https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-316-2-43
УДК 330.4

Олена ГЕЙДАРОВА
Хмельницький національний університет
https://orcid.org/0000-0002-7253-893x
Вадим ПАЮК
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто можливість обґрунтування управлінських рішень щодо вибору інформаційних технологій, використовуючи методи лінгвістичних векторних оцінок, нечіткого логічного висновку, нечіткого відношення переваг. Наведена методика застосування методів методи лінгвістичних векторних оцінок та нечіткого логічного висновку оцінювання можливих значень управлінських рішень при визначенні доцільності запровадження інформаційних технологій в діяльність суб'єктів господарювання в умовах невизначеності (кризи). Визначено, що застосування даного методу, при більш простому математичному апараті, дозволяє оцінити можливі варіанти значень управлінських рішень при якісних вхідних параметрах в умовах кризи.

Ключові слова: інформаційні технології, нечіткі множини, методи лінгвістичних векторних оцінок, нечіткого логічного висновку.

Olena VEIDAROVA, Vadym PAIUK
Khmelnitsky National University

SIMULATION OF THE MANAGEMENT DECISION-MAKING PROCESS REGARDING THE IMPLEMENTATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES

Informatization in the field of management of the enterprise's economic activity is carried out with the aim of increasing the productivity of employees by reducing the cost of products and services; as well as improving the qualifications and professional knowledge of specialists. The possibility of substantiating managerial decisions regarding the choice of information technologies using the methods of linguistic vector evaluations, fuzzy logical conclusion, and fuzzy relationship of preferences is considered. The method of applying the methods of linguistic vector evaluations and the fuzzy logical conclusion of evaluating possible values of management decisions when determining the expediency of introducing information technologies into the activities of economic entities in conditions of uncertainty (crisis) is presented. It was determined that the application of this method, with a simpler mathematical apparatus, allows to evaluate the possible variants of the values of management decisions with qualitative input parameters in crisis conditions. This technique allows you to predict the results of the enterprise for the case of quantitative information in relation to a number of input parameters, however, the mathematical apparatus for processing input information is quite complex. Therefore, it will be logical to check the possibility of applying other methods of the theory of fuzzy logic to solve the problems of evaluating the results of management decisions with qualitative input parameters

Keywords: information technologies, fuzzy sets, methods of linguistic vector estimation, fuzzy logical inference

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Вплив інформаційно-комунікаційних технологій на управління організацією величезний, оскільки прямо пов'язаний з підвищенням ефективності роботи як кожного менеджера окремо, так і організації в цілому. Вони прямо впливають на конкурентоздатність на сьогоднішньому ринку. Використання комп'ютерних мереж, Інтернету та Інтернет-технологій, програмних продуктів наскрізної автоматизації всіх бізнес-процесів організації сьогодні не просто питання лідерства і створення конкурентних переваг, але і виживання на ринку в найближчому майбутньому. Використання можливостей технічного обміну сьогодні дозволяє легше і швидше створювати і продавати пакети послуг споживачам, вирішувати завдання фінансово-операційного управління, маркетингового планування, підвищувати конкурентоздатність і кількість продажів. Вибір методів обґрунтування необхідності та ефективності впровадження тих чи інших новітніх інформаційних технологій для

Аналіз досліджень та публікацій

Питання про можливості сучасних інформаційних систем та комунікаційних технологій в бізнесі розглядаються такими відомими вченими, як Роглєв Х., Скопень М., Худо В., Кияниця А., Кабушкин Н., Агафонова Л. та іншими. Вивченням питання інформаційної безпеки займалися такі вчені, як С. Ф. Гуцу, Б.А. Кормич, А. І. Марущак, О. А. Сороківська. Одним із таких засобів з теорія нечітких множин, запропонована у Л. Заде. Дослідженням цього підходу займались Б. Діаз, А. Морілас, В. Чернов, Л. Дорохова, А. Оздієв, А. Карпова та багато інших науковців. В роботах [1, 4, 5] доведена можливість застосування теорії нечіткої логіки для оцінювання результатів управлінських рішень при кількісних та якісних вхідних параметрах. При цьому для якісних вхідних параметрів була використана методика нечіткого логічного висновку. Слід зазначити, що дана методика дозволяє спрогнозувати результати

діяльності підприємства для випадку кількісної інформації відносно ряду вхідних параметрів, однак математичний апарат обробки вхідної інформації досить складний. Тому логічною буде перевірка можливості застосування інших методів теорії нечіткої логіки для розв'язування задач оцінювання результатів управлінських рішень при якісних вхідних параметрах.

Виклад основного матеріалу

У сьогоднішніх економічних умовах жорстокої конкуренції та ринкової економіки жодна успішна організація не може повноцінно розвиватися та ефективно просуватися без сучасних автоматизованих інформаційних технологій.

Інформатизація в області управління господарською діяльністю підприємства здійснюється з метою підвищення продуктивності праці працівників за рахунок зниження вартості продукції та послуг; а також підвищення кваліфікації і професійних знань фахівців.

Інформаційні технології (ІТ) – це система методів, процесів та способів використання обчислювальної техніки і систем зв'язку для створення, збору, передачі, пошуку, оброблення та поширення інформації з метою ефективної організації діяльності людей.

Чіткої класифікації інформаційних технологій не існує, але узагальнена класифікація наведена в [4].

На сьогоднішній день найбільш актуальними автоматизованими інформаційними системами управління підприємством є наступні (з урахуванням основних типів інформаційних ресурсів).

Таблиця 1

Функціональні можливості АСУП, які представлені на ринку України

Назва програмного продукту	Функціональні можливості АІС									
	Управлінський та бухгалтерський облік	Управління персоналом і ЗП	Управління витратам	Управління операційною діяльністю	Управління інноваційно-інвестиційною діяльністю	Управління відносинами з клієнтами	Бюджетування, планування, прогнозування	Управління фінансами	СППР	Реінжиніринг бізнес-процесів
ERP від BJET	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
ERP-система Business Central	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
SAP	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Oracle	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
PeopleSoft	+	+	+	+	-	+	+	+	+	
Delo Pro	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BAS ERP	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-
Microsoft Dynamics AX	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-

Інформаційно-комунікаційні технології – це сукупність методів виробничих процесів; програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збору, обробки, збереження, розповсюдження, відображення та використання інформації в інтересах її користувачів [3]. Важливим сучасним засобом ІКТ є комп'ютер, оснащений відповідними програмним забезпеченням і телекомунікаціями разом із розміщеною на них інформацією.

На сучасному етапі функціонування підприємств у будь-якій галузі бізнесу виникають об'єктивні фактори, що ускладнюють процеси прийняття управлінських рішень, в умовах прискореного темпу суспільно-політичного життя. Збільшується обсяг "фахової" інформації, яку слід опановувати й використовувати у повсякденній діяльності, бурхливо розвивається наука й техніка, що спонукає до впровадження більш продуктивних і якісно нових технологій, новітніх інформаційних технологій та надання широкого спектра послуг.

Усі економічно розвинуті країни світу використовують переваги інформаційних технологій у виробничій, комерційній та банківських сферах. Це пояснюється тим, що традиційні методи не дозволяють зорієнтуватись в сучасному інформаційному потоці і проаналізувати динамічні процеси економічної діяльності підприємства. Швидше за все розвиваються технології, пов'язані з глобальною комп'ютерною мережею Інтернет, що призвело до появи таких нових категорій, як електронна торгівля, електронний бізнес, електронний уряд та ін.

Для регулювання економічної безпеки на підприємстві створюється служба інформаційної безпеки, що має виявляти і наочно демонструвати власникам підприємства весь спектр загроз в інформаційній сфері. Завдання керівників служби переконати, що протистояти загрозам можна тільки на основі створення і упровадження ефективних систем захисту інформації [5].

Виділимо найпоширеніші види потенційних загроз безпеці діяльності підприємства у сфері інформаційних технологій [4]:

– відсутність регламентованого доступу до файлів даних;

– вільне втручання в програмне забезпечення;
– відсутність протоколювання змін у програмному забезпеченні;
– відсутність регламентації користувачів інформації;
– відсутність дублювання важливих документів на документальних носіях даних;
– часті удосконалення одного і того ж програмного забезпечення різними особами;
– відсутність схем інформаційного забезпечення рівнів управління;
– наявність непідзвітних посадових осіб у системі управління тощо.

Система захисту інформації в інформаційних системах підприємств повинна будуватися на засадах комплексності й адаптивності. Доцільно розробляти організаційну структуру і впроваджувати систему захисту інформації в інформаційних системах підприємств відповідно до рекомендацій міжнародних стандартів і чинного законодавства України. Такі стандарти наведені в [5] стандартами є: ISO/IEC 27002 «Інформаційні технології. Методи захисту. Кодекс практики для управління інформаційною безпекою"; ISO/IEC 27003 «Інформаційні технології. Методи захисту. Керівництво з застосування системи менеджменту захисту інформації"; ISO/IEC 27004 «Інформаційні технології. Методи захисту. Вимірювання"; ISO/IEC 27005 «Інформаційні технології. Методи забезпечення безпеки. Управління ризиками інформаційної безпеки"; ISO/IEC 27006 «Інформаційні технології. Методи забезпечення безпеки. Вимоги до органів аудиту і сертифікування систем управління інформаційною безпекою"; ISO/IEC 27011 «Інформаційні технології. Керівництво з управління інформаційною безпекою для телекомунікацій" [5]. Що стосується інформаційного забезпечення трансферу технологій, основні правові момент зазначені у Законі України «Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій» ст.10.

Загрози інформаційній безпеці - це можливі дії або події, які можуть вести до порушень ІБ. Загроза розкриття інформаційних ресурсів полягає у тому, що дані, інформація і знання стають відомими тим, кому не слід цього знати. У межах нашої роботи під загрозою розкриття розумітимемо такий стан, коли отриманий несанкціонований доступ до ресурсів системи, при чому йдеться як про відкриті, такі і ті ресурси, які мають обмежений доступ. Ці ресурси мають передаватися один одному і зберігатися у єдиній інформаційній системі [7].

Загроза порушення цілісності інформаційних ресурсів полягає в умисному антропогенному впливі (модифікація, видалення, зниження) даних, які зберігаються в інформаційній системі суб'єкта управління, а також передаються від даної інформаційної системи до інших. Серйозною загрозою можуть бути програмні віруси. Водночас дотримання правил користування комп'ютерною технікою, а також наявність у штаті співробітників органу управління відповідного фахівця з даних питань значно полегшить розв'язання зазначених завдань.

Джерелами помилок у програмному забезпеченні (ПЗ) можуть бути [5]:

- логічні помилки розробників програмного забезпечення;
- непередбачені ситуації, які проявляються при модернізації, заміні чи додаванні нових апаратних засобів, встановленні нових додатків, виході на нові режими роботи ПЗ, появі раніше не зафіксованих нештатних ситуацій;
- віруси, якими інфіковані програми;
- спеціальні програмні компоненти, які передбачені розробниками ПЗ для різного роду цілей.

Віруси самі по собі також становлять небезпеку і можуть знаходити свій вияв у видаванні повідомлень на екран монітора; затиранні інформації на дисках; переміщенні фалів до інших папок; уповільненні роботи комп'ютера; зборі інформації про роботу організації тощо.

Зважаючи на необхідність збереження конфіденційності інформаційних ресурсів організації, атаки на їх інформаційні системи може здійснюватися з метою:

- встановлення доступу до інформації з обмеженим доступом;
- викрадення ключів, паролів, ідентифікаторів, списку користувачів;
- ініціалізація контрольованого алгоритму роботи комп'ютерної системи;
- приведення у непридатність частини або всієї системи управління організацією.

Відповідно виділяють і види загроз. Через їх чисельність нами була зроблена спроба, з урахуванням існуючих напрацювань щодо питань класифікації загроз національній безпеці, виокремити загрози інформаційній безпеці [4].

З метою захисту інформаційно-комунікаційних технологій організацій, доцільно використовувати таки методи: Резервне копіювання; Політика прав доступу (обмеження кола людей, які мають права доступу до важливих даних підприємства); Двофакторна аутентифікація; Сегментація мережі; Мережеві екрани; Використання «приманок».

У сучасних умовах інформаційна безпека є невід'ємною складовою системи економічної безпеки господарюючого суб'єкта. Своєю чергою, надійне забезпечення захисту ІТК є неодмінною умовою переходу на модель стійкого розвитку не тільки окремого підприємства, але й національної економіки в цілому. Щоб зберегти бізнес, розвиватися і бути конкурентоспроможним, підприємствам необхідно створити ефективну систему управління інформаційною безпекою.

Процес моделювання обґрунтування необхідності впровадження ІТ можна представити наступним чином (рис. 1).

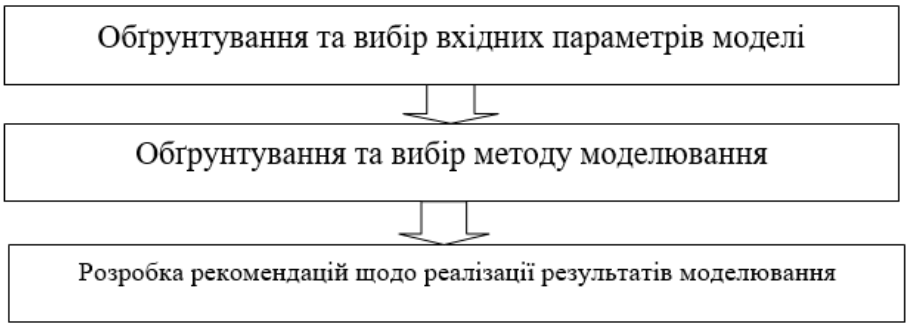

Рис. 1. Алгоритм моделювання процесу вибору ІТ

Для того, щоб вибрати найкращу (оптимальну) ІТ технологію для суб'єкта господарювання, використаємо методологічний апарат нечіткої логіки (нечітких множин).

Першим серйозним кроком в цьому напрямку була теорія нечітких множин, розроблена доктором Лотфі Заде. Його робота "Fuzzy Sets" з'явилася в 1965 році в журналі "Information and Control". Вона заклала основи моделювання інтелектуальної діяльності людини і стала поштовхом до розвитку нової області науки -"fuzzy logic" (fuzzy – нечіткий, розмитий, м'який).

Далі в цій області досліджень з'явилося багато робіт [1], а також приклади практичного застосування [2].

Нечітка змінна описується назвою області визначення, а також нечіткою множиною, яка описує обмеження на можливі значення нечіткої змінної.

Нечіткі змінні або нечіткі вирази можуть бути якісні та кількісні. Саме це використовується в економічному прогнозуванні. Наприклад, при прогнозуванні обсягів надання послуг, або рівня конкуренції (високий/ низький).

Існують різні способи математичної обробки нечіткої інформації [1, 4]: метод нечіткого логічного висновку, метод нечіткого відношення переваг, метод адитивної згортки, метод лінгвістичних векторних оцінок, метод максимінної згортки тощо [2].

Спільним для усіх методів є два моменти. Перший – це побудова експертами матриці знань, яка визначає логічних висловлювань типу «якщо,…то,…інакше», що пов'язує значення вхідних параметрів $x_1,\ldots. x_n$ одним з діагнозів d_j.

Наприклад, якщо в одній стоці матриці знань x_1 відповідає Н, x_2 – В, x_3 – С, а діагноз d_1, це можна прочитати таким чином:

якщо x_1 має низьке значення, x_2 має високе значення, а x_3 – середнє значення, то цьому відповідає діагноз d_1. Математично це можна записати:

$$(x_1 = H) \wedge (x_2 = B) \wedge (x_3 = C) \rightarrow d_1, \quad (1)$$

де знак $\wedge$ означає операцію «І».

Другий важливий момент – для математичної обробки логічних виразів необхідно задати функції належності всіх термів (значень) вхідних параметрів μ_{X_k}. Для цього використовуються графіки, формули або табличні значення [3].

Тоді вираз (1) можна записати:

$$\mu^{d_1}(x_1,x_2,) = \mu^{н}(x_1) \wedge \mu^{в}(x_2) \wedge \mu^{с}(x_3) \quad (2)$$

де μ_{X_k} будуть мати конкретні числові значення.

Подальший аналіз буде залежати від обраного методу на нечіткій логіці.

В роботі [3] отриманий висновок про те, що найбільшою стійкістю щодо вихідних параметрів володіє метод нечіткого логічного висновку.

Розглянемо задачу прогнозування можливих значень на вартість технології, яка пропонується для суб'єкта господарювання , за якісними значеннями вхідних параметрів.

У якості вхідних параметрів прийнято: c_1 – собівартість ІТ; c_2 – якість ІТ c_3 – наявність (рівень) конкуренції; c_4 – купівельна спроможність; c_5 – обсяг наданих послуг (ефективністість). Кожний з цих

параметрів може істотно відрізнятися від запланованого. Так, може змінитися вартість матеріалів у постачальників, якість матеріалів, рівень інфляції, вартість енергоносіїв, можна з'явитися імпортна конкурентоспроможна продукція тощо. Тут для обґрунтування можливості застосування методу обмежимося тільки п'ятьма вхідними параметрами і будемо розглядати тільки їхні якісні значення.

Зона можливих значень кожного вхідного параметра розбита на три терми (розглядається ефективність запровадження і використання ІТ): Н – низький, С – середній, В – високий. Принципово кожний вхідний параметр може мати свою шкалу оцінок (наприклад, для c_1: Н – низька, НС – нижче середньої; С – середня, ВС – вище середньої; В – висока; для c_3: Н – низька, В – висока і т.п.).

Зону можливих значень вихідного параметра – прибутку розіб'ємо на три діапазони:

ФР 1: $N_{+10\%}^{+30\%}$,
ФР 2: $N_{-10\%}^{+10\%}$,
ФР 3: $N_{-30\%}^{-10\%}$.

де N – планове середнє значення прибутку.

Далі використовуємо для аналізу метод нечіткого логічного висновку.

Складемо матрицю знань для можливих станів ФР1….ФР3 залежно від поєднання сукупності вхідних параметрів. Для наочності аналізу обмежимося одним поєднанням термів для кожного діагнозу d: $d_1 = \text{ФР1}$; $d_2 = \text{ФР2}$; $d_3 = \text{ФР3}$, а в принципі, експерти можуть складати матрицю знань, у якій одному діагнозу може відповідати кілька сполучень вхідних параметрів, як показано в таблиці 3.

Таблиця 3

Матриця знань

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	d
Н	В	Н	В	В	d_1
С	С	С	С	С	d_2
В	Н	В	Н	Н	d_3

У вигляді логічних висловлювань будемо мати:

ЯКЩО $\boldsymbol{x_1}$ = Н І $\boldsymbol{x_2}$=В І $\boldsymbol{x_3}$=Н І $\boldsymbol{x_4}$=В І $\boldsymbol{x_5}$=В, ТО $\boldsymbol{d = d_1}$ ІНАКШЕ
ЯКЩО $\boldsymbol{x_1}$ = С І $\boldsymbol{x_2}$=С І $\boldsymbol{x_3}$=С І $\boldsymbol{x_4}$=С І $\boldsymbol{x_5}$=С, ТО $\boldsymbol{d = d_2}$ ІНАКШЕ
ЯКЩО $\boldsymbol{x_1}$ = В І $\boldsymbol{x_2}$=Н І $\boldsymbol{x_3}$=В І $\boldsymbol{x_4}$=Н І $\boldsymbol{x_5}$=Н, ТО $\boldsymbol{d = d_3}$ ІНАКШЕ

Нехай у результаті маркетингових досліджень отримана нечітка інформація щодо вхідних параметрів: $\acute{x}_1 \approx$ В, $\acute{x}_2 \approx$В, $\acute{x}_3 \approx$В, $\acute{x}_4 \approx$С, $\acute{x}_5 \approx$С. Спробуємо визначити діагноз.

Розрахунок нечіткої безлічі проводиться за формулою:

$$d = [x_1 ° H \times d_1 \cap x_2 ° B \times d_1 \cap x_3 ° H \times d_1 \cap x_4 ° B \times d_1 \cap x_5 B \times d_1] \cup [x_1 ° C \times d_2 \cap x_2 ° C \times d_2 \cap x_3 ° C \times d_2 \cap x_4 ° C \times d_2 \cap x_5 ° C \times d_2] \cup [x_1 ° B \times d_3 \cap x_2 H \times d_3 \cap x_3 ° B \times d_3 \cap x_4 ° H \times d_3 \cap x_5 ° H \times d_3] \quad (3)$$

Для проведення розрахунку задамо функції належності $\mu(u)$ терм-множин вхідних змінних і діагнозів. Для універсальної безлічі $u \in [0, \ 2]$ значення $\mu(u)$ вкажемо для $u = 0; u = 0{,}5; u = 1; u = 1{,}5; u = 2{,}0$.

$$H = (1; \ 0{,}5; \ 0{,}3; \ 0{,}2; \ 0);$$
$$C = (0; \ 0{,}3; \ 1; \ 0{,}3; \ 0);$$
$$B = (0; \ 0{,}2; \ 0{,}3; \ 0{,}5; \ 1);$$
$$d_1 = (1; \ 0{,}7; \ 0{,}4; \ 0{,}2; \ 0);$$
$$d_2 = (0; \ 0{,}3; \ 1; \ 0{,}3; \ 0);$$
$$d_3 = (0; \ 0{,}2; \ 0{,}4; \ 06; \ 1).$$

Примітка. В якості функції належності можуть бути також обрані та апроксимовані значення найпростіших функцій трикутного виду.

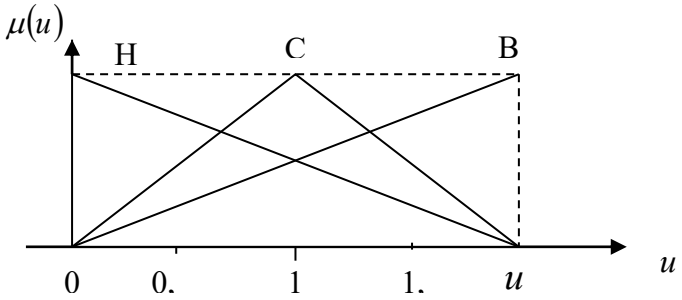

Рис. 2. Функції належності трикутного виду

Наприклад, $H = \{1;\ 0{,}75;\ 0{,}5;\ 0{,}25;\ 0\}$ чи $H = \{1;\ 0{,}5;\ 0\}$ для $u = 0; u = 1; u = 2.$

Далі визначаємо всі нечітку декартові добутки:

$$H \times d_1 = (1;\ 0{,}5;\ 0{,}3;\ 0{,}2;\ 0) \times (1;\ 0{,}7;\ 0{,}4;\ 0{,}2;\ 0) =$$

$$= \begin{vmatrix} 1; & 0{,}7; & 0{,}4; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}5; & 0{,}5; & 0{,}4; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0 \\ 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \end{vmatrix};$$

$$B \times d_1 = (0;\ 0{,}2;\ 0{,}3;\ 0{,}5;\ 1) \times (1;\ 0{,}7;\ 0{,}4;\ 0{,}2;\ 0) =$$

$$= \begin{vmatrix} 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \\ 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}5; & 0{,}5; & 0{,}4; & 0{,}2; & 0 \\ 1; & 0{,}7; & 0{,}4; & 0{,}2; & 0 \end{vmatrix};$$

$$\text{C} \times d_2 = (0;\ 0{,}3;\ 1;\ 0{,}3;\ 1) \times (0;\ 0{,}4;\ 1;\ 0{,}4;\ 0) =$$

$$= \begin{vmatrix} 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \\ 0; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0 \\ 0; & 0{,}3; & 1; & 0{,}3; & 0 \\ 0; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0 \\ 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \end{vmatrix};$$

$$\text{B} \times d_3 = (0;\ 0{,}2;\ 0{,}3;\ 0{,}5;\ 1) \times (0;\ 0{,}2;\ 0{,}4;\ 0{,}6;\ 1) =$$

$$= \begin{vmatrix} 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}4; & 0{,}5; & 0{,}5 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}4; & 0{,}6; & 1 \end{vmatrix};$$

$$\text{H} \times d_3 = (1;\ 0{,}5;\ 0{,}3;\ 0{,}2;\ 0) \times (0;\ 0{,}2;\ 0{,}4;\ 0{,}6;\ 1) =$$

$$= \begin{vmatrix} 0; & 0{,}2; & 0{,}4; & 0{,}6; & 1 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}4; & 0{,}5; & 0{,}5 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3 \\ 0; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2 \\ 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \end{vmatrix}.$$

Підставимо отримані декартові добутки і функції належностей термів фіксованих значень вхідних параметрів $\acute{x}_1 =$ B, $\acute{x}_2 =$B, $\acute{x}_3 =$B, $\acute{x}_4 =$C, $\acute{x}_5 =$C. у формулу (3) і після обчислень отримаємо для першої складової першого рядка формули (3):

$$\text{B}^{\circ}(H \times d_1) = \begin{vmatrix} 0 \\ 0{,}2 \\ 0{,}3 \\ 0{,}5 \\ 0 \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 1; & 0{,}7; & 0{,}4; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}5; & 0{,}5; & 0{,}4; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0 \\ 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \\ 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0 \\ 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0{,}3; & 0 \\ 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0{,}2; & 0 \\ 0; & 0; & 0; & 0; & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}2;\ \ 0.$$

Провівши аналогічні обчислення у підсумку отримаємо для п'яти складових першого рядка формули (3):

$$= (0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}2;\ \ 0) \cap$$
$$(1;\ \ 0{,}7;\ \ 0{,}4;\ \ 0{,}2;\ \ 0) \cap$$
$$(0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}2;\ \ 0) \cap$$
$$(0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}2;\ \ 0) \cap$$
$$(0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}2;\ \ 0) =$$
$$= (0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}2;\ \ 0);$$

- по другому рядку:

$$= (0;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0) \cap$$
$$(0;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0) \cap$$
$$(0;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0) \cap$$
$$(0;\ \ 0{,}3;\ \ 1;\ \ 0{,}3;\ \ 0) \cap$$
$$(0;\ \ 0{,}3;\ \ 1;\ \ 0{,}3;\ \ 0) =$$
$$= (0;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 0);$$

- по третьому рядку:

$$= (0;\ \ 0{,}2;\ \ 0{,}4;\ \ 0{,}6;\ \ 1) \cap$$
$$(0;\ \ 0{,}2;\ \ 0{,}3;\ \ 0{,}3;\ \ 1) \cap$$
$$(0;\ \ 0{,}2;\ \ 0{,}4;\ \ 0{,}6;\ \ 1) \cap$$

$$(0; \quad 0{,}2; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 1) \cap$$
$$(0; \quad 0{,}2; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 1) =$$
$$= (0; \quad 0{,}2; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 1).$$

Тоді функція належності діагнозу, який шукали, наступна:

$$d^* = (0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}2; \quad 0) \cap$$
$$(0; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0) \cap$$
$$(0; \quad 0{,}2; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3) =$$
$$= (0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3; \quad 0{,}3)$$

Для інтерпретації безлічі d^* в термах одного з діагнозів d_1, d_2, d_3 (а також для ранжування діагнозів) визначимо відстані по Хемінгу між множинами d^* і $d_j, j = \overline{1,3}$:

$$\Delta(d^*, d_1) = |1 - 0{,}3| + |0{,}7 - 0{,}3| + |0{,}3 - 0{,}4| + |0{,}2 - 0{,}3| + |0 - 0{,}3| = 1{,}6;$$
$$\Delta(d^*, d_2) = |0 - 0{,}3| + |0{,}3 - 0{,}3| + |1 - 0{,}3| + |0{,}3 - 0{,}3| + |0 - 0{,}3| = 1{,}3;$$
$$\Delta(d^*, d_3) = |0 - 0{,}3| + |0{,}2 - 0{,}3| + |0{,}4 - 0{,}3| + |0{,}6 - 0{,}3| + |1 - 0{,}3| = 1{,}5.$$

Враховуючи те, що шуканим є діагноз з найменшою відстанню по Хемінгу, то в розглянутому прикладі це буде діагноз $d_2 = \Pi_2 = N_{-10\%}^{+10\%}$, а ранжування діагнозів буде таким: d_2, d_3, d_1.

Тепер розглянемо цю саму задачу методом лінгвістичних векторних оцінок. В цьому методі, як і в інших методах нечіткої логіки, задаються функції належності термів вхідних параметрів і складається матриця знань, в якій кожному набору термів вхідних параметрів відповідає свій результат (альтернатива, діагноз). Суть даного методу полягає в обчисленні оцінки переваги кожної альтернативи відносно інших.

Для цього спочатку визначаються функції належності $\mu_<$ з використанням формул:

$$\mu_<(s_j, s_k) = \sum_{i=1}^{n-1} \left(v_{xj}(x_i)\left(1 - w_{sk}(x_{i+1})\right)\right), \tag{4}$$

де $v_s(x)$ – ймовірність того, що в якості точного значення нечіткого числа s використовується величина x;

$w_s(x)$ – ймовірність того, що в якості точного значення нечіткого числа s використовується величина $y < x$:

$$v_s(x) = \mu_s(x) / \sum_{y \in S} \mu_s(y); \; w_s(x) = \sum_{y \in S, y<x} v_s(y). \tag{5}$$

Далі обчислюється нечітке відношення порядку $\mu_\geq$:

$$\mu_\geq(s_j, s_k) = 1 - \mu_<(s_j, s_k) \tag{6}$$

і здійснюється оптимізація.

Серед мінімальних значень $\mu_\geq$ кращою буде альтернатива, що має найбільше значення.

Для цього використаємо цю саму матрицю знань.

Нехай для універсальної безлічі $u \in [0, \quad 10]$ задані значення функцій належності термів вхідних змінних (Н – низький, С – середній, В – високий):

$$\text{Н} = (1/0; \quad 0{,}8/2; \quad 0{,}3/3);$$
$$\text{С} = (0{,}5/4; \quad 1/5; \quad 0{,}4/6);$$
$$\text{В} = (0{,}2/7; \quad 0{,}9/9; \quad 1/10).$$

Спочатку обчислюємо ступінь переваги діагнозу d_1:

$$\mu_<(c_i(d_1), c_i(d_2), c_i(d_3)) = \sum_{i=1}^{n} v_{c_i(d_1)}(x_m)\left(1 - \sum_{j=1}^{m} v_{c_i(d_2)}(x_1)\right)\left(1 - \sum_{j=1}^{m} v_{c_i(d_3)}(x_m)\right)$$
$$v_{c_i(d_j)}(x_m) = \mu_{c_i(d_j)}(x_m) / \sum_{y \in s_{c_i(d_j)}} \mu_{c_i(d_j)}(y)$$

Для $i = 1$ та $j = 1$ $\quad \sum_{y \in s_{c_1(d_1)}} \mu_{c_1(d_1)}(y) = 1 + 0{,}8 + 0{,}3 = 2{,}1.$

Для $i = 1$ та $j = 2$ $\quad \sum_{y \in s_{c_2(d_2)}} \mu_{c_2(d_2)}(y) = 0{,}5 + 1 + 0{,}4 = 1{,}9$

Для $i = 1$ та $j = 3$ $\quad \sum_{y \in s_{c_1(d_3)}} \mu_{c_1(d_3)}(y) = 0{,}2 + 0{,}9 + 1 = 2{,}1$

Враховуючи те, що в матриці знань фігурують всього три терми (Н, С, В), то отримані значення будуть використовуватися і за критеріями c_2, c_3, c_4 , c_5. Отже, функція належності $\mu_<(d_1)$ для всіх вхідних параметрів визначається таким чином:

$$\mu_<(c_1(d_1), c_1(d_2), c_1(d_3)) = \frac{1}{2{,}1}\left(1 - \frac{0{,}5}{1{,}9}\right)\left(1 - \frac{0{,}2}{2{,}1}\right) + \frac{0{,}8}{2{,}1}\left(1 - \frac{1}{1{,}9}\right)\left(1 - \frac{0{,}9}{2{,}1}\right) + \frac{0{,}3}{2{,}1}\left(1 - \frac{0{,}4}{1{,}9}\right)\left(1 - \frac{1}{2{,}1}\right) = 0{,}478;$$
$$\mu_<(c_2(d_1), c_2(d_2), c_2(d_3)) = \frac{0{,}2}{2{,}1}\left(1 - \frac{0{,}5}{1{,}9}\right)\left(1 - \frac{0{,}2}{2{,}1}\right) + \frac{0{,}9}{2{,}1}\left(1 - \frac{1}{1{,}9}\right)\left(1 - \frac{0{,}9}{2{,}1}\right) + \frac{1}{2{,}1}\left(1 - \frac{0{,}4}{1{,}9}\right)\left(1 - \frac{1}{2{,}1}\right) = 0{,}495.$$

З урахуванням матриці знань

$$\mu_<(c_3(d_1),c_3(d_2),c_3(d_3)) = \mu_<(c_1(d_1),c_1(d_2),c_1(d_3)) = 0{,}478;$$
$$\mu_<(c_4(d_1),c_4(d_2),c_4(d_3)) = \mu_<(c_5(d_1),c_5(d_2),c_5(d_3)) = \mu_<(c_2(d_1),c_2(d_2),c_2(d_3)) = 0{,}495.$$

Нечіткі відношення $\mu_<(d_2)$ відповідно до формули (2) мають таке значення:

$$\mu_\geq(c_1(d_1),c_1(d_2),c_1(d_3)) = 1 - \mu_<(c_3(d_1),c_3(d_2),c_3(d_3)) = 0{,}522$$
$$\mu_\geq(c_2(d_1),c_2(d_2),c_2(d_3)) = 1 - 0{,}495 = 0{,}505$$
$$\mu_\geq(c_3(d_1),c_3(d_2),c_3(d_3)) = 1 - 0{,}478 = 0{,}522$$
$$\mu_\geq(c_4(d_1),c_4(d_2),c_4(d_3)) = \mu_\geq(c_5(d_1),c_5(d_2),c_5(d_3)) = 1 - 0{,}495 = 0{,}505$$

Ступінь переваги діагнозу d_1 дорівнює мінімуму з цих значень, тобто $\mu_\geq d_1 = 0{,}505$.

Відмітимо, що повторюваність результатів для різних вхідних параметрів обумовлена тим, що тут в якості прикладу взято всього три терми для кожного вхідного параметру. Якщо взяти більшу кількість термів, наприклад, Н – низьке, НС – нижче середнього, С – середнє, ВС – вище середнього, В – високе значення, то результати по величинам та за різними критеріями будуть відрізнятися.

Провівши аналогічні розрахунки для діагнозу d_2, отримаємо:

$$\mu_<(c_3(d_1),c_3(d_2),c_3(d_3)) = \frac{0{,}5}{1{,}9}\left(1-\frac{0{,}5}{1{,}9}\right)\left(1-\frac{0{,}2}{2{,}1}\right)+\frac{1}{1{,}9}\left(1-\frac{0{,}9}{2{,}1}\right)\left(1-\frac{0{,}8}{2{,}1}\right)+\frac{0{,}4}{1{,}9}\left(1-\frac{1}{2{,}1}\right)\left(1-\frac{0{,}3}{2{,}1}\right) = 0{,}405$$

При цьому для всіх інших параметрів отримано той же результат, оскільки в матриці знань відносно терми С термів В та Н тільки міняються місцями.

Отже, ступінь переваги діагнозу d_2 становить $\mu_\geq(d_2) = 1 - 0{,}505 = 0{,}495$. Для діагнозу d_3 отримаємо такі результати за формулами (2), (3) та (4):

$$\mu_<(c_1(d_1),c_1(d_2),c_1(d_3)) = 0{,}481$$
$$\mu_<(c_2(d_2),c_1(d_2),c_2(d_3)) = 0{,}476$$
$$\mu_<(c_3(d_1),c_3(d_2),c_3(d_3)) = 0{,}481$$
$$\mu_<(c_4(d_1),c_4(d_2),c_4(d_3)) = 0{,}476$$
$$\mu_<(c_5(d_1),c_5(d_2),c_5(d_3)) = 0{,}476$$

За даними таблиці випливає, що ступінь переваги діагнозу d_3, тобто $\mu_\geq(d_3) = 1 - 0{,}481 = 0{,}519$. Таким чином, $\max(\mu_\geq(d_1),\mu_\geq(d_2),\mu_\geq(d_3)) = 0{,}595$. Тобто шуканим є діагноз d_2, ранжування діагнозів має таку послідовність d_2, d_3, d_1. Такий діагноз та ранжування альтернатив було отримано в роботі [3].

В результаті застосування методу лінгвістичних векторних оцінок отримано повністю аналогічний результат порівняно з методом нечіткого логічного висновку при більш простому математичному апараті обробки інформації і доведена можливість застосування цього методу для обґрунтування доцільності впровадження тої чи іншої ІТ.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В загальному випадку окремі критерії будуть мати різний ступінь значущості. Для обліку цього можна ввести вагові коефіцієнти критеріїв $\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_n$, де n – кількість критеріїв. Тоді відповідні функції належності критеріїв підносяться до ступеня: $(\mu(x_i))^{\alpha_i}$. Згідно з даними роботи [5] ці коефіцієнти повинні задовільні ти умовам:

$$\alpha_i \geq 0; \qquad i = 1,\ldots,n; \qquad \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i = 1$$

а їх величини можна визначити використовуючи процедуру попарного порівняння критеріїв. Процедуру знаходження коефіцієнтів $\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_n$ автори роботи [4] рекомендують використовувати в такій послідовності.

Спочатку формується квадратна матриця попарних порівнянь n критеріїв. Для цього можна використати, наприклад, 9-бальну шкалу порівняльних оцінок [4]. Далі знаходиться головний власний вектор матриці $W = \{\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_n\}$, де $\beta_1,+\beta_2+\cdots+\beta = 1_n$. Для цього можна скористатися рекомендаціями робіт.

Значення показників степені $\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_n$, які шукали, знаходяться, відповідно, як $\alpha_1 = n\beta_1$, $\alpha_2 = n\beta_2,\ldots.,\ \alpha_n = n\beta_n$

Література

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. Fuzzy Sets and Systems. 1978. Vol. 1. № 1. 100 p.
2. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process. 1996. doi.org/10.1007/978-1-4612-3982-6
3. Косенкова О.В. Прогнозування результатів діяльності підприємства на нечіткій логіці. Економіка: проблеми теорії та практики. Дніпропетровськ : ДНУ, 2002. Вип. 123. С. 63-72.

4. Гейдарова О.В., Паюк В.П. Інформаційні технології у моделюванні процесів прийняття рішень на підприємстві. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. С. 228-230

5. Гейдарова О.В. Інформаційно-комунікаційні технології у забезпеченні бізнес-процесів організації. Міжнародна науково-практична конференція "Актуальні проблеми економіки, фінансів, менеджменту і права". 2 грудня 2022. Житомир.

6. Гейдарова О.В. Особливості захисту сучасних інформаційно-комунікаційних технологійв управлінні організацією. Міжнародна НПК «Сучасні технології менеджменту», Польща, Україна, 15-16 жовтня, 2022, Пшеворськ, Польща.

7. Hryhoruk P.M., Khrushch N.A., Grygoruk S.S. (2018). Підхід до побудови нечітких відношень переваги в прийнятті управлінських рішень. Науковий вісник Полісся, 2(4(12), 92–99. http://nvp.stu.cn.ua/article/view/125936

References

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. Fuzzy Sets and Systems. 1978. Vol. 1. № 1. 100 p.

2. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process. 1996. doi.org/10.1007/978-1-4612-3982-6

3. Kosenkova O.V. Prohnozuvannia rezultativ diialnosti pidpryiemstva na nechitkii lohitsi. Ekonomika: problemy teorii ta praktyky. Dnipropetrovsk : DNU, 2002. Vyp. 123. S. 63-72.

4. Heidarova O.V., Paiuk V.P. Informatsiini tekhnolohii u modeliuvanni protsesiv pryiniattia rishen na pidpryiemstvi. Herald of Khmelnytskyi National University. 2018. S. 228-230

5. Heidarova O.V. Informatsiino-komunikatsiini tekhnolohii u zabezpechenni biznes-protsesiv orhanizatsii. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia "Aktualni problemy ekonomiky, finansiv, menedzhmentu i prava". 2 hrudnia 2022. Zhytomyr.

6. Heidarova O.V. Osoblyvosti zakhystu suchasnykh informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohiiv upravlinni orhanizatsiieiu. Mizhnarodna NPK «Suchasni tekhnolohii menedzhmentu», Polshcha, Ukraina, 15-16 zhovtnia, 2022, Pshevorsk, Polshcha.

7. Hryhoruk P.M., Khrushch N.A., Grygoruk S.S. (2018). Pidkhid do pobudovy nechitkykh vidnoshen perevahy v pryiniatti upravlinskykh rishen. Naukovyi visnyk Polissia, 2(4(12), 92–99. http://nvp.stu.cn.ua/article/view/125936