

**Надія Анатоліївна ДАЛЯК**

асистент кафедри підприємництва та маркетингу,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
E-mail: nadiya\_d82@ukr.net

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ АНАЛІЗУ СИСТЕМИ  
ВЗАЄМОВІДНОСИН З КЛІЄНТАМИ**

Даляк, Н. А. Застосування теорії нечітких множин для аналізу системи взаємовідносин з клієнтами [Текст] / Надія Анатоліївна Даляк // Український журнал прикладної економіки. – 2019. – Том 4. – № 1. – С. 32–39. – ISSN 2415-8453.

**Анотація**

**Вступ.** Для підприємства вигідна повторна співпраця з контрагентом. Така взаємодія забезпечується за рахунок міжособистісного спілкування фахівців. Завданням підприємства є підвищення рівня лояльності контрагентів до пропонованої продукції. Найефективніший спосіб прогнозування наслідків рішень у процесі такої взаємодії є використання теорії нечітких множин.

**Метою** статті є розроблення інструментів для оцінювання системи управління взаємовідносинами з контрагентами підприємств нафтогазової сфери.

**Результати.** Охарактеризовано сутність нечітких продукційних моделей. Представлено формалізований узагальнений вигляд такої моделі. Наведено правила для найпростіших систем нечіткого логічного висновку. Узагальнено етапи нечіткого логічного висновку за методом Мамдані. Обґрунтовано доцільність використання трикутної функції належності для якісних показників у даному дослідженні. Охарактеризовано алгоритм формування правил для опису змінних. Наведено перелік евристичних продукційних правил для опису вхідних та вихідної змінних оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств. Представлено опис вхідних лінгвістичних змінних для формування бази нечітких лінгвістичних правил. Побудовано граф розрахунку моделі оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств. Наведено графік функції приналежності змінних моделі оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств. Розраховано оцінки рівня системи управління взаємовідносинами з контрагентами окремих вітчизняних нафтогазових підприємств. Виявлено високий рівень оцінки серед всіх досліджуваних підприємств.

**Висновки.** Отримані результати, що свідчать про достатньо високий рівень організації системи управління взаємовідносинами з контрагентами розглянутих нафтогазових підприємств, доцільно використовувати при розробці напрямів стратегічного розвитку компаній у якості рекомендацій для визначення оптимальної програми співпраці з партнерами.

**Ключові слова:** система управління взаємовідносинами, контрагенти, нечіткі множини, нечітка логіка, нафтогазове підприємство.

**APPLICATION OF THEORY OF FUZZY SETS FOR ANALYSIS OF THE SYSTEM OF  
CUSTOMER RELATIONSHIPS**

**Abstract**

**Introduction.** It is beneficial for the enterprise to re-cooperate with the contractor. Such interaction is ensured by the interpersonal communication of specialists. The task of the company is to increase the contractors' loyalty level to the offered products. The most effective way to predict the decisions consequences in the process of such interaction is to use fuzzy set theory.

**The purpose** is to develop tools for assessing the relationship management system with contractors of oil and gas companies.

**Results.** The essence of fuzzy production models is described. The formalized generalized appearance of such model is presented. The rules for the simplest fuzzy inference systems are outlined. The stages of fuzzy inference by the Mamdani method are summarized. The expediency of using the triangular membership function for qualitative indicators in this study is substantiated. The algorithm of forming rules for describing variables is characterized. The list of heuristic production rules for describing the input and output variables of the relationship management system estimation with contractors of oil and gas enterprises is given. The description of the input linguistic variables for the fuzzy linguistic rules base formation is presented. The model calculation graph of the relationship management system estimation with the contractors of oil and gas enterprises is constructed. The function graph of the model variables of the relationship management system estimation with the contractors of oil and gas enterprises is presented. Estimates of the relationship management system level with the contractors of individual domestic oil and gas companies have been calculated. A high level of estimation was found among all the surveyed enterprises.

**Conclusions.** The results obtained, which testify to a sufficiently high level of the relationship management system organization with the contractors of the considered oil and gas companies, should be used in the elaboration of companies strategic development directions as recommendations for determining the cooperation optimal program with partners.

**Key words:** relationship management system, contractors, fuzzy sets, fuzzy logic, oil and gas enterprise.

**JEL classification: M 31**

---

**Вступ**

Кожне підприємство зацікавлене в збільшенні кількості повторюваних угод, коли контрагент вибирає свого партнера знову і знову. Тому важливим етапом в алгоритмі взаємовідносин з контрагентами є побудова і зміцнення довгострокового співробітництва. На цьому етапі великого значення набуває міжособистісне спілкування фахівців: простота отримання консультацій з технічних і комерційних питань, взаємні привітання з національними святами, розсилка корпоративних новин та ін. Крім того, важливе значення має зміцнення конкурентних переваг виробника-постачальника в очах своїх контрагентів. І нарешті, лояльний партнер вимагає до себе індивідуального підходу, пропозиції унікальних технічних і технологічних рішень.

Використання нечіткої логіки для вирішення завдань оцінки системи взаємодії з контрагентами нафтогазових підприємств дає змогу максимально наблизити математичну модель до логіки міркувань кваліфікованих спеціалістів, які приймають управлінські рішення [1, 2].

---

Метою нечіткого моделювання складних явищ є наблизений опис залежності (апроксимація деякої функції):

$$Y = f(X) \quad (1)$$

де  $Y$  – вихідна лінгвістична змінна;

$X$  – вектор вхідних лінгвістичних змінних розмірністю  $n$ ;

$f$  – залежність між  $X$  та  $Y$ , описувана сукупністю нечітких продукційних правил.

Нечіткі моделі представляють узагальнення інтервально-оцінюваних моделей, які, в свою чергу, є узагальненням чітких моделей.

### Мета та завдання статті

Мета полягає у розробці інструментів оцінювання системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств.

Завдання: дослідження організаційного механізму системи взаємодії з контрагентами нафтогазових підприємств та на його основі аналіз системи взаємовідносин з клієнтами на окремих підприємствах нафтогазового комплексу, що обрано за дослідні.

### Виклад основного матеріалу дослідження

В основі нечітких продукційних моделей лежать сукупність нечітких правил «ЯКЩО-ТО», що описують залежності між нечіткими змінними предметної області, композиційне правило виведення і спосіб обчислення значень нечітких змінних (спосіб нечіткого виводу).

Найпростіші системи нечіткого логічного висновку засновані на правилах виду:

$$R_i: \text{Якщо } X \in A_i \text{ і } Y \in B_i, \text{ то } Z \in C_i \quad (2)$$

$$R_i: \text{Якщо } X \in A_i \text{ і } Y \in B_i, \text{ то } z = f_i(x, y) \quad (3)$$

де  $X, Y$  – вхідні нечіткі змінні;

$Z$  – вихідна нечітка змінна;

$A_i, B_i$  – вхідні значення (функції належності);

$C_i$  – вихідні нечіткі значення (функції належності);

$f_i$  – деякі дійсні функції.

При цьому повинні дотримуватися наступні умови:

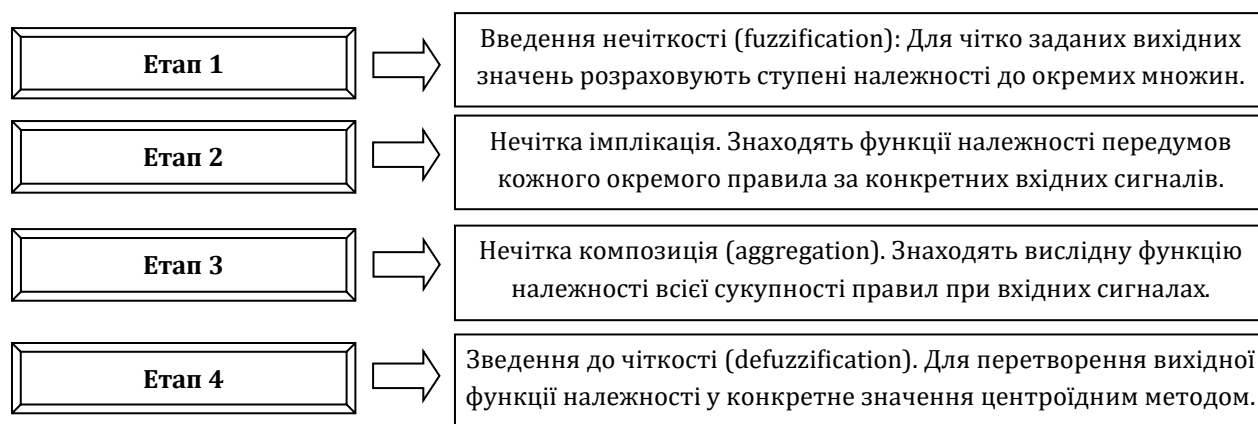
- а) існує хоча б одне правило для кожного лінгвістичного терма вихідної змінної;
- б) для будь-якого терма вхідної змінної є хоча б одне правило, в якому даний терм використовується як передумова (ліва частина правила).

В іншому випадку має місце неповна база нечітких правил.

Особливість функціонування даного алгоритму полягає в тому, що він оперує на вході та на виході кількісними значеннями, які зручно подавати числовими типами даних, що реалізуються в повнофункціональних типізованих мовах, наприклад Python. Відповідно, уся невизначеність пов'язана з використанням нечітких множин та нечіткої логіки буде перенесена всередину конструкції. Такий підхід на сучасному етапі є визначальним трендом при роботі з нечіткими даними, а саме – можливість оперування з числовими типами даних в контексті нечіткого середовища (*фреймворку*). Для формування нечіткої логічного висновку за методом Мамдані необхідно виконати кроки, наведені на рис. 1.

Конкретний вигляд функції належності логістичних термів визначається потребами досліджуваної предметної сфери. Однак для спрощення числових розрахунків та зменшення обчислювальних ресурсів, необхідних для збереження окремих значень цих функцій належності, доцільно використовувати ті функції належності, які допускають аналітичне представлення у вигляді деякої простої математичної функції. У даному дослідженні для якісних змінних доцільно використати трикутну функцію належності, яка належить до кусково-лінійних функцій і найкраще

буде відображати залежність між показниками рівня управління системою взаємодії з контрагентами нафтогазових підприємств.



**Рис. 1. Етапи нечіткого логічного висновку за методом Мамдані (складено автором на основі [3, 4])**

Формування бази правил (Knowledge Base Rules) [5, 6] є важливим етапом побудови інтелектуальної системи, оскільки на сьогоднішній день більшість таких систем є системами на основі правил (Rules Based Systems).

При нечіткому логічному виведенні паралельно опрацьовують велику кількість правил з подальшим їх агрегуванням у завершальне рішення. Правила можуть будуватися на основі досвіду та знань експертів, створенням моделі дій оператора, методом навчання. Відзначимо, що чим більше правил задано, тим точніший результат на виході. Вага правила – число в діапазоні [0; 1] що характеризує суб'єктивну міру впевненості експерта щодо висловлення.

За ілюстрацію вищенаведеного приведемо евристичні продукційні правила в проблемній області оцінювання системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств (табл. 1).

Дана інформація буде використана при побудові бази правил системи нечіткого висновку, яка дозволить реалізувати дану модель нечіткого управління.

Процес формування бази правил нечіткого виводу є формальне подання емпіричних знань експерта в тій чи іншій проблемній області.

В першу чергу варто для всіх змінних визначити відповідні лінгвістичні змінні. В нашому випадку таких вхідних лінгвістичних змінних три – це значущість параметрів при виборі постачальника, задоволеність контрагентів якістю продукції/послуг і задоволеність контрагентів рівнем сервісу та вихідна змінна – результативність організації системи взаємодії з контрагентами (табл. 2, 3).

Нечітке виведення Мамдані виконано на базі знань, яка представлена в табл. 1, всі значення вхідних та вихідних змінних бази задано нечіткими множинами.

Після визначення індивідуальних виходів правил здійснюється дефазифікація агрегованого виходу. У загальному випадку етап дефазифікації є обов'язковим і використовується за необхідності перетворення виведених нечітких лінгвістичних змінних до точного значення.

Як метод дефазифікації доцільно використовувати метод центра ваги, зручне представлення якого є у моделі Мамдані [7, 8]:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m y_j B'(y_j)}{\sum_{j=1}^m B'(y_j)} . \quad (4)$$

**Таблиця 1. Перелік евристичних продукційних правил для опису вхідних та вихідної змінних оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств**

№	Вхідні значення			Вихідне значення
	Значущість параметрів при виборі постачальника	Задоволеність контрагентів якістю продукції/послуг	Задоволеність контрагентів рівнем сервісу	Результативність організації системи взаємодії з контрагентами
1	Низька	Низька	Низька	Низька
2	Низька	Низька	Середня	Низька
3	Низька	Низька	Висока	Низька
4	Низька	Середня	Низька	Низька
5	Низька	Середня	Середня	Середня
6	Низька	Середня	Висока	Середня
7	Низька	Висока	Низька	Середня
8	Низька	Висока	Середня	Середня
9	Низька	Висока	Висока	Середня
10	Середня	Низька	Низька	Низька
11	Середня	Низька	Середня	Середня
12	Середня	Низька	Висока	Середня
13	Середня	Середня	Низька	Середня
14	Середня	Середня	Середня	Середня
15	Середня	Середня	Висока	Середня
16	Середня	Висока	Низька	Середня
17	Середня	Висока	Середня	Середня
18	Середня	Висока	Висока	Висока
19	Висока	Низька	Низька	Низька
20	Висока	Низька	Середня	Середня
21	Висока	Низька	Висока	Середня
22	Висока	Середня	Низька	Середня
23	Висока	Середня	Середня	Середня
24	Висока	Середня	Висока	Висока
25	Висока	Висока	Низька	Висока
26	Висока	Висока	Середня	Висока
27	Висока	Висока	Висока	Висока

**Таблиця 2. Опис вхідних лінгвістичних змінних для формування бази нечітких лінгвістичних правил оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств**

№	Рівень	Критерій	Шкала від 0 до 10
1	Низький	Параметр не значущий при виборі постачальника продукції/послуг Контрагент не задоволений якістю продукції/послуг Контрагент не задоволений рівнем сервісу компанії	0-3
2	Середній	Параметр не досить значущий при виборі постачальника продукції/послуг Контрагент частково задоволений якістю продукції/послуг Контрагент частково задоволений рівнем сервісу компанії	5-7
3	Високий	Параметр значущий при виборі постачальника продукції/послуг Контрагент задоволений якістю продукції/послуг Контрагент задоволений рівнем сервісу компанії	8-10

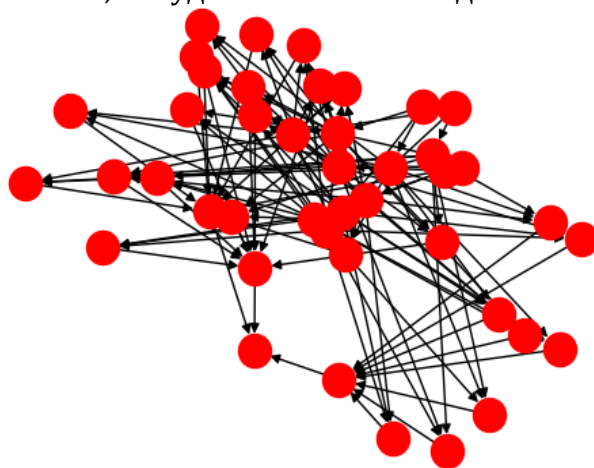
**Таблиця 3. Опис вихідної лінгвістичної змінної оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств**

№	Рівень	Шкала від 0 до 100
1	Низька	0-40
2	Середня	50-70
3	Висока	80-100

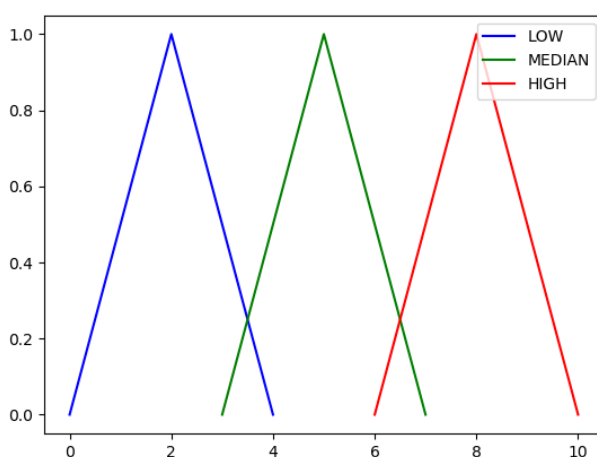
У результаті опрацювання правил та проведення операцій над нечіткими множинами буде отримано оцінку надійності бізнес-клієнта підприємства, виражену чітким числом, на основі якої можна зробити висновок стосовно доцільності взаємодії з клієнтами підприємства та формування ефективності політики співпраці.

Для аналізу числових даних написано програму на мові Python із використанням пакетного модуля SciKit-Fuzzy. Один із підмодулів цього пакета control містить ряд класів, які було використано у програмі, зокрема клас Antecedent – для створення вхідних змінних, клас Consequent – для створення вихідної змінної, клас Rule – для задання евристичних правил а також класи ControlSystem і ControlSystemSimulation відповідно для опису моделі та отримання результатів.

Щоб полегшити ввід даних та отримання результатів створено графічний інтерфейс на основі модуля Tkinter. Реалізовано два віконних інтерфейси, у першому здійснюється ввід даних та відображення отриманих результатів (рис. 9 меню Fuzzy => Fuzzy), у другому відображено набір евристичних правил та візуалізації функцій приналежності (рис. 10 меню Fuzzy => Fuzzy). Візуалізації графічних результатів зроблена за допомогою пакетного модуля matplotlib. На рис. 2 і рис. 3 подано граф розрахунку моделі та графік функції приналежності, побудованих на основі даних взятих із табл. 1.



**Рис. 2. Граф розрахунку моделі оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств**



**Рис. 3. Графік функції приналежності змінних моделі оцінки системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств**

За результатами розрахунку програми отримано наступні значення оцінки рівня системи управління взаємовідносинами з контрагентами нафтогазових підприємств: для ТОВ «Стрийнафтогаз» 77,33333 %; ТОВ «Богородчанинафтогаз» – 76,2121 %; ТОВ «Івано-Франківськгаз збут» – 76,6275 %; ТОВ «НГК БанГаз» – 77,669 %.

---

Отримані цифри свідчать про достатньо високий рівень організації системи управління взаємовідносинами із контрагентами всіх досліджуваних підприємств.

### **Висновки та перспективи подальших розвідок**

Таким чином, в поданій статті проведено оцінювання рівня організації системи управління взаємовідносинами досліджуваних нафтогазових підприємств (з використанням можливості оперування з числовими типами даних в контексті нечіткого середовища (фреймворку). За допомогою використання нечіткої логіки для опису взаємозв'язку між показниками, які визначають рівень управління системою взаємовідносин з контрагентами нафтогазових підприємств, описано систему взаємовідносин з контрагентами підприємства, що на відміну від існуючих, синтезує часткові показники, що характеризують сфери господарської діяльності підприємства та пристосовані для використання в якості експертної інформації про об'єкт дослідження, розроблено перелік евристичних продукційних правил для їх опису та виконано розрахунки на мові Python із використанням пакетного модуля SciKit-Fuzzy та етапів нечіткого логічного висновку методом Мамдані.

### **Список літератури**

1. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: Універсум-Вінниця, 1999. 320 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
3. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику URL: [http://www.nsu.ru/matlab/MatLab\\_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm](http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm).
4. Круглов В. В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. 221с.
5. Демчина М. М., Процюк В. Р., Шекета В. І. Формальні методи інтерпретації даних та знань про нафтогазові об'єкти. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2011. №1. С. 100-108.
6. Антоненко В.М., Мамченко С. Д., Рогушина Ю. В. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями: навчальний посібник. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. 212 с.
7. Mamdani E. H. Application of fuzzy algorithms for the control of a simple dynamic plant. *Proc. IEEE*. 1974. № 121, pp. 1585–1588.
8. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB. СПб. : БХВ. Петербург, 2003. 736 с.

### **References**

1. Rotshtejn, A. P. (1999). *Intellektual'nye tehnologi identifikacii: nechetkaja logika, geneticheskie algoritmy, nejronnye seti* [Intelligent technological objects: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks]. Universum-Vinny`cya. Vinnytsia. Ukraine.
2. Zade, L. (1976). *Ponjatие lingvisticheskoi peremennoi i ego primenenie k prinjatiju priblizhennyh reshenij* [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Mir. Moscow. Russia.
3. Shtovba, S.D. Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. Available at: [http://www.nsu.ru/matlab/MatLab\\_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm](http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm).
4. Kruglov, V.V., Dli M.I., Golunov, R.Ju. (2001). *Nechjotkaja logika i iskusstvennye nejronnye seti* [Fuzzy logic and artificial neural networks]. Fizmatlit. Moscow. Russia.
5. Demchy`na, M.M., Procyuk, V.R., Sheketa, V.I. (2011). «Formal methods for interpreting data and knowledge about oil and gas objects». *Naukovy`j visny`k Ivano-Frankivs`kogo nacional`nogo texnichnogo universy`tetu nafty` i gazu*. 2011. no1. pp. 100-108.

- 
6. Antonenko, V.M., Mamchenko, S.D., Rogushy`na, Yu.V. (2016). *Suchasni informacijni sy`stemy` i texnologiyi: upravlinnya znannyamy* [Modern information systems and technologies: knowledge management]. Nacional`ny`j universy`tet DPS Ukrayiny`. Irpin`. Ukraine.
  7. Mamdani, E.H. (1974). «Application of fuzzy algorithms for the control of a simple dynamic plant». *Proc. IEEE*. no 121, pp. 1585–1588.
  8. Leonenkov, A.V. (2003) *Nechjotkoe modelirovanie v srede MATLAB*. [Fuzzy modeling in MATLAB] BHV. Peterburg. *St-Petersburg*. Russia.

**Стаття надійшла до редакції 05.12.2018 р.**