

УДК 004.032.26

К. Біляєва; Н. Соколова, докт. техн. наук

Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙ В ІННОВАЦІЙНІ ПРОЕКТИ

Резюме. Розглянуто систему прогнозування ефективності інвестицій в інноваційні проекти. Представлено її структурну схему та основні функціональні елементи. Наведено математичну модель, що ґрунтується на комплексному підході, який базується на експертному оцінюванні та нейронних мережах.

Ключові слова: методи прогнозування, математична модель, структурна схема.

K. Belyaeva, N. Sokolova

WORKING OF THE MATHEMATICAL MODEL AND STRUCTURE OF SYSTEM FOR FORECASTING OF EFFICIENCY OF INVESTMENTS INTO INNOVATIVE PROJECTS

The summary. The system of forecasting the effectiveness of investment in innovation is considered. Its block diagram and key functional element is represented. A mathematical model that is based on an integrated method that is based on expert evaluation and neural networks is shown.

Key words: methods of forecasting, mathematical model, flow diagram.

Вступ. При визначенні ефективності інвестування в інноваційні проекти основну увагу необхідно приділити методам прогнозування, за допомогою яких буде проводитися розрахунок, та можливості їх комбінації. Так як прогноз надає змогу передбачити обраний параметр або загальну характеристику досліджуваного об'єкта з певною ймовірністю, то від вибору методів залежить рівень точності прогнозу та адекватність отриманих значень. Крім того, важливо вірно підібрати комбінацію методів прогнозування таким чином, щоб знизити похибку у вихідних даних і мінімізувати недоліки кожного окремо взятого методу.

Аналіз існуючих методів. На даний час прогнозуванню приділяють значну увагу як у практичному застосуванні, так і в теоретичних розробках нових методів. На сьогодні велике значення має достовірні й точна інформація, яка до того ж повинна надаватися вчасно. А прогноз – це можливість отримання таких даних. Існує значна кількість математично-статистичних, інтуїтивних та інших засобів вирішення цієї проблеми.

Класифікація методів прогнозування призначена для того, щоб спростити вибір методу при вирішенні конкретного завдання.

Проте слід зазначити, що як такої єдиної класифікації методів не існує. Вони змінюються з виникненням нових методів, доповнюються або створюються якісно нові для досліджуваних областей.

Наприклад, методи можна поділити на:

- кількісні, які ґрунтуються на екстраполяції уже відомих тенденцій;
- якісні, що складаються на основі оцінок експертів, які дають уявлення про можливі принципові зміни в системах, що прогнозуються [1].

Подібним чином сформульована ще одна класифікація. В ній усі методи прогнозування умовно поділяють на інтуїтивні (якісні чи експертні), формалізовані

(сюди відносять і методи, засновані на штучному інтелекті) і комплексні. Крім того, інколи в окрему групу виділяють методи, що використовують теорію хаосу.

Методи кожної групи можна застосовувати для прогнозування економічних задач, що пов'язані з визначенням ефективності інвестування в обраний об'єкт.

Проте всі виявлені класи мають ряд умов, за яких їх застосування найдоцільніше.

Формалізовані методи прогнозування дозволяють складання прогнозу на основі використання математичних формул та економіко-математичних моделей для визначення кількісних параметрів. Є дві групи методів: прогновної екстраполяції та економіко-математичне моделювання. Методи прогновної екстраполяції застосовують для вивчення попереднього і сучасного стану розвитку об'єкта і перенесення закономірностей минулого і сучасного розвитку на майбутнє. Економіко-математичне моделювання — це спосіб прогнозування, що передбачає конструювання моделі (зразка) реального процесу чи явища, які мають відбутися у майбутньому [2].

Формалізовані методи прогнозування доволі точні методи, якщо застосовувати їх правильно. Дана група використовується у ситуаціях, коли є визначений тренд, який, як очікується, буде продовжуватися і в майбутньому.

Звідси випливають основні недоліки цієї групи методів. Вони спираються на дані, зібрані за попередні звітні періоди, які, по-перше, можуть бути невірно описані (містити помилку в своєму значенні) чи мати недостатню кількість даних (тобто період, за який маємо звітні дані надто малий, щоб на нього спиратися при прогнозуванні). В результаті прогноз може містити доволі велику похибку порівняно з реальними даними. До того ж ще однією проблемою є те, що тенденція (якщо взагалі вона існує чи її можна визначити й описати представленими методами), яка наявна в тренді, повинна зберігатися протягом досліджуваного періоду, що в реальному середовищі відбувається не завжди. Іншими словами, вони не будуть коректно працювати при неповній кількості даних, які описують поставлену задачу.

Інтуїтивні методи застосовують у випадках, коли відомими математичними методами неможливо врахувати значну кількість факторів через складність об'єктів або кількісного оцінювання окремих явищ (процесів). Ці методи базуються на використанні двох видів експертних оцінювань: індивідуальних і групових.

Іншими словами, інтуїтивні методи використовують у вирішенні найбільш складних проблем, особливо в умовах невизначеності, які виникають через недолік інформації чи нестабільності розвитку.

Найбільш розповсюдженим є метод експертних оцінювань. При прогнозуванні, з метою мінімізації витрат, до прогнозу намагаються залучити якомога менше число експертів за умови забезпечення мінімізації помилки результату прогнозування.

Основною перевагою цих методів є те, що вони дають змогу прогнозувати в умовах невизначеності та нестачі даних. Основним недоліком називають те, що вони спираються на суб'єктивну думку спеціалістів, які роблять вказаний прогноз, отже можуть привнести у результат певну неточність, яка буде пов'язана з невірним трактуванням експертом вказаної ситуації.

Цю групу варто використовувати за умови, якщо формалізовані методи не здатні вирішити поставлену завдання. Інакше перевага віддається першим, бо при дотриманні всіх необхідних умов вони будуть точнішими, отже дадуть кращий результат.

Комплексний метод містить кілька зазначених методів, а також сценарний метод. Тому наведені вище зауваження, що стосуються формалізованої групи, можна віднести і до нього.

Постановка проблеми. Існує багато методів прогнозування, які мають свою сферу застосування та власні переваги й недоліки.

Постає проблема з вибором, який метод найзручніше використовувати для визначення ефективності інвестування в інноваційні проекти та які налаштування необхідно для цього обрати.

Для вирішення цього завдання доцільно створити систему, що в якості вхідної інформації буде використовувати статистичні дані, а основу математичного апарату складуть методи експертного оцінювання та нейронних мереж. Крім того, необхідно розглянути основні структурні елементи, які в подальшому будуть запрограмовані, тобто створять основу інформаційної системи.

Мета роботи. Розробити математичну модель та загальну структуру для системи прогнозування ефективності інвестицій в інноваційний проект, що базується на використанні комплексного методу прогнозування, який заснований на нейронних мережах та експертному оцінюванні.

Результати дослідження. Запропоновано систему, що буде розраховувати ефективність інвестування в інноваційні проекти, яка організована на базі двох методів: нейронної мережі та експертного оцінювання. Це пов'язано з тим, що надана комбінація зможе мінімізувати помилку кожного методу взятого окремо за рахунок комплексного якісного та кількісного оцінювання.

Нейронні мережі є доволі потужним класом методів для опрацювання даних, їх алгоритми динамічно змінюються та доповнюються. Серед найвідоміших зараз варіантів можна назвати нейронні мережі з оберненим розповсюдженням помилки, що засновані на радикально-базисних функціях, узагальнено-регресійні моделі, багатосаровий персептрон, нейронні мережі Хопфілда і Хеммінга, самоорганізовані карти Кохонена, стохастичні нейронні мережі та ін. Також існують роботи по рекурентних мережах (тобто ті, що містять обернені зв'язки, які ведуть назад від більш дальніх до більш ближніх нейронів), що можуть мати дуже складну динаміку поведінки [3-9].

Кожен із методів побудови та організації роботи нейронної мережі має свої переваги та недоліки, які характеризуються швидкістю навчання мережі, точністю отриманого результату, потужністю, необхідністю системних ресурсів та т.п.

Суть роботи алгоритму функціонування нейронних мереж зводиться до аналізу вхідної інформації, визначення при цьому внутрішніх взаємозв'язків між поданими даними та перенесення їх на дані, що подаються для вирішення поточного завдання.

Тому одним із найважливіших етапів під час моделювання системи за допомогою нейронних мереж є підготовка вхідних даних. Без вірного підбору та інтерпретації вхідної інформації будь-який алгоритм нейронних мереж не зможе дати адекватної оцінки для поставленого завдання. У зв'язку з цим виникає необхідність визначити основні дії, які дозволять підвищити якість відбору даних для вхідної вибірки, а, отже, і роботи системи [10].

Експертні методи використовують, як зазначалося, для якісного аналізу. Тобто у випадку, коли нейронні мережі можуть надати невірний результат унаслідок того, наприклад, що різко змінилася тенденція розвитку об'єкта, а за період, взятий для навчання, такі коливання ніколи не спостерігались. Або це зовсім новітня розробка, аналогів якої не можемо знайти, й т.п.

При використанні експертних методів не варто вважати їх надто простими, бо при неврахуванні всіх деталей та невдалому підборі параметрів оцінювання чи власне експертів, можна отримати протилежний бажаному результат.

Наведемо основні параметри вказаних методів для запропонованої системи прогнозування ефективності інвестування в інноваційні проекти. Розпочнемо з нейронних мереж, що будуть використані як основний засіб.

Основні економічні параметри, що оцінюватимуться за допомогою цього методу, можна поділити на групи: затрати – початкові та поточні; ризики проекту:

економічний, бюджетний, ризик збуту; конкурентоспроможність підприємства; очікуваний прибуток. Таким чином, з представлених величин формується вхідний вектор, що буде подаватися на вхід нейронної мережі.

Нейронна мережа для прогнозування інвестування в інноваційні проекти являє собою тришаровий перцептрон (один внутрішній шар є достатнім і задовольняє вимоги, що висувуються до точності прогнозу). Даний вид нейронної мережі обрано через наявність позитивних результатів при його використанні у схожих задачах прогнозування та простоті реалізації алгоритму. Приклад розрахунків за інноваційним проектом та конкретизація деяких параметрів наведені у статті [11].

Зупинимось на основних налаштуваннях нейронної мережі. Приблизну кількість нейронів у внутрішньому шарі (N_c) визначимо за формулою 1.

$$N_c \leq \frac{(N_p - 1) \cdot N_{out}}{N_{in} + N_{out} + 1}, \quad (1)$$

де N_{in} – кількість нейронів у вхідному шарі;

N_{out} – кількість нейронів у вихідному шарі;

N_p – кількість навчаючих прикладів (об'єм вибірки).

Кількість нейронів у вхідному шарі відповідає числу вхідних змінних, а у вихідному – вихідних.

Функцію активації, що використовується для нейронної мережі, – експоненціальну сигмоїду визначимо за формулою 2.

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-2as}}, \quad (2)$$

де s – вихід суматора нейрона;

a – довільна константа.

Метод навчання – обернене розповсюдження помилки, де мінімізацію помилки навчання визначити за формулою 3.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{out}} (Y_i - Y_{\text{баж.}i})^2, \quad (3)$$

де Y_i – вихід i -го нейрона вихідного шару;

$Y_{\text{баж.}i}$ – бажаний результат.

Регулювання вагів – корегування w_{ij} у циклі, відбувається за формулою 4.

$$w_{ij} = w_{ij} - \nu \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad (4)$$

де ν – константа, що характеризує швидкість навчання.

Нормалізацію вхідних і вихідних даних проводимо за формулою 5. Обрано мінімакський метод, так як розшарування даних не буде надто великим, через обмежений сегмент, що був взятий у процесі дослідження, і тому його основний недолік не проявиться.

$$x_i^* = \frac{x_i - (\max x_i + \min x_i) / 2}{(\max x_i - \min x_i) / 2}, \quad (5)$$

де x_i^* – нормалізоване значення із вхідної множини, причому значення буде лежати в діапазоні від -1 до 1;

x_i – поточне значення із вхідної множини даного параметра;

$\max x_i$ – максимальне значення із вхідної множини;

$\min x_i$ – мінімальне значення із вхідної множини.

Для наступного методу – експертного оцінювання, за основу беремо метод Дельфи, що надає можливість використання бажаної кількості експертів. Число експертів визначаємо за формулою 6.

$$N_{\min} = 0,5 \cdot (3/b + 5), \quad (6)$$

де b – значення допустимої помилки, що є на відрізку (0;1].

Узгодженість думок експертів розраховуємо за формулою 7.

$$v = \frac{\sigma}{y} \cdot 100\%, \quad (7)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення оцінок (формула 8);

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (8)$$

де y_i – оцінка кожного експерта;

\bar{y} – середня оцінка експертів, що беруть участь в експертизі.

Опрацювання результатів відбувається кількома методами, залежно від структури даних. Сукупність представлених формул складають основу математичного апарату системи.

Структура запропонованої системи складається з трьох основних блоків: підготовка, збір та збереження даних, безпосередньо прогнозування та аналіз отриманого результату. Схематично вона зображена на рис. 1.

Першим елементом є блок бази даних, він відповідає в основному за збереження всієї інформації, яка є в системі, та можливість швидкого пошуку даних за рахунок сформованих за певними умовами запитів. Ця інформація надається до блоку прогнозування та узагальнення результатів, також йде запис результатів, які передаються з блоку результатів.



Рисунок 1. структурна схема системи

Другий елемент, що представлений блоком прогнозування, є центральним для описуваної системи, в ньому і відбувається безпосередньо вирішення самого завдання, поставленого перед системою. Процеси, що відбуваються в ньому, детальніше розглянуто на рис. 2.

Вони відображають загальних рух даних, зв'язки між основними елементами системи та їх змістове навантаження. На рис. 2 першому блоку з рис. 1 відповідає верхній рядок та правий стовпець, другому, відповідно, – другий рядок та стовпець (без урахування елементів, що входять в попередню множину) і останній блок – два останні рядки. Процес опрацювання даних розпочинається з нейронних мереж, що надає змогу узагальнено та швидко проаналізувати ситуацію, врахувавши більшість існуючих

взаємозв'язків. Після цього отримані дані та підготовлена інформація передається для експертного оцінювання. Таким чином забезпечується найбільша інформативність експертів та узагальнення результатів за проектом в цілому.

І останній структурний елемент – це узагальнюючий блок. Він виділений в окремий об'єкт, так як несе дещо інше змістове навантаження порівняно з двома іншими. Його основна мета – представлення результуючих даних у зручній для сприйняття формі як можливість інформування безпосередньо з самої системи та оформлення звітів з подаванням їх до друку. Також формується певний висновок за проектом, що узагальнює дані обох методів та наводяться певні рекомендації, так би мовити резюме, за інноваційним проектом, який система опрацювала.



Рисунок 2. Передавання керування між процесами системи

Висновок. Розроблено математичну модель та структурну схему для системи прогнозування ефективності інвестування в інноваційні проекти з використанням нейронних мереж та експертного оцінювання. Таке поєднання методів, у вказаній послідовності, дає змогу проводити кількісний та якісний аналіз поставленої проблеми, що дозволяє мінімізувати недоліки кожного окремо взятого методу, що, в свою чергу, призведе до підвищення якості отриманого прогнозу.

Література

1. Глинский В.В. Статистический анализ: учебное пособие / В.В. Глинский, В.Г. Ионин. – М.: Филинь, 1998. – 237 с.
2. Головки Л.С. Державне регулювання економіки: навчальний посібник / Л.С. Головки, Л.І.Дідківська. – К.: Знання, 2000. – 209 с.
3. Баскин И.И. Применение искусственных нейронных сетей в химических и биохимических исследованиях / И.И. Баскин, В.А. Палюлин, Н.С. Зефирова // Вестник Московского университета. Сер. 2. Химия. – 1999. – Т.40, № 5. – С. 32–33.
4. Горбань А.Н. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей / А.Н. Горбань // Сибирский журнал вычислительной математики. – 1998. – Т.1, № 1. – С. 12–24.
5. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Борисов, В.В. Круглов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
6. Макаренко Т.І. Моделювання та прогнозування у маркетингу: навчальний посібник / Т.І.Макаренко. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 160 с.

7. Миркес Е.М. Нейрокомпьютер. Проект стандарта / Е.М. Миркес. – Новосибирск: Наука, 1999. – 337 с.
8. Нусс С.В. Экспертная система идентификации технического состояния технологического оборудования на основе нейросетевой модели / С.В. Нусс // Программные продукты и системы. – 2009. – №4. – С. 12–13.
9. Суровцев И.С. Нейронные сети / И.С.Суровцев, В.И. Клюкин, Р.П. Пивоварова. – Воронеж: ВГУ, 1994. – 224 с.
10. Біляєва К.О. Алгоритм підготовки вхідних даних для навчання нейронної мережі / К.О. Біляєва // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – №1(37). – С. 24–27.
11. Біляєва К.О. Підбір навчальної множини для рішення задачі прогнозування інвестування в інновації за допомогою нейронних мереж / К.О. Біляєва // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – 2010. – №5. – С. 40–43.

Отримано 25.12.2010