

УДК 004.4

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В УМОВАХ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗАСОБАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З
ВИКОРИСТАННЯМ CMS**

Люненко Андрій, Наратовий Володимир

Науковий керівник: канд. тех. наук Наратовий В.В.

Центральноукраїнський державний університет імені Володимира

Винниченка, м. Кропивницький, Україна

Стаття присвячена актуальній тематиці моделювання в умовах невизначеності. Останнє, в повній мірі, відноситься до моделювання соціальних явищ та процесів. Створено комп'ютерну програму, яка дає можливість моделювати довільне соціальне явище на базі моделей з використанням нечіткої логіки. Розроблено графічний додаток засобами Maple, який реалізує блок нечіткого прийняття рішення для соціального явища при заданих правилах виводу та обмеженнях на значення лінгвістичних змінних

Ключові слова: нечітка логіка, моделювання соціальних явищ, Maple..

**COMPUTER MODELING OF PROCESSES UNDER CONDITIONS OF
UNCERTAINTY BY MEANS OF FUZZY LOGIC USING CMS**

Liunenko Andriy, Naradovyi Volodymyr

Scientific supervisor: V.V. Naradovyi, PhD

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University,

Kropyvnytskyi, Ukraine

The article is devoted to the current topic of modeling under conditions of uncertainty. The latter fully refers to the modeling of social phenomena and processes. A computer program has been created that makes it possible to simulate an arbitrary social phenomenon based on models using fuzzy logic. A graphical application using Maple tools was developed, which implements a fuzzy decision-making block for a social phenomenon with given inference rules and restrictions on the values of linguistic variables Keywords: fuzzy logic, modeling of social phenomena, Maple.

Постановка проблеми. Моделювання соціальних явищ та процесів одна із цікавих та актуальних задач прикладної математики та програмування. В більшості випадків, коли говорять про математичні моделі соціальних явищ, то мають на увазі стохастичні або статистичні моделі, оскільки для більшості

параметрів моделювання неможливо підібрати надійні точні математичні описи.

Справа в тому, що соціальні процеси погано формалізуються в рамках двозначної логіки, а самі параметри моделювання мають інтервальний, статистичний або випадковий тип. Одним із засобів моделювання для параметрів такого типу є побудова моделей на базі нечіткої логіки, яка узагальнює ряд понять звичайної математичної логіки. Дана робота присвячена побудові та комп'ютерній реалізації моделі обраного соціального явища шляхом проектування блоку нечіткого прийняття рішень, створення на його основі графічного додатку для моделювання.

Аналіз досліджень і публікацій. Соціальний вимір сталого розвитку, особливо в контексті корпоративної соціальної відповідальності, набуває все більшого значення в сучасному світі. У статті [1] представлено методологічний підхід до оцінки ефективності соціальної стійкості організацій. Запропонований підхід було апробовано на прикладі індійської організації, що займається виробництвом автомобільних компонентів. Розроблена концептуальна модель для оцінки ефективності соціальної стійкості, включно з розрахунком нечіткого індексу соціальної стійкості та механізмом ідентифікації слабких атрибутів. Запропонований підхід забезпечує системний і кількісно обґрунтований аналіз соціальної стійкості, що є особливо актуальним у контексті розробки стратегій сталого розвитку.

У статті [2] досліджується процес поширення чуток, моделюється за допомогою лінгвістичних змінних у рамках нечіткої логіки. Запропоноване дослідження розглядає епідемічну модель поширення чуток у контексті соціальних мереж онлайн. Ефективність моделі була перевірена за допомогою чисельного моделювання на основі двох типів топологій: масштабно-інваріантних мереж (SFN) і реальної топології соціальної мережі Facebook. Використання нечіткої логіки забезпечує більшу адаптивність і точність у відображенні поведінкових характеристик, що є критично важливим для аналізу соціальних мереж у сучасних умовах. Запропонована модель може бути

застосована для розробки стратегій управління інформаційними потоками та протидії дезінформації в онлайн-середовищі.

У дослідженні [3] розглядається використання багатокритеріальних оцінок, залишених мандрівниками в соціальних мережах, для розробки нової системи рекомендацій готелів, яка може бути інтегрована в платформи електронного туризму. Впроваджено підхід, який дозволяє враховувати індивідуальні уподобання мандрівників, а також у розробці системи, яка може гнучко адаптуватися до змінних умов і потреб користувачів. Подібні рекомендаційні системи мають великий потенціал для підвищення задоволеності клієнтів, а також для оптимізації діяльності бізнесу в галузі гостинності, сприяючи створенню персоналізованого туристичного досвіду.

Мета статті: розробити графічний додаток засобами Maple, який реалізує блок нечіткого прийняття рішення для соціального явища при заданих правилах виводу та обмеженнях на значення лінгвістичних змінних

Основна частина.

У межах завдання моделювання соціальних явищ, усі лінгвістичні змінні будуть представлені базовими термами, визначеними через множину {«Низький», «Середній», «Великий»}. Кожен із цих термів є нечітким поняттям, що відповідає нечіткій множині, яка повністю визначається її функцією належності. Для забезпечення єдності та стандартизації підходу до опису лінгвістичних змінних, запропоновано використовувати однаковий набір конструкторів для формування функцій належності термів.

Функції належності, обрані для цього завдання, матимуть форму трикутників. Такий вибір обґрунтований широким застосуванням трикутних функцій у методах нечіткої логіки завдяки їхній простоті, обчислювальній ефективності та здатності адекватно відображати градації нечіткості. Трикутна функція належності визначається через три параметри: ліву границю (мінімальне значення), центр (значення з максимальною належністю) та праву границю (максимальне значення). Ці параметри дозволяють гнучко адаптувати функцію належності до особливостей конкретного терму.

Для кожного терму будуть визначені такі функції належності:

- «Низький»: функція з високою належністю у нижньому діапазоні змінної, яка плавно зменшується до нуля ближче до середнього значення.

- «Середній»: функція з найвищою належністю в центральному діапазоні змінної, яка зменшується до нуля до обох крайніх значень.

- «Великий»: функція з максимальною належністю у верхньому діапазоні змінної, яка плавно зменшується до нуля у напрямку середнього значення.

Для формалізації та автоматизації процесу побудови функцій належності передбачається створення відповідних конструкторів у середовищі програмування. Ці конструктори отримуватимуть як вхідні дані параметри функції належності для кожного терму й повертатимуть відповідні трикутні функції у вигляді аналітичного виразу або графічного представлення.

Перевага використання трикутних функцій полягає у їхній здатності адекватно описувати нечіткість при мінімальних обчислювальних витратах. Крім того, така структура функцій належності забезпечує простоту інтеграції з базами нечітких правил і методами нечіткого висновку, що робить їх універсальним інструментом у моделюванні соціальних явищ.

Ми розробимо конструктори функцій належності, які матимуть наступний вигляд:

$$smallTerm = \begin{cases} \frac{x - a_1}{2\left(\frac{a_1 + a_2}{2} - a_1\right)} + \frac{1}{2}, & a_1 < x < \frac{a_1 + a_2}{2}, \\ 1 - \frac{x - \frac{a_1 + a_2}{2}}{\frac{a_2 + a_3}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2}}, & \frac{a_1 + a_2}{2} < x < \frac{a_2 + a_3}{2} \\ 0, & otherwise, \end{cases}$$

$$middleTerm = \begin{cases} \frac{x - \frac{a_1 + a_2}{2}}{\frac{a_2 + a_3}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2}}, & \frac{a_2 + a_3}{2} < x < \frac{a_3 + a_4}{2}, \\ 1 - \frac{x - \frac{a_2 + a_3}{2}}{\frac{a_3 + a_4}{2} - \frac{a_2 + a_3}{2}}, & \frac{a_2 + a_3}{2} < x < \frac{a_3 + a_4}{2} \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$highTerm = \begin{cases} \frac{x - \frac{a_2 + a_3}{2}}{\frac{a_3 + a_4}{2} - \frac{a_2 + a_3}{2}}, & \frac{a_2 + a_3}{2} < x < \frac{a_3 + a_4}{2}, \\ 1 - \frac{x - \frac{a_3 + a_4}{2}}{2 \left(a_4 - \frac{a_3 + a_4}{2} \right)}, & \frac{a_3 + a_4}{2} < x < a_4 \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

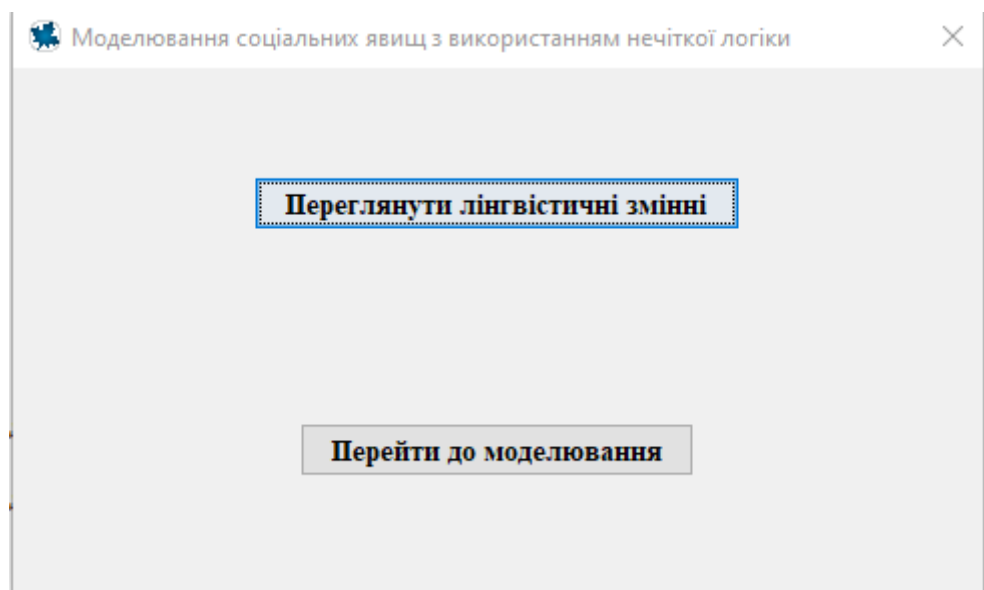


Рис.1. Головне вікно маплету.

На основі вказаного підходу створено інтерактивний додаток в середовищі Maple, який дозволить користувачам моделювати довільні соціальні явища, що описуються детермінованим набором лінгвістичних змінних, із можливістю гнучкого налаштування правил роботи бази нечітких продукційних правил (БНПР) (Рис.1 та Рис.2.)

Моделювання соціального явища

Задайте значення LV1 з діапазону

0 50000 0

Задайте значення LV2 з діапазону

6500 60000 6500

Задайте значення LV3 з діапазону

0 1 0.

Задайте значення LV4 з діапазону

0 1 0.

Задайте значення LV5 з діапазону

0 1 0.

Задайте значення LV6 з діапазону

0 1 0.

Обчислити значення LV7

Рис.2. Обчислювальний маплет

У процесі розробки маплетів у середовищі Maple особливу увагу приділяють ефективному компонуванню обчислювальної частини та графічного інтерфейсу. Така інтеграція вимагає комплексного планування для створення збалансованого інструмента, що відповідає як технічним, так і користувацьким потребам. Від початкового формування вимог до розгортання та підтримки маплету, кожен етап є критично важливим для забезпечення його функціональності, зручності використання та відповідності завданням, які він має вирішувати.

Висновки та перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження

Проведене дослідження може бути використано як основа для розробки реальних моделей соціальних явищ та процесів. Отримані результати

моделювання можуть бути використані при викладанні навчальних курсів, пов'язаних з математичним моделювання тому числі, соціальних явищ та процесів.

Список використаної літератури

1. Fernández-Blanco Martín, G.; Matía, F.; García Gómez-Escalonilla, L.; Galan, D.; Sánchez-Escribano, M.G.; de la Puente, P.; Rodríguez-Cantelar, M. An Emotional Model Based on Fuzzy Logic and Social Psychology for a Personal Assistant Robot. *Appl. Sci.* 2023, 13, 3284. <https://doi.org/10.3390/app13053284>
2. Nilashi, M., Yadegaridehkordi, E., Ibrahim, O. et al. Analysis of Travellers' Online Reviews in Social Networking Sites Using Fuzzy Logic Approach. *Int. J. Fuzzy Syst.* 21, 1367–1378 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40815-019-00630-0>
3. Krouska, A., Troussas, C. and Sgouropoulou, C. 2019. Fuzzy Logic for Refining the Evaluation of Learners' Performance in Online Engineering Education. *European Journal of Engineering and Technology Research.* 4, 6 (Jun. 2019), 50–56. DOI:<https://doi.org/10.24018/ejeng.2019.4.6.1369>.

Відомості про авторів:

Люненко Андрій Андрійович – студент II курсу магістратури фізико-математичного факультету Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, lunenko_andriy@gmail.com.

Нарадовий Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформатики, програмування, штучного інтелекту та технологічної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, v.v.naradovuyi@cuspu.edu.ua.