

# Аналіз коректності нечіткої бази правил в системах логічного виведення

*Єгошкін Д.І., Гук Н.А.*

*KnightDanila@i.ua, NatalyGuk29@gmail.com*

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

Автоматичне формування продукційної бази правил в експертних системах та доведення її коректності є актуальним завданням, оскільки дозволяє забезпечити простоту розробки експертних систем та досягати високої якості логічного висновку. Для забезпечення достовірності логічного висновку на основі сформульованої бази знань необхідно, щоб база знань мала властивості повноти, мінімальності (не надмірності), несуперечності та зв'язаності.

Аналіз коректності бази знань системи нечіткого логічного висновку досліджено у низці робіт із застосуванням різних підходів. Так, у роботі [1] система правил зображується метаграфом, у роботі [2] для автоматизації перевірки коректності продукційних правил пропонується квантова модель кодування символів багатозначного алфавіту. Також для зображення бази знань широко застосовуються ациклічні графи. У роботі [3] задля організації великих наборів знань застосовується алгоритм побудови орієнтованого ациклічного графа з подальшою трансляцією графа за допомогою спеціалізованої мови TLC (Target Language Compiler). На етапі трансляції здійснюється перевірка коректності бази знань. У роботі [4] для створення бази правил типу Мамдані пропонується визначення оптимальних консеквентів на основі використання мультиагентних оптимізаційних алгоритмів.

У цій роботі здійснюється автоматична генерація бази нечітких продукційних правил на основі лінгвістичних змінних та їх терм-множин із подальшою перевіркою її коректності.

Для побудови антецедентів правил використано ознаки об'єктів зі скінченної терм-множини, кон'юнкція істинних значень яких визначає умови застосування продукції. Антецеденти правил формуються з використанням декартового добутку, для консеквентів зазначаються класи з деякої скінченної множини класів об'єктів. Консеквенти правил зображуються у вигляді вектору стовпця, значення елементів вектора залежить від матриці антецедентів і об'єктів навчальної вибірки. Формування вектора консеквентів здійснюється під час виконання процедури навчання бази знань. Кожен об'єкт з навчальної вибірки  $X^{Train}$  проходить процедуру

фазифікації, після чого вектор визначається наступним чином:

$$c_p = C_m : \max_i^{I^{Train}} (\text{fuzz}(x_i^{Train}) \in a_p, C_m)) \quad (1)$$

де  $\text{card}()$  – функція потужності множини.

Вектор повинен містити в собі всі класи  $C_m$ , якщо ця умова не виконується, то зазначається, що на вхід системи подано неповну навчальну вибірку і необхідно перенавчити систему на іншому наборі даних. Для перевірки отриманої бази знань на коректність, використовуються критерії повноти, мінімальності, зв'язності та несуперечності. Під повнотою розуміється, що будь-якому поєднанню значень термів вхідних лінгвістичних змінних відповідає певне правило в базі правил. Під мінімальною базою правил розуміється база, з якої не можна видалити жодного з продукційних правил, не порушивши цим її повноту. База знань є несуперечливою (узгодженою), якщо вона не містить несумісних правил, тобто правил з однаковими лінгвістичними умовами, але різними логічними висновками. Для доведення повноти системи правил застосовується логіка Хоара, метод резолюцій та програмний додаток Simplify, за допомогою якого здійснюється автоматична перевірка системи на несуперечність.

Розроблений підхід застосовується для розв'язання задачі класифікації видової популяції арктичних пінгвінів [5], оцінка якості отриманої нечіткої бази правил проводиться за допомогою метрик accuracy, precision, recall, f1-score.

1. Терновой М. Ю., Штогрин Е. С. Формальная спецификация свойств баз нечетких знаний Мамдани на основе метаграфа // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління, Вип. 27, – 2015. – С. 157–171.
2. Кривуля Г. Ф., Шкиль А. С., Кучеренко Д. Е. Анализ корректности продукционных правил в системах нечеткого логического вывода с использованием квантовых моделей // АСУ и приборы автоматики: всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Х.: Изд-во ХНУРЭ, Вып. 165, – 2013. – С. 42–53.
3. Darwiche A., Marquis P. A Knowledge Compilation Map // Journal of Artificial Intelligence 17, –2002. – P. 229-264. doi: <https://doi.org/10.1613/jair.989>
4. Кондратенко Ю. П., Козлов А. В. Генерація баз правил нечітких систем на основі модифікованих мурашиних алгоритмів // Міжнародний наук.-техн. журнал «Проблеми керування та інформатики», № 2, –2019. – С. 59-79.
5. Gorman K.B., Williams T.D., Fraser W.R. Ecological sexual dimorphism and environmental variability within a community of Antarctic penguins (genus *Pygoscelis*), PLoS ONE 9(3):e90081, –2014. – P. 1-14. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090081>