

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.

INFORMATION AND MATHEMATICAL SUPPORT OF ECONOMIC PROCESSES

УДК 35:159.955.4

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ПРАКТИЦІ ЕКОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

З.М. Соколовська, д.е.н., професор

Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна

Соколовська З.М. Використання нечітких експертних систем в практиці економічних досліджень.

Наведено огляд сучасних напрямків розробки та використання експертних систем. Обґрунтовано доцільність залучення експертних систем нечіткого типу до вирішення економічних задач різного спрямування. Представлено можливості впровадження російськомовного клону експертної оболонки FuzzyCLIPS в практику економічних досліджень.

Ключові слова: експертна система, нечіткість, функція приналежності

Соколовская З.Н. Использование нечетких экспертных систем в практике экономических исследований.

Приведен обзор современных направлений разработки и использования экспертных систем. Обоснована целесообразность привлечения экспертных систем нечеткого типа к решению экономических задач различного направления. Представлены возможности внедрения русскоязычного клона экспертной оболочки FuzzyCLIPS в практику экономических исследований.

Ключевые слова: экспертная система, нечеткость, функция принадлежности

Sokolovskaya Z.N. Use of fuzzy expert systems in practice of modern economic researches.

Review of modern directions in development and use of expert systems is given. Expediency of fuzzy expert systems in solving economic objectives of various directions is grounded. Possibilities of application of the Russian language clone of FuzzyCLIPS expert shell to the practice of economic researches are given.

Keywords: expert system, fuzziness, membership function

Середовище функціонування сучасних економічних об'єктів відрізняється високим рівнем невизначеності, нестабільності. Тому будь-які дослідження їх діяльності пов'язані з вирішенням великої кількості слабо структурованих або неструктурованих задач, що, в свою чергу, потребує залучення спеціального математичного апарату. Потреби практики призвели до швидкого розвитку у останні півтора-два десятиліття інтелектуальних інформаційних технологій – експертних систем (ЕС).

Проблемам розробки та реалізації апарату експертних систем присвячено багато праць вітчизняних та зарубіжних фахівців в галузі штучного інтелекту [1-7]. Однак і сьогодні використання ЕС в області економіки дуже обмежене: за даними [8] – приблизно 11%.

Водночас фахівцями відзначаються значні потенційні вигоди від експлуатації апарату ЕС у різних економічних галузях – особливо правилоорієнтованих систем, пристосованих до вирішення проблем стратегічного розвитку об'єктів різного спрямування.

За даними [8, 9], найбільше впровадження експертних систем спостерігається у таких галузях, як:

- Торги на фондовій біржі.
- Автоматичне «розуміння» новин.
- Кредитний аналіз.
- Управління ризиками.
- Створення портфелів кредитів і інвестицій.
- Оцінка рейтингу банків, автоматизація аудиту.
- Прогнозування змін на фінансовому ринку.

З точки зору рівнів управління, найменш охопленим є мікрорівень. Однією з причин є складність апарату та відповідно – його дорожнеча.

Сьогодні у світі існують два напрямки використання апарату, і згідно з цим перед користувачами постає наступна альтернатива, від вдалого вирішення якої в значній мірі залежить

загальна ефективність та вартість проведених економічних досліджень:

- Залучення готових експертних систем.
- Залучення до роботи оболонок експертних систем і поступове доведення їх до повноцінних ЕС.

Оболонки ЕС – програмний продукт, який володіє засобами представлення знань щодо конкретних предметних галузей. Задача користувача при цьому – не у безпосередньому програмуванні, а у формалізації та вводі знань стосовно досліджуваних проблем.

В останні роки у зв'язку з розвитком інформаційних технологій можливості дослідників ще більш розширюються завдяки появі CAKE-інструментарію (Computer Aided Knowledge Engineering) – засобів, орієнтованих на підтримку інженерії знань [8].

За прийнятою класифікацією ([8], [9]), до них належать:

1) Комерційні (ACQUIRE, Easy Reasoner, ECLIPSE, EXSYS Professional, SIMER+MIR, CAKE v2.0) та вільно розповсюджені оболонки (ES, WindExS, BABYLON, MIKE, RT-EXPERT, OPS5, SOAR, CLIPS, DYNACLIPS, wxCLIPS, FuzzyCLIPS).

2) Інструментальні пакети для створення експертних систем (ART, KEE, Knowledge Craft, G2, АТ-ТЕХНОЛОГИЯ) – потужні багатофункціональні та водночас достатньо дорогі системи.

Однак, головними проблемами на шляху розробки та використання апарату експертних систем зостаються необхідність адекватного відображення в ЕС знань фахівців-експертів різного профілю, забезпечення обґрунтування та пояснень висновків і рекомендацій ЕС в процесі їх функціонування, надання можливості придбання нових знань, адаптації апарату до змін умов господарювання об'єктів дослідження т. і.

Згідно з окресленими проблемами метою статті є розкриття прикладних аспектів використання клону однієї з найпотужніших сучасних оболонок «нечіткого типу» – FuzziClips – в рішенні економічних задач.

FuzzyCLIPS – розширення CLIPS-оболонки експертної системи [10, 11]. Розробник продукту – Група Інституту Інформаційних технологій Національної Ради Дослідження Канади [12, 13].

Використання оболонки ЕС нечіткого типу розглянемо на прикладі експертної консультації «Прогнозна оцінка інвестиційної привабливості підприємства».

Консультація реалізована на базі розробленого російськомовного клону FuzzyCLIPS [14]. Побудовано зручний російськомовний інтерфейс користувача, дороблена мета компонента системи. Запропоновано склад бази знань стосовно досліджуваної проблеми.

FuzzyCLIPS – оболонка експертної системи, заснована на правилах, використовується для представлення і управління нечіткими фактами і

правилами. На додаток до функціональних можливостей CLIPS, FuzzyCLIPS може мати справу з точними, нечіткими і об'єднаними (змішаними) міркуваннями. Дозволені нечіткі і нормальні елементи, що можуть бути вільно змішані в правилах і фактах експертної системи. Система використовує дві основні неточні концепції – нечіткість і невизначеність. Це забезпечує робоче середовище для розробки нечітких прикладних програм.

Позитивами системи є наступні:

1) Система в повній мірі дозволяє врахувати нечіткість вхідних змінних, тобто первинних фактів, що впливають на кінцеві результати різноманітних господарських ситуацій. В межах системи можливо визначати функції приналежності задіяних нечітких змінних, тобто визначати нечіткі множини в межах універсальних множин визначення факторів (фактів). До цього ж, число таких нечітких змінних необмежене. Функції приналежності можуть бути фактично будь-якого типу: користувачу надаються достатньо широкі можливості завдання конкретних функцій. Поряд з нечіткими в системі можливим є комплексне використання чітких змінних (які не потребують завдання функції приналежності та можуть бути «задані чітко»). Таким чином, комплекс факторів (фактів), що складає базу знань, максимально відображає реальне становище будь-якого об'єкту з точки зору впливу на його діяльність факторів різної природи.

2) Наприкінці консультації з системою користувач отримує різнопланові результати. По-перше, це – нечіткий результат, тобто динаміка можливого розвитку того чи іншого процесу. По-друге, це чіткий результат, отриманий в ході трансформації нечіткої результатної динаміки, який концентрує увагу дослідника на найбільш вірогідній області знаходження майбутнього результату.

3) Основні експлуатаційні властивості системи – портативність, розширюваність, потужність.

4) Система відрізняється дружнім інтерфейсом з користувачем. Спілкування здійснюється на обмеженій природній мові з використанням багато-віконного інтерфейсу.

5) Система не потребує від користувача яких-небудь спеціальних знань (крім знання предметної області), легка в освоєнні. Інакше, наведений апарат орієнтований на непрофесіоналів.

6) Система володіє гнучкою вбудованою мета-компонентою. Це дуже важливо в ході економічних досліджень, тому що система пояснює механізм своїх міркувань і ті висновки, до яких вона дійшла в процесі аналізу описаної користувачем ситуації. При цьому у користувача є можливість задавати нечіткі питання.

Процес логічного виводу в системі містить 4 етапи:

— Fuzzification;

- Inference;
- Composition;
- Defuzzification.

На етапі *Fuzzification* реалізується процес підготовки задачі до рішення її методами нечіткої логіки. Користувач визначає склад вхідних фактів (факторів), що повинні надходити до бази знань системи. Відносно кожного факту встановлюються його тип (чіткий або нечіткий), найменування та можливі значення.

Для нечітких фактів визначаються функції приналежності (для чітких фактів це робити не треба) – стандартного типу (трикутна, S, Pi, Z) або побудовані користувачем. Задаються поточні значення наведених змінних та ступені достовірності посилок конкретних продукційних правил з бази знань.

Фрагмент бази знань за обраною проблемою наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Фрагмент складу бази знань блоку «Прогнозна оцінка інвестиційної привабливості підприємства».

№	Найменування комплексу факторів	Тип фактора (чіткий/нечіткий)	Найменування факторів / Аббревіатури (російською / англійською)	Можливі значення	
				Російською	Англійською
1	Загальні характеристики підприємства	нечіткий	Оценка стратегии предприятия на перспективу / Оценка стратегии / f1	Роста, ограниченного роста, сокращения	growth, limited growth, shortening
2		нечіткий	Ретроспективная оценка степени соответствия инвестиций предприятия его целям / соотв._инвест_целям / f2	Соответствовали (высокая степень соответствия), частично соответствовали, не соответствовали	high, average, low
3		чіткий	Степень государственной поддержки инвестиций в предприятие / Гос._поддержка / f3	Да (поддержка есть), нет	Yes, no
	Проміжний фактор	нечіткий	Общая оценка характеристик предприятия / Оценка характ. / fk1	Оптимистическая, пессимистическая, сдержанная	Optimistic, Pessimistic, average
4	Загальні виробничо-фінансові характеристики	нечіткий	Прогнозная оценка изменения производственного потенциала предприятия / Оценка_произв._потенц / f4	Рост, падение, стабилен (находится в допустимых пределах)	Growth, shortening, stable
5		нечіткий	Оценка тенденций рыночного спроса на продукцию предприятия / Тенденции рынка / f5	Рост, падение, стабильный уровень (находится в допустимых пределах)	Growth, shortening, stable
6		нечіткий	Финансовые перспективы / Фин. перспективы / f6	Оптимистические, пессимистические	Optimistic, pessimistic
7		чіткий	Способность к рискованным действиям в производственно-финансовой сфере / Риск действия / f7	Да (предприятие способно пойти на риск), нет	Yes, no
8		нечіткий	Влияние учета жизненного цикла выпускаемой продукции на принятие инвестиционных решений / Жизн._цикл_прод_инв/ f8	Влияет значительно, Влияет незначительно (средне), не учитывается менеджерами предприятия (низкий уровень), влияние анализируется эпизодически (уровень ниже среднего)	High, Average, Low, Below the average

Продолжение Таблицы 1

	Проміжний фактор	нечіткий	Общая оценка производственно-финансовой деятельности предприятия / оценка произв фин. / fk2	Оптимистическая, пессимистическая, сдержанная	Optimistic, Pessimistic, average
9	Характеристики инвестиційної діяльності підприємства	чіткий	Временная характеристика инвестиций, осуществляемых предприятием / Врем._характеристика_инвест. / f9	Долгосрочные, Среднесрочные, краткосрочные	Long, medium Short,
10		чіткий	Стоимостная характеристика инвестиций предприятия / Характеристика стоим_инвест / f10	«Мощные» инвестиции (с высокой ставкой %), средние, небольшие	Big, Medium, low
11		нечіткий	Усредненная оценка степени сбалансированности инвестиционного портфеля предприятия / Сбаланс._инвест._портфель / f11	Стабильно сбалансирован, не всегда сбалансирован, крайне несбалансирован	Good, Medium, bed
12		нечіткий	Характеристика процесса дезинвестирования средств из стареющих видов производства / Характеристика дезинвест. / f12	Своевременное дезинвестирование, Несвоевременное (со значительным опозданием), Незначительное опоздание дезинвестирования, процесс не управляется	Good, Medium, bed, Very bed
13		чіткий	Характеристика соотношения рентабельности инвестиций и темпов инфляции / Соотн. рент. инфляц. / f13	Рентабельность выше, рентабельность ниже, на том же уровне	Growth, shortening, stable
14		нечіткий	Степень предвидения предприятием реакции конкурентов на инвестиционные проекты / Прогноз_реакции_конкур. / f14	Высокая, допустимая, отсутствует (реакция всегда неожиданная)	High, Average, Low
	Проміжний фактор	нечіткий	Общая оценка инвестиционной деятельности предприятия / Оценка инвест деят. / fk3	Оптимистическая, пессимистическая, сдержанная	Optimistic, Pessimistic, average
	Кінцевий висновок	Нечіткий	Прогнозная оценка инвестиционной привлекательности предприятия / Оценка_привлекательность /FK	Оптимистическая, пессимистическая, сдержанная	Optimistic, Pessimistic, average

Например, для прогнозной оценки зміни виробничого потенціалу підприємства (факт f4) використані вбудовані в систему функції приналежності S, PI, Z (рис. 1: розмітка осей X та Y – від 0 до 1):

```
(deftemplate f4
  0 1
  ( (growth (S 0.3 0.5) )
    ( stable (PI 0.8 0.5) )
    ( shortening (Z 0.6 0.9))) )
```

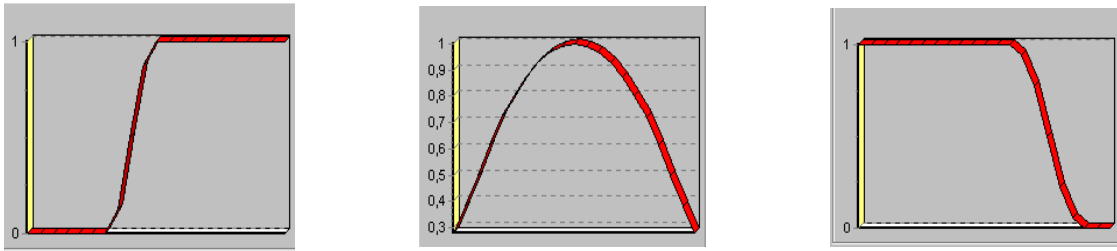


Рис. 1. Функції приналежності термів значень факту «Прогнозна оцінка зміни виробничого потенціалу підприємства» (f4)

Для визначення нечіткого факту f6 (фінансові перспективи) була використана трикутна функція приналежності – рис. 2 (розмітка осей X та Y – від 0 до 1):

```
(deftemplate f6
  0 1
  ( ( pessimistic (0 0) (.2 1) (.4 0) )
    ( optimistic (.6 0) (.8 1) (1 0) )))
```



Рис. 2. Функції приналежності термів значень факту «Фінансові перспективи» (f6)

Користувач за допомогою системи формує правила в російськомовному вигляді. Але в базі знань вони визначаються у прийнятному форматі.

Приклад правила-продукції :

У форматі користувача

У форматі FuzzyClips

```
ЕСЛИ
  (ку = 0.8) // коефіцієнт достовірності правила
  Оценка_стратегии = роста И
  Соотв._инвест_целям = соответствовали И
  Гос._поддержка = да
ТО
  Оценка_характеристик = оптимистическая
  (ку=0.9) // коефіцієнт достовірності
  висновку правила
```

```
(defrule r1
  (declare (CF 0.8))
  (f1 growth)
  (f2 high)
  (f3 yes)

  (assert (fk1 optimistic) CF 0.9))
```

На етапі *Inference* реалізується процес логічного виводу, за яким обчислюються і ставляться у відповідність заключній частині кожного правила ступені їх достовірності. Для цього використовуються спеціальні методи логічного виводу.

чітке значення. Найбільш поширеними методами є CENTROID (COG) і MAXIMUM (MOM).

Завдяки тому, що на попередньому етапі вже визначені всі нечіткі множини для кожної з кінцевих змінних, на етапі *Composition* вони комбінуються разом для визначення єдиної нечіткої множини для результату. Найбільш розповсюдженими методами композиції є MAX-MIN та SUM-PRODUCT [12, 13].

Етапи *Inference, Composition, Defuzzification* в межах системи повністю автоматизовані. Користувачу треба тільки обрати конкретну стратегію логічного виводу з переліку, що пропонується.

На заключному кроці – *Defuzzification* – отриманий нечіткий результат перетворюється в

Значення вхідних фактів (факторів) із відповідними коефіцієнтами довіри (згідно з реальною ситуацією, що склалася на об'єктах дослідження) формуються на основі опитування користувача. Фрагмент експертної консультації користувача з системою виглядає таким чином (відповіді користувача підкреслено, наводяться в оригіналі – російською):

1) Определите стратегию развития предприятия на перспективу: роста, ограниченного роста, сокращения ($\kappa_1=0.85$).

2) Приведите ретроспективную оценку степени соответствия инвестиций предприятия его целям: соответствовали (высокая степень соответствия), частично соответствовали, не соответствовали ($\kappa_2=0.75$).

3) Какова степень государственной поддержки инвестиций в предприятие? : да (поддержка есть), нет ($\kappa_3=1$).

4) Какова прогнозная оценка изменения производственного потенциала предприятия? : рост, падение, стабильн (находится в допустимых пределах) ($\kappa_4=0.70$).

5) Какова оценка тенденций рыночного спроса на продукцию предприятия? : рост,

падение, стабильный уровень (находится в допустимых пределах) ($\kappa_5=0.75$).

6) Каковы финансовые перспективы предприятия? : оптимистические, пессимистические ($\kappa_6=0.8$)

Стосовно кінцевого результату експертна система надає користувачу нечітку та чітку оцінки. Тобто, стосовно факту «Прогнозна оцінка інвестиційної привабливості підприємства» визначається його функція приналежності і відповідне чітке значення. Не розглядаючи ретельно теорію аналізу кінцевих результатів, наведемо приклад можливого формату висновку системи.

В результаті впровадження ЕС на одному з підприємств були отримані наступні результати (рис. 3):

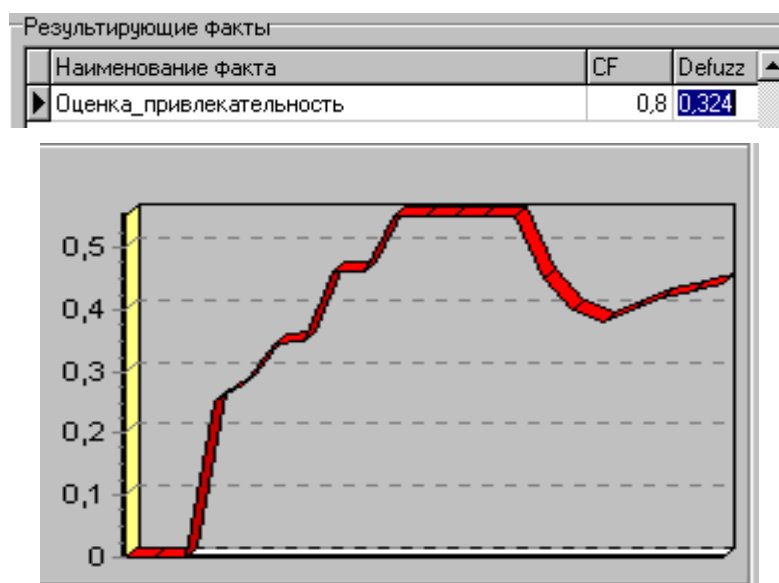


Рис. 3. Результаты экспертной консультации стосовно оцінки інвестиційної привабливості підприємства (вид функції приналежності)

Як свідчать отримані результати, досліджуване підприємство можна віднести до класу інвестиційно привабливих з достатньо високим коефіцієнтом впевненості. Підприємство знаходиться в стадії підйому своєї інвестиційної привабливості, про що свідчить область знаходження чіткого значення – 0.324 (коефіцієнт впевненості – 0.8). Загальний вигляд функції приналежності свідчить, що після тривалих стадій швидкого підйому та стабільності, інвестиційна привабливість може дещо знизитися, але потім процес більш повільно стабілізується.

Таким чином, інвестиційні перспективи досліджуваного підприємства досить оптимістичні. Але йому треба більш зосередитися на недоліках, які можуть спричинити ще більш суттєвий реальний

спад інвестиційної привабливості, чим той, на який вказує експертна система.

Висновки та перспективи. Представлена оболонка експертної системи є достатньо зручним засобом для використання в ході проведення економічних досліджень різного спрямування. Напрямами її подальшого удосконалення є розвиток структури та складу бази знань, метакомпоненти; розробка засобів постекспертного аналізу.

Формування розвинутої бібліотеки прецедентів сприятиме підвищенню рівня обґрунтованості рекомендацій ЕС користувачу, тобто підвищенню рівня ефективності експертних консультацій в процесі прийняття різноманітних управлінських рішень.

Список литературы:

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. -- СПб: Питер, 2010. – 480 с.
2. Люггер, Дж. Ф. Искусственный интел-лект: стратегии и методы решения сложных проблем. -- М.: Вильямс, 2009. – 864 с.
3. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шамот М.Д. Статические и динамические экспертные системы. -- М.: Финансы и статистика, 2006. – 548 с.
4. Giarratano J. C. Expert Systems: Principles and Programming. – Giarratano & Riley, 2005. – 621 p.
5. Newell J.H. Knowledge Engineering. – MG – HiiPublishing Company, New-York, 2008. – 513 p.
6. Nonaka I., Takeuchi I. The Knowledge-Creating Company. New York, Oxford: Oxford University Press, 2010. – 605 p.
7. Walker C.T., Miller K.R. Expert Systems an Assessment of Technology and Application. – Madison, 2007. – 511 p.
8. Florentin J.J. Software Review: KEE // Ex-pert Systems, 2010, Vol.4, No. 2. p. 118-220
9. Leondes C.T. Knowledge-Based Systems. Four Volume Set. Harcourt Publ. Ltd., UK, 2009. – 179 с.
10. CLIPS User's Guide/ Version 6.0. NASA. Lyndon B. Johnson space center information systems directorate. Software Technology Branch, 1999. – 578 p.
11. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
12. FuzzyClips. Application Abstract Clips.<http://ourworld.compuserve.com/homepages/marktoml/clipstuf.htm>. 2003.
13. Forgy C.L. FuzzyClips User's Manual. – Pittsburg, Pa: Carnegie-Mellon University, 2004 – 310 p.
14. Соколовська З.М. Експертні системи в економічних дослідженнях: Монографія. – Одеса: Астропринт, 2005. – 240 с.

Надано до редакції 26.02.2012

Соколовська Зоя Миколаївна / Zoya N. Sokolovskaya
nadin@sky.od.ua