $H[B]$), за яким система прийняла (може прийняти) своє можливе значення стану $H[S]$ при заданому значенні стану елементу A (тобто, значення $H[A]$ задається).

Розв'язання задачі. Міра наближення системи S до свого стану абсолютної якості з урахуванням наявності слабкого зв'язку між її елементами буде розраховуватися за формулою (1).

Таким чином, використовуючи формулу (1) за заданими значеннями $H[S]$ та $H[A]$ значення $H[B]$ можна знайти за виразом:

$$H[B] = H[S] - H[A]. \quad (5)$$

Зрозуміло, що вираз (5) має сенс лише для випадків, коли виконується умова:

$$H[S] > H[A]. \quad (6)$$

Таким чином, ретроспективний аналіз розвитку ситуації в підсистемі концептів, між якими існує β -зв'язок, може здійснюватися згідно з виразом (5) та за умов (6).

Задача 2 – Ретроспективний аналіз розвитку ситуації в підсистемі концептів при наявності сильного зв'язку між ними.

Постановка задачі. Стан слабо структурованої системи S визначається станом її елементів A та B , між якими існує сильний зв'язок (γ -зв'язок). Необхідно визначити стан елементу B (тобто, значення $H[B]$), за яким система приймає своє можливе значення стану $H[S]$ при заданому значенні стану елементу A (тобто, значення $H[A]$ задається).

Розв'язання задачі. Міра наближення системи S до свого стану абсолютної якості з урахуванням наявності сильного зв'язку між її елементами може розраховуватися за будь-якою з двох формул (3) або (4).

По-перше, розглянемо формулу (4), а саме:

$$H[S] = -\log_2 \left[1 - \left(1 - 2^{-H[A]} \right) \left(1 - 2^{-H[B]} \right) \right]. \quad (7)$$

Для того, щоб знайти вираз для розрахунку значення $H[B]$ за заданими значеннями $H[S]$ та $H[A]$, прийнемо наступні заміни.

Прийнемо, що

$$1 - 2^{-H[A]} = C. \quad (8)$$

Тоді вираз (7) буде мати вид:

$$H[S] = -\log_2 \left[1 - C \cdot \left(1 - 2^{-H[B]} \right) \right]. \quad (9)$$

Разом з тим, має місце зв'язок між антонімічними оцінками за виразом (1), тобто:

$$H[S] = -\log_2 \left(1 - 2^{-H[\alpha S]} \right). \quad (10)$$

З виразів (9) та (10) можна скласти рівняння виду:

$$-\log_2 \left[1 - C \cdot \left(1 - 2^{-H[B]} \right) \right] = -\log_2 \left(1 - 2^{-H[\alpha S]} \right).$$

З цього рівняння, де значення однотипних функцій рівні, можна зробити висновок щодо рівняння між собою аргументів цих функцій, тобто:

$$1 - C \cdot \left(1 - 2^{-H[B]} \right) = 1 - 2^{-H[\alpha S]}.$$

У подальшому справедливі наступні перетворення.

$$\begin{aligned} C \cdot \left(1 - 2^{-H[B]} \right) &= 2^{-H[\alpha S]}, \\ 1 - 2^{-H[B]} &= \frac{2^{-H[\alpha S]}}{C}, \\ 2^{-H[B]} &= 1 - \frac{2^{-H[\alpha S]}}{C}, \\ H[B] &= -\log_2 \left(1 - \frac{2^{-H[\alpha S]}}{C} \right). \end{aligned} \quad (11)$$

З урахуванням введеної заміни (8) вираз (11) буде мати вид:

$$H[B] = -\log_2 \left(1 - \frac{2^{-H[\alpha S]}}{1 - 2^{-H[A]}} \right). \quad (12)$$

З метою отримання умов, за якими вираз (11) та (12) будуть мати сенс, проведемо наступні перетворення виразу (11).

$$\begin{aligned} H[B] &= -\log_2 \left(1 - \frac{2^{-H[\alpha S]}}{C} \right) = -\log_2 \left(\frac{C - 2^{-H[\alpha S]}}{C} \right) = \\ &= -\log_2 \left(C - 2^{-H[\alpha S]} \right) + \log_2 C. \end{aligned} \quad (13)$$

З урахуванням введеної заміни (8) вираз (13) буде мати вид:

$$\begin{aligned} H[B] &= -\log_2 \left(1 - 2^{-H[A]} - 2^{-H[\alpha S]} \right) + \\ &+ \log_2 \left(1 - 2^{-H[A]} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

або, з урахуванням властивості (1):

$$H[B] = -\log_2 \left(1 - 2^{-H[A]} - 2^{-H[\alpha S]} \right) + H[\alpha A]. \quad (15)$$

Вирази (14) та (15) будуть мати сенс за умов:

1) $H[B] > 0$, а це можливо якщо:

$$\log_2(1 - 2^{-H[A]}) > \log_2(1 - 2^{-H[A]} - 2^{-H[\alpha S]}). \quad (16)$$

З виразу (16) можна зробити висновки, що:

$$1 - 2^{-H[A]} > 1 - 2^{-H[A]} - 2^{-H[\alpha S]}.$$

Оскільки величина $2^{-H[\alpha S]} > 0, \forall H[\alpha S]$, то умова (16) буде виконуватись завжди.

$$2) \quad 1 - 2^{-H[A]} - 2^{-H[\alpha S]} > 0. \quad (17)$$

Вираз (17) може отримати наступні перетворення.

$$2^{-H[A]} + 2^{-H[\alpha S]} < 1. \quad (18)$$

Таким чином, ретроспективний аналіз імпульсних процесів в підсистемі концептів, між якими існує γ -зв'язок, може здійснюватися згідно з виразами (14) або (15) з урахуванням виконання умов (18).

Слід зауважити, що на практиці вирази (14) та (15) не завжди зручно використовувати із-за їх обчислювальній складності. Більш зручнішим є інший підхід, в основу якого покладена наступна теорема.

Теорема. Якщо якісний стан системи S визначається якісним станом її незалежних елементів A та B , між якими існує γ -зв'язок ($H[S] = H[A\gamma B]$), то

$$H[\alpha S] = H[\alpha A] + H[\alpha B], \quad (19)$$

де $H[\alpha S]$, $H[\alpha A]$ та $H[\alpha B]$ – чисельна міра наближення елементів S , A та B відповідно до станів їх абсолютної неясності.

Доведення. Маємо систему $S = A\gamma B$, де A та B – її незалежні елементи, стани яких задаються мірою наближення до своїх станів абсолютної якості (оцінки $H[A]$ та $H[B]$ відповідно) або мірою наближення до своїх станів абсолютної неясності (оцінки $H[\alpha A]$ та $H[\alpha B]$ відповідно).

Відповідно до аксіом теорії логіки антонімів міра наближення системи S до свого стану максимальної якості буде визначатися за виразом:

$$H[S] = H[A\gamma B] = -\log_2(1 - 2^{-H[\alpha A]} - 2^{-H[\alpha B]}). \quad (20)$$

Разом з тим, згідно (1) відомо, що:

$$H[S] = -\log_2(1 - 2^{-H[\alpha S]}).$$

Тобто, має місце рівняння:

$$-\log_2(1 - 2^{-H[\alpha S]}) = -\log_2(1 - 2^{-H[\alpha A]} - 2^{-H[\alpha B]}),$$

з якого будуть справедливі наступні висновки, що:

$$1 - 2^{-H[\alpha S]} = 1 - 2^{-H[\alpha A]} - 2^{-H[\alpha B]},$$

$$2^{-H[\alpha S]} = 2^{-H[\alpha A]} - 2^{-H[\alpha B]},$$

$$-H[\alpha S] = -H[\alpha A] - H[\alpha B],$$

$$H[\alpha S] = H[\alpha A] + H[\alpha B].$$

Теорема доведена. Слід зауважити, що правило (19) змістовно відповідає еквівалентності ЛА: $\alpha(A\gamma B) = (\alpha A)\beta(\alpha B)$ та закону де Моргана: $\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$.

Дійсно, якщо $S = A\gamma B$, то зазначена еквівалентність ЛА буде мати вид:

$$\alpha S = (\alpha A)\beta(\alpha B).$$

Якщо до обох частин цієї еквівалентності застосувати оператор ЛА, що визначає чисельну міру його антонімічних оцінок, то отримаємо:

$$H[\alpha S] = H[(\alpha A)\beta(\alpha B)].$$

Застосуємо правило (2) до правої частини виразу та отримуємо, що:

$$H[\alpha S] = H[\alpha A] + H[\alpha B].$$

Проведенні перетворення відповідають змісту доведеної вище теореми.

З урахуванням доведеної теореми (див. вираз (19)) ретроспективний аналіз розвитку ситуації в підсистемі концептів, між якими існує γ -зв'язок, рекомендується здійснювати з використанням антонімічної оцінки $H[\alpha B]$ (а не $H[B]$), що розраховується за виразом:

$$H[\alpha B] = H[\alpha S] - H[\alpha A]. \quad (21)$$

Зрозумілим є формування умов застосування цієї формули виду:

$$H[\alpha S] > H[\alpha A]. \quad (22)$$

Отримання значення $H[B]$ можливе з використанням властивості (1).

Для багатовимірних випадків, коли стани систем в задачах 1 та 2 визначаються станами більше ніж двох елементів, наприклад, елементів A_i , $i = \overline{1, n}$, та елементу B , справедливими будуть наступні формули:

Для задачі 1:

$$H[B] = H[S] - \sum_{i=1}^n H[A_i],$$

за умов, що $H[S] > \sum_{i=1}^n H[A_i]$.

Для задачі 2:

$$H[\alpha B] = H[\alpha S] - \sum_{i=1}^n H[\alpha A_i],$$

за умов, що $H[\alpha S] > \sum_{i=1}^n H[\alpha A_i]$.

Крім того, можуть вводитись коефіцієнти значимості k_i для елементів A_i , $i = \overline{1, n}$, та коефіцієнт

значимості k_B для елементу B . Тоді розв'язання сформованих вище задач ретроспективного аналізу буде здійснюватися за наступними виразами.

Для задачі 1:

$$H[B] = \left(H[S] - \sum_{i=1}^n k_i \cdot H[A_i] \right) / k_B,$$

за умов, що $H[S] > \sum_{i=1}^n k_i \cdot H[A_i]$.

Для задачі 2:

$$H[\alpha B] = \left(H[\alpha S] - \sum_{i=1}^n k_i \cdot H[\alpha A_i] \right) / k_B,$$

за умов, що $H[\alpha S] > \sum_{i=1}^n k_i \cdot H[\alpha A_i]$.

Слід зауважити, що сформовані задачі ретроспективного аналізу можуть застосовуватися комплексно також у разі наявності комбінації різнотипних логічних зв'язків між елементами когнітивної карти будь-якої складності.

Висновки

Отримали подальшого розвитку методи дослідження слабко структурованих ситуацій за рахунок удосконалення методів побудови та дослідження їх нечітких когнітивних моделей з використанням апарату теорії логіки антонімів.

Вперше запропоновані методи ретроспективного аналізу розвитку ситуації з використанням її нечіткої когнітивної моделі, незалежні елементи якої зв'язані між собою кон'юктивними або диз'юктивними зв'язками та можуть здійснювати різний за вагою вплив на стан ситуації.

Методи дозволяють оцінити причини виникнення певного стану ситуації або знайти такі значення її елементів, що можуть привести к бажаному її стану.

Актуальними залишаються дослідження щодо розробки методів ретроспективного аналізу слабко структурованих ситуацій з використанням її нечіткої когнітивної моделі, елементи якої можуть бути взаємозалежними.

Список літератури

1. Кулинич А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы. *Проблемы управления*. 2010. № 3. С. 2-16.
2. Кулинич А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы. *Проблемы управления*. 2011. № 4. С. 31-45.
3. Горелова Г. В. О когнитивном моделировании сложных систем, инструментарий исследований. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2012. № 6. С. 236-240.
4. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1986. Vol. 24. P. 65-75.
5. Thulukkanam K., Vasuki R. Two new fuzzy models using fuzzy cognitive maps model and Kosko hamming distance. *Ultra Scientist*. 2015. Vol. 27(1)B. P. 43-55.
6. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. Москва : ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с.
7. Carvalho J. P., Tom'e J. A. Rule based fuzzy cognitive maps – qualitative systems dynamics. *Fuzzy Information Processing Society : Proceedings of the 19th International Conference of the North American, NAFIPS 2000*. Atlanta, USA. 13-15 July 2000. <https://doi.org/10.1109/NAFIPS.2000.877462>.
8. Борисов В. В., Федулов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. 2-е изд. стереотип. Москва : Горячая линия–Телеком, 2012. 284 с.
9. Федулов А. С., Борисов В. В. Анализ нечетких реляционных когнитивных карт. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2016. № 7. С. 7-14.
10. Борисов В. В., Федулов А. С., Федулов Я. А. “Совместимые” нечеткие когнитивные модели: прямые и обратные задачи. *Нечеткие системы и мягкие вычисления*. 2016. Т. 11. № 2. С. 103-114.
11. Аверкин А. Н., Ярушев С. А., Павлов В. Ю. Когнитивные гибридные системы поддержки принятия решений и прогнозирования. *Программные продукты и системы*. 2017. Т. 30. № 4. С. 632-642. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.120.632-642>.
12. Адаменко А. А. Моделивання імпульсних процесів в когнітивних моделях військових операцій на базі логіки антонімів. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2011. № 1(27). С. 5-9.
13. Адаменко А. А. Підвищення адекватності нечітких когнітивних моделей. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2011. № 3(29). С. 77-80.
14. Адаменко А. А. Удосконалення методів параметризації нечітких когнітивних моделей. *Сучасний стан проведення наукових досліджень у IT-технологіях, галузях електроніки, інженерії, нанотехнологіях та транспортній сфері (2nd ed)*: Колективна наукова монографія. Вінниця : European scientific platform, 2021. С. 2-11. <https://doi.org/10.36074/csriteenat.ed-2.02>.

Надійшла до редколегії 17.09.2021

Схвалена до друку 16.11.2021

Відомості про автора:**Адаменко Анатолій Анатолійович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету Повітряних Сил
ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1374-7301>

Information about the author:**Anatolii Adamenko**

PhD in Engineering Senior Researcher
Leading Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1374-7301>

МЕТОД РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ СИТУАЦИИ В НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЯХ

А.А. Адаменко

Рассмотрены методы исследования плохо структурированных ситуаций в условиях нестохастической неопределенности с использованием их нечетких когнитивных моделей. Обоснована проблема проведения ретроспективного анализа в различных типах нечетких когнитивных моделей, в том числе в нечетких когнитивных моделях, основанных на методах теории логики антонимов. Поставлена цель на усовершенствование методов исследования нечетких когнитивных моделей, построенных на основе использования методов теории логики антонимов, путем усовершенствования методов их параметризации и разработки метода ретроспективного анализа развития ситуации с учетом различных типов логических связей между концептами и силы их влияния. Предложен подход для проведения ретроспективного анализа развития слабо структурированной ситуации с использованием ее нечеткой когнитивной модели. Подход базируется на преобразовании причинно-следственной когнитивной карты в сеть логичных связей между концептами типа "часть-целое", формализации состояний концептов и логических связей между ними методами логики антонимов. Доказаны теорема, аналитические выражения для обратных функций и сформулированы задачи ретроспективного анализа развития ситуации при условии независимости концептов и наличия между ними конъюнктивных или дизъюнктивных связей любой сложности. Метод позволяет оценить причины возникновения конкретного состояния ситуации или отыскать такие значения состояния ее элементов, которые могут привести к желаемому ее состоянию.

Ключевые слова: слабо структурированная ситуация, когнитивное моделирование, нечеткая когнитивная модель, логика антонимов, ретроспективный анализ, обратная функция.

METHOD OF RETROSPECTIVE ANALYSIS OF SITUATION DEVELOPMENT IN FUZZY COGNITIVE MODELS

A. Adamenko

Methods for studying poorly structured situations in conditions of non-stochastic uncertainty using their fuzzy cognitive models are considered. The problem of carrying out a retrospective analysis in various types of fuzzy cognitive models, including fuzzy cognitive models based on the methods of the theory of logic of antonyms, has been substantiated. The goal is to improve research methods for fuzzy cognitive models built on the basis of using methods of the theory of logic of antonyms by improving methods of their parameterization and developing a method for retrospective analysis of the development of a situation, taking into account various types of logical connections between concepts and the strength of their influence. An approach is proposed for conducting a retrospective analysis of the development of a poorly structured situation using its fuzzy cognitive model. The approach is based on the transformation of a causal cognitive map into a network of logical connections between concepts of the "part-whole" type, formalization of the states of concepts and logical connections between them using the methods of logic of antonyms. The theorem, analytical expressions for inverse functions are proved and the tasks of retrospective analysis of the development of the situation are formulated, provided that the concepts are independent and there are conjunctive or disjunctive connections of any complexity between them. The content of the theorem and analytical expressions are identical to the known axioms of the theories of logic of antonyms and classical logic. The method allows to assess the causes of a state of the poorly structured situation or to find such values of its elements that can lead to its desired state.

Keywords: poorly structured situation, cognitive modeling, fuzzy cognitive model, logic of antonyms, retrospective analysis, inverse function.