

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ТВАРИН ІЗ ПРИТУЛКІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ТА ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Робота присвячена розробці математичної моделі інтелектуального підбору тварин із притулків, що базується на гібридному поєднанні апарату нечіткої логіки та методу вагової суми. Проведено порівняльний аналіз метричних алгоритмів і обґрунтовано перевагу нечітких правил для формалізації гетерогенних характеристик людини та тварини. Обрана архітектура з чотирьох логічних блоків сумісності дозволяє конвертувати суб'єктивні поведінкові описи у об'єктивний ранжований список, що мінімізує ризики рецидивів адопції в Україні.

Ключові слова: інтелектуальний підбір; адопція тварин; нечітка логіка; математичне моделювання; сумісність «людина–тварина»; вагова сума; квантифікація ознак; рецидиви адопції; інформаційна система.

Abstract

This work is dedicated to the development of a mathematical model for the intelligent matching of shelter animals, based on a hybrid combination of fuzzy logic theory and the weighted sum method. A comparative analysis of metric algorithms has been conducted, justifying the advantage of fuzzy rules for formalizing the heterogeneous characteristics of both humans and animals. The selected architecture, consisting of four logical compatibility blocks, allows for the conversion of subjective behavioral descriptions into an objective ranked list, thereby minimizing the risks of adoption recidivism in Ukraine.

Keywords: intelligent matching; pet adoption; mathematical modeling; human-animal compatibility; weighted sum; feature quantification; adoption recidivism; information system.

Вступ та постановка задачі

Актуальність даного дослідження зумовлена критичним станом сфери зоозахисту в Україні. Попередні етапи дослідження показали, що ключовим бар'єром на шляху до зменшення кількості тварин у притулках є не лише низький темп адопції, а й високий рівень рецидивів – випадків повернення тварин через поведінкову чи побутову несумісність із новим власником.

На сьогодні в Україні функціонує низка цифрових рішень (агрегатори GladPet, системи Animal-ID тощо), проте їхній аналіз виявив суттєву технологічну прогалину: ці ресурси виступають виключно пасивними каталогами. Вони забезпечують демонстрацію профілів тварин, але не пропонують інструментів для інтелектуального аналізу сумісності «людина-тварина». Як наслідок, рішення про адопцію приймається користувачем на основі суб'єктивних емоційних чинників або зовнішнього вигляду тварини, що є недостатнім для формування довгострокового зв'язку.

Постає задача розробки математичної моделі інтелектуального підбору, яка дозволила б формалізувати якісні, часто нечіткі характеристики обох суб'єктів процесу. Основна складність полягає у гетерогенності даних: характеристики людини (соціальний статус, досвід, психологічні установки) та характеристики тварини (темперамент, рівень соціалізації, стан здоров'я) належать до різних доменів і не можуть бути зіставлені напряму за допомогою простих метричних методів.

Порівняльний аналіз методик підбору

Для обґрунтування вибору математичного апарату майбутньої системи необхідно провести глибокий ретроспективний аналіз існуючих методик зіставлення об'єктів (matching), що потенційно можуть бути адаптовані для завдань адопції. Вибір конкретного алгоритму безпосередньо впливає на точність рекомендацій та архітектурну складність програмної реалізації.

Першим розглянутим рішенням є обчислення евклідової відстані (Euclidean Distance) [1]. Цей підхід базується на визначенні геометричної дистанції між двома точками у багатовимірному просторі ознак за формулою:

$$d(U, A) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (u_i - a_i)^2}$$

де u_i та a_i — координати векторів користувача та тварини відповідно. Хоча дана методика є математично прозорою, вона виявляється малоприматною для прямого порівняння пари «людина–тварина» через гетерогенність вхідних параметрів. Як зазначають дослідники, відстань за Евклідом доцільна лише для однорідних компонентів вектора, що не виконується у задачах міжвидового підбору.

Іншим класичним методом виступає модель вагової суми (Weighted Sum Model, WSM) [2]. Дана модель передбачає пріоритетизацію факторів шляхом обчислення сукупного бала за формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i a_{ij}$$

де w_i — відносна вага критерію, а a_{ij} — значення критерію для об'єкта. Це дозволяє акцентувати увагу на критичних аспектах (наприклад, досвіді власника), проте WSM демонструє низьку точність при обробці нечітких якісних оцінок, що мають високий ступінь суб'єктивізму

Альтернативним та найбільш перспективним підходом для даної предметної області є застосування апарату нечіткої логіки [3]. На відміну від бінарної логіки, цей метод дозволяє оперувати лінгвістичними змінними, такими як «низький» (Н), «середній» (С) та «високий» (В). Використання нечітких правил дозволяє безпосередньо моделювати знання професійних кінологів у форматі логічних таблиць. Наприклад, модель може чітко визначити конфлікт, якщо людина має високу гидливість, а тварина не привчена до лотка. Такий підхід дозволяє перетворити якісну задачу адопції на чітко структурований алгоритмічний процес.

З огляду на результати аналізу, у даній роботі обґрунтовано впровадження гібридної інтелектуальної моделі. Вона поєднує гнучкість нечіткого висновку для оцінки окремих блоків сумісності (досвід, гігієна, майно) із математичною чіткістю вагової агрегації результатів. Це дозволяє забезпечити високу прогностичну цінність системи, де фінальний показник сумісності враховує як психологічні аспекти, так і реальні побутові можливості майбутнього власника.

Формалізація характеристик та архітектура моделі

Процес переходу від теоретичного обґрунтування до практичної реалізації системи вимагає чіткої формалізації вхідних даних та розробки багаторівневої архітектури обчислень. У межах обраної моделі кожен суб'єкт описується набором квантифікованих параметрів, які групуються у специфічні блоки сумісності. Для досягнення максимальної прогностичної точності було виокремлено чотири фундаментальні блоки, кожен з яких базується на власній базі нечітких правил.

Першим і найбільш критичним етапом моделювання є формування блоку психологічної та професійної відповідності (F_1). У цьому контексті досвід респондента (X_1) розглядається не як ізольована величина, а у безпосередній кореляції зі складністю характеру та поведінковими особливостями тварини (Y_1). Математична логіка тут будується на принципі ієрархічного допуску: низький рівень компетенцій власника автоматично генерує низький показник сумісності при спробі адопції тварини з деструктивними або домінантними рисами, що дозволяє запобігти конфліктним ситуаціям ще на стадії підбору. Таблиця 1 зіставляє досвід людини (X_1) та складність характеру тварини (Y_1), де В — висока сумісність, С — середня, Н — низька.

Другий етап передбачає оцінку побутової та гігієнічної синергії (F_2). Цей блок інтегрує параметри гидливості людини (X_2), інтенсивності линяння тварини (Y_2) та ступеня її навченості дотримання чистоти в приміщенні (Y_3). Формалізація цих даних дозволяє виявити приховані побутові конфлікти.

Таблиця 1 – Зіставлення досвіду людини зі складністю характеру тварини

Досвід людини (X_1)	Складність тварини (Y_1)	Міра сумісності (F_1)
Високий	Висока	В
Високий	Низька	В
Середній	Середня	С
Низький	Висока	Н
Низький	Низька	В

Наприклад, високий рівень чутливості власника до чистоти в поєднанні з твариною, що потребує тривалої адаптації до лотка, призведе до мінімального підсумкового бала за даним вектором, попри можливу симпатію на емоційному рівні. Зіставлення гідливості людини (X_2) із факторами забруднення (Y_2 — лінька, Y_3 — лоток) зображено на таблиці 2.

Таблиця 2 – Зіставлення гідливості людини із факторами забруднення від тварини

Гідливість (X_2)	Фактори (Y_2, Y_3)	Міра сумісності (F_2)
Висока	Негативні (В/Н)	Н
Висока	Позитивні (Н/В)	В
Середня	Середні	С
Низька	Негативні (В/Н)	В

Третім складником архітектури виступає блок ресурсного та майнового захисту (F_3). Тут зіставляється готовність людини до непередбачуваних фінансових витрат або суб'єктивна "скупість" (X_3) із природною схильністю тварини до активного дослідження середовища через гризіння предметів (Y_4). Це дозволяє збалансувати очікування власника щодо збереження інтер'єру з реальними поведінковими актами виховання. Зіставлення скупості людини (X_3) та деструктивної поведінки тварини (Y_4) зображено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Зіставлення скупості людини та деструктивної поведінки тварини

Скупість (X_3)	Схильність гризти (Y_4)	Міра сумісності (F_3)
Висока	Висока	Н
Висока	Низька	В
Низька	Висока	В

Останнім етапом введено інтеграційний блок екології життєвого простору (F_4), що враховує тип житла та наявність вільного часу у власника в розрізі енергетичних потреб конкретної породи чи особини. Зіставлення цих факторів зображено на таблиці 4.

Таблиця 4 – Зіставлення факторів блоку екології життєвого простору

Вільний час (X_4)	Тип житла (X_5)	Енергійність тварини (Y_5)	Міра сумісності (F_4)
Низький	Квартира	Висока	Н
Низький	Приватний будинок	Низька	В
Високий	Квартира	Висока	С
Середній	Приватний будинок	Висока	В
Високий	Будь-яке	Низька	В
Низький	Квартира	Середня	Н

Фінальна міра сумісності обчислюється як зважена сума результатів усіх чотирьох блоків:

$$Compatibility = k_1 * F_1 + k_2 * F_2 + k_3 * F_3 + k_4 * F_4$$

де коефіцієнти k_n визначають пріоритетність кожного аспекту для конкретного притулку або волонтерської організації. Така архітектура забезпечує високу масштабованість системи та дозволяє отримати ранжований список кандидатів, де кожен результат підкріплений математично обґрунтованим розрахунком сумісності.

Висновки

У ході дослідження було розв'язано важливу науково-практичну задачу — розробку математичної моделі інтелектуального підбору тварин із притулків, що базується на апараті нечіткої логіки та вагових коефіцієнтів. Проведений порівняльний аналіз методик підтвердив, що традиційні підходи, такі як обчислення евклідової відстані або проста вагова сума, мають обмеження при роботі з гетерогенними даними та якісними характеристиками суб'єктів адопції.

Запропонована гібридна модель дозволяє формалізувати нечіткі психологічні та поведінкові параметри людини й тварини, трансформуючи їх у чотири спеціалізовані блоки сумісності: психологічної відповідності, побутової синергії, майнового захисту та екології життєвого простору. Використання такої архітектури забезпечує перехід від суб'єктивного вибору до об'єктивного, математично обґрунтованого ранжування кандидатів. Це створює надійний технологічний фундамент для зниження рівня рецидивів адопції в Україні, оптимізації роботи притулків та підвищення соціальної відповідальності у сфері поводження з тваринами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Deza M. M. Encyclopedia of Distances / M. M. Deza, E. Deza. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2009. – 590 p.
2. Fishburn P. C. Additive utilities with finite sets: Applications in the management sciences / P. C. Fishburn // Naval Research Logistics Quarterly. – 1967. – Vol. 14, № 1. – P. 1–13.
3. Zadeh L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, № 3. – P. 338–353.

Шклярук Марія Богданівна – студентка групи 2ПІ-22б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: shkliaruk.mariia@gmail.com.

Катєльніков Денис Іванович. – к.т.н., доцент, доцент кафедри ПЗ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: katielnikov@vntu.edu.ua.

Shkliaruk Maria Bohdanivna – student of the 2PI-22b group, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shkliaruk.mariia@gmail.com.

Katielnikov Denis I. – Ph.D., Associate Professor, Department of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: katielnikov@vntu.edu.ua.