

ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДТОКУ КЛІЄНТІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто актуальність проблеми прогнозування відтоку клієнтів. Здійснено аналіз методів нечіткої логіки для вирішення задачі прогнозування відтоку клієнтів за результатами якого була підтверджена доцільність та перспективність застосування нечіткої нейронної мережі у реальному програмному продукті.

Ключові слова: прогнозування відтоку клієнтів, нечітка логіка, функція належності, нечітка нейронна мережа, алгоритм Мамдані, алгоритм Сугено.

Abstract

The urgency of the problem of forecasting the outflow of customers is considered. The analysis of fuzzy logic methods for solving the problem of forecasting the outflow of customers, the results of which confirmed the feasibility and prospects of using fuzzy neural network in a real software product.

Keywords: predicting customer churn, fuzzy logic, membership function, fuzzy neural network, Mamdani algorithm, Sugeno algorithm.

Вступ

Компаній, які щодня працюють із великою кількістю споживачів послуг мають необхідність вирішувати задачу збереження існуючих користувачів. Попри те, що існує глибока зацікавленість аналітиків і вчених до проблематики збереження існуючих та залучення нових клієнтів, в жодному джерелі не наводиться реалізованих математичних алгоритмів і програмних рішень, здатних в повному обсязі вирішити дану конкретну проблему для конкретної послуги в конкретному регіоні. Велику кількість аналогічних завдань доводиться вирішувати в умовах невизначеності вихідної інформації. Таким чином для вирішення задачі збереження існуючих користувачів доцільно проаналізувати методи нечіткої логіки, які надають можливість прогнозування відтоку клієнтів.

Метою роботи є аналіз існуючих методів нечіткої логіки, що в подальших дослідженнях дозволить підвищити точності прогнозу відтоку клієнтів за допомогою використання нечіткої нейронної мережі.

Результати дослідження

Для задачі збереження існуючих користувачів важливим аспектом є врахування особливостей вихідної інформації. Вихідну інформацію по її достовірності можна поділити на детерміновану, вірогідну та нечітку (розмиту). Поняття нечіткості багато в чому пов'язане із встановленням суб'єктивних і приблизних уявлень про будь-який показник системи. На відміну від ймовірних, нечіткі

величини характеризуються не законом розподілу, заснованому на об'єктивній статистиці, а функцією належності. Вона вирішує ступінь належності розглянутої змінної: від повної неналежності (0) до повної належності (1) до фізичної природи явищ [1].

Розглянемо підхід, побудований на нечіткій логіці і нейронних мережах. Основна ідея, покладена в основу нечітких нейронних мереж полягає в тому, що використовується існуюча вибірка даних для визначення параметрів функцій належності, які найкраще відповідають деякій системі логічного виведення, тобто висновки формуються на основі апарату нечіткої логіки. А для знаходження параметрів функцій належності використовуються алгоритми навчання нейронних мереж. Такі системи можуть використовувати заздалегідь відому інформацію, навчатися, здобувати нові знання, прогнозувати часові ряди, виконувати класифікацію образів і, крім цього, вони є цілком наочними для користувача.

При розробці нечіткої нейронної мережі для прогнозування, розглядалося застосування алгоритмів нечіткого виведення Мамдані та Сугено.

Алгоритм Мамдані знайшов застосування в перших нечітких системах автоматичного управління. Був запропонований в 1975 році англійським математиком Е. Мамдані для управління паровим двигуном [2]. Алгоритм формується в предметній області у вигляді нечітких предикатних правил вигляду:

$$\begin{aligned} P1: \text{якщо } x \in A1, \text{ тоді } z \in B1, \\ P2: \text{якщо } x \in A2, \text{ тоді } z \in B2, \\ \dots\dots\dots \\ Pn: \text{якщо } x \in An, \text{ тоді } z \in Bn, \end{aligned}$$

де x — вхідна змінна (ідентифікатор для відомих значень даних),

z — змінна виведення (ідентифікатор для значення даних, який буде обчислене).

A_i та B_i — нечіткі множини, визначені на X та Z відповідно за допомогою функції належності та (z).

Кроки алгоритму можна описати наступним чином:

- Формування бази правил системи нечіткого логічного виведення здійснюється у вигляді упорядкованого узгодженого переліку нечітких продукційних правил у вигляді «IF A THEN B», де антецеденти ядер правил нечіткої продукції побудовані за допомогою логічних зв'язок «I», а консеквенти ядер правил нечіткої продукції прості.

- Фазифікації вхідних змінних здійснюється описаним вище способом, так само, як і в загальному випадку побудови системи нечіткого виведення.

- Агрегування передумови правил нечіткої продукції здійснюється за допомогою класичної нечіткої логічної операції «I» двох елементарних висловлювань $A, B: T(A \cap B) = \min \{T(A); T(B)\}$.

- Активація висновків правил нечіткої продукції здійснюється методом \min -активації $\mu(y) = \min \{c; \mu(x)\}$, де $\mu(x)$ і c – відповідно функції належності термів лінгвістичних змінних і ступеня істинності нечітких висловлювань, що утворюють відповідні висновки (консеквенти) ядер нечітких продукційних правил.

- Акумуляція висновків правил нечіткої продукції здійснюється за допомогою класичного для нечіткої логіки \max -об'єднання функцій належності $\forall x \in X \mu A B x = \max \{\mu A x; \mu B x\}$.

- Дефазифікація здійснюється методом центру ваги або центру площі.

Алгоритм використовується переважно в задачах нечіткого моделювання, де дозволяє значно зменшити обсяги обчислень [3].

Алгоритм Сугено реалізується наступним чином:

Формування бази правил систем нечіткого виведення. У базі правил використовуються тільки правила нечітких продукцій у формі:

$$\begin{aligned} \text{ПРАВИЛО } <1>: \text{ЯКЩО } (x \in A1 \text{ I } y \in B1), \text{ ТО, } z1=f(x1, \dots, xn) \quad z1=f(x1, \dots, xn), \\ \text{ПРАВИЛО } <2>: \text{ЯКЩО } (x \in A2 \text{ I } y \in B2), \text{ ТО, } z2=f(x1, \dots, xn) \quad z2=f(x1, \dots, xn), \end{aligned}$$

де x, y – вхідні змінні;

A_i, B_i – чисельні значення вхідних параметрів;

$zI=f(xI,\dots,xn)$ – довільна чітка функція.

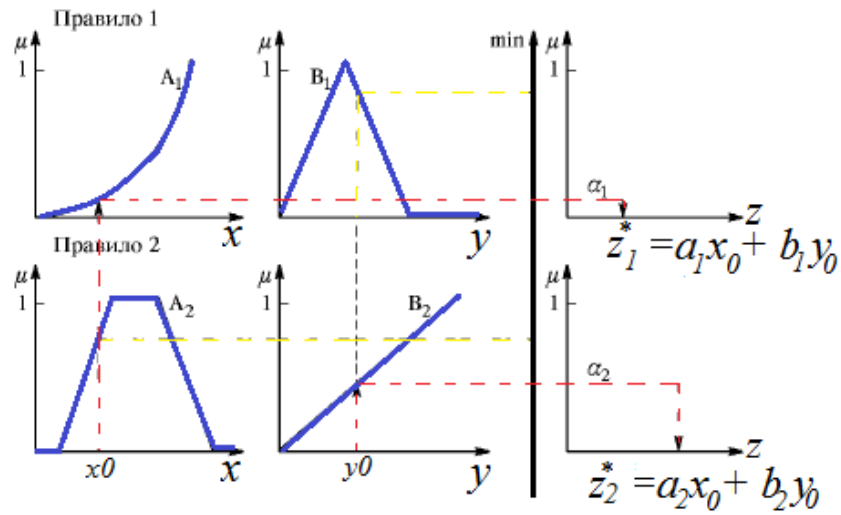


Рис. 1 – Алгоритм Сугено 1-порядку

Кроки алгоритму можна описати наступним чином:

- Фазифікації вхідних змінних, що визначають висловлювання, здійснюється аналогічно алгоритму Мамдані.
- Агрегування передумови правил нечіткої продукції здійснюється аналогічно алгоритму Мамдані за допомогою класичної нечіткої логічної операції «І» двох елементарних висловлювань A, B : $T(A \cap B) = \min\{T(A); T(B)\}$.
- Активація висновків правил нечіткої продукції проводиться в два етапи. На першому етапі, коефіцієнт істинності висновків (консеквентів) нечітких продукційних правил, що ставлять у відповідність до вихідної змінної дійсні числа, знаходиться аналогічно алгоритму Мамдані, як алгебраїчний добуток вагового коефіцієнта і коефіцієнта істинності антецедента даного нечіткого продукційного правила. На другому етапі, на відміну від алгоритму Мамдані, для кожного з продукційних правил замість побудови функцій належності висновків в явному вигляді знаходиться чітке значення вихідної змінної $w = \varepsilon 1 a + \varepsilon 2 b$. Таким чином, кожному i -му продукційному правилу ставиться у відповідність точка $(ci wi)$, де ci – ступінь істинності продукційного правила, wi – чітке значення вихідної змінної, визначеної в консеквенті продукційного правила.
- Акумуляція висновків правил нечіткої продукції не проводиться, оскільки на етапі активації вже отримані дискретні множини чітких значень для кожної з вихідних лінгвістичних змінних.
- Дефазифікація здійснюється як і в алгоритмі Цукамото. Для кожної лінгвістичної змінної здійснюється перехід від дискретної множини чітких значень $\{w 1 . . wn\}$ до єдиного чіткого значення згідно дискретного аналога методу центра тяжіння $y = \Sigma i = 1 n ci wi / \Sigma i = 1 n ci$, де n – кількість правил нечіткої продукції, у висновках якої фігурує дана лінгвістична змінна, ci – ступінь істинності висновку продукційного правила, wi – чітке значення даної лінгвістичної змінної, встановлене в консеквенті продукційного правила [4].

Висновки

Здійснено аналіз методів нечіткої логіки для прогнозування відтоку клієнтів, за результатами якого була підтверджена доцільність та перспективність застосування підходу, який побудований на основі нечіткої логіки і нейронних мереж для вирішення вказаної задачі. Досліджено модель прогнозування відтоку клієнтів телекомунікаційної компанії, що відрізняється від відомих застосуванням алгоритмів Сугено та Мамдані при розробці нечіткої нейронної мережі, що в подальших дослідженнях дозволить підвищити точності прогнозу відтоку клієнтів.

Отримані результати дослідження показують доцільність і перспективність застосування обраного підходу у реальному програмному продукті [5].

Отримані результати планується використати в подальших дослідженнях з метою підвищення ефективності процесу прогнозування відтоку клієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zadeh L.A. Fuzzy algorithms / L. A. Zadeh // Information and Control. - 1965. - Vol. 12(2). - P. 94102.
2. Mamdani E. H. An experiment in linguistic synthesis thesis with a fuzzy logic controller / E. H. Mam-dani, S. Assilian // International Journal of Man-Machine Studies. - 1975. - Vol. 7, №1. - P. 1-13.
3. Алгоритмы нечёткого вывода: алгоритм Мамдани и алгоритм Сугэно. // В. Дьяконов, В. Круглов. Математические пакеты расширения МАТЛАВ. Специальный справочник. — Санкт-Петербург: Питер, 2001 — С. 307–309.
4. Sugeno M. Fuzzy measures and fuzzy integrals: a survey. In: Fuzzy automata and decision processes. North-Holland, 1977, pp. 89–102.
5. Andrii Papa, Yevhen Shemet, Andrii Yarovyι “Analysis of fuzzy logic methods for forecasting customer churn”. – Information and control systems. – Vol. 1, No. 2(57), 2021. – p. 12-14. – DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225285>

Папа Андрій Андрійович — аспірант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: papa.andriy@gmail.com.

Шемет Євген Олександрович — аспірант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: yevhene@gmail.com.

Яровий Андрій Анатолійович — д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: a.yarovyy@vntu.edu.ua.

Andrii A. Papa — Postgraduate Student of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske Shose, 95, e-mail: papa.andriy@gmail.com.

Yevhen O. Shemet — Postgraduate Student of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske Shose, 95, e-mail: yevhene@gmail.com.

Andrii A. Yarovyι — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske shose, 95, e-mail: a.yarovyy@vntu.edu.ua.