

НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФІНАНСОВОГО СТАНУ СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ

Ольховська О. Л.

Представлен алгоритм настройки нечеткой модели оценки финансового состояния страховой компании. Оптимизация модели происходит с применением градиентного подхода. Нахождение оптимума модели осуществляется по методу поиска максимального уменьшения погрешности по всем переменным данной модели. Сущность настройки заключается в подборе таких весов правил ω и параметров b и c функций принадлежности каждого терма для всех входных переменных и исходной переменной, которые минимизируют расхождение между результатами нечеткой аппроксимации и реальным поведением объекта исследования – страховой компании. Настройка на существующем статистическом материале предоставляет возможность оптимизировать параметры модели, которые позволяют функционально связать входные переменные (показатели деятельности страховой компании) со значением результирующей переменной (одним из классов: финансово стабильных страховщиков или потенциальных банкротов). Это позволяет существенно повысить точность воссоздания исходного показателя и, соответственно, эффективность классификации.

Представлено алгоритм налаштування нечіткої моделі оцінки фінансового стану страхової компанії. Оптимізація моделі відбувається із застосуванням градієнтного підходу. Знаходження оптимуму моделі здійснюється за методом пошуку максимального зменшення похибки за всіма змінними даної моделі. Сутність навчання полягає в підборі таких ваг правил ω та параметрів b і c функцій належності кожного терму для всіх вхідних змінних, та вихідної змінної, які мінімізують розходження між результатами нечіткої аппроксимації та реальним поведінням об'єкту дослідження – страхової компанії. Налаштування на існуючому статистичному матеріалі надає можливість оптимізувати параметри моделі, які дозволяють функціонально пов'язати вхідні змінні (показники діяльності страхової компанії) із значенням результируючої змінної (одним із класів: фінансово стабільних страховиків чи потенційних банкрутів). Це дозволяє суттєво підвищити точність відтворення вихідного показника та, відповідно, ефективність класифікації.

The algorithm of tuning of unclear model of estimation of the financial state of insurance company is presented. Optimization of model takes place with the use of gradient approach. Finding of model optimum is carried out after the method of search of the maximal diminishing of error on all variables of this model. Does essence of tuning consist in the selection of such scales governed ω and parameters of b and c from the functions of belonging of every term for all entrance variables, and initial variable, which minimize divergence between the results of unclear approximation and real conduct of research object – to the insurance company. Tuning on existent statistical material gives possibility to optimize parameters models which allow functionally to bind entrance variables (performance of insurance company indicators) to the value of resultant a variable (one of classes: financially stable insurers or potential bankrupts). It allows substantially to promote exactness of recreation of initial index and, accordingly, efficiency of classification.

Ольховская О. Л.

канд. экон. наук, ст. преп. каф. ИСПР ДГМА
olkhovska.ol@gmail.com

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 330.4:368

Ольховська О. Л.

НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФІНАНСОВОГО СТАНУ СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ

Після побудови нечіткої моделі [1–3] та формування набору статистичних даних необхідним є проведення настройки даної моделі з метою оптимізації її параметрів для подальшого використання при оцінюванні фінансового стану страхової компанії. В принципі, навчання моделі не є обов'язковим, оскільки за наявності базових правил вона вже може видавати рішення для будь-яких контрольованих параметрів та їхніх значень. Проте, оптимізація моделі на існуючому статистичному матеріалі страховиків-банкрутів та стабільно-функціонуючих страхових компаній дозволяє суттєво підвищити якість логічного висновку.

Знаходження оптимальних параметрів моделей здійснюється шляхом апроксимації реального фінансового стану страховика. Проте, у випадку застосування нечітких моделей, апроксимація набуває дещо відмінної форми, оскільки до процесів ідентифікації та настройки моделі залучаються лінгвістичні змінні із застосуванням набору вирішальних правил. Аналітико-лінгвістична апроксимація являє собою процес відтворення об'єкта дослідження за допомогою аналітичних функцій за умови, що цей об'єкт заданий за допомогою лінгвістичних висловлювань. При проведенні апроксимації передбачається, що може бути винайдена аналітична залежність між входами та виходом моделі, параметри якої можуть мати невідзначений характер та описуватись нечіткими логічними правилами прийняття рішень.

Метою роботи є проведення настройки нечіткої моделі з метою оптимізації її параметрів для подальшого використання при оцінюванні фінансового стану страхової компанії.

Для розв'язання поставленої задачі – моделювання фінансового стану страхової компанії використано методику прийняття рішення, згідно якої фіксованому вектору вхідних змінних $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$, $x_i^* \in U_i$ однозначно ставиться у відповідність розв'язок $z^* \in Z$.

Для формального розв'язання такої задачі необхідною умовою є наявність залежності:

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

де x_1, \dots, x_n – набір значень вхідних змінних;

Z – відповідне значення вихідної змінної.

Таким чином, прийняття рішення $d^* \in D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ щодо визначення рівня фінансового стану страхової компанії на основі вектору значень вхідних змінних $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ здійснюється у відповідності до алгоритму Мамдані [4, 5]:

1. Визначається можливий діапазон змінювання вхідних параметрів x_i^* , $i = \overline{1, n}$ ($n = 5$), у відповідності до їх нормативних значень та шляхом порівняння даних показників з даними збанкрутілих страхових компаній. Складається нечітка база знань із застосуванням експертних даних у вигляді сукупності нечітких правил типу «ЯКЩО – ТОДІ», що визначають взаємозв'язок між входами x_i^* , $i = \overline{1, n}$ ($n = 5$), виходом Z моделі та виводиться система нечітких логічних рівнянь типу Мамдані для всіх існуючих варіантів вихідної змінної $\{PB, C\}$.

2. Фіксується вектор значень вхідних змінних $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$.

3. Задається вигляд функцій належності нечітких термів для всіх контрольованих параметрів x_i^* , $i = \overline{1, n}$ ($n = 5$). Функція належності відображає елементи з множини X на множину чисел в інтервалі $[0; 1]$, які вказують ступінь належності кожного елемента x_i^* , $i = \overline{1, n}$ ($n = 5$), до різних якісних термів з відповідної множини $a_i^p \in A_i = \{H, C, B\}$.

4. Використовуючи логічні рівняння, обчислюються значення функцій належності $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ вектора X^* для всіх значень d_j , $j = \overline{1, m}$, вихідної змінної Z . При цьому логічні операції \vee (АБО) й \wedge (ТА) над функціями належності обчислюються шляхом реалізації операцій максимізації та добутку:

$$\mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)], \quad (2)$$

$$\mu(a) \wedge \mu(b) = \mu(a) \times \mu(b). \quad (3)$$

У нашому випадку, спочатку знаходяться добутки функцій належності в кожному правилі, а потім поміж них обирається найбільше серед усіх правил для кожного значення d_j , $j = \overline{1, m}$, яке і ставиться у відповідність вихідній змінній Z .

5. Вихідна змінна Z приймає значення того терму d_j^* , функція належності якого максимальна:

$$Z = \arg \max_{\{d_1, \dots, d_m\}} \left[\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) \right], \quad (4)$$

де $d_j = \{ПБ, С\}$.

Даний алгоритм використовує ідею ідентифікації лінгвістичного терму за максимумом функції належності та узагальнює цей підхід на всю матрицю знань. Обчислювальна частина даного алгоритму легко реалізується шляхом простого застосування операцій максимізації та множення, здійснює визначення дискретного значення d_j , $j = \overline{1, m}$, вихідної змінної Z по заданому вектору фіксованих значень вхідних змінних $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$ і матриці знань, та дозволяє апроксимувати об'єкт $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ із дискретним виходом.

Налаштування математичної моделі ідентифікації об'єкта дослідження полягає в підборі таких параметрів функцій належності всіх термів для кожної змінної, що мінімізують відмінність між експериментальною (модельною) та реальною поведінкою об'єкту.

Для настройки нечіткої моделі оцінки фінансового стану страхової компанії використовується критерій оптимальності (5) [4, 5]:

$$\varepsilon_t = \frac{1}{2} (\hat{Z}_t - Z_t)^2, \quad (5)$$

де \hat{Z}_t та Z_t – розраховане моделлю та реальне значення вихідного параметру на t -му кроці навчання.

Оптимізація представлена в роботах [1–3] нечіткої моделі оцінки фінансового стану страхової компанії відбувається із застосуванням градієнтного підходу. Знаходження оптимуму моделі здійснюється за методом пошуку максимального зменшення похибки (5) за всіма

змінними даної моделі. Сутність навчання полягає в підборі таких ваг правил ω та параметрів b і c функцій належності кожного терму для всіх вхідних змінних та вихідної змінної, які мінімізують розходження між результатами нечіткої апроксимації та реальним поведінням об'єкту дослідження – страхової компанії. Для навчання моделі використовується система співвідношень, що мінімізують критерій (5):

$$\omega_{jp}(t+1) = \omega_{jp}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t}{\partial \omega_{jp}(t)}, \quad j = \overline{1, m}, \quad p = \overline{1, k_j}, \quad (6)$$

$$c_i^{jp}(t+1) = c_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t}{\partial c_i^{jp}(t)}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad p = \overline{1, k_j}, \quad (7)$$

$$b_i^{jp}(t+1) = b_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t}{\partial b_i^{jp}(t)}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad p = \overline{1, k_j}, \quad (8)$$

де $\omega_{jp}(t)$, $c_i^{jp}(t)$, $b_i^{jp}(t)$ – ваги правил ω та параметри всіх функцій належності b , c кожної змінної на t -му кроці навчання;

η – параметр навчання.

Часткові похідні, що входять у співвідношення (6)–(8), характеризують чутливість помилки ε_t до зміни параметрів нечіткої моделі та обчислюються наступним чином:

$$\frac{\partial \varepsilon_t}{\partial \omega_{jp}} = \nu_1 \nu_2 \nu_3 \frac{\partial \mu^{d_j}(Z)}{\partial \omega_{jp}}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_t}{\partial c_i^{jp}} = \nu_1 \nu_2 \nu_3 \nu_4 \frac{\partial \mu^{jp}(x_i)}{\partial c_i^{jp}}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_t}{\partial b_i^{jp}} = \nu_1 \nu_2 \nu_3 \nu_4 \frac{\partial \mu^{jp}(x_i)}{\partial b_i^{jp}}, \quad (11)$$

де
$$\nu_1 = \frac{\partial \varepsilon_t}{\partial Z} = Z_t - \hat{Z}_t. \quad (12)$$

За допомогою співвідношення (13) ν_1 переводиться у числову форму, оскільки вихідна змінна Z має лінгвістичну природу:

$$\nu_1 = \partial f(Z_t) - \partial f(\hat{Z}_t), \quad (13)$$

де $\partial f(\cdot)$ – функція, що реалізує операцію дефазифікації.

Дефазифікація – операція перетворення нечіткого значення змінної Z в чітке число з інтервалу:

$$[Z, \bar{Z}] = \underbrace{[Z, Z_1]}_{d_1} \cup \underbrace{[Z_1, \bar{Z}]}_{d_2}$$

Таким чином чітке число $\partial f(Z)$ (значення нечіткої змінної Z) визначається наступним чином:

$$\partial f(Z) = \frac{Z\mu^{d_1}(Z) + Z_1\mu^{d_2}(Z)}{\mu^{d_1}(Z) + \mu^{d_2}(Z)}. \quad (14)$$

Розрахунок допоміжних змінних ν_2, ν_3, ν_4 відбувається таким чином:

$$\nu_2 = \frac{\partial Z}{\partial \mu^{d_j}(Z)} = \frac{\overline{d_j} \sum_{l=1}^m \mu^{d_l}(Z) - \sum_{l=1}^m \overline{d_l} \mu^{d_l}(Z)}{\left(\sum_{l=1}^m \mu^{d_l}(Z) \right)^2}, \quad (15)$$

$$\nu_3 = \frac{\partial \mu^{d_j}(Z)}{\partial \prod_{l=1}^n \mu^{j_p}(x_l)} = \omega_{jp}, \quad (16)$$

$$\nu_4 = \frac{\partial \prod_{l=1}^n \mu^{j_p}(x_l)}{\partial \mu^{j_p}(x_i)} = \frac{1}{\mu^{j_p}(x_i)} \prod_{l=1, l \neq i}^n \mu^{j_p}(x_l), \quad (17)$$

$$\frac{\partial \mu^{d_j}(Z)}{\partial \omega_{jp}} = \prod_{l=1}^n \mu^{j_p}(x_l), \quad (18)$$

$$\frac{\partial \mu^{j_p}(x_i)}{\partial c_i^{j_p}} = \frac{2c_i^{j_p}(x_i - b_i^{j_p})^2}{\left((c_i^{j_p})^2 + (x_i - b_i^{j_p})^2 \right)^2}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial \mu^{j_p}(x_i)}{\partial b_i^{j_p}} = \frac{2c_i^{j_p}(x_i - b_i^{j_p})}{\left((c_i^{j_p})^2 + (x_i - b_i^{j_p})^2 \right)^2}. \quad (20)$$

Із урахуванням викладених вище перетворень, представимо співвідношення (6)–(8) у вигляді, зручному для автоматизованої настройки нечіткої моделі:

$$\omega_{jp}(t+1) = \omega_{jp}(t) - \eta \nu_{jp}, \quad j = \overline{1, m}, \quad p = \overline{1, k_j}, \quad (21)$$

$$c_i^{j_p}(t+1) = c_i^{j_p}(t) - \eta \frac{2\nu_{jp} c_i^{j_p} (x_i - b_i^{j_p})^2}{\mu^{j_p}(x_i) \left((c_i^{j_p})^2 + (x_i - b_i^{j_p})^2 \right)^2}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad p = \overline{1, k_j}, \quad (22)$$

$$b_i^{j_p}(t+1) = b_i^{j_p}(t) - \eta \frac{2\nu_{jp} (c_i^{j_p})^2 (x_i - b_i^{j_p})^2}{\mu^{j_p}(x_i) \left((c_i^{j_p})^2 + (x_i - b_i^{j_p})^2 \right)^2}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad p = \overline{1, k_j}, \quad (23)$$

де

$$v_{jp} = \omega_{jp} \frac{\overline{d_j} \sum_{l=1}^m \mu^{d_l}(Z) - \sum_{l=1}^m d_l \mu^{d_l}(Z)}{\left(\sum_{l=1}^m \mu^{d_l}(Z) \right)^2} \sum_{l=1}^m \left[\mu^{d_l}(Z_t) - \mu^{d_l}(\hat{Z}_t) \right] \prod_{l=1}^n \mu^{j_p}(x_l). \quad (24)$$

Після оптимізації параметрів моделі вдається суттєво підвищити якість логічного висновку. Саме нечіткий логічний висновок займає центральне місце в нечіткій логіці та системах нечіткого управління. Процес нечіткого виводу є деякою процедурою або алгоритмом отримання логічних зв'язків на основі нечітких умов. Цей процес поєднує в собі усі основні концептуальні аспекти теорії нечіткої логіки: функції належності, лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції, методи нечіткої імплікації та нечіткої композиції. Системи нечіткого висновку призначені для реалізації процесу обробки інформації і слугують концептуальним базисом усієї сучасної нечіткої логіки. Механізм або алгоритм висновку є важливою частиною базової архітектури систем нечіткого висновку.

Точність оцінки залежить від повноти бази знань. Досягнення гнучкості процесу оцінювання фінансового стану страхової компанії отримується за рахунок встановлення експертом ключових правил прийняття рішень та навчання моделі на реальних даних діяльності страхових компаній.

Отже, після побудови моделі та її налаштування модель придатна для оцінювання поточного рівня фінансового стану страхової компанії на основі показників фінансової звітності та експертних суджень для різних часових періодів задля можливості відстеження динаміки змін схильності страхової компанії до банкрутства.

ВИСНОВКИ

Таким чином, у результаті проведення настройки на існуючому статистичному матеріалі вдається оптимізувати параметри моделі, які дозволяють функціонально пов'язати вхідні змінні (показники діяльності страхової компанії) із значенням результуючої змінної (одним із класів: фінансово стабільних страховиків чи потенційних банкрутів). Це дозволило суттєво підвищити точність відтворення вихідного показника та, відповідно, ефективність класифікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ольховська О. Л. Економіко-математична модель діагностики банкрутства страхової компанії на основі нечіткої логіки / О. Л. Ольховська // *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. – К. : КНЕУ, 2010. – Вип. 81. – С. 59–74.
2. Матвійчук А. В. Побудова моделі діагностики банкрутства страхової компанії / А. В. Матвійчук, О. Л. Ольховська // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. – 2010. – № 8 (150). – С. 165–171.
3. Ольховська О. Л. Нечітке моделювання фінансового стану страхової компанії в середовищі MATLAB [Електронний ресурс] / О. Л. Ольховська, В. Г. Побочій, Л. В. Таган // *Научный Вестник ДГМА : сб. науч. трудов*. – 2010. – № 1 (6E). – С. 358–363. – Режим доступа: http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/VDDMA/2010_1/article/10OOLBMP.pdf.
4. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
5. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : КНЕУ, 2007. – 264 с.

Стаття надійшла до редакції 10.11.2012 р.