

DOI: [10.28925/2663-4023.2023.21.260272](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.21.260272)

УДК 004.62

Худік Богдан Олександрович

асистент кафедри Інженерії програмного забезпечення

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна

ORCID 0009-0005-1914-6418

bohdankhudik@gmail.com

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В СФЕРІ ОСВІТИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Анотація. Аналіз сучасних досліджень в галузі розробки рекомендаційних систем показав, що їх доволі успішно можна використовувати в освітній сфері. При цьому, якість рекомендації значною мірою залежить не тільки від того, який підхід до побудови рекомендації використано, а й яким чином представлені дані, та які з них враховуються в рекомендації. В роботі наведено обґрунтування вибору моделі представлення даних на основі нечіткої логіки. При побудові моделей нечітких змінних враховано контекст домену предметної галузі, а саме: визначено види можливих рекомендацій; сформовано терм-множини, що відповідають семантиці параметрів та рекомендацій; визначено набори альтернативних терм-множин на прикладі визначення рейтингу дисципліни. Моделювання даних проведено з використанням трикутних та Гаусівських функцій належності в залежності від потужності терм-множин нечітких змінних: для терм-множин, що відповідають небінарній шкалі, використано трикутні чи усічені трикутні функції, для бінарних ознак – Гаусівські функції належності. Розглянуто питання багатокритеріальних показників рейтингу та наведено приклад оцінювання дисципліни по декільком показникам, що є складовими її рейтингу. Проведено моделювання даних та сформовано нечіткий висновок щодо рекомендації дисципліни з використанням методу Мамдані. Наведено приклад поширення запропонованого підходу до побудови моделі даних на інші показники рекомендаційної системи та визначено список таких показників відповідно до предметної галузі освіти. Модель дозволяє врахувати показники, що представляють собою число в деякому діапазоні (при цьому можуть бути використані як дискретні так і безперервні шкали) або логічну (бінарну) величину (інтерпретація кожного значення визначається контекстом і може трактуватися в кожному окремому випадку різними способами).

Ключові слова: рекомендаційна система; нечітка модель; терм-множина; рейтингова шкала; об'єкт інтересу користувача; параметри рекомендації.

ВСТУП

Організація взаємодії зі здобувачами освіти в останні роки максимально використовує дистанційні технології. Це стосується не тільки безпосередньо процесу навчання – проведення лекційних, практичних, лабораторних занять, семінарів та організації поточних та підсумкових оцінювань. Сайти закладів освіти, системи дистанційного навчання, месенджери, Google-документи, таблиці, форми та інші засоби активно використовуються для вирішення задач інформування здобувачів освіти та підтримки освітнього процесу [1]. Ряд організаційних моментів, які раніше вирішувались при безпосередньому face-to-face спілкуванні студентів та викладачів і адміністративного персоналу, в сучасних умовах доводиться переносити в онлайн, при цьому не всі процеси вдається реалізувати в синхронному форматі, більшість з них має асинхронний формат та вимагає від студента самостійного прийняття певного рішення

на основі наданої інформації. Підтримка цих процесів може бути реалізована з використанням рекомендаційної системи (РС) [2], що дозволить сформуванню підказки (рекомендації) для користувача (студента) та спростить вибір ним деякого об'єкту інтересу, що лежить в площині освітніх процесів. Актуальною задачею при побудові таких систем є не тільки вибір методів формування рекомендації, а й спосіб представлення даних, на підставі яких формується рекомендація.

Постановка проблеми. Формування рекомендації може здійснюватися на основі оцінок користувачів, з урахуванням характеристик об'єктів інтересу чи з використанням гібридних підходів, що включають різні методи роботи з наявними даними. Оскільки студенти регулярно приймають участь у певних заходах щодо оцінювання тих чи інших навчальних ресурсів, дисциплін, літературних джерел, викладачів, то цю інформацію можна використовувати для побудови рекомендації. Типовим способом оцінювання є використання числових шкал. Мінімізація залежності впливу діапазону та формату шкали оцінювання на процес побудови рекомендації в освітній сфері потребує створення моделі, яка дозволить легкий перехід між різними шкалами оцінювання параметрів, що використовуються при формуванні рекомендації, та забезпечить при цьому збереження семантичної складової оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Побудова рекомендації в сучасних рекомендаційних системах ґрунтується на різних підходах, кожен з яких передбачає опрацювання різних видів даних. В роботі [3] наводиться загальна класифікація рекомендаційних систем відповідно до використаних методів побудови рекомендацій. Автори розглядають особливості контентно-орієнтованих РС (рекомендація формується на основі даних, що прямо чи опосередковано надає користувач), РС з колаборативною фільтрацією (рекомендація формується на основі аналізу попередніх взаємодій між користувачами та об'єктами їх інтересу), РС послідовних рекомендацій (враховують хронологічні ланцюги вже зроблених рекомендацій та прийнятих рішень користувача), РС на основі сесій (рекомендація формується на основі даних останніх взаємодій користувача під час поточної сесії), гібридних РС (підхід поєднує обробку різних типів інформації для вирішення проблем існуючих методів та отримання кращих рекомендацій). Автори роблять окремий акцент на важливості питання побудови рекомендації з точки зору наборів даних та області застосування рекомендаційної системи.

Стаття [4] розглядає способи розробки та основні критерії ефективності РС, а також особливості архітектури та засобів програмної реалізації РС. Окремо слід відмітити виділення РС, заснованих на знаннях, які використовують інформацію про предметну галузь в цілому (про користувачів системи, об'єкти інтересу, способи їх взаємодії та інші характеристики). Модель РС описується авторами, як набір наступних параметрів: предмет рекомендації, мета рекомендації, контекст рекомендації, джерело рекомендації, ступінь персоналізації, прозорість, формат рекомендації та алгоритми її побудови.

Традиційне застосування рекомендаційних систем включає в себе сфери рекомендацій кінофільмів, музики, їжі, товарів, розваг тощо і пов'язано, як правило, з комерційним використанням [5], [6], [7], [8]. Тим не менш, частина досліджень присвячена питанням використання РС саме в освітній сфері. Зокрема, робота [9] присвячена питанням застосування РС для E-Learning. Розглянуто проблеми відхилення рекомендацій від інтересу користувачів за рахунок використання в процесі побудови рекомендацій тільки рейтингових оцінок об'єктів інтересу, наприклад, бестселерів в тій чи іншій галузі, відносно якої пропонує послуги платформа електронного навчання.

Представлення даних про об'єкти інтересу, користувачів, їх поведінку та оцінки може використовувати різні підходи. Дослідження [10] розглядає різні за деталізацією та

візуальним представленням види рейтингових шкал, що використовуються для формування оцінки користувачів, надається загальна модель рейтингових шкал та рекомендації щодо вибору найбільш прийнятних шкал відповідно до задачі оцінювання. В роботі [11] доводиться, що нечітка онтологія працює краще, ніж система чіткого висновку, щоб персоналізувати рекомендації на основі профілю, виведеного з цієї онтології. Стаття [12] пропонує методіку рекомендацій, засновану на нечітких концепціях, таких як двокортежне нечітке лінгвістичне представлення та нечіткий системний підхід дослідження ринку. Методика обґрунтовує вплив атрибута при передбаченні значень інших атрибутів, особливо в нечітких і невизначених середовищах, через концептуалізацію асоціацій споживачів з атрибутами.

Метою статті є розробка та аналіз моделі представлення даних рекомендаційної системи з урахуванням домену предметної галузі сфери освіти на основі нечіткої логіки.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для побудови моделі представлення даних рекомендаційної системи в сфері освіти користувачів рекомендаційної системи, що мають потребу в консультації/рекомендації, обмежимо здобувачами формальної освіти відповідно до освітніх програм, на яких навчаються студенти. В рамках формальної освіти студент може потребувати наступних видів рекомендацій:

- рекомендація при виборі дисципліни з каталогу вибіркових дисциплін, (використовується для формування індивідуальної освітньої траєкторії студента);
- рекомендація щодо використання того чи іншого джерела з бібліотеки закладу освіти (дозволяє сформувати методичне забезпечення самостійної роботи студента);
- рекомендація щодо вибору теми (або тематики дослідження) кваліфікаційної роботи чи наукової роботи, проекту тощо;
- рекомендація при виборі потенційного керівника кваліфікаційної роботи, наукової роботи, проекту тощо;
- рекомендація щодо використання зовнішніх курсів для організації самоосвіти (якщо відповідна інформація про ці курси присутня в базі рекомендаційної системи).

Для опису моделей даних рекомендаційної системи пропонується застосувати нечітку логіку. Це обумовлюється наступними причинами:

1. Лінгвістичне представлення є більш природним з точки зору сприйняття людини у порівнянні з числовим представленням – нечітка логіка в цьому контексті дозволяє співставити числовим значенням текстові визначення.

2. Вибір шкал для оцінювальних параметрів об'єктів інтересу, характеристик користувачів чи результатів взаємодії користувачів з об'єктами інтересу не завжди є однозначним – будь-яка, навіть зовсім незначна зміна числової шкали оцінювання призводить до іншого абсолютного числового значення оцінки, що потребує внесення змін в алгоритм формування рекомендації.

3. Нечіткі значення можуть бути використані для випадків, коли параметри, що оцінюються, не мають заздалегідь визначеного значення або обчислення цього значення ускладнено.

Нечітка логіка оперує змінними, які називаються лінгвістичними. В загальному випадку лінгвістична змінна має вигляд (1):

$$\langle X, T(X), E, G, M \rangle, \quad (1)$$

де X – назва лінгвістичної змінної, $T(X)$ – терм-множина лінгвістичної змінної, що визначає перелік найменувань нечітких змінних на множині X , окремі елементи цієї множини називаються термами, E – діапазон значень змінної X (числове представлення універсуму, що відповідає домену предметної галузі), G – синтаксичне правило, що описує спосіб породження термів, зокрема тих, що утворюються на основі вже визначених за рахунок використання деяких квантифікаторів як от «не», «дуже», «більш», «менш», «або», «і» та інших, що в тому числі можуть залежати від домену предметної галузі, M – семантичне правило, що визначає відповідність деякої функції належності $\mu(x)$ кожній нечіткій змінній, яка утворена за допомогою синтаксичного правила G (фактично, для кожного квантифікатора створюється окрема процедура, що породжує нову функцію належності на основі значення функції належності деякого терма) [13].

Розглянемо порядок побудови нечіткої моделі даних, що представляють собою деяку ранжовану оцінку, на прикладі показника рейтингу дисципліни.

Рейтинг дисципліни може бути сформований за результатами опитувань студентів. Опишемо цей рейтинг як лінгвістичну змінну D_rating . Її терм-множину представимо виразом (2), що включає значення, визначені відповідно до психометричної шкали Лайкерта на 5 градацій:

$$T_{D_rating} = \{ \text{"дуже низький"}, \text{"низький"}, \text{"середній"}, \text{"вище середнього"}, \text{"високий"} \}. \quad (2)$$

Еквівалентні назви термів англійською мовою для забезпечення комп'ютерного моделювання визначаються парами: “дуже низький” – “very low”, “низький” – “low”, “середній” – “normal”, “вище середнього” – “above normal”, “високий” – “high”, тоді терм-множина (2) матиме вигляд (3)

$$T_{D_rating} = \{ \text{"very low"}, \text{"low"}, \text{"normal"}, \text{"above normal"}, \text{"high"} \}. \quad (3)$$

Для визначення рейтингу можна використовувати альтернативні терм-множини, які визначають відтінки відношення студента до дисципліни (табл.1). Слід зауважити, що різні представлення термів терм-множини при цьому не впливають на потужність самої множини та, в загальному випадку, на спосіб обчислення нечіткого значення – для всіх альтернатив терму можна обрати одну й ту саму функцію належності.

Таблиця 1

Альтернативні терм-множини для визначення рейтингу дисципліни

Відтінок відношення	Терм 1	Терм 2	Терм 3	Терм 4	Терм 5
Ставлення	Дуже погано	Погано	Ні добре, ні погано (нейтральне ставлення)	Добре	Дуже добре
Важливість	Абсолютно не важливо	Неважливо	Важко відповісти (нейтрально)	Важливо	Дуже важливо
Задоволеність	Дуже незадоволений	Незадоволений	Нейтральний	Задоволений	Дуже задоволений
Намір обрати дисципліну	Точно не оберу	Швидше за все не оберу	Рівна ймовірність (важко відповісти)	Швидше за все оберу	Точно оберу

Універсальна множина E для лінгвістичної змінної D_rating визначається в кожному конкретному випадку в залежності від способу обчислення числового значення рейтингової оцінки. Наприклад, якщо рейтинг розраховується на основі однієї рангової оцінки в діапазоні $[1; 5]$, то універсум $E=[1; 5]$, а функції належності відповідних термів можуть бути визначені, наприклад, трикутними функціями виду (4-8) з графіками функцій належності, представленими на рис.1. Перший та останній терми для термножини (2) («дуже низький» та «високий») мають вигляд усічених трикутників.

$$\mu_{verylow}(x) = \begin{cases} 2 - x, & \text{при } 1 < x \leq 2; \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}; \quad (4)$$

$$\mu_{low}(x) = \begin{cases} x - 1, & \text{при } 1 < x \leq 2 \\ 3 - x, & \text{при } 2 < x \leq 3; \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} x - 2, & \text{при } 2 < x \leq 3 \\ 4 - x, & \text{при } 3 < x \leq 4; \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{abovenormal}(x) = \begin{cases} x - 3, & \text{при } 3 < x \leq 4 \\ 5 - x, & \text{при } 4 < x \leq 5; \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{high}(x) = \begin{cases} x - 4, & \text{при } 4 < x \leq 5 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}. \quad (8)$$

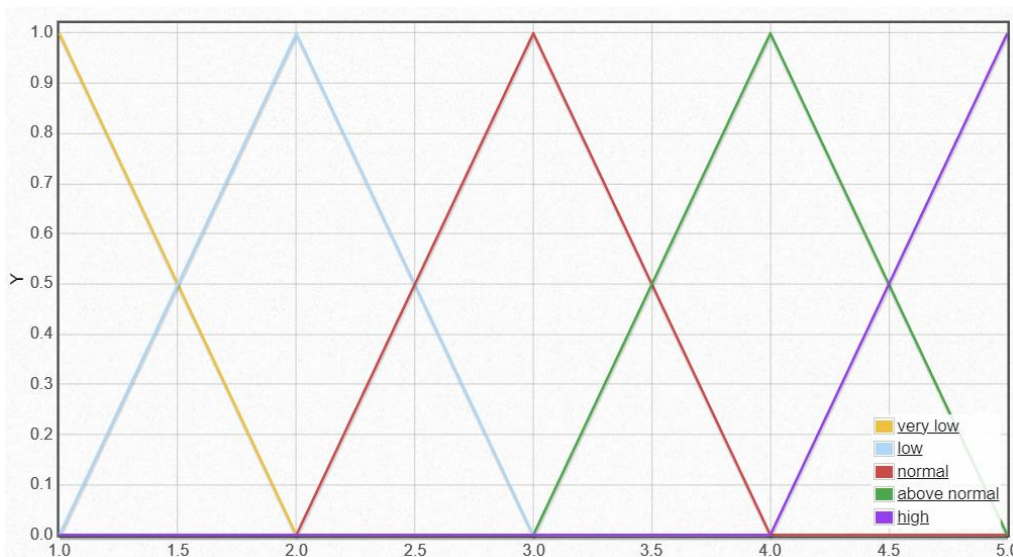


Рис. 1. Графіки функцій належності термів лінгвістичної змінної D_rating при використанні 5 ґрадацій шкали Лайкерта для ранжування рейтингу дисципліни

Параметри трикутних функцій для лінгвістичної змінної D_rating напряму залежать від кількості ґрадацій шкали. В загальному випадку, при використанні іншої дискретної шкали з кроком ґрадації в 1 пункт шкали, наприклад, шкали Лайкерта з 7 ґрадаціями, функція належності терма $x \in X_{D_rating}$ може бути визначена загальними виразами (9-11):

$$\mu(x, a) = \begin{cases} x - a + 1, & \text{при } a - 1 < x \leq a \\ a + 1 - x, & \text{при } a < x \leq a + 1 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad \forall a \in [dr_{min} + 1, dr_{max} - 1]; \quad (9)$$

$$\mu(x, a) = \begin{cases} dr_{min} + 1 - x, & \text{при } dr_{min} < x \leq dr_{min} + 1 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad a = dr_{min}; \quad (10)$$

$$\mu(x, a) = \begin{cases} x - dr_{max} - 1, & \text{при } dr_{max} - 1 < x \leq dr_{max} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad a = dr_{max}; \quad (11)$$

де dr_{min} визначає числове значення крайньої лівої градації шкали, dr_{max} – числове значення крайньої правої градації шкали. В такому випадку універсум визначається виразом (12):

$$E = [dr_{min}, dr_{max}]. \quad (12)$$

Для шкали Лайкерта будь-якої градації dr_{min} як правило становить 1, але в деяких випадках шкала може бути розширена значенням 0.

Особливістю процесу формування рейтингової оцінки є те, що в окремих випадках вона може описуватись багатокритеріальною моделлю – рейтингова оцінка визначається по декільком показникам, які включають, наприклад, кваліфікацію викладача, відповідність дисципліни силабусу (документ, що містить опис самого курсу, його політик та іншу інформацію, необхідну для ознайомлення з дисципліною), сучасність навчальних матеріалів, відповідність методів навчання, цікавість навчального матеріалу, складність навчального матеріалу, прозорість критеріїв оцінювання, об'єктивність оцінювання (рис.2). Оцінку рівня кожного показника можна представити числовими значеннями за шкалою від 1 до 5 та окремим значенням «Важко відповісти», яке може означати невпевненість студента в своїй оцінці, небажання надавати оцінку чи відсутність досвіду взаємодії (студент не відвідував заняття). Таким чином, терм «Важко відповісти» можна співвіднести з числовим значенням 0.

Оцініть викладання дисципліни "DevOps" *						
	5	4	3	2	1	Важко відповісти
Кваліфікація викладача	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Відповідність дисципліни силабусу	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Сучасність навчальних матеріалів	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Відповідність методів навчання	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Цікавість навчального матеріалу	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Складність навчального матеріалу	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Прозорість критеріїв оцінювання	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Об'єктивність оцінювання	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Рис. 2. Приклад параметрів опитування для формування рейтингової оцінки дисципліни

Для ситуацій, коли рейтингова оцінка формується на основі декількох критеріїв повинна бути додатково визначена деяка функція (13):

$$f(\text{mark}_1, \text{mark}_2, \dots, \text{mark}_n), \quad (13)$$

де mark_i – значення показника, що використовується при обчисленні рейтингу, n – кількість показників. Слід зазначити, що у випадку використання дискретних шкал для визначення значення показника, кількість градацій в шкалах в загальному випадку може відрізнятися.

При роботі з показниками, що визначають деяке відношення типу «відповідність» (дисципліна відповідає інтересам студента, тематика досліджень викладача відповідає напрямку кваліфікаційної роботи чи науковим інтересам студента і т.п.) можна використовувати два підходи:

1. Обчислювати відповідність, оцінюючи її так само, як дискретну чи безперервну рейтингову величину в універсумі $E = [dr_{min}; dr_{max}]$. Терм-множина нечіткої змінної відповідності в цьому випадку може бути описана як $T = \{\text{"абсолютно не відповідає"}, \text{"відповідає частково"}, \text{"більш-менш відповідає"}, \text{"відповідає значною мірою"}, \text{"повністю відповідає"}\}$. Функції належності відповідних термів можуть бути описані як трикутні, гаусові чи інші.

2. Обчислювати відповідність як ступінь істинності – тобто як безперервну величину в універсумі $E = [0; 1]$. В якості функції належності для цього випадку може бути використано, наприклад, Гаусову функцію (14):

$$\mu(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-c}{\delta}\right)^2\right], \quad (14)$$

де c – центр нечіткої множини, δ – крутизна функції належності.

Приклад нечіткої змінної, що визначає показник відповідності з терм множиною $T = \{\text{"match"}, \text{"does not match"}\}$ і Гаусовими функціями належності $\mu_{\text{match}}(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0.7}{0.2}\right)^2\right]$ та $\mu_{\text{does not match}}(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0.3}{0.2}\right)^2\right]$ наведено на рис.3.

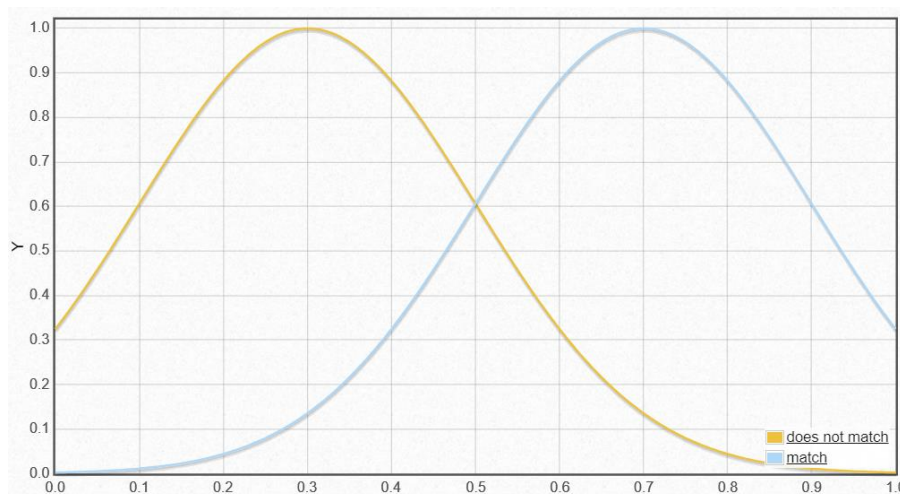


Рис.3. Приклад відображення нечіткої змінної, що визначає показник відповідності з терм множиною $T = \{\text{"match"}, \text{"does not match"}\}$ (функція належності – Гаусова)

Побудуємо рекомендацію для вибору дисципліни, використовуючи вихідну нечітку змінну *DisciplineRecommendation*, що описується терм множиною $T_{DisciplineRecommendation} = \{ "recommended", "not recommended" \}$ та Гаусовими функціями належності $\mu_{recommended}(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-10}{5}\right)^2\right]$ та $\mu_{not recommended}(x) = \exp\left[-\left(\frac{x}{3}\right)^2\right]$. Універсум нечіткої змінної для цього прикладу визначимо на діапазоні $E = [0; 10]$ (діапазон універсуму визначається конкретними вимогами рекомендаційної системи). Наведені функції належності утворюють невелике зміщення області позитивного рішення щодо рекомендації вліво від центру діапазону допустимих значень, що дозволяє зменшити порогове значення для позитивної рекомендації. Графічне представлення нечіткої вихідної змінної наведено на рис.4.

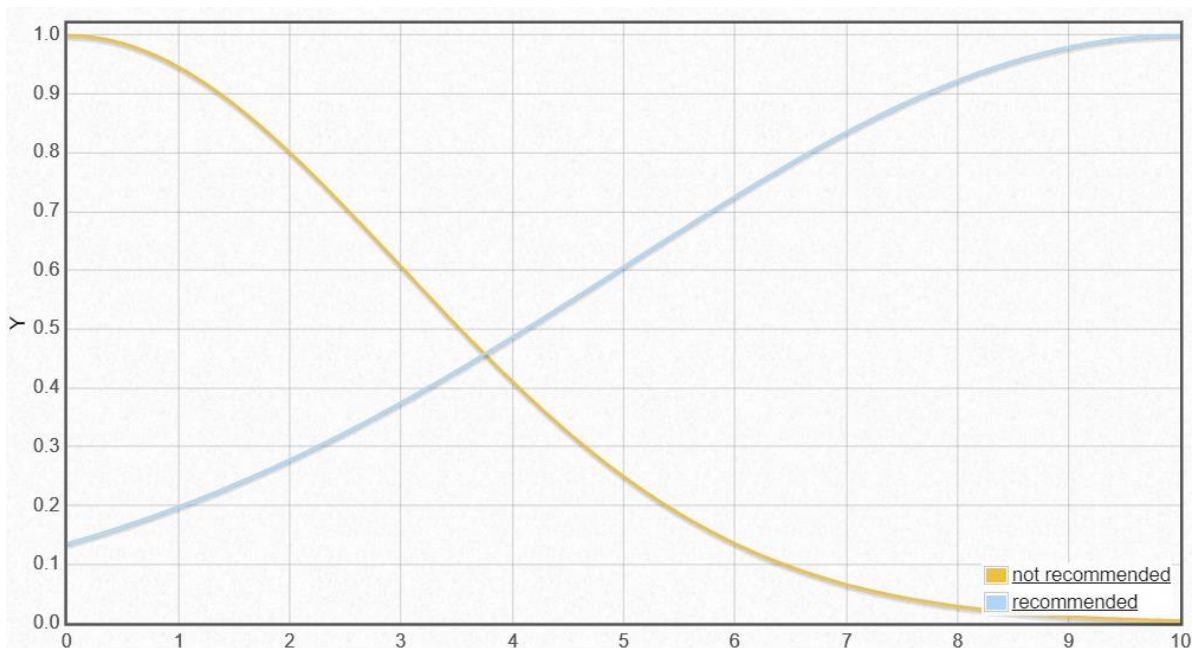


Рис. 4. Приклад відображення вихідної нечіткої змінної для формування рекомендації

Для отримання рекомендації необхідно побудувати правила нечіткого виведення, які описують залежність нечіткої вихідної змінної від нечітких вхідних змінних. Правила мають продукційну форму “if-then”. Приклади правил, які можуть бути використані для побудови рекомендації, та результати моделювання нечіткого виведення з антецедентами рейтингу дисципліни 1.7, рівня відповідності дисципліни інтересам студента 0.2 та рівня відповідності пререквізитів дисципліни 0.7 на основі алгоритму Мамдані наведено на рис.5.

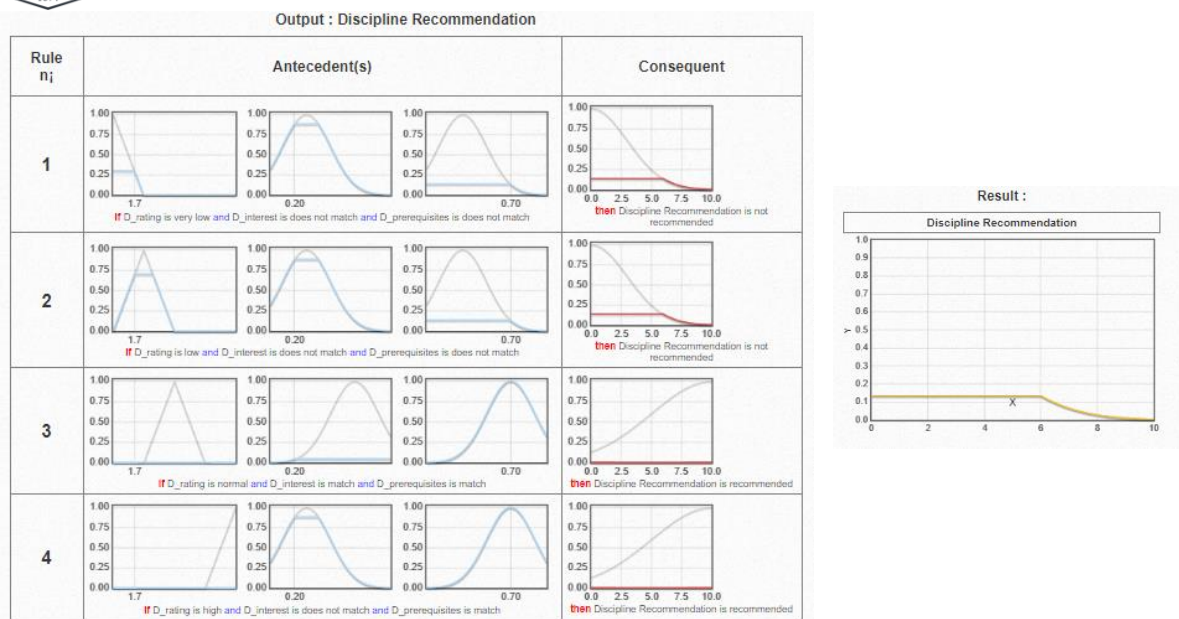


Рис. 5. Приклад результатів моделювання нечіткого виведення при формуванні рекомендації дисципліни

Запропонований підхід може бути розширений на інші показники рекомендаційної системи. В таблиці 2 представлено види показників, які можуть бути використані для побудови описаних на початку статті рекомендацій, і значення яких можуть бути перетворені в нечіткі змінні відповідно до наведених моделей.

Таблиця 2

Види показників, що можуть бути використані для побудови рекомендацій та приведені до нечіткого формату

Об'єкт рекомендації	Показник	Спосіб визначення показника
Дисципліна	Рейтинг дисципліни	Число в деякому діапазоні
	Відповідність дисципліни інтересам студента	Число в деякому діапазоні або логічна величина «істина (відповідає)/не істина (не відповідає)»
	Відповідність наявної освіти студента пререквізітам дисципліни	Число в деякому діапазоні або логічна величина «істина/не істина»
Джерело з бібліотеки закладу освіти	Рейтинг джерела (наскільки його рекомендують інші учасники освітнього процесу)	Число в деякому діапазоні
	Частота використання джерела	Число в деякому діапазоні
	Відповідність джерела інтересам студента	Число в деякому діапазоні або логічна величина «істина (відповідає)/не істина (не відповідає)»
Тема (або тематика дослідження) кваліфікаційної роботи чи наукової роботи, проєкту тощо	Рівень популярності тематики/напряму	Число в деякому діапазоні
	Відповідність тематики/напряму інтересам студента	Число в деякому діапазоні або логічна величина «істина (відповідає)/не істина (не відповідає)»

Потенційний керівник кваліфікаційної роботи, наукової роботи, проєкту тощо	Рейтинг викладача	Число в деякому діапазоні
	Відповідність спеціалізації викладача тематиці майбутніх досліджень	Число в деякому діапазоні або логічна величина «істина (відповідає)/не істина (не відповідає)»
Зовнішній курс (*за наявності відповідної інформації в базі рекомендаційної системи)	Рейтинг курсу	Число в деякому діапазоні
	Частота використання курсу	Число в деякому діапазоні

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблена модель представлення даних рекомендаційної системи в освітній сфері на основі нечіткої логіки дозволяє перейти від числових шкал оцінювання до більш зручного для кінцевого користувача лінгвістичного представлення. В роботі наведено декілька альтернативних терм-множин для представлення лінгвістичних описів оцінки користувача того чи іншого об'єкту інтересу. Всі наведені терм-множини адаптовані до домену предметної галузі освітньої сфери. На прикладі об'єкта інтересу «навчальна дисципліна» визначено порядок розрахунку величини рейтингу дисципліни. Розглянуті варіанти з терм-множинами, що відповідають шкалі Лайкерта та бінарній шкалі, дозволяють гнучко переходити між різними числовими діапазонами шкал оцінювання без суттєвих змін щодо їх семантичної складової. Слід зауважити, що зазначений підхід може використовуватись не тільки відносно вхідних даних, а й сама кінцева рекомендація може формуватися не в бінарних термінах «рекомендовано»/«не рекомендовано», а мати більше градацій відповідно до обраної шкали.

Перспективою подальших досліджень є розгляд багатокритеріальної моделі для формування змінної, що відповідає за рейтинг об'єкту інтересу, а також врахування контентної складової об'єктів інтересу при побудові рекомендації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мироненко Н., Абрамова О., Пуляк О. Використання інтернет-технологій та соціальних медіа в освітньому процесі та професійній діяльності викладачів закладів вищої освіти. *Наука і техніка сьогодні*. 2023. № 10(24). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10\(24\)-284-294](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10(24)-284-294)
2. Ayyadevara V. K. Recommender Systems. *Pro Machine Learning Algorithms*. Berkeley, CA, 2018. P. 299–325. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3564-5_13
3. Patel D., Patel F., Chauhan U. Recommendation Systems: Types, Applications, and Challenges. *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2023. Vol. 13, no. 1. P. 851–868. URL: <https://doi.org/10.12785/ijcnds/130168>
4. Даниленко М. С., Колесник І. С. Методи розробки рекомендаційних систем. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2021. Т. 52, №. 3. С. 10–15. URL: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2021-52-3-10-15>
5. An intelligent recommendation system in e-commerce using ensemble learning / A. Shankar et al. *Multimedia Tools and Applications*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17415-1>
6. Парфененко Ю., Ковтун А., Вербицька А. Рекомендаційна інформаційна система для пошуку відеоматеріалів. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2019. Випуск. 5. С. 97–102. URL: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2019.5.97-102>
7. Li E. AI in Video Recommendation System. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. 2023. Vol. 35. P. 280–285. URL: <https://doi.org/10.54097/hset.v35i.7214>



8. Paul S., Singh S., Rajbhoj S. Personalized Music Recommendation System. *SSRN Electronic Journal*. 2021. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3772631>
9. Amanullah M. A., Khedher A. Recommender Systems for E-Learning. *Machine Learning Approaches for Improvising Modern Learning Systems*. 2021. P. 221–247. URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5009-0.ch009>
10. Cena F., Vernerio F. A Study on User Preferential Choices about Rating Scales. *International Journal of Technology and Human Interaction*. 2015. Vol. 11, no. 1. P. 33–54. URL: <https://doi.org/10.4018/ijthi.2015010103>
11. Yassin F. M., Ouarda W., Alimi A. M. Fuzzy ontology as a basis for recommendation Systems for Traveler's preference. *Multimedia Tools and Applications*. 2022. Vol. 81, no. 5. P. 6599–6631. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11780-5>
12. Mandal M., Mohanty B. K., Dash S. Understanding consumer preference through fuzzy-based recommendation system. *IIMB Management Review*. 2021. Vol. 33, no. 4. P. 287–298. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2021.03.015>
13. Fuzzy Logic / ed. by J. Carter et al. Cham: Springer International Publishing, 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66474-9>

**Bogdan O. Khudik**

Assistant, Department of Software Engineering

State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID 0009-0005-1914-6418

bohdankhudik@gmail.com

DATA REPRESENTATION MODEL FOR A RECOMMENDATION SYSTEM IN THE EDUCATION FIELD BASED ON FUZZY LOGIC

Abstract. Analysis of modern research in the field of development of recommendation systems showed that they can be used quite successfully in the educational field. At the same time, the quality of the recommendation largely depends not only on which approach to building the recommendation is used, but also on how the data are presented and which of them are taken into account in the recommendations. The paper provides a rationale for choosing a data representation model based on fuzzy logic. When building models of fuzzy variables, the context of the domain of the subject area is taken into account, namely: the types of possible recommendations are determined; term-sets corresponding to the semantics of parameters and recommendations are formed; sets of alternative term sets are determined using the example of determining the discipline rating. Data modeling was carried out using triangular and Gaussian membership functions depending on the power of term sets of fuzzy variables: triangular or truncated triangular functions were used for term sets corresponding to a non-binary scale, and Gaussian membership functions were used for binary features. The issue of multi-criteria rating indicators is considered and an example of evaluating a discipline based on several indicators, which are components of its rating, is given. Data modeling was carried out and a vague conclusion was formed regarding the recommendation of the discipline using the Mamdani method. An example of the extension of the proposed approach to building a data model to other indicators of the recommendation system is provided, and a list of such indicators is determined according to the subject field of education. The model allows to take into account indicators that are a number in a certain range (at the same time, both discrete and continuous scales can be used) or a logical (binary) value (the interpretation of each value is determined by the context and can be interpreted in different ways in each individual case).

Keywords: recommendation system; fuzzy model; term-set; rating scale; the object of the user's interest; recommendation parameters.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Myronenko N., Abramova O., Puliak O. The use of Internet technologies and social media in the educational process and professional activities of teachers of higher education institutions. *Science and technology today*. 2023. no 10(24). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10\(24\)-284-294](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10(24)-284-294)
2. Ayyadevara V. K. Recommender Systems. *Pro Machine Learning Algorithms*. Berkeley, CA, 2018. P. 299–325. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3564-5_13
3. Patel D., Patel F., Chauhan U. Recommendation Systems: Types, Applications, and Challenges. *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2023. Vol. 13, no. 1. P. 851–868. URL: <https://doi.org/10.12785/ijcds/130168>
4. Danylenko M. S., Kolesnyk I. S. Methods of development of recommender systems. *Information technology and computer engineering*. 2021. Vol. 52, no 3. P. 10–15. URL: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2021-52-3-10-15>
5. An intelligent recommendation system in e-commerce using ensemble learning / A. Shankar et al. *Multimedia Tools and Applications*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17415-1>
6. Parfenenko Yu., Kovtun A., Verbytska A. Recommendation information system for finding video materials. *Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU*. 2019. Vol. 5. P. 97–102. URL: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2019.5.97-102>
7. Li E. AI in Video Recommendation System. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. 2023. Vol. 35. P. 280–285. URL: <https://doi.org/10.54097/hset.v35i.7214>



8. Paul S., Singh S., Rajbhoj S. Personalized Music Recommendation System. *SSRN Electronic Journal*. 2021. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3772631>
9. Amanullah M. A., Khedher A. Recommender Systems for E-Learning. *Machine Learning Approaches for Improvising Modern Learning Systems*. 2021. P. 221–247. URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5009-0.ch009>
10. Cena F., Vernerio F. A Study on User Preferential Choices about Rating Scales. *International Journal of Technology and Human Interaction*. 2015. Vol. 11, no. 1. P. 33–54. URL: <https://doi.org/10.4018/ijthi.2015010103>
11. Yassin F. M., Ouarda W., Alimi A. M. Fuzzy ontology as a basis for recommendation Systems for Traveler's preference. *Multimedia Tools and Applications*. 2022. Vol. 81, no. 5. P. 6599–6631. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11780-5>
12. Mandal M., Mohanty B. K., Dash S. Understanding consumer preference through fuzzy-based recommendation system. *IIMB Management Review*. 2021. Vol. 33, no. 4. P. 287–298. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2021.03.015>
13. Fuzzy Logic / ed. by J. Carter et al. Cham: Springer International Publishing, 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66474-9>

