

УДК 004.89

Ю. П. Кондратенко, д-р техн. наук,
Г. В. Кондратенко, канд. техн. наук,
Є. В. Сіденко

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АКАДЕМІЧНО-ПРОМИСЛОВИХ КОНСОРЦІУМІВ ТИПУ «УНІВЕРСИТЕТ – ІТ-КОМПАНІЯ»

Анотація: В даній роботі наведено аналіз результатів досліджень та моделювання інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки з ієрархічно-організованою структурою, що дозволяє здійснити вибір найбільш раціональної моделі академічно-промислових консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія».

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, нечітка логіка, лінгвістична модель, функція належності, лінгвістичний терм, база правил, фаззифікація, дефаззифікація, академічно-промисловий консорціум

Y. Kondratenko, ScD.,
G. Kondratenko, PhD.,
Ie. Sidenko

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CHOICE THE RATIONAL MODEL OF ACADEMIC-INDUSTRY CONSORTIUMS SUCH AS “UNIVERSITY – IT-COMPANY”

Abstract: In this work presents an analysis of research results and intelligent decision support system modeling based on fuzzy logic with hierarchically-organized structure for choice the most rational model of academic-industry consortiums such as “University – IT-company”.

Keywords: decision support system, fuzzy logic, linguistic model, membership function, linguistic term, rule base, fuzzification, defuzzification, academic-industry consortium

Ю. П. Кондратенко, д-р техн. наук,
Г. В. Кондратенко, канд. техн. наук,
Е. В. Сіденко

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АКАДЕМИЧЕСКИ-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНСОРЦИУМОВ ТИПА «УНИВЕРСИТЕТ – ИТ-КОМПАНИЯ»

Аннотация: В данной работе приведен анализ результатов исследований и моделирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений на основе нечеткой логики с иерархически организованной структурой, позволяющей осуществить выбор наиболее рациональной модели академически-промышленных консорциумов типа «Университет – IT-компания».

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, нечеткая логика, лингвистическая модель, функция принадлежности, лингвистический терм, база правил, фаззификация, дефаззификация, академически-промышленный консорциум

Вступ. Суттєвий вплив на загальний рівень розвитку та інтеграції інформаційних технологій в народне господарство України та в сегменти світового ринку відіграють результати високоефективної і взаємовигідної співпраці університетів та ІТ-компаній. При цьому впровадження нових моделей співпраці потребує врахування та обробки великої кількості вхідної інформації, зокрема, на основі аналізу попереднього досвіду співпраці зацікавлених сторін, переваг та напрямків розвитку, наукового і освітнього рівнів учасників майбутнього академічно-промислового консорціуму, рівня зайнятості студентів і викладачів університетів та працівників ІТ-компаній та ін. Неокректно вибрана модель співпраці, як і недотримання відповідних умов колаборації в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія» можуть призвести до небажаних і неочікуваних наслідків, зокрема до

втрати значної кількості інтелектуальних та/або матеріальних ресурсів, зниження освітньо-кваліфікаційного рівня спеціалістів, появи обмеженості у навчанні та розвитку здатності до креативного мислення [2; 5 – 6; 9].

Постановка задачі дослідження. Підвищенню ефективності співпраці можуть сприяти системи підтримки прийняття рішень (СППР), що розробляються на основі новітніх методів, технологій та підходів системного аналізу, прогнозування, нечіткої логіки, нейронних мереж, штучного інтелекту та ін. Застосування вищезгаданих методів при проектуванні сучасних СППР дозволяє здійснювати обробку значних масивів різнотипної інформації на новому рівні інтелектуальної взаємодії людини-оператора (ЛПО) і комп'ютерної системи [4]. Невирішеним на даний час залишається питання вибору моделей партнерської взаємодії на основі розробки системи багатокритерійного оцінювання можливого рівня співпраці університетів та ІТ-компаній. Застосування СППР такого

© Кондратенко Ю.П., Кондратенко Г.В.,
Сіденко Є.В., 2015

класу в конкретних практичних випадках дає змогу обирати найбільш раціональну модель розвитку консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія» з точки зору досвіду успішно функціонуючих співпраць університетів та ІТ-компаній [5].

Метою даної роботи є розробка та дослідження СППР на основі нечіткої логіки для підвищення ефективності процесів багатокритерійного прийняття рішень при виборі моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія».

Попередні дослідження та аналіз успішного досвіду співпраці в рамках різнотипних консорціумів доводять, що на сьогоднішній день розв'язання задачі оцінювання рівня співпраці університетів та ІТ-компаній передбачає вибір однієї з чотирьох ($m = 4$) сформованих альтернативних моделей [5], як альтернативних варіантів рішень $E_i, (i = 1...m)$, де варіанту рішень E_1 відповідає модель $A1$ (взаємодія між університетом та ІТ-компанією в організації освіти та навчання, обмін знаннями, цілеспрямована підготовка кадрів для ІТ-індустрії); варіанту E_2 – модель $A2$ (організація та підтримка процесів сертифікації результатів співпраці); варіанту E_3 – модель B (створення спільного центру наукових досліджень, розробка спільних наукових проектів); варіанту E_4 – модель C (створення студентських наукових груп з бізнес орієнтацією та реалізацією стартапів). При цьому ефективність процесів вибору моделей співпраці суттєво залежить від обраних критеріїв $x_j, (j = 1, 2, ..., n)$, що характеризують кожного з партнерів відповідного майбутнього консорціуму типу «Університет – ІТ-компанія».

Аналіз результатів досліджень інтелектуальної СППР з ієрархічно-організованою структурою

В даній роботі розглядається розроблена авторами СППР для вибору моделі ($m = 4$) співпраці університетів та ІТ-компаній за попередньо запропонованими і визначеними критеріями ($n = 27$). Досвід фахівців в області проектування спеціалізованих нечітких систем різного призначення показує, що при однорівневій структурній організації СППР у випадках великої розмірності вектора $X = \{x_j\}, j = 1...n$ вхідних координат (критеріїв) знижується чутливість їхніх баз нечітких правил до зміни значень вхідних координат $x_j, (j = 1, 2, ..., n)$ [1; 3; 8]. Це, в першу чергу, пов'язано зі складністю формування відповідних нечітких правил для реалізації всіх можливих залежностей між вхідними та вихідними параметрами системи $y_k = f(x_1, x_2, ..., x_{27}), k = 1...K$.

На рис. 1 наведено варіант запропонованої авторами ієрархічно-організованої структури СППР St_s для вибору найбільш раціональної моделі співпраці $E^*, (E^* \in E, E = \{E_1, E_2, E_3, E_4\})$ університетів та ІТ-компаній, яка сформована на основі декомпозиції

вектора вхідних координат $X = \{x_j\}, j = 1...27$ з їх об'єднанням у наступну s - групову комбінацію:

$$X_s = \left\{ \begin{array}{l} \{x_1, x_2, x_3\}, \{x_4, x_5, x_6, x_7\}, \{x_8, x_9, \dots, x_{13}\}, \\ \{x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}\}, \{x_{18}, x_{19}\}, \\ \{x_{18}, x_{19}, \dots, x_{23}\}, \{x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}\} \end{array} \right\}.$$

При цьому відповідні підсистеми СППР (рис. 1), зокрема $\{FES_1, FES_2, \dots, FES_{10}, FES_{11}\}$ реалізують наступні функціональні залежності для s -ї альтернативної структури $St_s = \{y_1, y_2, \dots, y_{10}, y\}$ СППР:

$$St_s = \left\{ \begin{array}{l} y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3), y_2 = f_2(x_4, x_5, x_6, x_7), \\ y_3 = f_3(x_8, \dots, x_{13}), y_4 = f_4(x_{14}, \dots, x_{17}), \\ y_5 = f_5(x_6, x_{18}, x_{19}), y_6 = f_6(x_{18}, \dots, x_{23}), \\ y_7 = f_7(x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}), y_8 = f_8(y_1, y_2), \\ y_9 = f_9(y_3, y_4), y_{10} = f_{10}(y_5, y_6), \\ y = f_{11}(y_7, y_8, y_9, y_{10}) \end{array} \right\}.$$

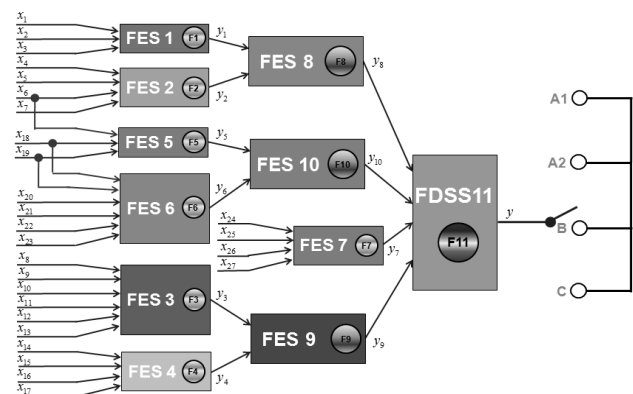


Рис. 1. Структура ієрархічної СППР на нечіткій логіці для вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія»

Так, наприклад, перша підсистема $y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3)$ для оцінки якості підготовки ІТ-спеціалістів у відповідному університеті формується (рис. 1) на основі трьох вхідних координат (x_1 – рівень наукової новизни дипломних проектів (ДП) та магістерських наукових робіт (МНР), x_2 – практична значимість ДП та МНР, x_3 – відповідність ДП та МНР напрямку підготовки у в ІТ-області, відповідній профілю ІТ-компанії – партнера), які об'єднані за спільними властивостями, та однієї вихідної координати (y_1 – рівень дипломних та магістерських наукових робіт) з реалізацією відповідної бази знань, що включає в себе 27 нечітких правил продукційного типу (табл. 1). При побудові нечітких баз правил для розробленої структури СППР (рис. 1) використовуються лінгвістичні терми $\{L, M, H\}$ з трикутною формою функцій належності [1; 3 – 4; 10].

1. Вибірковий набір правил бази знань першої підсистеми

№ of rule	x_1	x_2	x_3	y_1
1	L	L	L	L
2	L	L	M	L
3	L	L	H	M
...
13	M	M	L	L
14	M	M	M	M
15	M	M	H	H
...
25	H	H	L	M
26	H	H	M	H

Людино-машинний інтерфейс, програмна реалізація та результати роботи СППР для вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія» представлені на рис. 2.

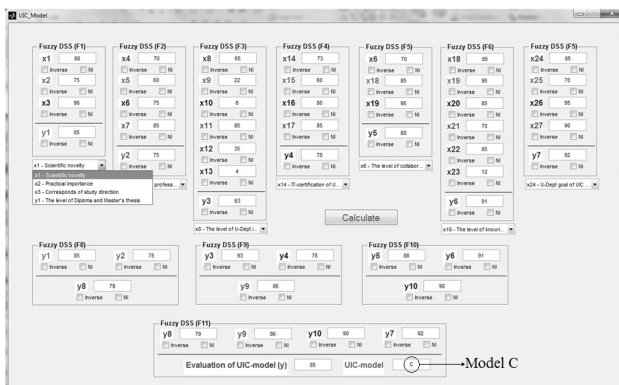


Рис. 2. Інтерфейс розробленої СППР для вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія»

Для представлено на рис. 2 набору вхідних даних $X = \{x_j\}, j=1...27$ розроблена СППР на нечіткій логіці (рис. 1) формує на своєму виході консолідований сигнал, що рекомендує відповідним майбутнім партнерам по співпраці (конкретний Університет та конкретна ІТ-компанія) обирати в якості найбільш раціональної E^* модель співпраці C : $E^* = C, (E^* \in E, E = \{E_1 = A1, A2, B, C\})$.

Застосування нечіткої логіки та ієрархічної організації вхідних даних при розробці СППР дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень при виборі моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія», що досягається шляхом спрощення процесу представлення та обробки знань при великій кількості вхідної експертної інформації.

Висновки. В даній роботі наведено результати розробки ієрархічно-організованої СППР, синтезованої на основі застосування нечіткої логіки, для підвищення ефективності процесів прийняття рішень при виборі найбільш раціональної моделі E^* партнерської співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія». Проведений авторами аналіз прикладів успішної інноваційної співпраці академічних інститу-

цій та ІТ-компаній [2; 5; 6; 9] підтверджує, що створення різних груп, консорціумів, спілок та альянсів типу «Університет – ІТ-компанія» для вирішення поточних і майбутніх проблем у сфері вищої освіти на основі взаємного досвіду роботи в області комп'ютерних наук та інтернет-комунікацій є перспективним напрямком у галузі підвищення ефективності системи вищої освіти. Зокрема, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Одеський національний політехнічний університет, Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернігівський державний університет, Чорноморський державний університет ім. П. Могили, Інститут кібернетики Національної Академії наук України та інші є членами такого міжнародного академічно-промислового консорціуму, який включає університети та ІТ-компанії з Великобританії, Іспанії, Італії, Португалії, України та Швеції [5]. Даний консорціум створений для розробки і впровадження моделей співпраці між університетами та промисловістю (ІТ-компаніями) типу A1, A2, B і C в рамках проекту TEMPUS-CABRIOLET 544497-TEMPUS-1-2013-1-UK-TEMPUS-JPHES “Model-oriented approach and Intelligent Knowledge-Based System for Evolvable Academia-Industry Cooperation in Electronics and Computer Engineering” (2013 – 2016 pp.).

Апробація розробленої СППР доводить її високу ефективність, що підтверджено авторами як при розв'язанні практичних задач вибору моделі співпраці в рамках консорціумів типу «Університет – ІТ-компанія», так і при вирішенні різноманітних задач транспортної логістики [7 – 8], зокрема при виборі найкращої транспортної компанії з множини існуючих альтернативних варіантів та ін.

Список використаної літератури

1. Кондратенко Г. В. Особливості синтезу нечітких ієрархічних СППР у середовищі FuzzyTECH / Г. В. Кондратенко, Є. В. Сіденко, О. В. Чекашова // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Ольвійський форум – 2011». – Ялта, червень 2011. – 36 с.
2. Кондратенко Ю. Аналіз особливостей інноваційної співпраці академічних інституцій та ІТ-компаній в напрямках S2B та B2S / Ю. Кондратенко, В. Харченко // Технічні вісті. – Львів : НУ «Львівська політехніка». – 2014. – № 1(39). – С. 15 – 19.
3. Кондратенко Ю. П. Особливості синтезу і моделювання ієрархічно-організованих СППР на основі нечіткої логіки / Ю. П. Кондратенко, Є. В. Сіденко // Вестник Херсонського національного технічного університету. – Херсон : ХНТУ. – 2011. – № 2(41). – С. 150 – 158.
4. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : УНИВЕРСУМ, 1999. – 320 с.
5. Харченко В. С. Кооперация университетов и ИТ-индустрии: некоторые проблемы и решения / В. С. Харченко, В. В. Скляр // КАРТБЛАНШ. – К. : Карт Бланш. – 2014. – № 3-4. – С. 43 – 50.

6. Kondratenko Y.P., (2011), The Role of Inter-University Consortia for Improving Higher Education System, *Proceedings of Phi Beta Delta (Ed. By Michael Smithee), Honor Society for International Scholars, USA*, May 2011, Vol. 2, No. 1, pp. 26 – 27.

7. Kondratenko Y.P., and Sidenko Ie.V., (2012), Method of Actual Correction of the Knowledge Database of Fuzzy Decision Support System with Flexible Hierarchical Structure, *Journal of Computational Optimization in Economics and Finance, Nova Science Publishers, New York, USA*, Vol. 4, Issue 2-3, pp. 57 – 76.

8. Kondratenko Y.P., and Sidenko Ie.V., (2014), Design and Reconfiguration of Intelligent Knowledge-Based System for Fuzzy Multi-Criterion Decision Making in Transport Logistics, *Journal of Computational Optimization in Economics and Finance, Nova Science Publishers, New York, USA*, Vol. 6, Issue 3, pp. 229 – 242.

9. Starov O., Sklyar V., Kharchenko V., Boyarchuk A., and Phillips C., (2014), A Student-in-the-Middle Approach for Successful University and Business Cooperation in IT, *Proceedings of the University-Industry Interaction Conference, Barcelona, Spain, April 2014*, pp. 193 – 207.

10. Zadeh L.A., (1965), Fuzzy Sets, *Information and Control, Elsevier, USA*, No. 8 (3), pp. 338 – 353.

Отримано 15.05.2015

References

1. Kondratenko G.V., Sidenko Je.V., and Chekashova O.V., Osoblyvosti syntezu nechitkyh ijerarhichnyh SPPR u seredovyshhi FuzzyTECH [Features Synthesis of Fuzzy Hierarchical DSS in the Environment FuzzyTECH], (2011), *Materialy Mizhnar. Nauk.-Prakt. Konf. "Ol'vijs'kyj Forum – 2011"*, Yalta, Ukraine, June 2011, 36 p. (In Ukrainian).

2. Kondratenko Ju., and Harchenko V., Analiz osoblyvostej innovacijnoi' spivpraci akademichnyh instytutacij ta IT-kompanij v naprjamkah S2B ta B2S [Analysis of Features of Innovative Collaboration of Academic Institutions and IT-Companies in Areas S2B and B2S], (2014), *Tekhnichni Visti, L'viv's'ka Politehnika Publ.*, Lviv, Ukraine, No. 1(39), pp. 15 – 19 (In Ukrainian).

3. Kondratenko Ju.P., and Sidenko Je.V., Osoblyvosti syntezu i modeljuvannja ijerarhichno-organizovanyh SPPR na osnovi nechitkoi' logiky [Features Synthesis and Modeling of Hierarchically-Organized DSS Based on Fuzzy Logic], (2011), *Vestnyk Hersonskogo Nacyonal'nogo Tehnycheskogo Umyversyteta, HNTU Publ.*, Kherson, Ukraine, No. 2(41), pp. 150 – 158 (In Ukrainian).

4. Rotshtein A.P., Intellektual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetskaya logika, geneticheske algoritmy, neironnye seti [Intelligent Technologies of Identification: Fuzzy Logic, Genetic Algorithms, Neural Networks], (1999), *UNIVERSUM Publ.*, Vinnitsa, Ukraine, 320 p. (In Russian).

5. Kharchenko V.S., and Sklyar V.V., Kooperatsiya universitetov i IT-industrii: nekotorye problemy i resheniya [Cooperation Between Universities and IT-Industry: Some Problems and Solutions], (2014), *KARTBLANSH,*

Kart Blansh Publ., Kiev, Ukraine, No. 3-4, pp. 43 – 50 (In Russian).

6. Kondratenko Y.P., (2011), The Role of Inter-University Consortia for Improving Higher Education System, *Proceedings of Phi Beta Delta (Ed. By Michael Smithee), Honor Society for International Scholars, USA*, May 2011, Vol. 2, No. 1, pp. 26 – 27.

7. Kondratenko Y.P., and Sidenko Ie.V., (2012), Method of Actual Correction of the Knowledge Database of Fuzzy Decision Support System with Flexible Hierarchical Structure, *Journal of Computational Optimization in Economics and Finance, Nova Science Publishers, New York, USA*, Vol. 4, Issue 2-3, pp. 57 – 76.

8. Kondratenko Y.P., and Sidenko Ie.V., (2014), Design and Reconfiguration of Intelligent Knowledge-Based System for Fuzzy Multi-Criterion Decision Making in Transport Logistics, *Journal of Computational Optimization in Economics and Finance, Nova Science Publishers, New York, USA*, Vol. 6, Issue 3, pp. 229 – 242.

9. Starov O., Sklyar V., Kharchenko V., Boyarchuk A., and Phillips C., (2014), A Student-in-the-Middle Approach for Successful University and Business Cooperation in IT, *Proceedings of the University-Industry Interaction Conference, Barcelona, Spain, April 2014*, pp. 193 – 207.

10. Zadeh L.A., (1965), Fuzzy sets, *Information and Control, Elsevier, USA*, No. 8(3), pp. 338 – 353.



Кондратенко
Юрій Пантелійович, д.т.н., проф.,
проф. каф. інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського державного ун-ту ім. П. Могили, вул. 68 Десантників, м. Миколаїв, Україна,
тел.: (0512)76-55-72.
E-mail:
yuriy.kondratenko@chdu.edu.ua



Кондратенко
Галина Володимирівна, к.т.н.,
доц., доц. каф. інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського державного ун-ту ім. П. Могили, вул. 68 Десантників, м. Миколаїв, Україна,
тел.: (0512)76-55-72.
E-mail:
galvlad09@rambler.ru



Сіденко
Євген Вікторович, ст. викладач
каф. інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського державного ун-ту ім. П. Могили, вул. 68 Десантників, м. Миколаїв, Україна, тел.: (0512)76-55-72.
E-mail:
emoty@mail.ru