

РОЗДІЛ 7. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ТА БАГАТОКРИТЕРІЙНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ ДЛЯ ОПИСУ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

USING THE THEORY OF FUZZY SETS AND MULTICRITERIA SELECTION OF ALTERNATIVES FOR DESCRIBING THE ACTIVITY OF AN ENTERPRISE UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

У статті представлені різні класифікації невизначеності діяльності підприємства, їх характеристики та джерела виникнення. Розроблена класифікація методів дослідження діяльності підприємства в умовах невизначеності. Уточнено використання теорії нечітких множин та багатокритерійного вибору альтернатив для опису діяльності підприємства та прийняття рішень в умовах невизначеності. Розглянуто багатокритерійний вибір альтернатив на основі перетину нечітких множин, на основі нечіткого відношення переваги, з використанням правила нечіткого введення, на основі адитивної згортки. Також розглянуто ранжування альтернатив на безлічі лінгвістичних векторних оцінок. Виділено переваги та недоліки використання нечіткої логіки. Основною проблемою багатокритерійного вибору із застосуванням нечітких моделей є уявлення інформації про взаємини між критеріями і способи їх обчислення інтегральних оцінок. Аналіз нечітких методів прийняття рішень дозволяє сформулювати вимоги до подальших розробок в цій області.

Ключові слова: невизначеність, нечіткі множини, альтернатива, багатокритерійний вибір, опис діяльності підприємства, ранжування.

The task of decision-making in conditions of uncertainty is the choice of a rational decision, formed under the influence of certain and uncertain factors, which are quantitatively and qualitatively described by the features. Methods of decision-making on fuzzy models allow you to easily and objectively evaluate alternatives by individual criteria. The analysis of scientific works and the practice of evaluating the company's activities indicate an insufficient level of its analytical and mathematical support, as well as the need for more detailed consideration of multicriteria choice of alternatives to describe the company's activities and decision-making in uncertainty. Thus, the article presents various classifications of uncertainty of the enterprise, their characteristics and sources. The classification of methods of research of activity of the enterprise in the conditions of uncertainty is developed. Key concepts and definitions of fuzzy set theory are considered. The use of fuzzy set theory and multi-criteria choice of alternatives for describing the activities of the enterprise and decision-making in conditions of uncertainty is specified. The paper considers a multi-criteria choice of alternatives based on the intersection of fuzzy sets, based on the fuzzy advantage relationship, using the fuzzy input rule, based on additive convolution. The ranking of alternatives on the set of linguistic vector estimates is also revealed. The advantages and disadvantages of using different multi-criteria choices of alternatives and fuzzy logic in general are highlighted. The main problem of multi-criteria selection using fuzzy models is the presentation of information about the relationship between the criteria and ways to calculate their integrated estimates. Methods based on different approaches give different results. Each approach has its limitations and features, and the user must get an idea of them. Before applying one or another method of decision making. The heuristic approach provides the widest opportunities for presenting information. Analysis of fuzzy decision-making methods allows us to formulate requirements for further development in this area.

Key words: uncertainty, fuzzy sets, alternative, multicriteria choice, description of the enterprise, ranking.

УДК 330.44:005

DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastruct64-15>

Мартінова О.В.

к. е. н., доцент,
доцент кафедри вищої математики
та економіко-математичних методів
Харківський Національний університет
імені Семена Кузнеця

Martynova Olena

Simon Kuznets Kharkiv National
University of Economics

Постановка проблеми. Невизначеність притаманна всій економічній діяльності, отже дослідження підприємства та опис його діяльності в умовах невизначеності має велике практичне значення. Необхідно класифікувати невизначеність для визначення методів вирішення проблем пов'язаних з нею. Одна з математичних постановок завдань ухвалення рішень та опису діяльності – багатокритерійний вибір альтернатив на основі різних підходів. Важливим також є відокремлення переваг та недоліків їх використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання прийняття управлінських рішень

а також опису діяльності підприємства в умовах невизначеності розглядається у працях відомих вітчизняних та закордонних вчених І. А. Бланка, П. Брюера, Р. Гаррісона, Т. В. Емельянова, О. О. Королович, В. І. Куцик, А. Ю. Медведєва, Е. Норіна, А.В. Андрейчикова [1], О. А. Крумберга [2], В. В. Вітлінського [3] та ін. Аналіз наукових праць і практика опису діяльності підприємства свідчать про недостатній рівень її аналітичного та математичного забезпечення, а також необхідність більш детального розгляду питань багатокритеріального вибору альтернатив для опису діяльності підприємства та прийняття рішень в умовах невизначеності.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є уточнення використання теорії нечітких множин, а також узагальнення багатокритеріального вибору альтернатив для опису діяльності підприємства в умовах невизначеності. Необхідність класифікації умов невизначеності, її джерел виникнення та методів її усунення обумовлено мінливістю умов функціонування підприємства.

Викладення основного матеріалу дослідження. Задача прийняття рішень – одна з найпоширеніших в будь-якій області. Її рішення зводиться до вибору однієї або декількох кращих альтернатив з деякого набору. Для того, щоб зробити такий вибір, необхідно чітко визначити мету і критерії, за допомогою яких буде проводитись оцінка деякого набору альтернативних варіантів. Вибір методу рішення такої задачі залежить від кількості і якості доступної інформації.

Задачі, які виникають впродовж функціонування підприємства можна класифікувати по різних ознаках, що характеризують кількість і якість доступної інформації, наприклад:

– Задачі в умовах визначеності. До них відносяться задачі, для яких є достатня і достовірна кількісна інформація. В цьому випадку застосовуються методи математичного програмування, суть яких полягає в знаходженні оптимальних рішень на базі математичної моделі реального об'єкту.

– Задачі в умовах часткової визначеності. Вони виникають, коли можливі результати можна описати за допомогою деякого ймовірнісного розподілу. Для побудови розподілу вірогідності необхідно або мати в своєму розпорядженні статистичні дані, або привертати знання експертів. Зазвичай для вирішення задач цього типу застосовуються методи теорії одновимірної і багатовимірної корисності.

– Задачі в умовах невизначеності. Ці задачі мають місце, коли інформація, необхідна для прийняття рішень, є неточною, неповною, не кількісною, а формальні моделі системи або дуже складні, або відсутні. У таких випадках для вирішення задачі зазвичай притягуються знання експертів. На відміну від підходу, прийнятого в експертних системах, для вирішення завдань ухвалення рішення знання експертів зазвичай виражені у вигляді деяких кількісних даних, які називають перевагами.

В сучасних умовах мінливого внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства особливе значення мають задачі третього типу. Існує безліч методів і підходів до прийняття рішень, які дають можливість враховувати багатокритеріальність і невизначеність. Задачі прийняття рішень можуть бути класифіковані за типом інформації про переваги на безлічі критеріїв і про наслідки альтернатив на якісні, кількісні і змішані. У зв'язку з цією класифікацією існує різні методи ухвалення рішень [1. с. 125]:

1. Відсутність інформації про переваги; кількісна і/або інтервальна інформація про наслідки; якісна інформація про переваги і кількісна про наслідки: методи з дискретизацією невизначеності; стохастичне домінування; методи прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності на основі глобальних критеріїв; метод аналізу ієрархій; методи теорії нечітких множин.

2. Якісна інформація про переваги і наслідки: методи практичного застосування рішень; методи вибору статистично надійних рішень;

3. Кількісна інформація про переваги і наслідки: методи кривих байдужості для прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності; методи дерев рішень; декомпозиційні методи теорії очікуваної корисності.

Серед цих методів найбільш перспективними є декомпозиційні методи теорії очікуваної корисності, метод аналізу ієрархій і теорії нечітких множин. Саме вони найбільшою мірою задовольняють вимогам універсальності, обліку багатокритеріальності вибору в умовах невизначеності.

В процесі опису діяльності підприємства виникають різні види невизначеності. Вивченню проблем невизначеності науковці приділяють багато уваги [1; 2; 3; 4; 6; 8; 9]. В економічній науці існують різні підходи до класифікацій невизначеності. Велика кількість невизначеностей пояснюється тим, що кожний етап, а також все, що пов'язане з функціонуванням та розвитком підприємства, є джерелом невизначеності. Розглянемо деякі з цих класифікацій.

Класифікація за Капустіним В. Ф. представлена в таблиці 1 [8, с. 110].

Одним із критеріїв невизначеності є ймовірність настання подій [2; 6; 9]. Розрізняють: повну невизначеність (ймовірність настання подій близька до 0); часткову невизначеність (ймовірність настання подій знаходиться в межах від 0 до 1); повну визначеність (ймовірність настання подій близька до 1).

За критерієм об'єкту невизначеності вона поділяється на людську, технічну та соціальну. Залежно від способів визначення невизначеності розрізняють статистичну, яку можна оцінити і нестатистичну. Орлов А. И. запропонував такі класифікаційні ознаки невизначеності [6, с. 79]: недостатність знань про природні явища та процеси, наприклад: невизначеності, зумовлені недостатніми знаннями людства; невизначеність природних явищ; невизначеність, пов'язана зі здійсненням діючих і проєктованих технологічних процесів; вплив найближчого оточення підприємства: невизначеності, спричинені діяльністю учасників економічного життя, зокрема, їхньою діловою активністю, фінансовим становищем; невизначеності, пов'язані з соціальними й адміністративними чинниками, невизначеність природних явищ; невизначеності на рівні країни: невизначеність майбутньої

Класифікація невизначеності

Види невизначеності	Характеристика виду невизначеності	Джерела невизначеності
Перспективна невизначеність	Поява непередбачених факторів, які впливають на ефективність функціонування процесів	Важкість отримання вихідної інформації, складність технопроцесів, політичні фактори
Ретроспективна невизначеність	Відсутність інформації про поведінку об'єкта в минулому	Зазублення інформації, неможливість її відновлення, неефективність зберігання
Технічна невизначеність	Неможливість прогнозувати результати прийнятих рішень	Суб'єктивність прийняття рішень, похибка методів прогнозування, округлення, спрощення
Стохастична невизначеність	Результат імовірнісного характеру процесів та явищ, що досліджуються	Специфіка процесів та явищ
Невизначеність стану довкілля	Повне або часткове незнання природних умов, в яких буде ухвалюватися рішення	Стихійність та непередбачуваність природних явищ
Невизначеність цілеспрямованої протидії	Виникає в ситуації конфлікту двох чи більше сторін, коли одна зі сторін не має інформації про мотиви і характер поведінки супротивника	Протидія сторін, різні цілі
Невизначеність цілей	Неоднозначність, а іноді неможливість вибору однієї цілі при ухваленні рішення	Різні цілі
Невизначеність умов	Недостатність або повна відсутність інформації про умови, в яких прийматиметься рішення	Зазублення інформації, неможливість її відновлення, неефективність зберігання
Лінгвістична невизначеність	З математичної точки не достатньо описані чи не мають однозначного тлумачення терміни, поняття, словосполучення	Якісні, а не кількісні показники, вербальний виклад
Невизначеність дій	Невизначеність вибору рішень, множина варіантів дій, ціль може бути одна, декілька або вони не враховуються в обмеженнях	Специфіка області

ринкової ситуації; види невизначеності, пов'язані з коливанням цін, валютних курсів та інших макро-економічних показників; невизначеність, породжена нестабільністю законодавства і поточної економічної політики.

Невизначеність також можна трактувати як недостовірність, неоднозначність та невідомість. Вітлінський В. В. вважає, що вони в свою чергу можуть деталізуватись у зв'язку з причинами невизначеності до яких вони призводять. До причин невизначеності відносять: випадковий характер науково-технічного процесу, помилки у прогнозуванні, ймовірнісний характер важливих економічних параметрів, похибки в аналізі економічної системи та ін.

Якщо звести разом всі причини виникнення невизначеності, то можна стверджувати, що вона може бути наслідком двох обставин [3, с. 205]: неповноти інформації або обмежених можливостей суб'єкта управління стосовно переробки здобутої інформації.

Розрізняють такі джерела невизначеності [4, с. 126]: економічне середовище; нормативно-законодавче середовище; техніко-технологічне середовище; внутрішнє середовище.

Для врахування умов невизначеності причини виникнення невизначеності узагальнено виділяють такі групи [2; 9]: не детермінованість процесів,

які відбуваються у суспільстві і на підприємстві; неповнота інформації для моделювання діяльності підприємства чи неякісний аналіз існуючої інформації; вплив суб'єктивних чинників на результати.

З огляду на різні методи дослідження та опису діяльності підприємства рекомендується розрізняти такі види невизначеності даних: стохастична невизначеність – відомі закони розподілу ймовірностей; інтервальна невизначеність – значення величин лежать у відомих інтервалах; нечітка невизначеність – дані у вигляді нечітких множин; параметрична невизначеність – значення залежать від деякого параметра; багатокритеріальна невизначеність виражається необхідністю багатокритеріальної оптимізації.

У зв'язку з цим для розв'язання задач першої групи використовують методи теорії ймовірностей і стохастичного програмування. Основою другого підходу являється поняття інтервальної геометрії та інтервального аналізу. Невизначеність третього виду обумовила використання теорії нечітких множин. Четвертий підхід до врахування невизначеності досліджується засобами стійкості та параметричного аналізу. П'ятий тип невизначеності досліджується методами векторної оптимізації.

В цілому невизначеність слід поділити на фізичну та лінгвістичну. Фізична невизначеність

поділяється на випадковість та неточність, а лінгвістична виникає у формі невизначеності значення слів та неоднозначності змісту. Саме лінгвістична невизначеність обумовила розвиток теорії та необхідність використання нечіткої логіки. Теорія нечітких множин дозволяє описувати нечіткі поняття та знання, оперувати цими знаннями та робити нечіткі висновки.

Елементи теорії нечітких множин успішно застосовуються для опису діяльності підприємства та прийняття рішень. Експертні оцінки альтернативних варіантів по критеріях могут бути представлені як нечіткі множини або числа, виражені за допомогою функції приналежності. Для впорядкування нечітких чисел існує безліч методів, які відрізняються один від одного способом згортки і побудови нечітких відносин. Останнє можна визначити як відносини переваги між об'єктами.

Розглянемо одну з математичних постановок завдань ухвалення рішень та опису діяльності на основі теорії нечітких множин [2, с. 36]. *Багатокритерійний вибір альтернатив на основі перетину нечітких множин.* В даному випадку критерії визначають деякі поняття, а оцінками альтернатив є ступені відповідності цим поняттям. Нехай є безліч альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ і безліч критеріїв $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$, при цьому оцінки альтернатив по кожному i -му критерію представлені нечіткими множинами:

$$C_i = \{\mu_{C_i}(a_1)/a_1, \mu_{C_i}(a_2)/a_2, \dots, \mu_{C_i}(a_m)/a_m\}$$

Правило вибору кращої альтернативи можна представити як перетин нечітких множин, відповідних критеріям: $D = C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_m$.

Операції перетину відповідає узяття мінімуму: $\mu_D(a_j) = \min_{i=1, \dots, m} \mu_{C_i}(a_j) \quad j = 1, \dots, m$.

Кращою вважається альтернатива a^* , що має найбільше значення функції приналежності $\mu_D(a^*) = \max_{j=1, \dots, m} \mu_D(a_j)$

Багатокритерійний вибір альтернатив на основі нечіткого відношення переваги. Постановка завдання в короткій формі представляється таким чином. Нехай задана безліч альтернатив A і кожна альтернатива характеризується декількома критеріями якості з номерами $j = i, \dots, m$. Інформація про попарне порівняння альтернатив по кожному критерію якості j представлена у формі відношення переваги R_j . Потрібно вибрати кращу альтернативу з множини $\{A, R_1, \dots, R_m\}$.

Процедура вирішення задачі виконується в декілька кроків [2, с. 45].

1. Будується нечітке відношення, яке є перетином початкових відносин переваги: $\mu_{Q_1}(a, b) = \min(\mu_{R_1}(a, b), \dots, \mu_{R_m}(a, b))$, і визначається нечітка підмножина невідоміючих альтернатив на множині (A, μ_{Q_1}) : $\mu_{Q_1}^{hd}(a) = 1 - \sup_{b \in A} (\mu_{Q_1}(b, a) - \mu_{Q_1}(a, b))$.

2. Будується нечітке відношення Q_2 : $\mu_{Q_2}(a, b) = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{R_j}(a, b)$ і визначається нечітка підмножина невідоміючих альтернатив в множині (A, μ_{Q_2}) : $\mu_{Q_2}^{hd}(a) = 1 - \sup_{b \in A} (\mu_{Q_2}(b, a) - \mu_{Q_2}(a, b))$.

Дана функція упорядковує альтернативи по ступеню їх невідоміючості. Числа w_j в приведеній вище згортку є коефіцієнтами відносної важливості даних критеріїв, для яких виконуються наступні умови: $\sum_{j=1}^m w_j = 1, w_j \geq 0, j = \overline{1, m}$.

3. Відшукується перетин множин $\mu_{Q_1}^{hd}$ і $\mu_{Q_2}^{hd}$: $\mu^{hd}(a) = \min(\mu_{Q_1}^{hd}(a), \mu_{Q_2}^{hd}(a))$.

4. Раціональним вважається вибір альтернативи з множини $A^{hd} = \{a' \mid a' \in A, \mu^{hd}(a') = \sup_{a \in A} \mu^{hd}(a)\}$.

Найбільш раціональною альтернативою з множини A^{hd} є та, яка має максимальний ступінь невідоміючості.

Багатокритерійний вибір альтернатив з використанням правила нечіткого введення. Нехай U – безліч елементів, A – його нечітка підмножина, ступінь приналежності елементів до якого є число з одиничного інтервалу $[0, 1]$. Підмножини A_j є значеннями лінгвістичної змінної X .

Припустимо, що безліч рішень характеризується набором критеріїв x_1, x_2, \dots, x_p , тобто лінгвістичних змінних, заданих на базових множинах u_1, u_2, \dots, u_p відповідно. Наприклад, змінна x_1 «якість управління» може мати значення НИЗЬКЕ, а змінна x_2 «вартість» – значення ДОБРЕ і так далі. Набір з декількох критеріїв з відповідними значеннями характеризує представлення особи, що ухвалює рішення, про задовільність альтернативи. Змінна S «задовільність» також є лінгвістичною. Приклад вислову у загальному випадку, має вигляд: d_i : «Если $x_1 = A_{1i}$ и $x_2 = A_{2i}$ и ... $x_p = A_{pi}$, то $S = B_i$ ».

Позначимо перетин $(x_1 = A_{1i} \cap x_2 = A_{2i} \cap \dots \cap x_p = A_{pi})$ через $x = A_i$. Операції перетину нечітких множин відповідає знаходження мінімуму їх функцій приналежності: $\mu_{A_i}(v) = \min_{v \in V} (\mu_{A_{1i}}(u_1), \mu_{A_{2i}}(u_2), \dots, \mu_{A_{pi}}(u_p))$.

Для додання спільності думкам позначимо базові множини U і V через W . Тоді A_i – нечітка підмножина, тоді як B_i – нечітка підмножина одиничного інтервалу I .

Задовільність альтернативи, яка описується нечіткою підмножиною A з W , визначається на основі композиційного правила введення: $G = A \circ D$, де G – нечітка підмножина інтервалу I . Тоді $\mu_G(i) = \min_{w \in W} (\min \mu_A(w) \mu_D(w, i))$.

Зіставлення альтернатив відбувається на основі точкових оцінок. Для кожного C_α можна обчислити середнє число елементів – $M(C_\alpha)$:

– для множини з n елементів
 $M(C_\alpha) = \sum_{j=1}^n i_j / n; \quad i_j \in C_\alpha;$

– для $C_\alpha = \{a \leq i \leq b\}$ $M(C_\alpha) = \frac{a+b}{2};$

– для $C_\alpha = \bigcup_{j=1}^n \{a_j \leq i \leq b_j\}$ $M(C_\alpha) = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{a_j+b_j}{2} (a_j-b_j)}{\sum_{j=1}^n (a_j-b_j)};$

при $0 \leq a_1 \leq b_1 \leq a_2 \leq b_2 \leq \dots \leq a_n \leq b_n \leq 1.$

Тоді точкове значення для множини \tilde{N} можна записати у вигляді $F(\tilde{N}) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha) d\alpha,$ де

α_{\max} – максимальне значення в множині $\tilde{N}.$

При виборі альтернатив для кожної з них знаходиться задовільність і обчислюється відповідна точна оцінка. Кращою вважається альтернатива з найбільшим її значенням [2, с. 67].

Багатокритерійний вибір альтернатив на основі адитивної згортки. У цьому методі [3] експертні переваги представлені за допомогою нечітких чисел, що мають функції приналежності трикутного вигляду.

Нехай є безліч альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ і безліч критеріїв $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\},$ при цьому оцінка j -ї альтернативи по i -му критерію представлена нечітким числом $R_{ij},$ а відносна важливість i -го критерію задається коефіцієнтом $\alpha_i, i = 1, 2, \dots, n.$ Якщо коефіцієнти α_i нормативні, то зважена оцінка j -ї альтернативи обчислюється за формулою $R_j = \sum_{i=1}^n \alpha_i R_{ij}.$

Якщо функції приналежності $\mu_{R_{ij}}(r_{ij})$ і $\mu_{\alpha_i}(\alpha_i)$ мають трикутний вигляд, то для них, як і для нечіткого числа $X,$ вершина $X^*,$ а також ліва X' і права X'' межі визначаються наступними співвідношеннями:

$$\forall \delta : \mu(X') = 0; \mu(X' - \delta) = 0; \mu(X' + \delta) \neq 0;$$

$$\forall \delta : \mu(X'') = 0; \mu(X'' - \delta) \neq 0; \mu(X'' + \delta) = 0; \mu(X^*) = 1.$$

Зважена оцінка j -ї альтернативи R_j є результатом лінійної комбінації нечітких чисел і також матиме функцію приналежності трикутного вигляду. Вершину і межі нечіткого числа, отриманого в результаті операцій складання або множення, можна обчислити таким чином: $Z' = X' \times Y'; Z'' = X'' \times Y''; Z^* = X^* \times Y^*.$

Ранжирування альтернатив з використанням отриманих зважених оцінок можливо на основі їх нечіткої композиції: $\mu_j(j) = \sup_{r_1, r_2, \dots, r_m; r_k \geq r_j} \min_{j=1, \dots, m} \mu_{R_j}(r_j).$ Тут $\mu_j(j)$ – нечітка безліч альтернатив, відповідних поняттю «краща альтернатива». Кращою вважається альтернатива, що має найбільше значення $\mu_j(j).$

Ранжирування альтернатив на безлічі лінгвістичних векторних оцінок. Задана множина

альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ і множина відповідних результатів $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}.$ Кожен результат s_j характеризується альтернативою a_i і вектором лінгвістичних оцінок на множині критеріїв $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}.$ Множина лінгвістичних векторних оцінок результатів $K = \{K(s_1), K(s_2), \dots, K(s_m)\}$ можна упорядкувати за допомогою введення функції приналежності нечіткого відношення порядку $\mu_{\geq} : K \times K \rightarrow [0, 1]$ Для i -го критерія позначимо $\mu_{\geq}^i(K_i(s_j), K_i(s_k))$ через $\mu_{\geq}^i(s_j, s_k).$ Значення цієї функції можна знайти за формулою $\mu_{\geq}^i(s_j, s_k) = 1 - \mu_{<}^i(s_j, s_k) = \mu_{>}^i(s_j, s_k) + \mu_{=}^i(s_j, s_k)$

Ступінь істинності $\mu_{<}(s_j, s_k)$ нечіткого висловлювання $s_j < s_k$ можна знайти як ймовірність того, що точне значення s_j буде менше точного значення $s_k.$ Припустив, що результати являються незалежними випадковими величинами, відношення $\mu_{<}(s_j, s_k)$ можна представити у вигляді:

$$\mu_{<}(s_j, s_k) = \sum_{i=1}^{n-1} (v_{sj}(x_i)(1 - w_{sk}(x_{i+1}))),$$
 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 S використовується величина $y < x;$

$$v_s(x) = \mu_S(x) / \sum_{y \in S} \mu_S(y); \quad w_s(x) = \mu_S(x) / \sum_{y \in S, y < x} v_s(y).$$

Векторні оцінки можуть бути впорядковані на основі функції приналежності $\mu_{\geq}(K(s_j), K(s_k)) = \times_{i \in n} \mu_{\geq}^i(s_j, s_k)$ де \times – позначає символ узагальненої операції.

Між безліччю альтернатив і результатів існує відповідність, функцію приналежності нечіткого відношення переваги на множині альтернатив можна представити у вигляді: $\mu^F_{\geq}(a_j, a_k) = \mu_{\geq}(K(s_j), K(s_k)).$

Рішення задачі з використанням даного методу включає наступні основні кроки [2, с. 135]: обчислення функцій приналежності $\mu_{<};$ побудови нечіткого порядку $\mu_{\geq};$ мінімізація відношення $\mu_{\geq}.$

Визначення відносин переваги на множині альтернатив і виявлення кращої альтернативи. Для цього обчислюється відношення переваги між альтернативою a_j і рештою всіх альтернатив, функція приналежності якого має вигляд: $\mu^F_{\geq}(a_j; \{a_k\}, k \in I_j) = \times_{k \in I_j} \mu_{\geq}^k, j \in m,$ де I_j – безліч індексів альтернатив, з якими може порівняється j -я альтернатива.

Рішення задачі ранжирування можна описати співвідношеннями:

$$r_i < r_l \Leftrightarrow \mu^F_{\geq}(a_j; \{a_k\}, k \in I_j) > \mu^F_{\geq}(a_l; \{a_k\}, k \in I_l);$$

$$r_i < r_l \Leftrightarrow \mu^F_{\geq}(a_j; \{a_k\}, k \in I_j) = \mu^F_{\geq}(a_l; \{a_k\}, k \in I_l),$$

де r_i – ранг альтернативи. Найбільш переважна альтернатива має найнижчий ранг.

Висновки з проведеного дослідження.

Теорія нечітких множин до теперішнього часу набула широкої популярності і отримала практичне застосування в багатьох галузях. Для опису діяльності підприємства на базі цієї теорії розроблений широкий спектр різноманітних методів. Нелегкою проблемою сьогодення є вибір відповідного методу або програмного забезпечення для підтримки процесів ухвалення рішень. Тому особливої актуальності набувають проведення порівняльного аналізу різних методів і розробка рекомендацій щодо їх застосування.

У основу методу аналізу ієрархій і методу відносин переваги закладений раціонально-зважений підхід, заснований на попарних порівняннях об'єктів і нормованих вагових коефіцієнтах. Максимальна згортка і лінгвістична векторна оцінка є реалізаціями песимістичного підходу, що ігнорує хороші сторони альтернатив, коли кращою вважається альтернатива, що мають мінімальні недоліки по всіх критеріях. Адитивна згортка припускає оптимістичний підхід, коли низькі оцінки по критеріях мають однаковий статус в порівнянні з високими. Нечіткий вивід на правилах реалізує евристичний підхід.

Методи прийняття рішень на нечітких моделях дозволяють зручно і достатньо об'єктивно проводити оцінку альтернатив по окремих критеріях. На відміну від інших методів додавання нових альтернатив не змінює порядок раніше ранжированих наборів. При оцінці альтернатив по критеріях можлива лінгвістична оцінка на основі точкових оцінок з використанням функції приналежності критеріїв.

Основною проблемою багатокритерійного вибору із застосуванням нечітких моделей є уявлення інформації про взаємини між критеріями і способи їх обчислення інтегральних оцінок. Методи, що базуються на різних підходах, дають різні результати. Кожен підхід має свої обмеження і особливості, і користувач повинен отримати про них уявлення. Перш ніж застосовувати той або інший метод ухвалення рішень. Найбільш широкі можливості для представлення інформації дає евристичний підхід.

Аналіз нечітких методів прийняття рішень та опису діяльності підприємства дозволяє сформулювати вимоги до подальших розробок в цій області. Це розвиток теоретичних підходів до опису складних взаємин між критеріями, більш широке застосування інтелектуальних методів на основі нечіткої логіки, а також розвиток комбінованих методів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Андрейчиков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. Москва : Финанса и статистика, 2000. 368 с.

2. Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига : Зинатне, 1990. 184 с.

3. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. Посібник. Київ : КНЕУ, 2003. 408 с.

4. Вітлінський В. В., Маханець Л. Л. Ризикологія в зовнішньоекономічній діяльності: Навч. Посібник. Київ : КНЕУ, 2008. 432 с.

5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Москва : Мир, 1976. 165 с.

6. Орлов А. И. Менеджмент в техносфере. Москва : Академия, 2003. 383 с.

7. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. Москва : Наука, 1981. 208 с.

8. Капустин В. Ф. Неопределенность: виды, интерпритации, учет при моделировании и принятии решений. Вестник СПбГУ, № 2. Серия 5: Экономика. 1993. С. 108-114.

9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. Москва : Радио и связь, 1982. 432 с.

REFERENCES:

1. Andrejchikov A.V. (2000) *Analyz, syntezy, planirovanye reshenyj v ekonomyke* [Analysis, synthesis, planning of decisions in the economy]. Moskva : Fynansa y statystyka. 368 p. (in Russian)

2. Borysov A. N., Krumbergh O. A., Fedorov Y. P. (1990) *Prynjatyje reshenyj na osnove nechetkykh modelej* [Decision making based on fuzzy models]. Rygha : Zynatne. 184 p. (in Russian)

3. Vitlinskyj V. V. (2003) *Modeljuvannja ekonomiky* [Modeling the economy]: Navch. Posibnyk. Kyjiv : KNEU. 408 p. (in Ukrainian)

4. Vitlinskyj V. V., Makhanecj L. L. (2008) *Ryzykologhija v zovnishnjoeconomichnij dijaljnosti* [Riscology in foreign economic activity]. Kyjiv : KNEU. 432 p. (in Ukrainian)

5. Zade L. (1976) *Ponjatyje lynghvystycheskoj perymennoj y eghe prymenenye k pryntyatyju pryblyzhennykh reshenyj* [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Moskva : Myr,. 165 p. (in Russian)

6. Orlov A. Y. (2003) *Menedzhment v tekhnosfere* [Management in the technosphere]. Moskva : Akademiya. 383 p. (in Russian)

7. Orlovskij S. A. (1981) *Problemu pryntyatyja reshenyj pry nechetkoj yskhodnoj ynformacyu* [Problems of decision-making with unclear source information]. Moskva : Nauka, 208 p. (in Russian)

8. Kapustyn V. F. (1993) *Neopredelennostj: vydy, ynterprytacyu, uchet pry modelyrovanyu y pryntyatyju reshenyj* [Uncertainty: types, interpretations, consideration in modeling and decision making]. Vestnyk SPbGhU, no. 2. Seryja 5: Ekonomyka. PP. 108-114. (in Russian)

9. Kofman A. (1982) *Vvedenye v teoryju nechetkykh mnozhestv* [Introduction to Fuzzy Set Theory]. Moskva : Radyo y svjazj. 432 p. (in Russian)