

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ У ХОДІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У НЕЧІТКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

СОКОЛОВСЬКА З. М.

доктор економічних наук

ЯЦЕНКО Н. В.

Одеса

Сучасний стан розвитку соціально-економічних систем відрізняється значною складністю, динамізмом та нестабільністю. Тому процес прийняття управлінських рішень на будь-якому рівні передбачає розв'язання великої кількості слабо структурованих та неструктурованих задач, що обумовлює залучення спеціального апарату дослідження на базі нечіткої математики. До одного з найбільш перспективних напрямків у наведеній галузі належить розробка та прикладне використання нечітких експертних систем.

Не зважаючи на те, що проблема створення та дослідження поведінки експертних систем (ЕС) не є новою і знайшла належне відображення в наукових працях вітчизняних і зарубіжних фахівців ([1 – 6]), промислове використання ЕС, особливо в сфері економіки, є ще дуже незначним. Це, зокрема, свідчить про наявність великого кола невирішених питань як теоретичного, так і суто прикладного характеру, одним з яких є розробка ефективних технологій доведення пустих оболонок ЕС до промислових зразків конкретного спрямування. Поява потужних спеціальних інструментальних середовищ для створення ЕС різноманітного призначення сприяє вирішенню поставленого питання.

Згідно з окресленою проблемою *метою* статті є розкриття прикладних аспектів використання оболонки експертної системи «нечіткого типу» FuzziClips у процесі аналізу та прийняття управлінських рішень.

Оболонки експертних систем та інструментальні пакети для створення ЕС, за сучасною класифікацією, належать до так званого CAKE-інструментарію (Computer Aided Knowledge Engineering – засоби, орієнтовані на підтримку інженерії знань) [1, 5, 6, 7 – 9]. Серед інструментальних пакетів фахівці відрізняють ART, KEE, Knowledge Craft, G2, AT-ТЕХНОЛОГІЯ – потужні багатофункціональні та водночас достатньо дорогі системи. Серед оболонок ЕС виокремлюються комерційні (ACQUIRE, Easy Reasoner, ECLIPSE, EXSYS Professional, SIMER+MIR, CAKE v2.0) та вільно розповсюджені (ES, WindExS, BABYLON, MIKE, RT-EXPERT, OPS5, SOAR, CLIPS, DYNACLIPS, wxCLIPS, FuzzyCLIPS).

FuzzyCLIPS – оболонка ЕС (розширення CLIPS-оболонки – [7]), заснована на правилах; використовується для представлення та управління нечіткими фактами і правилами. Продукт розроблений Групою Інституту Інформаційних технологій Національної Ради Дослідження Канади [8]. Технологію роботи з адаптованим російськомовним клоном системи наведено в [9]. На додаток до функціональних можливостей CLIPS, FuzzyCLIPS може мати справу з точними, нечіткими і об'єднаними (змішаними) міркуваннями. Система використовує дві основні неточні концепції – нечіткість і невизначеність. Це забезпечує робоче середовище для створення нечітких прикладних програм.

Позитивними рисами FuzzyCLIPS щодо рішення слабо структурованих задач є такі:

- ✦ кількість нечітких вхідних змінних необмежена. Для їх визначення можуть бути використані різні типи функцій приналежності;
- ✦ можливість комплексного використання в системі поряд з нечіткими чітких змінних. Згідно з цим база знань (БЗ) максимально відображає реальне становище будь-якого об'єкта з точки зору впливу на його діяльність факторів різної природи;
- ✦ наявність гнучкої вбудованої метакомпоненти, можливість формулювання нечітких питань до ЕС з боку користувача;
- ✦ отримання користувачем у процесі консультації із системою різнопланових результатів. По-

перше, це – нечіткий результат, тобто динаміка можливого розвитку того чи іншого процесу. По-друге, це чіткий результат (визначений у ході трансформації нечіткої динаміки, заданої функцією приналежності), який концентрує увагу дослідника на найбільш вірогідній області знаходження майбутнього результату;

- ✦ основні експлуатаційні властивості системи – портативність, розширюваність, потужність, зручний користувальницький інтерфейс.

Процес логічного виводу у нечітких експертних системах розбито на кілька окремих етапів (процесів): Fuzzification; Inference; Composition; Defuzzification [7], [8]. Згідно з наведеними етапами розглянемо технологію використання клону FuzzyCLIPS на прикладі експертної консультації «Прогноз динаміки інфляційних процесів».

Інфляція, як комплексний показник, відчуває на собі вплив безлічі факторів макро- та мікросередовища, багато з яких належить до класу якісних з дією, що майже не піддається або зовсім не піддається формалізації. Тобто інфляція – показник, що частково формалізується: хоча він вимірюється кількісно, це лише приблизні розрахунки. Більш представницьким та об'єктивним є відстеження динаміки процесу в нечітких умовах, тобто прогнозування загальної тенденції, що може скластися в економіці країни. Згідно з цим доцільно залучення оболонки FuzzyClips.

На етапі Fuzzification визначається склад вхідних фактів (факторів), що повинні надходити до бази знань системи (фрагмент БЗ наведено в *табл. 1*). Відносно кожного факту встановлюються його тип (чіткий або нечіткий), найменування та можливі значення. Для нечітких фактів користувач визначає також функції приналежності (для чітких фактів цього робити не треба). Процес завдання функцій приналежності в оболонці автоматизований, тобто користувач може обирати будь-який зі стандартних наборів функцій, що є в системі, або визначати вручну власний тип. Використовуються різні типи функцій – трикутна, *S*, *Pi*, *Z*, завдання по точках.

Таблиця 1

Фрагмент складу бази знань блоку «Прогноз динаміки інфляційних процесів»

№	Найменування комплексу факторів	Тип фактора (чіткий / нечіткий)	Найменування факторів / Аббревіатури (українською / англійською)	Можливі значення	
				українською	англійською
1	2	3	4	5	6
1	Показники діяльності банківської системи	Нечіткий	Оцінка процесу удосконалення грошово-кредитної політики / оцінка_грош_кред_пол / f1	Висока / Низька / Задовільна	High / Low / Average
2		Нечіткий	Загальна оцінка руху грошових потоків / оцінка_руху_грош_поток / f2	Інтенсивно удосконалюється / Практично не удосконалюється / Удосконалюється повільно	High / Low / Average

1	2	3	4	5	6
3		Нечіткий	Рівень контролю над грошовою масою / конт_грош_маси / f3	Високий / Низький / Нестабільний / Прийнятний	High / Low / Average / Medium
4		Нечіткий	Рівень контролю над обсягами грошової емісії / конт_грош_емісії / f4	Високий / Низький / Нестабільний / Прийнятний	High / Low / Average / Medium
	Проміжний фактор	Нечіткий	Оцінка діяльності банківської системи / оцінка_банк_системи / fk1	Висока / Низька / Задовільна	High / Low / Average
5	Монетарні фактори	Чіткий	Наявність монополій / наявн_монополій / f5	Так / Ні	Yes / No
6		Нечіткий	Рівень тіньової економіки / рівень_тін_економ / f6	Високий / Низький / Середній	High / Low / Average
7		Нечіткий	Оцінка податкової системи / оцінка_податк_системи / f7	Ефективна / Не ефективна / Прийнятна	High / Low / Medium
8		Чіткий	Рівень коруптованості у державі / рівень_корупт. / f8	Високий / Низький	High / Low
9		Нечіткий	Оцінка бюджетної політики / оцінка_бюджетної_політики / f9	Збалансована / Не збалансована / Свійка / Несвійка / Прийнятна	Balance / Not balance / Stable / Not stable / Medium
10		Чіткий	Рівень довіри громадян до держави / рівень_довіри / f10	Високий / Низький	High / Low
	Проміжний фактор	Нечіткий	Оцінка впливу якісних монетарних факторів на інфляційні процеси / вплив_монетарних_факт / fk2	Позитивна / Негативна / Стримана	Optimistic / Pessimistic / Average
	Кінцевий висновок	Нечіткий	Прогнозна оцінка тенденції інфляційних процесів / оцінка_інфляції / FK	Зріст значний / Зріст незначний / Падіння значне / Падіння незначне / Стабілізація на тому ж рівні	Growth / Limited growth / Shortening / Limited shortening / Stable

Наприклад, для визначення нечіткого факту f2 обрані вбудовані функції S, PI, Z; для f9 – S, PI та побудовані функції по точках – рис. 1 (розбивка осей X та Y від 0 до 1):

```
(deftemplate f2
  0 1
  ((high (S 0.1 0.9))
   (average (PI 0.7 0.4))
   (low (Z 0.09 0.9))))
```

Оцінки фактів f1, f3, f4, f6, f7 визначаються за трикутною функцією приналежності.

Наступні етапи – *Inference* та *Composition* у межах FuzzyClips повністю автоматизовані. Користувачу треба

тільки обрати конкретну стратегію логічного виводу. Зазвичай в межах *Inference* використовуються два головні методи логічного виводу – MIN та PRODUCT. У методі логічного виводу типу MIN кінцева функція приналежності формується за найбільшою відповідністю до ступеня достовірності правила (оператор AND в нечіткій логіці). У методі PRODUCT кінцева функція приналежності складається зі ступенів достовірності, обчислених для посилок продукційних правил.

Стандартний формат продукційного правила в базі знань нечіткої експертної системи має власну специфіку.

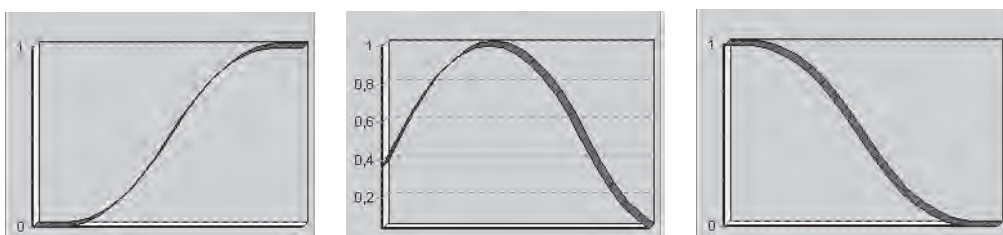


Рис. 1. Функції приналежності термів значень факту «Загальна оцінка руху грошових потоків» (f2)

Формат правила-продукції:

ЯКЩО A=<Значення1> **ТА** B=<Значення2> **ТОДІ** C=<Значення3>

де А, В – назви вхідних змінних; С – вихідна змінна.

У нечіткій системі <Значення1>, <Значення2>, <Значення3> є функціями приналежності (або нечіткими підмножинами), визначеними, відповідно, на А, В та С. Формування продукційного правила є дуже гнучким процесом, що дозволяє користувачу, окрім логічних зв'язків «ТА», «АБО», використовувати так звані модифікатори: «ні», «дуже», «більш-менш», «норма» та т. і.), що надає додаткові можливості відобразити в базі знань різноманітні «відтинки» ситуації, характеристики факторів (фактів).

Приклад правила-продукції для наведеного фрагменту бази знань у форматі, який задає користувач під час заповнення власної бази знань, та внутрішній формат правил FuzzyClips наведено нижче:

ЯКЩО

(кд = 0.7) // коефіцієнт довіри правила-продукції

оцінка_грош_кред_пол = більш-менш

висока ТА

оцінка_руху_грош_поток = удосконалюється повільно ТА

конт_грош_маси = нестабільний ТА

конт_грош_емісії = нестабільний

ТОДІ

оцінка_банк_системи = частково задовільна (кд=0.7) // коефіцієнт довіри висновку правила

(defrule r4

(declare (CF 0.7))

(f1 more-or-less high)

(f2 average)

(f3 average)

(f4 average)

→

(assert (fk1 somewhat average) CF 0.7))

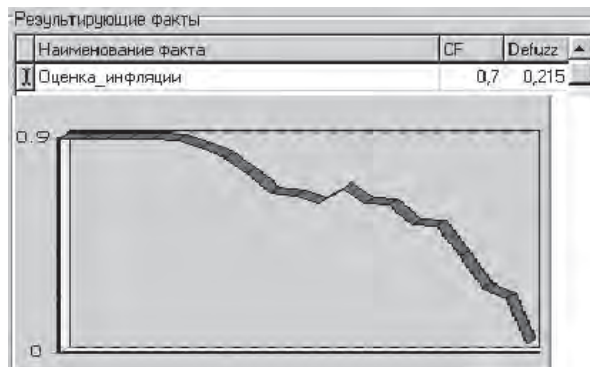


Рис. 2. Функція приналежності прогнозної динаміки інфляції

Після визначення всіх нечітких множин для кожної з кінцевих змінних вони комбінуються разом для визначення єдиної нечіткої множини результату (*Composition*). Використовуються MAX-MIN та SUM-PRODUCT композиції, що сприяє отриманню, відповідно, одного або кількох результатів.

Останній етап – *Defuzzification* – використовується тоді, коли досліднику потрібно перетворити нечіткий результат у чітке значення. Існує багато методів Defuzzification. Але найбільш поширеними є методи CENTROID (COG) і MAXIMUM (MOM) [8, 9]. У методі CENTROID чітке значення результату визначається за допомогою «центра гравітації» функції приналежності відповідної нечіткої змінної. У методі MAXIMUM як чітке значення результату обирається одне зі значень змінної, яка має найбільшу ступінь достовірності.

Експертна консультація проходить у формі діалогу користувача з системою, протягом якого система пропонує запитання та можливі відповіді на них. Обираючи конкретну відповідь та визначаючи коефіцієнт довіри для неї, користувач визначає сучасний стан економічної ситуації в країні.

Наприклад, запитання системи протягом експертної консультації виглядають таким чином (відповіді користувача підкреслено):

1. Надайте оцінку процесу удосконалення грошово-кредитної політики: висока, низька, задовільна (кд = = 0.85).

2. Надайте загальну оцінку руху грошових потоків: інтенсивно удосконалюється, практично не удосконалюється, удосконалюється повільно (кд = 0.85).

3. Оцініть рівень контролю за грошовою масою: високий, низький, нестабільний, прийнятний (кд = 0.75).

У результаті консультації користувачу надаються нечітка (у вигляді функції приналежності) та чітка оцінки ЕС стосовно розвитку інфляційних процесів в країні. Наприклад, отримані такі результати (вид функції приналежності наведено на рис. 2 – розбивка осей X та Y – від 0 до 1).

ЕС прогнозує тенденцію падіння інфляції, але падіння поступового, загалом достатньо повільного: з початковим періодом стабілізації і окремими під-вищеннями. Згідно з процесом дифузифікації визначено чітке значення результату, що дорівнює 0,215 з коефіцієнтом впевненості 0.7. Це свідчить про те, що найбільш достовірним на перспективу є стабілізація інфляційних процесів – бо саме на цю область знаходження вказує отримане чітке значення. За допомогою метакомпоненти користувачеві надається також пояснення результату.

сучасної економіки сприяє промисловій адаптації системи у наведеній предметній галузі. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. **Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф.** Базы знаний интеллектуальных систем.– СПб.: Питер, 2010.– 480 с.
2. **Джарратано Дж.** Экспертные системы: принципы разработки и программирование.– М.: Вильямс, 2005.– 1152 с.
3. **Люггер Дж. Ф.** Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем.– М.: Вильямс, 2009.– 864 с.
4. **Newell J. H.** Knowledge Engineering.– MG – HiiPublishing Company, New-York, 2008.– 513 p.

5. **Nonaka I., Takeuchi I.** The Knowledge-Creating Company. New York, Oxford: Oxford University Press, 2010.– 605 p.

6. **Walker C. T., Miller K. R.** Expert Systems an Assessment of Technology and Application.– Madison, 2007.– 511 p.

7. **CLIPS User's Guide/ Version 6.0.** NASA. Lyndon B. Johnson space center information systems directorate. Software Technology Branch, 1999.– 578 p.

8. **Forgy C. L.** FuzzyClips User's Manual.– Pittsburg, Pa: Carnegie-Mellon University, 2003.– 310 p.

9. **Соколовська З. М.** Експертні системи в економічних дослідженнях: Монографія.– Одеса: Астропринт, 2005.– 240 с.