

## Автоматизація і інформаційні технології

УДК 004.891.2

Ю.Н.Тесля, д.т.н., проф.;  
П.В.Каюк, к.т.н., доц.;  
М.Л.Чернова, аспірант (КНУБА, Київ)

### ЗАСТОСУВАННЯ РЕФЛЕКТОРНОГО ПІДХОДУ ДО ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ

*АННОТАЦІЯ. Розглянута можливість рішення актуальної проблеми в українському девелопменті – автоматизації оцінки інвестиційних пропозицій. Запропоновано використання рефлекторного підходу до побудови інтелектуальних систем її оцінки.*

*Ключові слова: інвестиції, девелопмент, рефлекторна експертна система, штучний інтелект.*

*АННОТАЦИЯ. Рассмотрена возможность решения актуальной проблемы в украинском девелопменте – автоматизации оценки инвестиционных предложений. Предложено использование рефлекторного подхода к построению интеллектуальных систем ее оценки.*

*Ключевые слова: инвестиции, девелопмент, рефлекторная экспертная система, искусственный интеллект.*

*SUMMARY. This article covers solution of actual problem in Ukrainian development – automation of invest offers estimation. It proposed to use the reflex method for creation intellectual system of invest offers estimation which is based on the model of nonforce interaction in the sphere of intellectual human activity.*

*Key words: investment, development, reflex expert system, artificial intelligence.*

---

#### Вступ

Реалії сьогоденної ситуації на ринку України й світу в цілому диктують компаніям певні вектори не тільки для виживання, але й розвитку. Основним з них є оптимізація витрат компанії. Для цього необхідно оптимізувати всі сфери діяльності компаній, в першу чергу за рахунок використання сучасних методів і засобів автоматизації управлінської діяльності.

В такій складній сфері як девелопмент, де реалізація проектів пов'язана з обробкою значної кількості даних, неможливо обійтись без застосування засобів автоматизації інтелектуальної діяльності менеджерів і спеціалістів. Але сучасний український ринок інформаційних технологій (ІТ) не пропонує компаніям спеціалізовані інтелектуальні системи для оцінки інвестиційних пропозицій, що негативно впливає на подальший розвиток інвестиційних проектів.

Тому виникла необхідність створення проблемно-орієнтованих інтелектуальних програмних засобів оцінки інвестиційних

пропозицій, для їх застосування у вітчизняному девелопменті.

**Мета роботи** полягає в аналізі існуючих систем підтримки прийняття рішень, формулюванні вимог до системи оцінки інвестиційних пропозицій, опису вхідних і вихідних даних, алгоритму такої системи.

#### Виклад основного матеріалу

В основі будь якої інтелектуальної системи, яка забезпечує прийняття оптимальних рішень, знаходиться інтелектуальний аналіз даних (ІАД). Ця область досить ґрунтовно досліджена і має напрацювання, які можна використати при створенні систем оцінки інвестиційних пропозицій в девелопменті.

Виділяється ряд наукових підходів до побудови систем ІАД. В першу чергу це підхід, який базується на *методах статистичної обробки даних*, які можна поділити на чотири взаємозалежних розділи [1]:

1. Попередній аналіз природи статистичних даних (перевірка гіпотез стаціонарності, нормальності, незалежності,

однорідності, оцінка виду функції розподілу та її параметрів).

2. Виявлення зв'язків і закономірностей (лінійний і нелінійний регресійний аналіз, кореляційний аналіз).

3. Багатомірний статистичний аналіз (лінійний і нелінійний дискримінантний аналіз, кластер-аналіз, компонентний аналіз, факторний аналіз).

4. Динамічні моделі й прогноз на основі тимчасових рядів.

Серед найбільш відомих і популярних програм статистичного аналізу є такі: пакети Statistica, SPSS, Systat, Statgraphics, SAS, BMDP, TimeLab, Data-Desk, S-Plus, Scenario (BI), «Мезозавр».

Особливий напрямок у спектрі аналітичних програм ІАД - *методи, засновані на нечітких множинах* [2]. Їхнє застосування дозволяє ранжувати дані за ступенем близькості до бажаних результатів, здійснювати так званий нечіткий пошук у базах даних.

Однак, платою за підвищену універсальність є зниження рівня вірогідності й точності одержуваних результатів. Тому кількість спеціалізованих програм даного методу залишається невеликою, незважаючи на те, що протягом останніх 40 років до цього методу завжди був підвищений інтерес.

Наступний підхід базується на *кібернетичних методах оптимізації* [3], заснованих на принципах систем із саморозвитком, - методи нейронних мереж, еволюційного й генетичного програмування.

Але нові переваги породжують і нові проблеми. Зокрема, рішення, отримані кібернетичними методами, часто не допускають наочних інтерпретацій, що деякою мірою ускладнює роботу предметним експертам.

До програмних продуктів, що використовують кібернетичні методи ІАД, належать системи PolyAnalyst, NeuroShell, GeneHunter, BrainMaker, OWL, 4Thought (BI).

До четвертого великого розділу ІАД варто віднести сукупність *традиційних методів розв'язання оптимізаційних завдань* [4] - варіаційні методи, методи дослідження операцій, що включають в себе різні види

математичного програмування (лінійне, нелінійне, дискретне, цілочисельне), динамічне програмування, принцип максимуму Понтрягіна, методи теорії систем масового обслуговування. Програмні реалізації більшості цих методів входять у стандартні пакети прикладних програм, наприклад, Math CAD й MatLab.

Досить популярний підхід, який базується на використанні знань експертів [5]. Системи, які розробляються в рамках цього підходу, називаються *експертними* [6]. В них використовується ряд методів, таких як, наприклад, метод «найближчого сусіда», який ліг в основу таких програмних продуктів, як Pattern Recognition Workbench або KATE tools.

В рамках цього підходу вибір рішення пов'язаний з побудовою послідовного логічного виводу - дерева рішень, у кожному вузлі якого експерт здійснює найпростіший логічний вибір («так» - «ні»). Залежно від прийнятого вибору, пошук рішення просувається по правій або лівій гілці дерева й зрештою приходиться до термінальної гілки, що відповідає конкретному остаточному рішення.

Одним з різновидів методу дерева рішень є алгоритм дерева класифікації й регресії, що пропонує набір правил для дихотомічної класифікації сукупності вихідних даних. На основі дерева рішень розроблені такі програмні продукти, як IDIS й SIPINA.

До експертних методів варто віднести й предметно-орієнтовані системи аналізу ситуацій і прогнозу, засновані на фіксованих математичних моделях. Роль експерта полягає у виборі найбільш адекватної системи й інтерпретації отриманого алгоритму.

Переваги й недоліки таких систем очевидні - гранична простота й доступність застосування та водночас розплата вірогідністю й точністю за цю простоту. Прикладами програмних продуктів, що відповідають предметно-орієнтованим системам в області фінансів, є Wall Street Money, MetaStock, SuperCharts, Candlestick Forecaster.

Для завершення огляду експертних методів ІАД згадаємо *методи візуалізації даних і результатів їхнього аналізу*, що до-

звояють наочно відображати отримані висновки для створення в експертів або керівників проектів єдиної картини ситуації. До програмних продуктів, що формують попередні звіти й візуалізують, результати відносяться системи Mineset й Impromptu (VI). Зокрема, система Mineset містить у собі такі інструменти, як ландшафтний візуалізатор, візуалізатори дисперсії, дерев, правил і свідчень.

Кожен з описаних підходів має свої переваги й недоліки. Особливістю девелопмента є необхідність враховування безлічі факторів, при цьому на різних етапах девелоперських проектів різні фактори мають різну важливість. А деякі з них є «білим шумом», якщо використовуються без враховування особливостей проекту.

Інтелектуальні системи в цій сфері мають високу вартість. А враховування всіх особливостей взаємозалежності факторів ще її збільшує. Таким чином для оцінки інвестиційних пропозицій девелоперам стає дешевше і простіше запросити аналітиків, ніж створювати подібні системи. Тому використання подібних систем в девелопменті обмежене.

Усунути недоліки і підсилити переваги таких систем дозволяє метод побудови рефлексорних інтелектуальних систем, який базується на результатах, отриманих за теорію несильової взаємодії [7]. Було запропоновано оригінальне рішення по збільшенню імовірності правильної оцінки інвестиційних пропозицій та зменшенню витрат на таку оцінку - через розробку і впровадження *рефлексорної експертної системи оцінки інвестиційних пропозицій* (РЕКС).

Така система дозволила вирішити багатокритеріальні завдання – вибирати альтернативи, оцінювані за множиною критеріїв, використовуючи модель несильової взаємодії – рефлексорну експертну систему, що реалізує принцип поетапного формування системних відносин.

Метод побудови рефлексорних інтелектуальних систем, заснований на теорії несильової взаємодії, реалізує принципи *універсального моделювання* закономірностей у заданій предметній області, що дозволяє

здійснити цілеорієнтовне поетапне формування дослідження сутності явищ з погляду їхньої причинності й системності, не потребуючи емпіричної верифікації.

Статистика накопичується як позитивна, так і негативна (поправка на «білий шум»), що підвищує точність результату. Крім того, була втілена ідея розрахунку можливого варіанту рішення не тільки на основі відомої інформації, але й по комбінаціях можливих варіантів рішень за невідомими параметрами, що мають свою історію в базі знань інтелектуальної системи.

Зручною можливістю системи є ще й те, що частина параметрів, які описують проекти може мати не тільки визначену кількість значень (чисельних або строкових), а й описуватися просто довільним текстом, оскільки алгоритм дозволяє аналізувати та зберігати знання в базі і за довільним описом.

Саме ці поліпшення призначені розв'язати наукове завдання – побудувати нові методи і моделі оцінки інвестиційних пропозицій, на основі яких будуть розроблені прості, але ефективні алгоритми і засоби *підтримки прийняття рішення в девелопменті*. Система повинна отримувати нові дані по інвестиційним проектам виходячи з відомих по цим проектам параметрам на основі аналогів, які містяться в базі знань.

Система називається рефлексорною, тому що в процесі наповнення бази знань виробляються рефлексії на різні ситуації в предметній області. І в новій комбінації впливів виробляється найбільш адекватна реакція рефлексорної системи (відповідь на подразнення, яке описується ситуацією в девелоперському проекті).

Реакція системи полягатиме в заповненні відсутніх строчок документу, який відображатиме аналітичну оцінку інвестиційної пропозиції.

Головним об'єктом автоматизації є девелоперські проекти. Система РЕКС дозволяє підвищити точність і швидкість попередньої оцінки інвестиційних пропозицій.

Інформаційним ресурсом програми є безліч екземплярів інформаційних представлень (документів та описової інформації).

Поповнення екземплярів інформаційних представлень записується у вигляді фрейму, що містить слоти (назва параметру та його значення) (табл.1). В загальному випадку у фреймі-екземплярі деякі слоти не заповненні (в табл.1 слоти № X і X+1). Саме їх заповнення і є метою функціонування системи РЕКС.

Інформаційний продукт системи – всі заповнені рядки вихідного екземпляру інформаційного представлення (кожного фрейму з незаповненими спочатку слотами).

Таблиця 1.

**Приклад опису інвестиційної пропозиції**

№	Параметр	Значення
1	Тип об'єкту	Житлова нерухомість
2	Характеристика форми ділянки землі	Прямокутна
3	Площа ділянки	20 га
...	.....	.....
X	Орієнтовна вартість проекту	?
X+1	Клас житлової нерухомості	?
...	.....	.....
K	Компанія-ініціатор	Ретро

Для вирішення поставленої задачі з використанням принципів і методів побудови рефлекторних інтелектуальних систем розроблене застосування виконує такі етапи:

1. Встановлює відхилення умовної імовірності значень кожного з незаповнених слотів при заданих значеннях заповнених слотів від абсолютних ймовірностей цих значень.

2. Інтерпретує це відхилення через величину несилової дії.

3. Вибирає такі значення незаповнених слотів, які відповідають максимальній несилі дії (найбільш відповідна реакція на впливи).

Для цього система реалізує функції:

1. Запам'ятовування таблиць, що описують реалізовані інвестиційні проекти з визначеним результатом.

2. Формування на основі таких таблиць величин реакції на впливи (значення одних слотів залежно від інших для кожного реалізованого проекту).

3. Вироблення реакції на нову ситуацію в предметній області (заповнення порожніх слотів при надходженні нової інвестиційної пропозиції).

Тому в системі реалізовані такі модулі:

- бази знань;
- модуль навчання на основі реалізованих інвестиційних проектів (формування бази знань);
- модуль заповнення порожніх слотів.

Програма функціонує в режимах навчання і прийняття рішень. Розроблено структуру бази знань, яка відповідає наведеним режимам. База знань є сукупність таблиць, у яких представлені:

- постійна інформація, яка є результатом навчання системи;
- інформація, яка відображає постановку задачі користувачем на експертну оцінку бізнес-пропозиції (таблицю, з частково незаповненими слотами);
- протоколи вирішення задачі (пояснення рішень).

В основі роботи програми знаходиться математична модель несилової взаємодії в областях інтелектуальної діяльності людини, яка використана для побудови рефлекторної експертної систем. Модель базується на інформаційній інтерпретації процесів взаємодії в природі.

Алгоритм імітує рефлекторні дії людини – стереотипна реакція організму на деякий вплив. Маючи в базі знань статистику по вдалим та невдалим проектам, які описані слотами фреймів – розраховується значення незаповнених слотів фрейму, що відображають невідомі параметри проекту. Значення слотів поділяються на:

1. Числові. Для збільшення статистичної вибірки оцінки несилової дії в системі задаються не окремі значення, а інтервали значень (табл.2). Кожному інтервалу присвоюється номер. Саме номер інтервалу значень буде параметром, що впливає на інші параметри моделі. Кількість і самі інтервали задаються експертом.

2. Обмежений текстовий набір. Це вибі-

рка з набору слів або невеличких речень. Набір по ходу навчання системи може розширюватися.

3. Довільний текст. Будь який текст. Він може бути вхідним. Але не може бути вихідним.

У результаті навчання розраховується величина несилової дії заданих параметрів на незаповнені слоти.

Таблиця 2.

**Дискретизація числових значень в системі РЕКС**

№ інтервалу	Min	Max
1	$a_{min1}$	$a_{max1}$
2	$a_{min2}$	$a_{max2}$
3	$a_{min3}$	$a_{max3}$
.....	.....	.....
$k$	$a_{mink}$	$a_{maxk}$
.....	.....	.....
$L$	$a_{minL}$	$a_{maxL}$

Примітка:  $a_{min1} < a_{max1} < a_{min2} < a_{max2} < a_{min3} < a_{max3} < \dots < a_{mink} < a_{maxk} < \dots < a_{minL} < a_{maxL}$

Результатом роботи системи є оцінка спільної умовної імовірності отримання незаповненим слотом деякого значення за значеннями заповнених слотів.

$$q(p(a_i / a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_K)) = f \left( p(a_i / a_1), \dots, p(a_i / a_{i-1}), p(a_i / a_{i+1}), \dots, p(a_i / a_K), p(a_i) \right),$$

де  $q(p(a_1 / a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_K))$  – оцінка спільної умовної імовірності отримання в  $i$ -му слоті значення  $a_i$  за умови, що значення інших слотів  $a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_K$  ;

$p(a_i / a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_K)$  – спільна умовна імовірність отримання в  $i$ -му слоті значення  $a_i$  за умови, що значення інших слотів  $a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_K$  ;

$p(a_i / a_{i-1})$  – умовна імовірність отримання в  $i$ -му слоті значення  $a_i$  за умови, що значення  $i-1$  слота  $a_{i-1}$  ;

$p(a_i)$  – імовірність отримання в  $i$ -му слоті значення  $a_i$  .

Для обрахунку оцінки такої спільної імовірності застосовуються математичні залежності, які відображають несилу дію об'єктів заданої предметної області. Таке застосування ефективне, оскільки параметри девелоперських проектів визначаються власниками, менеджерами і спеціалістами, які мають відношення до такого проекту, тоюто формуються в області інтелектуальної діяльності людини.

Саме наведені принципи знаходяться в основі інтелектуальної системи оцінки інвестиційних пропозицій (РЕКС). Крім того, програмне забезпечення системи побудоване таким чином, що відсутність окремих даних не позначається на виконанні функцій модулями, при реалізації яких вони не використовуються.

Система має засоби діагностики інформаційної бази і засоби контролю на коректність вхідної інформації. У програмному забезпеченні реалізовані заходи для захисту від помилок при введенні й обробці інформації, що забезпечує задану якість виконання функцій.

**Висновки**

Попереднє тестування системи показало:

1. Завдяки універсальному і простому алгоритму несилової дії, який застосовано в системі РЕКС, створюються різнобічні системи оцінки інвестиційних пропозицій.

2. Система надає користувачам широкі можливості для зберігання бази знань компанії по виконаним проектам і пропонує можливі рішення для майбутніх проектів на основі накопичених знань.

3. Головна перевага системи полягає в тому, що рішення приймаються не на основі узагальнених даних, а на основі «історичних» даних, які зібрали й систематизували експерти в інформаційному стандарті компанії.

4. РЕКС може бути застосована для підтримки прийняття рішень у будь-якій галузі, яку можна описати з погляду явища або проекту (вдалого або невдалого).

Промислове впровадження РЕКС буде розпочате в першому кварталі 2009 року. Подальший її розвиток буде спрямований на врахування залежності показників проекту від часу його реалізації (такі, наприклад, як інфляція, тощо). Це дозволить не тільки розраховувати статичні показники, а й прогнозувати розвиток середовища проекту в майбутньому.

### Література

1. Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning / Zadeh Lotfi. – Heidelberg: Information Sciences, 1975. – 357с.

2. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики / Коршунов Юрий Михайлович. — М. : Энергоатомиздат, 1980. – 424 с.

3. Гилл Ф. Практическая оптимизация. / Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. ; пер. с англ. В.Ю. Лебедева. — М. : Мир, 1985. – 509 с.

4. Орлов А.И. Экспертные оценки. / Орлов Александр Иванович. – М. : ИВСТЭ, 2002. – 31 с. (учебное пособие).

5. Каюк П.В. Концептуальные модели концентрического управления крупным энергетическими комплексами. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин / Каюк Павло Віталійович. – К. : КНУБА, 2001. – с. 232-238. (зб. наук. пр.)

6. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень / Субботін Сергій Олексійович. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с. (навчальний посібник).

7. Тесля Ю.Н. Несиловое взаимодействие / Тесля Юрий Николаевич. – К. : Кондор, 2005. – 196 с. (могорафия).

Рецензент: С.Д. Бушуєв, проф., д.т.н.,  
(КНУБА, Київ)

Отримано: 06.05.2009 р.