

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ НАВЧАННЯ ТА ПОБУДОВА ОНТОЛОГІЇ НА ЇЇ ОСНОВІ

Т.В. Лендюк, Н.М. Васильків

Тернопільський національний економічний університет,
вул. Львівська, 11, м.Тернопіль, 46020, Україна; e-mail: tl@tneu.edu.ua

У статті запропоновано реалізацію моделі формування навчального матеріалу на основі рівня знань студентів і складності завдань (побудови індивідуальної траєкторії навчання), яка базується на апараті нечіткої логіки. Побудовано базу правил нечіткої моделі та перевірено її на правильність роботи. Сформовані нечіткі правила використано в онтології навчальної дисципліни.

Ключові слова: індивідуальна траєкторія навчання, навчальний фрагмент, нечітка логіка, нечітка онтологія

Вступ

Однією з переваг застосування інформаційних технологій у навчальному процесі є можливість використання адаптивного навчання. Система дистанційного навчання з можливістю адаптації готує для студента навчальний матеріал з врахуванням його індивідуальних особливостей і формує індивідуальну траєкторію навчання з використанням навчальних фрагментів заданого рівня складності та додаткового навчального матеріалу відповідно до результатів проміжного тестування.

Існує ряд підходів щодо індивідуальної траєкторії навчання. Наприклад, П. Брусіловський вважає, що послідовність курсу спрямована на допомогу студенту знайти оптимальний шлях «в навчальному матеріалі» [1]. Карла Лімонгеллі вважає, що генерування курсу для студента може розглядатися як індивідуальна траєкторія навчання (набір дій), які студент має вивчити (виконати) для досягнення цільового рівня знань [2]. Грецькі вчені Карампіперіс та Сампсон розглядають визначення послідовності навчальних ресурсів як навчальний шлях [3].

Актуальною в даний час є така побудова індивідуальної навчальної траєкторії, при якій студент забезпечується теоретичним матеріалом, вправами для вивчення теорії, інструктивними матеріалами для виконання вправ відповідно до його моделі, тобто студент забезпечується навчальним матеріалом відповідно до його індивідуальних особливостей [4, 5].

В рамках навчальних процесів специфікувати основні компоненти навчальних дисциплін – лекції, практичні, лабораторні роботи, навчальні матеріали дає змогу застосування онтологій, які забезпечують можливість організації ефективного розподіленого доступу до навчальних ресурсів шляхом створення єдиної бази знань, яка поєднує в собі навчальні дисципліни і може бути розподіленою в мережі Інтернет, що зробить її незалежною від інтерпретації конкретного навчального процесу. Внаслідок цього роль навчальної системи зводиться до ролі інтелектуального агента, що проводить вибірку з бази знань або її зміну залежно від контексту навчання. Також можливо проводити тестування, генеруючи контрольні завдання відповідно до семантики описаних онтологій конкретних навчальних курсів [6].

В даний час онтології використовуються разом з нечіткими множинами для усунення невизначеної інформації в різних областях, наприклад, для пошуку в документах або для підбору навчальних фрагментів для вивчення.

Одне з можливих рішень для обробки невизначених даних полягає в тому, щоб забезпечити включення нечіткої логіки в онтологію [7-8]. Зараз активно ведуться дослідження, і навіть є деякі напрацювання застосування теорії нечіткої логіки в онтологіях [9-11].

Метою даної роботи є побудова моделі формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням нечіткої логіки та створення на її основі онтології навчальної дисципліни.

Основна частина

Введення нечітких характеристик щодо оцінки навчального матеріалу може допомогти в підготовці завдань і розробці тестів. Наприклад, викладач може достатньо швидко визначити, є завдання складним чи ні. Але сказати точно, наскільки воно є складним за 100-бальною шкалою або оцінити різницю складності двох завдань, буде досить важко [12, 13].

З точки зору студента, нечітка оцінка знань у вигляді «відмінно», «дуже добре», «добре», «задовільно» і «незадовільно» є зрозумілішою, ніж кількість балів, яка набрана в результаті тестування [14].

При адаптивному навчанні складність завдання, яке є складовою індивідуальної траєкторії навчання, може бути визначена у вигляді певної кількості балів або відсотків, або ж з використанням нечіткої логіки, за рішенням експерта [15]. Нечіткі моделі є достатньо прозорими та зрозумілими і тому не поступаються іншим методам, особливо там, де змістовна інтерпретація важливіша за точність моделювання [4, 16].

В нечітких множинах для побудови математичних моделей формалізують лінгвістичну інформацію за допомогою поняття лінгвістичної змінної, значеннями якої є слова або вирази. Лінгвістичні значення називаються термами, а набір усіх можливих термів формує терм-множину [13, 17].

Функцією належності в нашому випадку буде функція $\mu^A(u):U \rightarrow [0;1]$, що дає змогу для кожного елемента u універсальної множини U розрахувати ступінь його належності до нечіткої множини \tilde{A} . Універсальна множина U містить повну множину значень, що охоплює всю проблемну область [18]. В якості функції належності для термів вхідних змінних використано трапецієвидну функцію (рис. 1) [4].

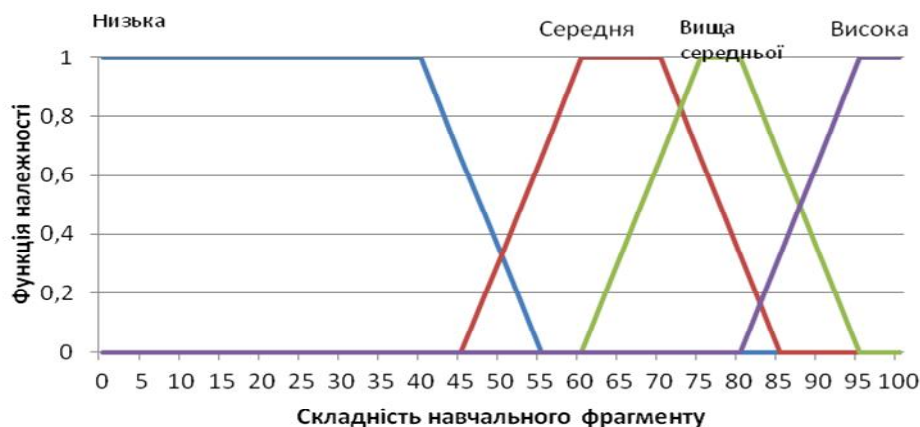


Рис. 1. Функція належності для термів вхідних змінних

Для проведення розрахунків використано формулу, що відповідає трапецієподібній функції належності. У результаті одержано систему рівнянь для розрахунку значень функції належності кожного з термів вхідних змінних [5]:

$$\mu_{ns}(a) = \begin{cases} 1, & a \leq 40 \\ \frac{55-a}{40}, & 40 \leq a \leq 55 \\ 0, & a \geq 55 \end{cases}, \quad \mu_s(a) = \begin{cases} 0, & a \leq 65 \text{ або } a \geq 95 \\ \frac{a-75}{60}, & 60 \leq a \leq 75 \\ 1, & 70 \leq a \leq 80 \\ \frac{95-a}{80}, & 80 \leq a \leq 95 \end{cases}, \quad (1)$$

$$\mu_{vs}(a) = \begin{cases} 0, & a \leq 45 \text{ або } a \geq 85 \\ \frac{a-60}{45}, & 45 \leq a \leq 60 \\ 1, & 60 \leq a \leq 70 \\ \frac{85-a}{70}, & 70 \leq a \leq 85 \end{cases}, \quad \mu_v(a) = \begin{cases} 0, & a \leq 80 \\ \frac{a-95}{80}, & 80 \leq a \leq 95 \\ 1, & 90 \leq a \leq 100 \end{cases}$$

де $\mu_{ns}(a)$ – функція належності для складності нижчої від середньої, $\mu_s(a)$ – функція належності для середньої складності, $\mu_{vs}(a)$ – функція належності для складності вищої від середньої, $\mu_v(a)$ – функція належності для високої складності.

База нечітких знань моделі нечіткого формування індивідуальної траєкторії навчання містить два входи: «Рівень знань студента» та «Складність навчального фрагмента» і один вихід – «Час вивчення навчального фрагмента». В загальному, нечітка модель підбору завдань для індивідуальної траєкторії навчання має вигляд, поданий на рис. 2.



Рис. 2. Загальна схема нечіткої моделі побудови індивідуальної траєкторії навчання

Лінгвістична змінна «Рівень знань студента» містить терми {Низький; Нижчий від середнього; Середній; Вищий від середнього; Високий}. Лінгвістична змінна «Складність навчального фрагмента» містить терми {Нижча від середньої; Середня; Вища від середньої; Висока}. Лінгвістична змінна «Час вивчення навчального фрагмента» містить терми {Малий; Середній; Тривалий}.

Мета теорії нечітких множин полягає в тому, щоб описати невизначене поняття через узагальнене поняття множини, відповідно до якого об'єкт може належати до певної міри множині (як правило, дійсне число з інтервалу $[0,1]$). Наприклад, семантичний зміст твердження, що «Студент із високим рівнем знань може вивчити навчальний фрагмент із складністю нижчою за середню за малий час», може мати ступінь або значення істинності 0.6.

Для побудови нечіткої моделі та з метою пришвидшення її роботи потрібно описати рівень знань студентів (табл. 1) та складність навчального фрагмента, що буде

використовуватись (табл. 2). Саме такий розподіл використовується для задання вхідних змінних, тобто для побудови їх функцій належності.

Таблиця 1.

Шкала оцінювання рівня знань студента

Рівень знань студента в логітах Раша	Позначення
Високий, 4.1 – 5.0	В
Вище від середнього, 3.1 ... 4.0	ВС
Середній, 2.1 ... 3.0	С
Нижче від середнього, 1.1 ... 2.0	НС
Низький, -5.0 ... 1.0	Н

Таблиця 2.

Складність навчального фрагмента

Складність навчального фрагмента в логітах Раша	Позначення
Висока, 4.1 – 5.0	В
Вища від середньої, 3.1 ... 4.0	ВС
Середня, 2.1 ... 3.0	С
Нижча від середньої, 1.1 ... 2.0	НС
Низька, 0.1 ... 1.0	Н

Виходом розробленої нечіткої моделі формування індивідуальної траєкторії навчання є час вивчення навчального фрагмента, який позначається відповідно до змінних, поданих у табл. 3.

Таблиця 3.

Час вивчення навчального фрагмента

Опис	Позначення
Малий час вивчення, 0 ... 3 хв.	М
Середній час вивчення, 3 ... 6 хв.	С
Тривалий час вивчення, 7 ... 15 хв.	Т

Для моделювання бази нечітких знань використано Fuzzy Logic Toolbox – пакет прикладних програм, що входить в склад середовища MatLab. На основі даного пакету створено модель нечіткого логічного висновку і нечіткої класифікації.

При розробці нечіткої моделі необхідно врахувати значення вхідних та вихідних змінних, а також правильно побудувати базу правил, за якою здійснюватиметься нечіткий висновок.

Входи і виходи, а також функції належності нечіткої системи побудови індивідуальної траєкторії навчання наведено на рис. 3-5.

Робота запропонованої нечіткої моделі побудови індивідуальної траєкторії навчання залежить від бази правил. Оскільки кожна вхідна змінна задана різною кількістю функцій належності і враховуючи неможливість ситуації, коли вхідна змінна не задана, база правил складається з $R = 6 \cdot 6 - 1 = 35$ правил типу «якщо – то» і будується відповідно до даних табл. 4.

У процесі роботи системи сформовано набір правил визначення часу вивчення навчального матеріалу (рис. 6).

Поверхня (рис. 7) відображає залежність часу вивчення навчального матеріалу від рівня знань студента і складності навчального матеріалу.

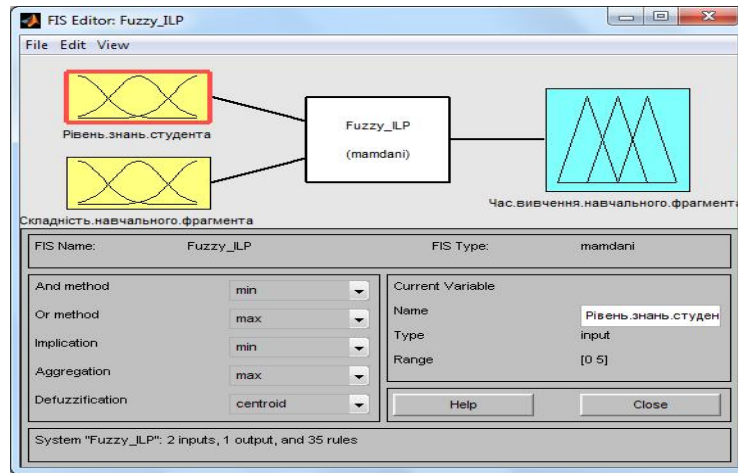


Рис. 3. Входи і виходи нечіткої системи

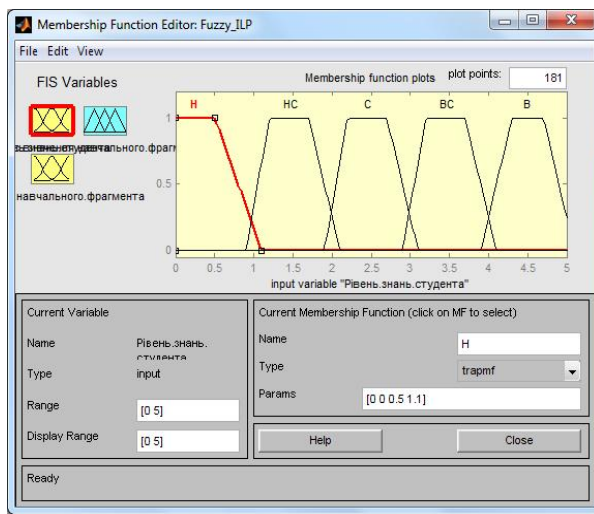


Рис. 4. Функції належності вхідної змінної «Рівень знань студента»

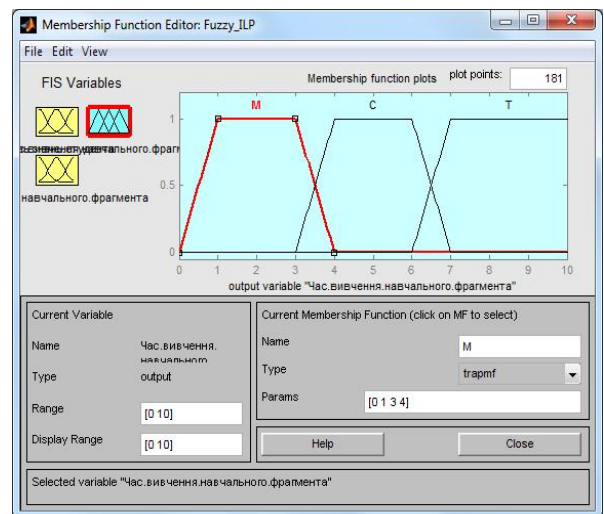


Рис. 5. Функції належності вихідної змінної «Час вивчення навчального фрагмента»

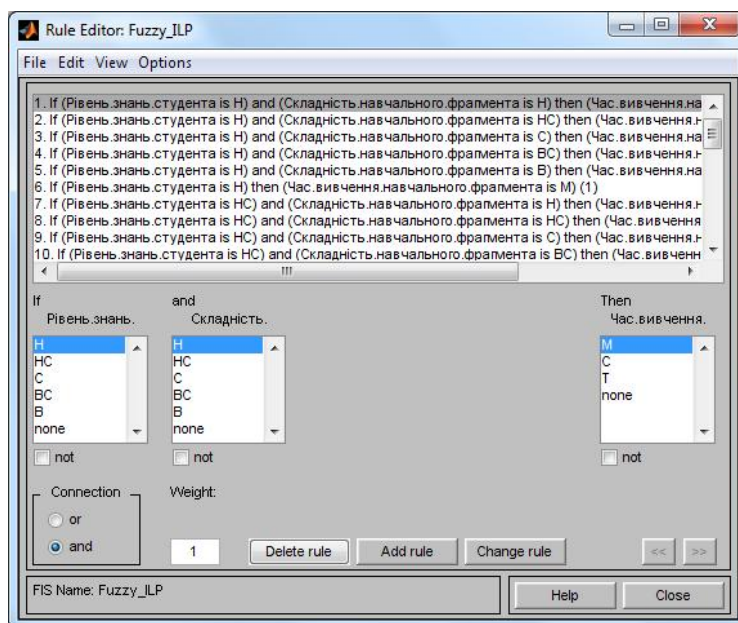


Рис. 6. Набір нечітких правил визначення часу вивчення навчального фрагмента

Таблиця 4.

Відповідність вхідних та вихідної змінних

№ пра-вила	Рівень знань студента	Складність навчального фрагмента	Час вивчення навчального фрагмента	№ пра-вила	Рівень знань студента	Складність навчального фрагмента	Час вивчення навчального фрагмента
1	Н	Н	М	19	ВС	Н	М
2	Н	НС	С	20	ВС	НС	М
3	Н	С	С	21	ВС	С	М
4	Н	ВС	Т	22	ВС	ВС	С
5	Н	В	Т	23	ВС	В	С
6	Н	Не задано	М	24	ВС	Не задано	М
7	НС	Н	М	25	В	Н	М
8	НС	НС	С	26	В	НС	М
9	НС	С	С	27	В	С	М
10	НС	ВС	Т	28	В	ВС	С
11	НС	В	Т	29	В	В	С
12	НС	Не задано	М	30	В	Не задано	С
13	С	Н	М	31	Не задано	Н	М
14	С	НС	М	32	Не задано	НС	М
15	С	С	С	33	Не задано	С	С
16	С	ВС	Т	34	Не задано	ВС	С
17	С	В	Т	35	Не задано	В	Т
18	С	Не задано	С				

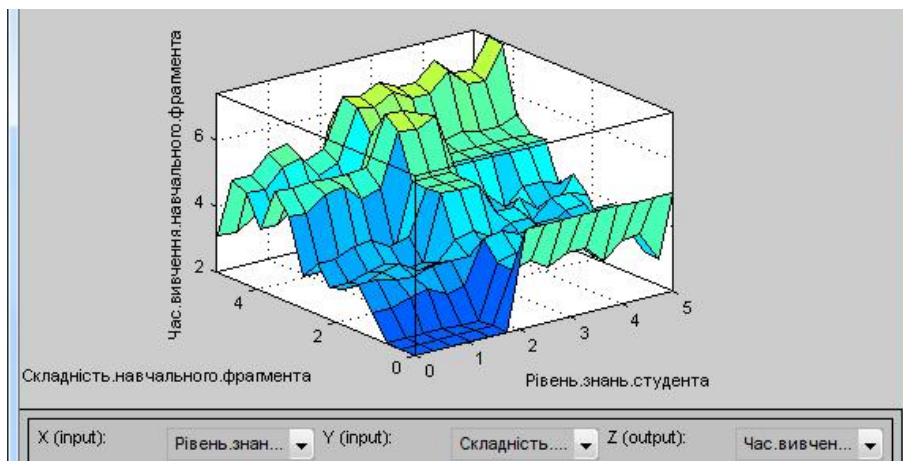


Рис. 7. Залежність часу вивчення навчального матеріалу від рівня знань студента і складності навчального матеріалу

У табл. 5 наведено залежність вихідної змінної від вхідних.

Як видно з рис. 7 та табл. 5, час вивчення навчального матеріалу залежить як від рівня знань студента, так і від складності навчального матеріалу.

Нечітку базу знань, розроблену в середовищі MatLab, можна використати у редакторі онтологій Protégé. Для цього використовується плагін Fuzzy OWL. Розглянемо алгоритм задання нечіткого відношення відповідно до методики FuzzyOWL:

1. Створюється нова властивість-анотація `fuzzyLabel`, в якій будуть задаватися параметри нечіткості кожного елемента онтології.

2. Лінгвістичні змінні визначаються в формі нових створених типів даних (Datatype).

3. Для кожного створеного типу даних задаються верхня і нижня межа прийнятих значень, вибирається тип функції приналежності і для неї задаються параметри відповідності.

Таблиця 5.

Відповідність вхідних та вихідної змінних

Рівень знань студента	Складність навчального матеріалу	Час вивчення навчального матеріалу, хв
-4.096	4.337	8.26
-4.179	1.592	4.5
4.458	3.735	7.5
0.251	5.1	8.09
-2.189	1.99	6.25
5	1.566	1.41
2.786	1.99	3.4
2.786	3.582	8.24
3.976	5	6.39
2.388	1.94	2.49
4.08	2.687	1.38
2.786	2.388	4.5
-1.928	2.771	8.22

Методологія FuzzyOWL передбачає аналітичне визначення декількох можливих типів функцій належності:

- трикутні (triangular);
- трапецієвидні (trapezoidal);
- лінійні (linear);
- кусково-лінійні: лівобічні і правобічні (left-shoulder and right-shoulder).

Приклад визначення лінгвістичної змінної «навчальний фрагмент рівня складності вищої за середню» і відповідної функції належності:

```
<AnnotationAssertion>
  <AnnotationProperty IRI="#fuzzyLabel"/>
  <IRI>#СкладністьВищаСередньої</IRI>
  <Literal
    datatypeIRI="&rdf;PlainLiteral">&lt;fuzzyOwl2
fuzzyType="&quot;datatype&quot;&gt;
&lt;Datatype type="&quot;trapezoidal&quot; a=2.5; b=3; c=4; d=4.5; /&gt;
&lt;/fuzzyOwl2&gt;</Literal>
</AnnotationAssertion>
```

Розглянемо реалізацію нечіткої онтології побудови індивідуальної траєкторії навчання для дисципліни «Теорія прийняття рішень».

Онтологія навчальної дисципліни містить класи: лекцій, практичних та лабораторних занять. Лекції містять навчальні фрагменти, які є їх складовими частинами. Використовуючи дану онтологію і беручи до уваги метадані навчальних фрагментів здійснюється підбір навчальних фрагментів для побудови індивідуальної траєкторії навчання.

Зазвичай онтологія навчального фрагменту включає наступні метадані: автор, тема, опис, дата, тип, формат, ідентифікатор, джерело, мова, зв'язки, охоплення, права.

Клас «тип» навчального матеріалу містить дані про його тип (базовий теоретичний матеріал, додатковий теоретичний матеріал, роз'яснюючий матеріал, задачі на виконання). Дуже важливим класом для побудови індивідуальної траєкторії навчання є клас складності, за допомогою якого і формується набір навчального матеріалу. Суттєве значення має час вивчення навчального фрагмента при відомій складності і рівні знань, тобто коли складність навчального фрагмента вища від рівня знань – час вивчення зростає, в протилежному випадку – зменшується.

На рис. 8 наведено приклад індивіда онтології індивідуальної траєкторії навчання, а на рис. 9 подано нечітку онтологію в складі онтології індивідуальної траєкторії навчання.

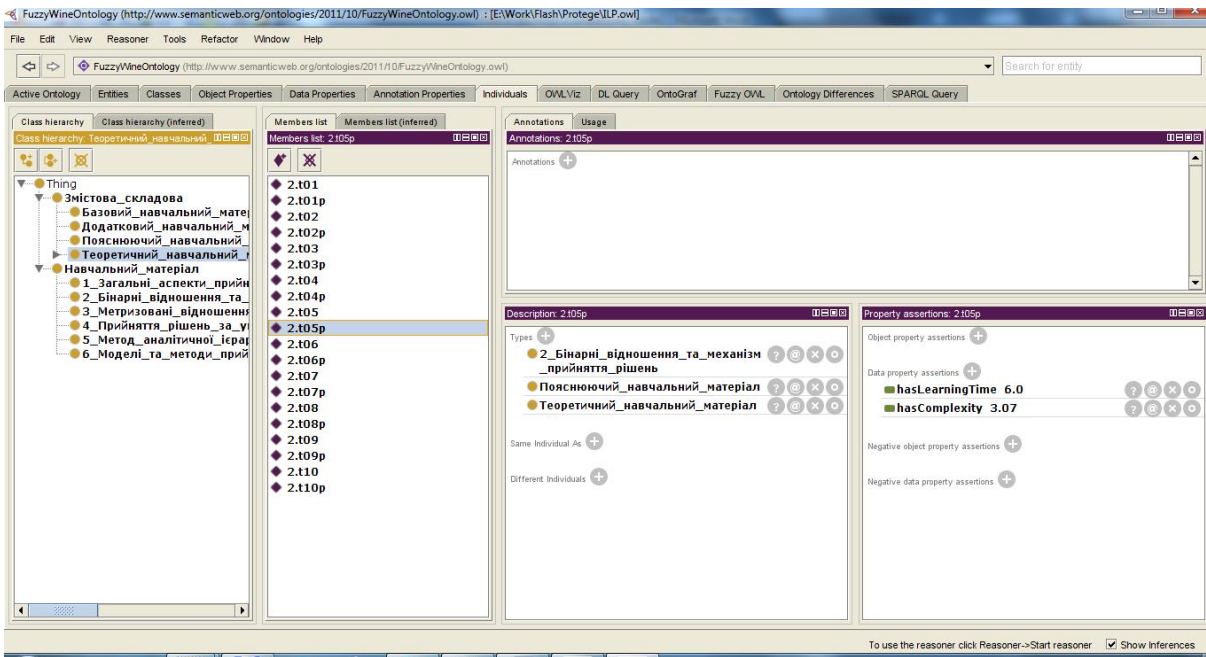


Рис. 8. Індивіди онтології індивідуальної траєкторії навчання

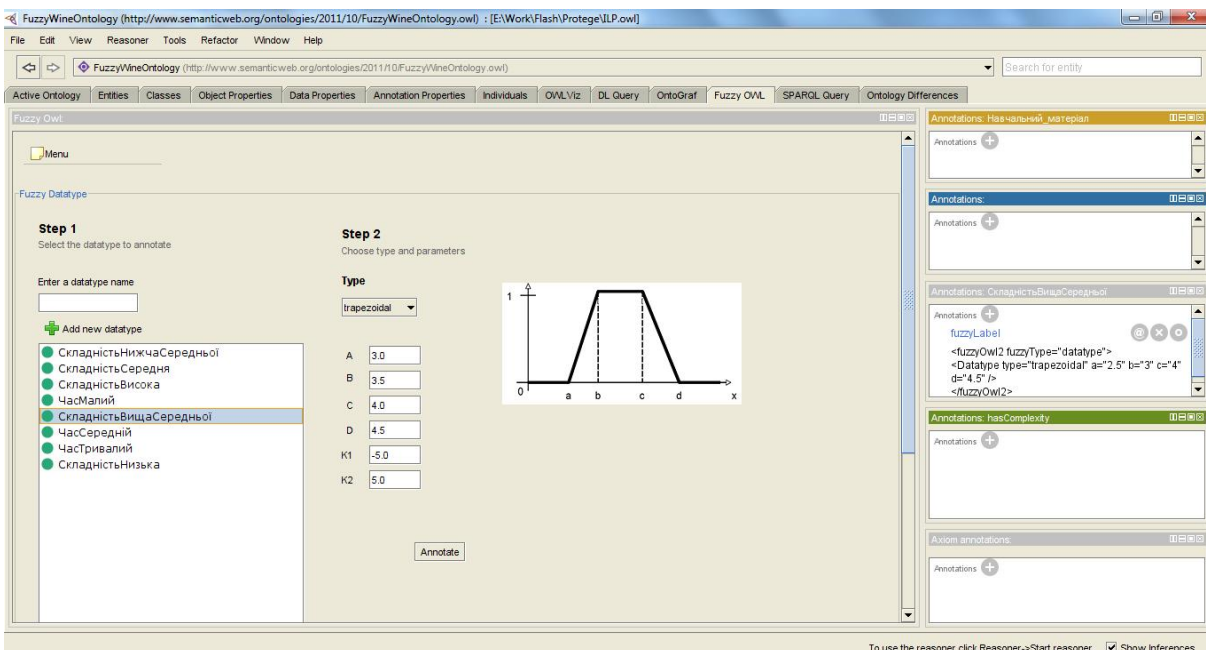


Рис. 9. Нечітка онтологія в онтології індивідуальної траєкторії навчання

Таким чином, даний підхід використовується для інтеграції нечіткого онтологічного та логічного висновку.

Висновки

Вирішено актуальну наукову задачу формування індивідуальної траєкторії навчання студента із застосуванням нечіткого підходу. Розроблено базу нечітких правил для визначення часу вивчення навчального фрагменту залежно від рівня знань студента та складності навчального матеріалу. База правил нечіткої моделі формування індивідуальної траєкторії навчання використовується для створення онтології навчальної дисципліни шляхом введення характеристик складності навчальних фрагментів та часу їх вивчення.

Список літератури

1. Brusilovsky, P. Adaptive navigation support: from adaptive hypermedia to the adaptive web and beyond / P. Brusilovsky // *PsychNology Journal*. – 2004. – Vol. 2. – No. 1. – pp. 7-23.
2. Limongelli, C. Configuration of Personalized e-Learning Courses in Moodle / Carla Limongelli, Giuseppe Sampietro, Marco Temperini // *EUROCON 2007 The International Conference on «Computer as a Tool»*, Warsaw, September 9-12, 2007. – Pp. 2680-2686.
3. Karampiperis, P. Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems / P. Karampiperis, D. Sampson // *Educational Technology & Society*. – 2005. – Vol. 8. – Issue 4. – Pp. 128-147.
4. Лендюк, Т.В. Формування індивідуальної траєкторії навчання з використанням знання-орієнтованого і нечіткого підходів / Т.В. Лендюк, С.П. Ріппа, С.І. Саченко // *Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи [матеріали XV Міжнародного наукового семінару, Київ – оз. Світязь, 4–8 липня 2016 року]*. – С. 279-283.
5. Лендюк, Т.В. Використання нечіткої логіки для формування індивідуальної траєкторії навчання / Т.В. Лендюк // *Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Українська наука: проблеми сьогодення та перспективи розвитку»*, Київ, 24-25.07.2015. – С. 44-47.
6. Коваль, В.С. Система дистанційного навчання як інформаційний портал в середовищі семантичного Вебу / В.С. Коваль, Т.В. Лендюк, С.П. Ріппа // *Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали II Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2012*. – Тернопіль: ТНЕУ, 2012. – С. 179-180.
7. Асаки, К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаки, Д. Вагада, С. Иваи и др. Пер. с япон.; под ред. Тэрано Т., Сугэно М. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
8. Zadeh, L.A. Generalized theory of uncertainty (GTU) – principal concepts and ideas / Lotfi A. Zadeh // *Computational statistic & Data analysis*. – 2006. – № 51. – pp. 15-46.
9. Хала, К.А. Один из подходов использования нечеткой логики в построении предметно-ориентированных онтологий на основе текстового контента / К.А. Хала // *Международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации» ИАИ-2013*, Киев, 15–17 мая 2013 г. : сб. тр.– К. : Просвіта, 2013. – С. 21-27.
10. García-Cerdaña À. Fuzzy Description Logics and t-norm based fuzzy logics / À. García-Cerdaña, E. Armengol, F. Esteva // *International Journal of Approximate Reasoning*. – 2010. – Vol. 51. – Pp. 632-655.
11. Lukasiewicz, T. Description logic programs under probabilistic uncertainty and fuzzy vagueness / T. Lukasiewicz, U. Straccia // *International Journal of Approximate Reasoning*. – 2009. – Vol. 50. – Pp. 837-853.
12. Aajli, A. A new approach of learning hierarchy construction based on fuzzy logic / A. Aajli, K. Afdel // *International Journal of Engineering Research and Applications*. – 2014. – Vol. 4. – Issue 10 (Part – 3). – Pp. 58-66.
13. Szentes, D. Enhanced test evaluation for web based adaptive learning paths / D. Szentes, B.-A. Bargel, A. Streicher, W. Roller // in *Proceedings of the 7th International Conference on Next Generation Web Services Practices, NWeSP*, Salamanca, Spain, 19-21 October 2011. – Pp. 352-356.

14. Gokmen, G. Evaluation of Student Performance in Laboratory Applications Using Fuzzy Logic / G. Gokmen, T.C. Akinci, M. Tektas, N. Onat. G. Kocyigit, N. Tektas // *Procedia Social and Behavioral Science*. – 2010. – Vol. 2. – Issue 2. – Pp. 902-909.
15. Voskoglou, M.Gr. Fuzzy Methods for Student Assessment / M.Gr. Voskoglou, I.Ya. Subbotin // *International Journal of Education and Information Technology*. – 2015. – Vol. 1. – No. 1. – Pp. 20-28.
16. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
17. Zadeh, L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility / L.A. Zadeh // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1999. – Vol. 100. – No. supp. – Pp. 3-28.
18. Штовба, С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным / С.Д. Штовба // *Проблемы управления и информатики*. – 2007. – №4. – С. 102-114.

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ОНТОЛОГИИ НА ЕЕ ОСНОВЕ

Т.В. Лендюк, Н.М. Васильків

Тернопольский национальный экономический университет,
ул. Львовская, 11, г. Тернополь, 46020, Украина; e-mail: tl@tneu.edu.ua

В статье предложена реализация модели формирования учебного материала на основе уровня знаний студентов и сложности задач (построения индивидуальной траектории обучения), которая базируется на аппарате нечеткой логики. Построена база правил нечеткой модели и проверена на правильность работы. Сформированные нечеткие правила использованы в онтологии учебной дисциплины.

Ключевые слова: индивидуальная траектория обучения, учебный фрагмент, нечеткая модель, нечеткая онтология

FUZZY MODEL OF INDIVIDUAL LEARNING PATH FORMING AND ONTOLOGY DESIGN ON ITS BASIS

T.V. Lendyuk, N.M. Vasykiv

Ternopil National Economic University,
11 Lvivska street, Ternopil, 46020, Ukraine; e-mail: tl@tneu.edu.ua

The article proposes the implementation of model for the forming of educational material based on the students knowledge level of and the tasks complexity (the construction of individual learning path), which is based on the fuzzy logic approach. The basis of fuzzy model rules was constructed and it was checked for work correctness. Formed fuzzy rules are used in the discipline ontology.

Key words: individual trajectory of training, training fragment, fuzzy model, fuzzy ontology