

DOI: 10.6084/m9.figshare.11340653

УДК 004.451.83

Цюцюра Микола Ігорович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0003-4713-7568
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Єрукаєв Андрій Віталійович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0002-9956-3713
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Гоц Владислав Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0003-4384-4011
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Костишина Наталія Вікторівна

Асистент кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0003-0521-7228
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКЦІЙНИХ ПРАВИЛ

***Анотація.** На сьогодні відома велика кількість алгоритмів для розв'язання чітко структурованих задач, а також методів, що необхідні для вирішення проблем, для яких відсутні чіткі визначені кроки знаходження розв'язку. Серед них найбільш поширеними є методи штучного інтелекту, а особливо "м'які методи", основою яких є спрощене представлення діяльності живої природи. Одним з них є генетичний алгоритм, що моделює еволюційні підходи (схрещення, селекцію та мутацію). На жаль, основним його недоліком є складний математичний апарат, що описує цей алгоритм. Пропонується підхід, що дасть змогу обійти таку проблему. Його основою також є метод, що належить до штучного інтелекту – продукційні правила. Завдяки ним можна відійти від застосування складних формул і зосередити увагу саме на розв'язанні поставленої задачі. Розглянуто основні етапи виконання такого підходу на прикладі, що описує застосування генетичного алгоритму при заміні думок експертів в процесі формування функцій належностей нечітких множин.*

***Ключові слова:** продукційні правила; факти; дерево І-АБО-НЕ; генетичний алгоритм; хромосома*

Вступ

Генетичні алгоритми застосовуються для вирішення складних наукових завдань та проблем, вони входять до класу еволюційних алгоритмів, в основі яких лежать біологічні принципи природного відбору. Але для кожної окремої задачі математичного моделювання та оптимізації генетичні алгоритми необхідно пристосовувати та змінювати відповідно до предметної області та самої поставленої задачі, що вимагає застосовувати додатково складний математичний апарат. Окрім того не існує єдиного чітко формалізованого опису застосування генетичних алгоритмів для будь-яких умов. Використання продукційних правил допоможе спростити опис та формалізацію генетичних алгоритмів у різних предметних сферах.

Наведемо основні визначення зі сфери штучного інтелекту, що необхідні для розуміння подальшого викладеного матеріалу [1 – 3; 9 – 12]:

1. Продукційна система складається з бази правил або набору правил, робочої пам'яті та логічного виводу.

2. Робоча пам'ять – це пам'ять для короткочасного зберігання, в якій зберігаються умови, що описують конкретну предметну область (в даному випадку формування функцій належностей нечітких множин, що використовуються для вибору вільних земельних ділянок під багатоквартирний будинок без залучення експертів) та результати, що отримані на їх основі.

3. Механізм виводу або логічний вивід – використовує правила згідно зі змістом робочої пам'яті.

4. Правила можна описати за допомогою дерев І-АБО-НЕ.

Мета статті

Мета – продемонструвати на прикладі застосування продукційних правил для опису генетичних алгоритмів, їх ефективність. В основі їх

лежать логічні закони, використання яких допоможе замінити складні математичні розрахунки.

Авторами статті ставиться така задача: розкрити етап формування хромосоми для початкової популяції генетичного алгоритму шляхом застосування прямого порядку виведення, що використовується в програмних системах, які побудовані на продукційних правилах.

Виклад основного матеріалу

Дерева І-АБО-НЕ в стандартному вигляді включають в себе такі логічні елементи як [2; 7; 11]:

- кон'юнктор І;
- диз'юнктор АБО;
- заперечення НЕ.

Але в результаті проведених досліджень предметної області автори дійшли висновку, що більш ефективним є використання виключного АБО замість двох останніх. Це допомогло значно спростити схему, на основі якої було побудовано дерево та дало можливість прискорити процеси інтерпретації результатів роботи, тобто висновків, отриманих на основі схеми. Таким чином для побудови дерева І-АБО-НЕ були задіяні два логічні елементи: кон'юнктор І та виключне АБО, зображення яких наведено на рис. 1.

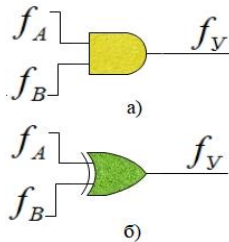


Рисунок 1 – Елементи дерева І-АБО-НЕ

Механізм виводу здійснюється на основі прямого порядку [4; 10] і для його опису використано такі складові:

- r_i – продукційне правило за номером i ;
- f_j – факт, складова частина продукційного правила, за номером j ;
- У/Р – умова або результат, яким є факт j в правилі i .

Наведемо фрагмент бази правил, що описує роботу генетичного алгоритму, який використовується для побудови функцій належностей нечітких множин при виборі земельних ділянок для будівництва багатоквартирних будинків:

1) правило r_1 складається з таких фактів:

- f_1 – кількість ланок менше кількості експертів (У);
- f_2 – доповнення зроблені (Р).

2) правило r_2 включає такі факти:

- f_3 – кількість ланок дорівнює кількості експертів (У);
- f_2 – доповнення зроблені (У);
- f_4 – хромосома побудована (Р).

Наведений фрагмент бази продукційних правил представлено у вигляді дерева І-АБО-НЕ на рис. 2.

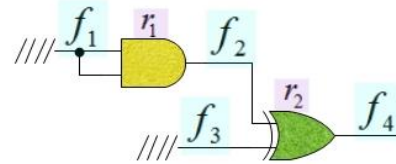


Рисунок 2 – Фрагмент бази правил

Для отримання результату за створеними фактами і правилами авторами був задіяний метод природного (натурального) виводу, в основі якого лежить підхід, який наближений до роботи людського міркування. Цей метод має назву *modus ponens*. Принцип його роботи описується за такими етапами:

1. Є факт f_j і він є істинним (тобто перебуває в робочій пам'яті системи, що побудована на продукційних правилах).

2. Є правило r_i , що побудовано за таким шаблоном: ЯКЩО f_j , ТО f_k .

3. За умови, коли етап 1 і 2 виконано, то факт f_k також стає істинним (тобто як і на етапі 1 він надходить до робочої пам'яті).

Застосуємо прямий порядок виведення, щоб описати логіку роботи системи на основі продукційних правил за такими кроками:

Крок 1 описується за формулою:

$$\frac{f_1 \rightarrow f_2; f_1}{f_2}, \quad (1)$$

де f_1, f_2 – це факти правила r_1 .

Згідно з формулою (1) користувач підтверджує факт f_1 . Умовна частина правила r_1 – істинна. Механізм виводу виконує заключну частину правила. Факт f_2 надходить до робочої пам'яті.

Відповідно до розглянутої предметної області:

1. Кількість ланок, що побудовані за отриманими від експертів початкових функцій належностей нечітких множин, виявилась менше кількості усіх експертів, що брали в цьому участь.

2. Для того щоб зрівняти отримані ланки до необхідної кількості, їх було доповнено нульовими значеннями.

Оскільки дерево І-АБО-НЕ було модифіковано для кращого опрацювання предметної області, то відповідно до розглянутої формули *modus ponens* авторами були до неї внесені доповнення, що стосуються логічного елемента виключного АБО.

Згідно з ними, при розгляді двох фактів f_j та f_k в умовній частині правила r_1 , істинним стає те, яке було обрано користувачем продукційної системи. А далі робота йде за етапами методу *modus ponens*, що були розглянуті вище.

Крок 2 реалізує відповідні доповнення, що представлені у математичному вигляді за формулою (2).

Отже, крок 2 здійснюється на основі використання таких формул:

$$\frac{f_3 \vee f_2; f_3}{f_2} \quad (2)$$

та

$$\frac{f_2 \rightarrow f_4; f_2}{f_4}, \quad (3)$$

де f_2, f_3, f_4 – це факти правила r_2 .

Наведемо опис формул (2) та (3): користувач продукційної системи не підтверджує факт f_3 . Умовна частина правила r_2 – істинна. Механізм виводу виконує заключну частину правила. Факт f_4 надходить до робочої пам'яті.

Згідно з розглянутою предметною областю:

1. Необхідно здійснити вибір між двома початковими ланками за такою ознакою:

а) кількість усіх ланок дорівнює кількості експертів;

б) кількість усіх наявних ланок менша кількості експертів.

2. Згідно з обраним з двох типів ланок (або ланка, що відповідає опису 1, а, або ланка, яка відповідає пункту 1, б) будується хромосома, що буде у своїй будові мати нульові гени, або буде отримана хромосома, в якій усі алелі генів будуть заповнені додатними числами.

Схематичне зображення результату прямого виведення для ланцюжка за рис. 2, опис якого розкрито за кроками 1 і 2, представлено на рис. 3.

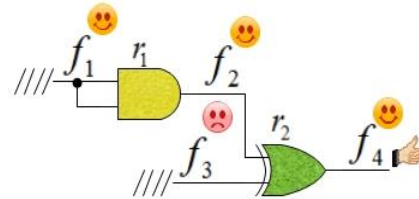


Рисунок 3 – Ланцюжок виводу для кроків 1 і 2

Оскільки на рис. 2 є функція виключне АБО, то можливе інше представлення кроків.

Висновок

У статті розглянуто приклад, що описує процес формування хромосоми, яка є складовою частиною початкової популяції, що необхідна для роботи генетичного алгоритму із застосуванням продукційних правил.

Отже, розкрито ідею заміни експертів, що з'явилась у процесі дослідження предметної області, коли в результаті роботи з нечіткими системами виникла проблема реалізації їх змін у часі, тобто представлення їх динамічності. Оскільки на роботу експертів з оцінки земельних ділянок під житлове будівництво необхідно виділяти додаткові кошти, то, з метою зменшення другорядних витрат, як метод обрано генетичний алгоритм.

Повна реалізація роботи продукційної системи на основі прямого порядку виведення, в проведених авторами дослідженнях, дала змогу побудувати функції належностей нечітких множин без необхідності залучення експертів. Це допомогло зробити вибір земельних ділянок під будівництво багатоквартирного будинку більш точним, а також не таким витратним при врахуванні різноманітних параметрів впливу [4 – 8].

Список літератури

1. Уэно Х. Представление и использование знаний [Текст] / Х. Уэно, М. Исидзука. – Москва: Мир, 1989. – 225 с.
2. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование [Текст] / Д. Джарратано, Г. Райли. – Москва: Вильямс, 2007. – 1148 с.
3. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / С.Д. Штовба. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/iTizylogic/book/>
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – Москва: Горячая линия-Телеком, 2006. – 452 с.
5. Цюцюра М.І. Застосування генетичного алгоритму для формування функції належності нечітких множин [Текст] / М.І. Цюцюра, А.В. Єрукаєв // Управління розвитком складних систем. – 2018. – № 34. – С. 71 – 75.
6. Гайна Г.А. Застосування семантичної мережі для представлення факторів у житловому будівництві [Текст] / Г.А. Гайна, А.В. Єрукаєв // Управління розвитком складних систем. – 2015. - № 22 (1). – С. 95-100.
7. Гайна Г.А. Теоретичний аналіз складових житлового будівництва [Текст] / Г.А. Гайна, А.В. Єрукаєв // Управління розвитком складних систем. – 2014. - № 20 (1). – С. 116-119.
8. Цюцюра М.І. Структура інформаційних потоків в інформаційній системі виробничого підприємства [Текст] / М.І. Цюцюра, О.В. Криворучко, Т.М. Мединська // Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 37. – С. 205 – 209, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783248

9. Цуканова Н.И. Технология разработки экспертных систем на языке Visual Prolog 7.5: учебное пособие [Текст] / Н.И. Цуканова, К.А. Майков. – Москва: КУРС, 2017. – 256 с.
10. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP-структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа [Текст] / под ред. В.А.Васенина. – Москва: МЦНМО, 2009. – 304 с.
11. Ручкин В.Н. Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы / В.Н. Ручкин, В.А. Фулин – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 240 с.
12. Николайчук О.А. Компонентный подход: модуль продукционной экспертной системы [Текст] / О.А. Николайчук, А.И. Павлов, А.Ю. Юрин // Программные продукты и системы. – 2010. - № 3. – С. 41-44.

Стаття надійшла до редколегії 12.09.2019

Цюцюра Николай Игоревич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, orcid.org/0000-0003-4713-7568
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Ерукаев Андрей Витальевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, orcid.org/0000-0002-9956-3713
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Гоц Владислав Владимирович

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, orcid.org/0000-0003-4384-4011
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Костышина Наталья Викторовна

Ассистент кафедры информационных технологий, orcid.org/0000-0003-0521-7228
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ

Аннотация. На сегодняшний день существует большое количество алгоритмов для решения четко структурированных задач, а также методов, необходимых для решения проблем для которых отсутствуют четкие определенные шаги нахождения результата. Среди последних наиболее распространены методы искусственного интеллекта, а особенно "мягкие методы", основой которых является упрощенное представление деятельности живой природы. Одним из них является генетический алгоритм, моделирующий эволюционные подходы (скрещивание, селекцию и мутацию). К сожалению, основным его недостатком является сложный математический аппарат, описывающий данный алгоритм. Предлагается подход, который позволит обойти данную проблему. Его основой также является метод, относящийся к искусственному интеллекту - продукционные правила. Благодаря им можно отойти от применения сложных формул и сосредоточить внимание именно на решении поставленной задачи. В данной статье рассмотрены основные этапы выполнения данного подхода на примере, что описывает применение генетического алгоритма при замене мнений экспертов в процессе формирования функций принадлежности для нечетких множеств.

Ключевые слова: продукционные правила; факты; дерево И-ИЛИ-НЕ; генетический алгоритм; хромосома

Tsiutsiura Mykola

PhD (Eng.), Associate Professor, Department of Information Technology, orcid.org/0000-0003-4713-7568
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Yerukaiev Andrii

PhD (Eng.), Department of Information Technology, orcid.org/0000-0002-9956-3713
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Hots Vladyslav

PhD (Eng.), Department of Information Technology, orcid.org/0000-0003-4384-4011
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Kostyshyna Nataliia

Assistant, Department of Information Technology, orcid.org/0000-0003-0521-7228
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

IMPLEMENTATION OF A GENETIC ALGORITHM USING PRODUCT RULES

Abstract. Today, there are a large number of algorithms for solving clearly structured problems, as well as methods necessary to solve problems for which there are no clear definite steps to find the result. Among the latter, the most common methods of artificial intelligence, and especially "soft methods", the basis of which is a simplified representation of wildlife. One of them is a genetic algorithm that models evolutionary approaches (crossbreeding, selection and mutation). Genetic algorithms are used to solve complex scientific tasks and problems, which are part of a class of evolutionary algorithms, which are based on

biological principles of natural selection. But for every single task of mathematical modeling and optimization, genetic algorithms need to be adapted and modified according to the subject area and the task, which requires the use of an additional complex mathematical apparatus. So, its main drawback is the complex mathematical apparatus that describes this algorithm. An approach is proposed that will circumvent this problem. Its basis is also a method related to artificial intelligence - production rules. Thanks to them, you can move away from the use of complex formulas and focus on solving the task. This article discusses the main stages of the implementation of this approach using an example that describes the use of the genetic algorithm when replacing the opinions of experts in the process of forming membership functions for fuzzy sets.

Keywords: production rules; facts; tree AND-OR-NOT; genetic algorithm; chromosome

References

1. Ueno X., Isidzuka M. (1989). *Presentation and use of knowledge*. Moscow: Mir., 225 [in Russian].
2. Dzharatano D., Rajli G. (2007). *Expert systems: principles of development and programming*. Moscow: Vilyams, 1148 [in Russian].
3. Shtovba S.D. (2005). *Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic*. Retrieved from: <http://matlab.exponenta.ru/iTizylogic/bookl/> [in Russian].
4. Rutkovskaya D., Pilinskij M., Rutkovskij L. (2006). *Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems*. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 452 [in Russian].
5. Haina H.A., Yerukaiev A.V. (2018). *Application of the genetic algorithm for the formation of the membership function of fuzzy sets*. *Management of Development of Complex Systems*, 36, 71 – 75 [in Ukrainian].
6. Haina H.A., Yerukaiev A.V. (2014). *The use of semantic networks to represent factors in housing construction*. *Management of Development of Complex Systems*, 22 (1), 95 – 100 [in Ukrainian].
7. Haina H.A., Yerukaiev A.V. (2014). *Theoretical analysis of constituents of residential construction*. *Management of Development of Complex Systems*, 20 (1), 116 – 119 [in Ukrainian].
8. Tsiutsiura M.I., Kryvoruchko O.V., Medinska T.M. (2019). *Structure information flow in information systems manufacturing enterprises*. *Management of development of complex systems*, 37, 205 – 209 [in Ukrainian], [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9783248](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9783248).
9. Czukanova, N.I., Majkov K.A. (2017). *Technology for developing expert systems in the language Visual Prolog 7.5*. Moscow: KURS – 256 [in Russian].
10. Vasenina V.A. (2009). *The mathematical foundations of artificial intelligence: the theory of LP-structures for the construction and study of knowledge models of the productive type*. Moscow: MCzNMO – 304. [in Russian].
11. Ruchkin V.N., Fulin V.A. (2009). *Universal artificial intelligence and expert systems*. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 240 [in Russian].
12. Nikolajchuk O.A., Pavlov A.I., Yurin, A.Y. (2010). *Component approach: production expertise system module*. *Software Products and Systems*, 3, 41-44 [in Russian].

Посилання на публікацію

- APA Tsiutsiura, Mykola, Yerukaiev, Andrii, Hots, Vladyslav, & Kostyshyna, Nataliia, (2019). *Implementation of a genetic algorithm using product rules*. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 64 – 68. [in Ukrainian]; [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11340653](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340653).
- ДСТУ Цюцюра, М.І. Реалізація генетичного алгоритму шляхом застосування продукційних правил [Текст] / М.І. Цюцюра, А.В. Єрукаєв, В.В. Гоц, Н.В. Костишина // *Управління розвитком складних систем*. – 2019. – № 39, 64 – 68; [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11340653](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340653).