

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 004.81

<https://orcid.org/0000-0002-6106-3553>

<https://orcid.org/0000-0002-7629-7563>

<https://orcid.org/0000-0003-1629-6689>

І. О. ЛЯШЕНКО, С. С. СТЕФАНЦЕВ, В. М. ШЕМАЄВ

МОДЕЛЬ СИТУАЦІЇ У ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ СИСТЕМІ КОГНІТИВНОГО ПОЛЯ

***Анотація.** У статті запропоновано модель ситуації у функціональній системі когнітивного поля. В моделі для визначення лінгвістичних значень ознаки ситуації використовуються її відносні значення. Структуризація лінгвістичних значень полягає в упорядкуванні елементів отриманої множини лінгвістичних значень і ґрунтується на методі опорних точок і методі поділу відрізка. Запропоновано метод шкалювання ознак ситуації. Наведені приклади шкалювання ознак ситуації.*

***Ключові слова:** когнітивне поле, слабоструктурована ситуація, шкалювання, когнітивна карта, експерти.*

DOI: 10.35350/2409-8876-2019-17-4-67-74

Вступ

Глобалізація інформатизації суспільства та активний процес науково-технічного розвитку сприяє формуванню єдиного світового інформаційно-телекомунікаційного простору та призводить до появи розподілених систем. Існування таких систем зумовлює появу класу задач, які насамперед мають за мету досліджувати питання підвищення якості та швидкості обробки в першу чергу великої кількості даних і в другу чергу – даних в ЕОМ. У зв'язку з цим, з метою збереження та обробки даних зростає значення ЕОМ – засобу розв'язання цієї проблеми. В процесі управління виникає потреба в прийнятті рішення в слабоструктурованих динамічних ситуаціях, коли параметри (значення змінних), закони та закономірності розвитку ситуації описуються не кількісно, а якісно. Прикладом такої ситуації може бути забезпечення живучості систем управління, коли виклики як зовнішнього, так і внутрішнього характеру не мають структурованого та чіткого обрису. Унікальність даних ситуацій полягає в тому, що вони супроводжуються змінами її структури, які дуже важко передбачити. Тому, з метою прийняття рішення в умовах дефіциту точної кількісної інформації експерти та аналітики вимушені опиратися на власний досвід та інтуїцію,

застосовуючи для прийняття рішення в якості моделі динамічної ситуації суб'єктивну модель, що побудована на оцінках аналітиків. Таку суб'єктивну модель слабоструктурованої динамічної ситуації називають когнітивною картою.

1. Загальна постановка задачі, мета досліджень

Модель представлення знань у вигляді когнітивного поля широко використовується в інженерії знань для подання та структуризації знань експертів при розробці баз знань експертних та інтелектуальних систем, заснованих на експертних знаннях. Когнітивне поле – це опис основних понять проблемної області та їх взаємозв'язків, у вигляді графа, діаграми, таблиці, формул або тексту, отриманий в результаті вилучення і структуризування знань суб'єкта.

Діяльність експертів та аналітиків, що направлена на дослідження ситуації та прийняття рішення за допомогою когнітивного поля, являє собою логіко-часову структуру застосування різноманітних методів та прийомів побудови когнітивної карти, її параметризації, прогнозування розвитку ситуацій, верифікації, коректування когнітивної карти та прийняття рішення. Необхідно відмітити, що при когнітивному моделюванні величезна доля спроб формалізувати слабоструктуровані процеси традиційними математичними методами закінчувалась тим, що моделі ставали настільки абстрактними, що не могли відобразити дійсність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання загальної проблеми, свідчить, що значний внесок у її вирішення зробили вчені: Kosko В. [1], Zhang W.R., Chen S.S., Bezdek J.C. [2], Максимов В.І. [3], Кулинич А.А. [4], Авдєєва З.К. [5], Кадієвський В.А. [6] та ін.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що методологія когнітивного моделювання розроблена досить добре. В той же час, невирішеним залишається питання уніфікації представлення числових та лінгвістичних значень ознак, що спростить вивчення поведінки ситуації, закономірності її розвитку, пояснення прогнозів і забезпечення підтримки генерації рішень для досягнення цілей в ситуації.

У зв'язку з цим мета статті полягає в дослідженні моделі ситуації у функціональній системі когнітивного поля шляхом уніфікованого представлення числових і лінгвістичних значень ознак.

2. Методи і результати досліджень

Методологія структуризації слабоструктурованої ситуації, заснована на системному підході, полягає в описі ситуації в двох аспектах: структурному і функціональному. Для представлення блокової моделі ситуації у функціональній системі когнітивного поля пропонуються наступні методи:

- метод шкалювання ознак ситуації;
- методи вилучення переваг експерта для настроювання когнітивної карти ситуації;
- методи вирішення прямої та зворотної задачі.

Для побудови шкали ознаки необхідно:

1. Визначити множину лінгвістичних значень ознаки.
2. Структурувати множину лінгвістичних значень ознаки.

Для визначення лінгвістичних значень використовуються відносні значення ознаки. Наприклад, лінгвістичним значенням швидкості трафіку може служити лінгвістичне значення – «надшвидкий» або «дуже швидкий», чи «повільний» та ін. При такому визначенні лінгвістичних значень ознак ситуації задається загальний еталон значення ознаки. Завдання загального еталона значення ознаки полегшує роботу експертів при визначенні сили впливу ознак і зменшує експертні помилки.

Якщо особі, що приймає рішення (ОПР), важко прямо визначити лінгвістичні значення певної ознаки, то можна визначити множину об'єктів, що мають властивість, яка збігається з назвою оцінюваної ознаки. Причому, різні об'єкти цієї множини повинні мати різну інтенсивність прояву ознаки, а ОПР повинна добре уявляти обрані для визначення лінгвістичних значень об'єкти. Назви цих об'єктів будуть використовуватися в якості лінгвістичних значень розглянутої ознаки. Зазвичай для визначення лінгвістичних значень ознак використовуються від 7 до 9 об'єктів.

Наприклад, для оцінки інтенсивності трафіку, як оцінюваного об'єкта, може бути обрано множину різних його значень.

Структуризація лінгвістичних значень полягає в упорядкуванні елементів отриманої множини лінгвістичних значень і ґрунтується на методі опорних точок і методі поділу відрізка навпіл, запропонованому Торгерсоном В.С. [7].

Метод полягає в наступному: на множині лінгвістичних значень визначаються елементи, які відповідають максимальному та мінімальному значенню ознаки. Максимальний і мінімальний елементи вважаються опорними точками і використовуються для подальшого упорядкування всіх інших лінгвістичних значень. Упорядкування лінгвістичних значень полягає у визначенні елемента множини Z^* , лінгвістичне значення якого рівновіддалене від максимального та мінімального значень, тобто ділить інтервал значень між максимальним і мінімальним навпіл. Далі для кожного з отриманих інтервалів знаходиться середня точка, що інтерпретується, для якої й обирається елемент з неупорядкованої множини об'єктів.

Для того, щоб пояснити роботу методу впорядкування лінгвістичних значень ознак розглянемо приклад. Нехай експерт визначив множину значень ознаки інтенсивності трафіку {«Гіпершвидкий», «Відсутній», «Дуже швидкий», «Повільний», «Швидкий», «Пришвидшений», «Сильно сповільнений» «Середній», «Сповільнений»}, які мають різні швидкості передачі.

На рис. 1, рис. 2 наведений приклад упорядкування множини лінгвістичних значень для ознаки «трафік».

Мінімальний трафік в цьому списку має «відсутній», а максимальний – «гіпершвидкий» (див. рис. 1).

Середня точка – «Середній розрахунковий» – інтерпретується як середнє значення інтенсивності трафіку між мінімальним та максимальним значеннями.

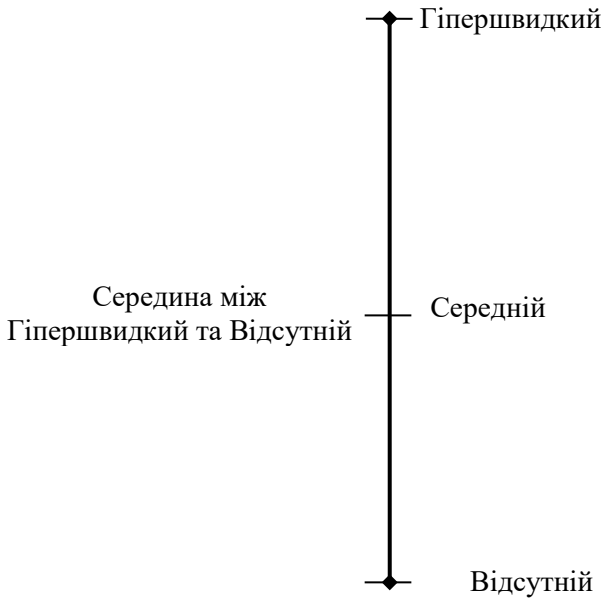


Рисунок 1 – Перша ітерація шкалювання значень ознаки трафіку

На рис. 2 показані наступні ітерації структуризації лінгвістичних значень:



Рисунок 2 – Результат шкалювання значень ознаки трафіку

Таким чином, отримано впорядковану множину лінгвістичних значень ознаки: {«Гіпершвидкий», «Дуже швидкий», «Швидкий», «Пришвидшений», «Середній», «Сповільнений», «Сильно сповільнений», «Повільний», «Відсутній»}.

Важливим є те, що при такому упорядкуванні лінгвістичних значень визначено не тільки відношення порядку лінгвістичних значень, але і відносини інтервалів між сусідніми точками.

Таким чином, для кожної ознаки $f_{ij} \in F_i$ може бути визначено впорядковану множину лінгвістичних значень ознаки $Z_{ij} = \{Z_{ij1}, Z_{ij2}, \dots, Z_{ijn}\}$.

Для вирішення практичних завдань моніторингу ситуації (спостереження значення ознаки в часі) та отримання прогнозу розвитку ситуації необхідно на множині Z_{ij} визначити поточне значення ознаки Z_{ijc} і зміни значення ознаки в часі, тобто приріст значення ознаки. Поточне значення ознаки визначається як елемент $Z_{ijc} \in Z_{ij}$ впорядкованої множини Z_{ij} . Приріст значення ознаки визначається для поточного значення ознаки та характеризується напрямком збільшення – позитивним, негативним приростом і величиною приросту.

Для заданого поточного стану Z_{ijc} елементи множини $Z_{ijc(c+1)}, Z_{ijc(c+2)}, \dots, Z_{ijn} \in Z_{ij}$ будуть характеризувати позитивне прирощення, а негативні збільшення характеризуються елементами $Z_{ijc(c-1)}, Z_{ijc(c-2)}, \dots, Z_{ij1} \in Z_{ij}$.

Для реалізації комп'ютерної системи когнітивного моделювання вихідну множину впорядкованих значень Z_{ij} необхідно представити в чисельній системі X_{ij} , тобто побудувати шкалу.

В теорії вимірів шкала визначається трійкою $\langle Z_{ij}, X_{ij}, \varphi_{ij} \rangle$, де Z_{ij} – вихідна не чисельна система, X_{ij} – чисельна система, φ_{ij} – відображення, яке встановлює гомоморфізм між вихідною та чисельними системами.

Індексами елементів впорядкованої множини $Z_{ij} = \{z_{ij1}, z_{ij2}, \dots, z_{ijn}\} \in$ ряд натуральних чисел $1, 2, \dots, n$, кожне з яких суворо відповідає елементу множини лінгвістичних значень ознаки. Тобто z_{ij1} відповідає 1, z_{ij2} відповідає 2, і т.д. до z_{ijn} відповідає n . Відобразимо індекси елементів множини Z_{ij} на відрізок числової осі $[0,1]$.

В результаті отримаємо множину точок $X_{ij} = \{x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijn}\}$, відповідних індексам елементів множини Z_{ij} , отже, самим елементам $X_{ij} = \{x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijn}\}$. Поточному стану на інтервалі $[0,1]$ відповідає точка x_{ijc} .

Позитивні збільшення визначаються як інтервали (відрізки) чисельної осі: $P_{ij(c+1)}^+ = x_{ij(c+1)} - x_{ijc}$; $P_{ij2}^+ = x_{ij(c+2)} - x_{ijc}$; \dots ; $P_{ijn}^+ = x_{ijn} - x_{ijc}$, а негативні

прирости визначаються як інтервали чисельної осі:
 $P_{ij(c+1)} = x_{ijc} - x_{ij(c-1)}; P_{ij2} = x_{ijc} - x_{ij(c-2)}; \dots; P_{ijc} = x_{ijc} - x_{i1}$.

При обчисленні прогнозів розвитку ситуації, обчислені значення ознак не завжди потрапляють в точки чисельної осі $x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijn}$, мають лінгвістичні значення $z_{ij1}, z_{ij2}, \dots, z_{ijn}$, визначені в упорядкованій множині Z_{ij} .

Для визначення лінгвістичного значення будь-якої точки на відрізьку чисельної осі $[0,1]$ використовується правило інтерпретації значення ознаки на чисельній осі на основі обчислення близькості значення до тієї чи іншої точки z_{ijk} , яка інтерпретується.

Припустимо, що в результаті обчислень було отримано значення приросту x_{ijh} , яке знаходиться між двома точками $-x_{ij(m+2)} < x_{ijh} < x_{ij(m+1)}$. При цьому лінгвістичне значення ознаки $x_{ij(m+2)} \in z_{ij(m+2)}$, лінгвістичне значення $x_{ij(m+1)}$, відповідно, $z_{ij(m+1)}$.

Для визначення лінгвістичного значення точки x_{ijh} визначимо відстань цієї точки до точки $x_{ij(m+2)}$, ця відстань дорівнює $x_{ij(m+2)} - x_{ij(h)}$, та до точки $x_{ij(m+1)}$, відстань, відповідно, становить $x_{ijh} - x_{ij(m+1)}$. Лінгвістичним значенням точки x_{ijh} вважатимемо лінгвістичне значення $z_{ij(m+2)}$ точки $x_{ij(m+2)}$, якщо відстань точки x_{ijh} до цієї точки менше, ніж до точки $x_{ij(m+1)}$, тобто $x_{ij(m+2)} - x_{ijh} \leq x_{ij(h)} - x_{ij(m+1)}$. В іншому випадку лінгвістичне значення цієї точки визначиться як лінгвістичне значення $z_{ij(m+1)}$ точки $x_{ij(m+1)}$.

На чисельній осі можуть бути визначені околиці $\pm \varepsilon$ для всіх інтерпретованих точок чисельної осі $x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijn}$, в яких лінгвістичне значення збігається з лінгвістичним значенням точок $z_{ij1}, z_{ij2}, \dots, z_{ijn}$.

Так, точка x_{ijh} буде мати інтерпретацію z_{ijm} , якщо потрапить в околицю точки x_{ijm} , що визначається відношенням:

$$x_{ijm} - \frac{x_{ijm} - x_{ij(m-1)}}{2} < x_{ijh} \leq \frac{x_{ij(m+1)} - x_{ijm}}{2} + x_{ijm} .$$

На рис. 3 показані інтервали для інтерпретації значень чисельної системи елементами впорядкованої множини Z_{ij} .

Наприклад, значення в інтервалі $[0.0625 - 0.1875]$ матиме лінгвістичне значення «Повільний».

Розглянемо представлення чисельних значень ознак. В теорії якісного моделювання для представлення чисельних значень ознак в якісних шкалах використовується так званий оператор узагальнення $[] Q$ [8, 9]. Застосування оператора узагальнення до числа дозволяє інтерпретувати це число як символ, що відповідає цьому числу. Наприклад, $[6] Q =$ «шість» або «6», $[2,234] Q =$ «дві цілих двісті тридцять чотири сотих» або «2.234» і т.д.

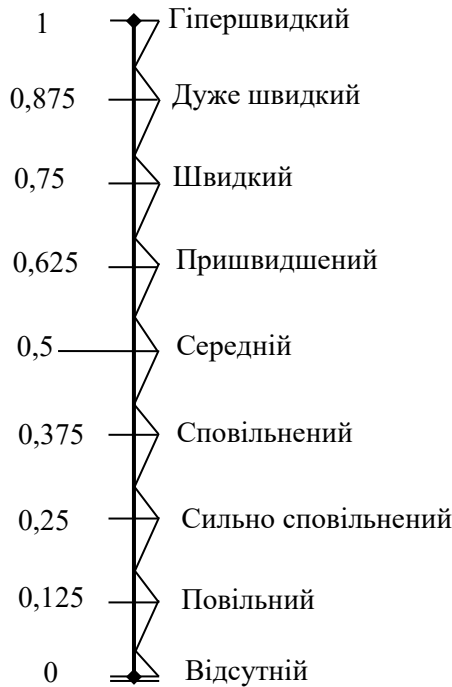


Рисунок 3 – Інтервали інтерпретації значень чисельної системи

Дослідження застосування оператора узагальнення до впорядкованої послідовності дійсних чисел призведе до впорядкованої множини символів. Тобто, $[0, 0,125, 0,25, 0,375, 0,5, 0,625, 0,75, 0,875, 1]$ $Q = \{\langle 0 \rangle, \langle 0,125 \rangle, \langle 0,25 \rangle, \langle 0,375 \rangle, \langle 0,5 \rangle, \langle 0,625 \rangle, \langle 0,75 \rangle, \langle 0,875 \rangle, \langle 1 \rangle\}$, де $0 < 0,125 < \dots < 1$ і $\langle 0 \rangle < \langle 0,125 \rangle < \dots < \langle 1 \rangle$.

Для ознак, значення яких визначається на інтервалі значень $[N_1, N_2]$ спочатку отримуємо велике число рівновіддалених значень (точок), що поділяють цей інтервал на рівні частини. Потім, отримані точки за допомогою оператора узагальнення $[]$ Q представляються у вигляді впорядкованої множини лінгвістичних значень ознаки $Z_{ij} = \{z_{ij1}, z_{ij2}, \dots, z_{ijn}\}$.

3. Висновки

Наведене вище уніфіковане представлення числових і лінгвістичних значень ознак спрощує вивчення поведінки ситуації, закономірності її розвитку, пояснення прогнозів і забезпечує підтримку генерації рішень для досягнення цілей в ситуації. Це, у свою чергу, забезпечує подання та структурування знань експертів при розробці баз знань експертних та інтелектуальних систем, заснованих на експертних знаннях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kosko B. Fuzzythinking. Hyperion, Reprint edition (June 1, 1994). – 336 p.
2. Zhang W.R., Chen S.S., Bezdek J.C. Pool2: A generic system for cognitive map development and decision analysis // IEEE Transaction on systems, man, and cybernetics. 1989. – V.19. – № 1. – P. 31–39.

3. Максимов В.И. Когнитивный анализ и управление развитием ситуации // Материалы 1-й Международной конференции в 3-х томах. Том 2 / Сост. В.И. Максимов. М.: Институт проблем управления РАН. – 2001. С. 10–22.
4. Кулинич А.А. Система моделирования плохо определенных нестационарных ситуаций // Труды второй международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуации». – М.: ИПУ РАН. 2002. – С. 44–50.
5. Авдеева З.К. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) / З. К. Авдеева, С. В. Коврига, Д. И. Макаренко // Институт проблем управления РАН. – 2010. № 16 – С. 26–39.
6. Кадієвський В. А. Когнітивне моделювання прийняття управлінських рішень на підприємстві / В. А. Кадієвський, Л. П. Перхун // Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук. праць. – 2016. – № 3. – С. 48–56.
7. Torgerson W.S., Theory and Methods of scaling. New York, 1958.
8. Williams Brian C. A theory of interactions: unifying qualitative and quantitative algebraic reasoning // Artificial intelligence. – 1991. – v.51. – p. 39–94.
9. Разумовский О.В., Таран Т.А. Логико-алгебраическая модель для формализации качественных знаний // Известия Российской АН. Теория и системы управления. – 1995. – №5. – С. 100–107.

REFERENCES

1. Kosko B. Fuzzythinking. Hyperion, Reprint edition (June 1, 1994). – 336 p.
2. Zhang W.R., Chen S.S., Bezdek J.C. Pool2: A generic system for cognitive map development and decision analysis // IEEE Transaction on systems, man, and cybernetics. 1989. – V.19. – № 1. – P. 31–39.
3. Maksymov V.I. Cognitive analysis and situation management // Materials of the 1st international conference in 3 volumes. Volumes 2 / Comp. V.I. Maksymov. M.: Institute for management issues RAS. – 2001. P. 10–22.
4. Kulynych A.A. System of design of badly certain non-stationary situations // Labours of the second international conference «Gognitive analysis and management by development of situation». – М.: Institute of management problems RAS. 2002. – P. 44–50.
5. Avdeeva Z.K. Cognitive modeling for solving problems of managing poorly structured systems (situations) / Z. K. Avdeeva, S. V. Kovryha, D. I. Makarenko // Institute for management issues RAS. – 2010. № 16 – P. 26–39.
6. Kadiievskiyi V. A. Cognitive modeling of decision-making at the enterprise / V. A. Kadiievskiyi, L. P. Perkhun // Scientific Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting and Auditing: coll. of scientific works. – 2016. – № 3. – P. 48–56.
7. Torgerson W.S., Theory and Methods of scaling. New York, 1958.
8. Williams Brian C. A theory of interactions: unifying qualitative and quantitative algebraic reasoning // Artificial intelligence. – 1991. – v.51. – p. 39–94.
9. Razumovskyi O.V., Taran T.A. Logical-algebraic model for formalizing quality knowledge // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems. – 1995. – №5. – P. 100–107.

Стаття надійшла до редакції 14.10.2019.