

*Демченко Г.В.,**аспірант кафедри економіки, управління підприємствами та логістики,  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця*

## ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У ФОРМУВАННІ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АКТИВІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Анотація.** На основі апарату нечіткої логіки розроблено ієрархічну модель комплексної оцінки організаційного забезпечення активізації інноваційної діяльності, яка дає змогу використовувати експертну інформацію про об'єкт дослідження у вигляді логічних правил; синтезувати кількісні та якісні показники в єдиний інтегральний показник структурних елементів системи.

**Ключові слова:** нечітка база знань, комплексна модель оцінки, інтегральний показник, нечітка логіка, організаційне забезпечення активізації інноваційної діяльності.

**Постановка проблеми.** Одним із найефективніших способів підвищення конкурентних позицій на сучасному ринку є активний розвиток інноваційної діяльності. Аналіз сучасних економічних теорій та підходів свідчить про те, що розвиток компетентностей у сфері інновацій на підприємстві, підвищення його інноваційної активності передусім залежать від рівня розвитку та ефективності функціонування організаційного забезпечення активізації інноваційної діяльності, тому проблема формування оцінки стану організаційного забезпечення активізації інноваційної діяльності (ОЗАІД) на підприємстві є досить актуальною. Повна, всеохоплююча, достовірна оцінка ОЗАІД дає змогу визначити сильні та слабкі місця під час формування, використання та розвитку ОЗАІД, що значно полегшує процес активізації інноваційної діяльності для досягнення бажаних економічних результатів на підприємстві. Аналіз сучасної економічної літератури [1–6] підтверджує дієвість застосування нечітких технологій та реалізації засобами програмного продукту Matlab для комплексної оцінки результатів діяльності підприємства, які мають складну функціональну залежність та для яких характерна відсутність повної чіткої статистичної інформації. Саме нечіткі технології позбавлені багатьох недоліків економетричного підходу та дають змогу отримати адекватну оцінку й сформувані відповідні висновки щодо ефективності організації функціонування таких структур як ОЗАІД.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізу питань застосування нечіткої логіки та реалізації її апарату засобами програмного забезпечення Matlab присвячено роботи багатьох вітчизняних учених: Г.М. Бакан [1], А.Д. Воловника та В.Є. Ляліна [5], А.В. Леоненкова [4], С.Д. Штовби [6] та ін.

Проте слід зазначити недостатність розроблення й практичного застосування засобів програмного забезпечення Matlab для оцінки ОЗАІД на підприємстві.

**Мета статті** полягає у розробленні методичного підходу до комплексної оцінки ОЗАІД підприємства на основі апарату нечіткої логіки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Обов'язковим складником механізму ефективної активізації та здійснення інноваційної діяльності є оцінка його організаційного забезпечення. Згідно з визначенням Т. Стюарта [7], структурний капітал (СК), який включає в себе організаційну структуру, організаційне забезпечення, інноваційний капітал, а також людський (ЛК) та споживчий (СК) капітал, являють собою складники інтелектуального капіталу (ІК) підприємства, які постійно взаємодіють. При цьому можливий прояв синергетичного ефекту як підсилюючого, так і послаблюючого характеру. Так вважає й Г.О. Бобришева [2], яка визначає організаційний капітал як частину інтелектуального капіталу, що має відношення до організації у цілому (процедури, технології, системи керування, технічне й програмне забезпечення, організаційне забезпечення, оргструктура, патенти, товарні знаки, культура організації, відносини з клієнтами). Практика доводить, що ефективність реалізації інтелектуального капіталу (ІК) підприємства значною мірою визначається станом його організаційного складника.

Існує низка методів, які дають змогу виміряти кількість ІК та його структурних компонентів, визначити їх ступінь впливу на фінансові результати діяльності підприємства, відокремити створену нематеріальними активами вартість від вартості, яка генерується матеріальними активами. Оцінка ОЗАІД здійснюється для аналізу ефективності використання, управління, контролю, знаходження та усунення слабких місць для отримання бажаних результатів як інноваційної діяльності, так і діяльності підприємства у цілому, тому є доцільним формування єдиного комплексного показника, що в кількісному вимірі характеризуватиме рівень розвитку її функціонування ОЗАІД та його складників, які мають кількісні та якісні показники виміру.

Більшість науковців використовує інтегральний показник з урахуванням вагових коефіцієнтів, який синтезує усі його елементи за допомогою суми (вагові коефіцієнти вибираються із залученням експертів та відображають важливість кожного часткового показника та його вклад в інтегральний показник), проте у разі застосування цього підходу виникають складнощі під час визначення вагових коефіцієнтів в одній системі між кількісними та якісними показниками.

Використання нечіткої логіки для вирішення завдань оцінки якості організаційної діяльності дає змогу максимально наблизити математичну модель оцінки якості до логіки міркувань кваліфікованих спеціалістів, які приймають управлінські рішення [7].

Відсутність статистичної інформації за тривалий період та відсутність чіткості взаємозв'язку між якісними та кількісними характеристиками та неоднозначність розуміння ОЗАІД вимагають застосування нечіткої логіки та теорії нечітких множин.

Запропонована методика інтегральної оцінки ОЗАІД будується на теорії нечітких множин і включає такі етапи.

Етап 1. Визначення показників впливу на ОЗАІД та формування дерева логічного виведення.

Для комплексної оцінки ОЗАІД необхідно розробити єдиний інтегральний показник, який синтезує часткові показники, що характеризують структуру ОЗАІД, тобто всі його елементи. Розроблена модель комплексної оцінки повинна бути пристосована для використання експертної інформації про об'єкт дослідження (ОЗАІД) у вигляді логічних правил.

Для моделювання багатомірних залежностей «входи – вихід» доцільно використовувати ієрархічні системи нечіткого виведення (які можна використовувати і за відсутності навчаючих виборок). У таких системах вихід однієї бази знань подається на вхід іншої, більш високого рівня ієрархії. Застосування ієрархічних нечітких баз знань дає змогу подолати «прокляття розмірності». За великої кількості входів експерту важко описати нечіткими правилами причинно-наслідкові зв'язки. Ще однією перевагою ієрархічних баз знань є компактність. Невеликою кількістю нечітких правил в ієрархічних базах знань можна адекватно описати багатомірні залежності «входи – вихід» [6, с. 50].

Взаємозв'язок між показниками, які визначають рівень ОЗАІД підприємства, представлено у вигляді ієрархічного дерева логічного виведення ОЗАІД<sub>підр</sub> (рис. 1). Для побудови використано теорію графів та побудовано граф ієрархічної системи (дерево). Виділена в дереві вершина, яка не має вихідних вершин, є коренем та інтегральним показником (ОЗАІД). Зв'язок між елементами має тип «один до багатьох». За допомогою теорії графів описано структуру ОЗАІД.

Термінальними вершинами є часткові показники ОЗАІД ( $a_1 \dots a_n$ ). Нетермінальні вершини (подвійні кола) відображають

структурні елементи впливу ОЗАІД. Згортки було виконано за допомогою логічного виведення по нечітких базах знань [6, с. 269].

Показник управлінськї завдання (УЗ) являє собою результат комплексної оцінки, він може бути представленим такою функціональною залежністю (1):

$$УЗ = f_{УЗ}(a_1; a_2; a_3; a_4; a_5; a_6; a_7; a_8) , \quad (1)$$

де  $a_1$  – рівень застосування в розробленні управлінського завдання наукових підходів менеджменту;

$a_2$  – рівень забезпеченості особи, що приймає рішення, якісною інформацією, що характеризує параметри «внутрішнього середовища» та «зовнішнього оточення»;

$a_3$  – ступінь використання керівником окремих показників, баз даних, форм документів підприємства;

$a_4$  – рівень розробленості інноваційної політики;

$a_5$  – ступінь функціонування системи відповідальності і мотивації прийняття ефективного рішення;

$a_6$  – ступінь управління комунікаціями в процесі інноваційної діяльності;

$a_7$  – ступінь досягнення керівним органом запланованих результатів;

$a_8$  – прозорість механізму реалізації рішення.

Процес управління (ПУ) є функцією, яка має вигляд (2):

$$ПУ = f_{ПУ}(a_9; a_{10}) , \quad (2)$$

де  $a_9$  – рівень сформованості системи організаційного забезпечення інноваційної діяльності;

$a_{10}$  – рівень розвитку системи засобів, які визначають порядок і чіткі правила дій щодо досягнення конкретного результату у здійсненні інноваційної діяльності.

Організаційна структура (ОС) залежить від таких змінних (3):

$$ОС = f_{ОС}(a_{11}; a_{12}; a_{13}; a_{14}; a_{15}) , \quad (3)$$

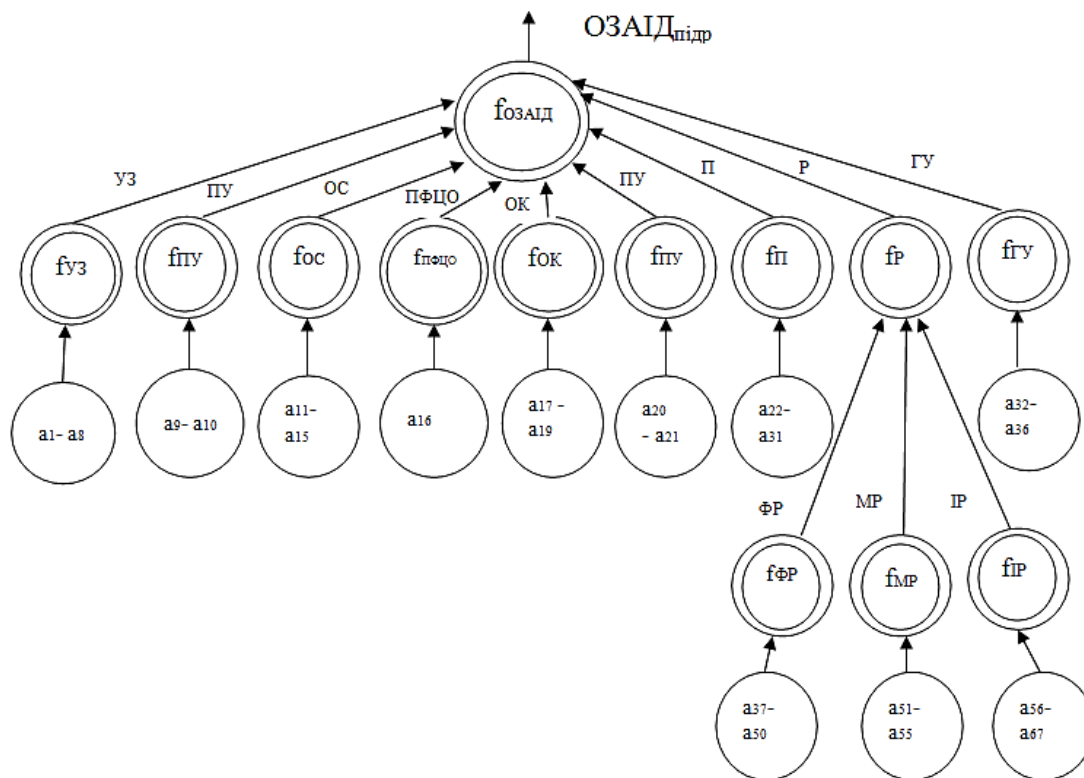


Рис. 1. Ієрархічне дерево логічного виведення ОЗАІД на рівні підприємства

де  $a_{11}$  – рівень адаптивності до умов, що змінюються;  
 $a_{12}$  – рівень гнучкості в процесі прийняття рішень та налагодження взаємозв'язків;  
 $a_{13}$  – рівень оперативності в процесі розроблення ідей;  
 $a_{14}$  – рівень надійності, що характеризується відсутністю адміністративних, правових та технологічних порушень;  
 $a_{15}$  – рівень збалансованості та координації.  
 Процес формування ціннісної орієнтації (ПФЦО) є функцією такого виду (4):

$$ПФЦО = f_{ПФЦО}(a_{16}), \quad (4)$$

де  $a_{16}$  – рівень визначення основних цінностей підприємства, місії та стратегічних цілей.

Організаційна культура (ОК) представлена такою функціональною залежністю (5):

$$ОК = f_{ОК}(a_{17}; a_{18}; a_{19}), \quad (5)$$

де  $a_{17}$  – показник, який відображає наявність розробленої місії на підприємстві;

$a_{18}$  – показник, який відображає наявність стратегічних цілей на підприємстві;

$a_{19}$  – показник, який відображає наявність загальних цінностей, установок та переконань.

Процес інтерпретації (ПІ) представлено такою функціональною залежністю (6):

$$ПІ = f_{ПІ}(a_{20}; a_{21}), \quad (6)$$

де  $a_{20}$  – рівень сформованості колективного уявлення щодо місії та стратегічних цілей організації; спільної мети, цінностей, установок і переконань у керівництва підприємства;

$a_{21}$  – рівень сформованості колективного уявлення щодо місії та стратегічних цілей організації, спільної мети, цінностей, установок і переконань співробітників підприємства.

Показник персоналу (П) являє собою результат комплексної оцінки, він може бути представленим такою функціональною залежністю (7):

$$П = f_{П}(a_{22}; a_{23}; a_{24}; a_{25}; a_{26}; a_{27}; a_{28}; a_{29}; a_{30}; a_{31}), \quad (7)$$

де  $a_{22}$  – освітній рівень співробітника;

$a_{23}$  – загальний стаж роботи співробітника на підприємстві;

$a_{24}$  – рівень здоров'я співробітника;

$a_{25}$  – показник самонавчання співробітника;

$a_{26}$  – рівень заохочення співробітника до навчання;

$a_{27}$  – рівень креативності мислення співробітника;

$a_{28}$  – рівень мотивації співробітника;

$a_{29}$  – показник, який характеризує ступінь інтеграції співробітника в команду;

$a_{30}$  – питома вага інвестицій у навчання персоналу в загальному обсязі інвестицій;

$a_{31}$  – питома вага працівників, що отримали патенти на винаходи та подавали раціоналізаторські пропозиції.

Процес генерації ідей (ГІ) є функцією, яка має вигляд (8):

$$ГІ = f_{ГІ}(a_{32}; a_{33}; a_{34}; a_{35}; a_{36}), \quad (8)$$

де  $a_{32}$  – середня кількість запропонованих інноваційних ідей на одного працівника на місяць;

$a_{33}$  – середня кількість утілених інноваційних ідей на підприємстві за рік;

$a_{34}$  – рівень ефективності комунікацій під час генерації ідей;

$a_{35}$  – рівень забезпеченості якісною інформацією, яка характеризує параметри «внутрішнього середовища» та «зовнішнього оточення»;

$a_{36}$  – ступінь використання окремих показників баз даних, форм документів підприємства.

Ресурсний потенціал (Р) є теж комплексною оцінкою і представлений таким співвідношенням (9):

$$P = f_P(\Phi P; MP; IP), \quad (9)$$

де  $\Phi P$  – забезпеченість фінансовими ресурсами;

$MP$  – забезпеченість матеріальними ресурсами;

$IP$  – забезпеченості інформаційними ресурсами.

$\Phi P$  представлений такою функціональною залежністю (10):

$$\Phi P = f_{\Phi P}(a_{37}; a_{38}; a_{39}; a_{40}; a_{41}; a_{42}; a_{43}; a_{44}; a_{45}; a_{46}; a_{47}; a_{48}; a_{49}; a_{50}), \quad (10)$$

де  $a_{37}$  – коефіцієнт абсолютної ліквідності;

$a_{38}$  – рентабельність сукупного капіталу;

$a_{39}$  – рентабельність власного капіталу;

$a_{40}$  – чиста рентабельність продажу;

$a_{41}$  – коефіцієнт оборотності капіталу;

$a_{42}$  – коефіцієнт оборотності готової продукції;

$a_{43}$  – коефіцієнт оборотності власного капіталу;

$a_{44}$  – коефіцієнт оборотності операційного капіталу;

$a_{45}$  – коефіцієнт фінансової стійкості;

$a_{46}$  – коефіцієнт автономії;

$a_{47}$  – коефіцієнт маневреності власного капіталу;

$a_{48}$  – маневреність робочого капіталу;

$a_{49}$  – коефіцієнт забезпечення запасів і витрат власними джерелами формування;

$a_{50}$  – коефіцієнт фінансового ризику.

$MP$  залежить від таких змінних (11):

$$MP = f_{MP}(a_{51}; a_{52}; a_{53}; a_{54}; a_{55}), \quad (11)$$

де  $a_{51}$  – коефіцієнт придатності основних фондів;

$a_{52}$  – коефіцієнт оновлення основних фондів;

$a_{53}$  – фондоозбросеність;

$a_{54}$  – питома вага матеріальних витрат у вартості виробленої продукції;

$a_{55}$  – рівень забезпеченості підтримуючими, технічними та технологічними засобами.

На показник  $IP$  впливають (12):

$$IP = f_{IP}(a_{56}; a_{57}; a_{58}; a_{59}; a_{60}; a_{61}; a_{62}; a_{63}; a_{64}; a_{65}; a_{66}; a_{67}), \quad (12)$$

де  $a_{56}$  – питома вага інвестицій на інформатизацію у загальному обсязі інвестицій;

$a_{57}$  – питома вага інвестицій у програмне забезпечення в загальному обсязі інвестицій в основний капітал;

$a_{58}$  – ступінь об'єктивності інформації;

$a_{59}$  – ступінь обміну інформацією між персоналом підприємства;

$a_{60}$  – ступінь забезпечення інформацією щодо зовнішнього оточення підприємства;

$a_{61}$  – ступінь забезпечення інформацією щодо внутрішнього середовища підприємства;

$a_{62}$  – ступінь достовірності інформації;

$a_{63}$  – ступінь адекватності інформації;

$a_{64}$  – ступінь доступності інформації;

$a_{65}$  – ступінь актуальності інформації;

$a_{66}$  – ступінь релевантності інформації;

$a_{67}$  – ступінь застосування наявної інформації.

Таким чином, розглянуто систему показників моделювання рівня ОЗАІД підприємства з  $n$ -входами та одним виходом.

У результаті покрокового вирішення задачі отримаємо комплексну оцінку ОЗАІД на рівні підприємства, яка являє собою інтегральну оцінку структурних елементів (кількісних та якісних показників). За критерій рівня ОЗАІД матимемо число ОЗАДІ [0, 100]. Чим вищий рівень розвитку ОЗАІД на підприємстві, тим він ближче до 100.

Вибір основних факторів впливу на рівень ОЗАІД підприємства, які є входними параметрами моделі, ґрунтувався на попередньо здійсненому логічному аналізі. Проте розглянутий набір показників є одним із можливих варіантів і може формуватися індивідуально залежно від специфіки підприємства.

Етап 2. Опис лінгвістичних змінних.

Лінгвістичною називається змінна, яка приймає значення з множини слів чи словосполучень деякої природної мови. Формально лінгвістична змінна описується такою п'ятіркою (кортежем) (13):

$$\langle x; T; U; G; M \rangle, \quad (13)$$

де  $x$  – ім'я змінної;

$T$  – терм-множина, кожен елемент якої задається нечіткою множиною на універсальній множині  $U$ ;

$G$  – синтаксичні правила (часто у вигляді граматики), які породжують назви термів;

$M$  – семантичні правила, які задають функції належності нечітких термів, породжених синтаксичними правилами з  $G$  [4, с. 138].

Для входних кількісних змінних як універсальну множину  $U$  термів можна прийняти весь можливий діапазон значень відповідного параметра (від мінімального до максимального значення). Стосовно якісних параметрів, то для них було прийнято певну штучну шкалу (бали) (14).

$$U = (u; \bar{u}), \quad (14)$$

де  $u$  ( $\bar{u}$ ) – мінімальне та максимальне значення показника.

У табл. 1 наведено приклад лінгвістичних змінних нечіткої моделі комплексної оцінки ОЗІД для часткового показника «Процес генерації ідей». Таблицю розроблено та змістовно обґрунтовано на основі експертного оцінювання, законів, вимог, положень підприємства, галузевих стандартів.

Вихідна змінна – ОЗАІД набуватиме значення: низький (Low), нижче середнього (Low Medium), середній (Medium), вище середнього (High Medium), високий (High) на універсальній множині (0-100 балів). Можливий інтервал зміни кожного параметра був заданий від двох до п'яти лінгвістичних термів. Це дає змогу детально розглянути та проаналізувати дію факторів із більшим та меншим ступенями впливу.

Етап 3. Визначення функцій належності лінгвістичних термів.

Функція належності відображає елементи з універсальної множини певної лінгвістичної змінної на множину чисел в інтервалі  $[0;1]$ , які вказують ступінь належності кожного елемента універсальної множини до нечіткого терму. У низці випадків використовують типові форми функцій належності (в параметричній формі), тоді задача побудови зводиться до визначення її параметрів [4, с. 23].

Найбільшого поширення отримали трикутна, трапецієвидна, гаусова і сигмоїдальна функції належності [4, с. 22]. Конкретний вигляд функції визначається потребами досліджуваної предметної сфери.

Як зазначено у роботі [4, с. 53], на практиці зручно використовувати ті функції належності, які допускають аналітичне представлення у вигляді деякої простої математичної функції.

Таблиця 1

Приклад можливих значень лінгвістичних змінних нечіткої моделі комплексної оцінки ОЗАІД на прикладі структурного елемента «Процес генерації ідей»

Параметр	Назва лінгвістичної змінної (x)	Універсальна множина (U)	Лінгвістичні теми (T)
1	2	3	4
a <sub>32</sub>	середня кількість запропонованих інноваційних ідей на одного працівника на місяць (the average number of proposed innovation ideas per employee per month)	0 – 3 бали	Low (низький), Low Medium(нижче середнього), Medium (середній), High (високий)
		0 – відсутність ідей	
		1 – 1 ідея	
		2 – 2 ідеї	
		3 – 3 і більше ідей	
a <sub>33</sub>	середня кількість утілених інноваційних ідей на підприємстві за рік (the average number of innovative ideas embodied in the company for the year)	0 – 3 бали	Low (низький), Low Medium(нижче середнього), Medium (середній), High (високий)
		0 – 0-3 ідеї	
		1 – 4-10 ідей	
		2 – 11-15 ідей	
		3 – більше 15 ідей	
a <sub>34</sub>	рівень ефективності комунікацій під час генерації ідей (efficiency of communications during the idea generation)	0 – 100%	Low (низький), Low Medium(нижче середнього), Medium (середній), High Medium (вище середнього), High (високий)
		0 – 10% – низький	
		11 – 49% – нижче середнього	
		50 – 80% – середній	
		81 – 90% – вище середнього	
91 – 100% – високий			
a <sub>35</sub>	рівень забезпеченості якісною інформацією, яка характеризує параметри «внутрішнього середовища» та «зовнішнього оточення» (level of supply quality information, which characterized parameters of «internal and external environment»)	0 – 100%	Low (низький), Medium (середній), High (високий)
		0 – 30% – низький	
		31 – 80% – середній	
		81 – 100% – високий	
a <sub>36</sub>	ступінь використання окремих показників баз даних, форм документів підприємства (reliance on individual indicators database of forms of enterprise)	0 – 100%	Low (низький), Medium (середній), High (високий)
		0 – 30% – низький	
		31 – 80% – середній	
		81 – 100% – високий	

Це спрощує не лише відповідні числові розрахунки, а й зменшує обчислювальні ресурси, необхідні для збереження окремих значень цих функцій належності.

Тому було використано найбільш прості, наочні та найчастіше у використанні трикутну та трапецієвидну функції належності, які належать до кусково-лінійних функцій. У розглянутому прикладі для якісних змінних доцільним є використання трикутної, а для кількісних – трапецієвидної функції належності, які найкраще будуть відображати ці залежності. Трикутна функція належності у загальному випадку може бути задана аналітично таким виразом (14) [4, с. 54]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (14)$$

де  $a, b, c$  – деякі числові параметри, які приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням:  $a \leq b \leq c$ ;

( $a, c$ ) – носій нечіткої множини – песимістична оцінка нечіткого числа;

$b$  – координата максимуму – оптимістична оцінка нечіткого числа.

Трапецієвидна функція належності у загальному випадку може бути задана аналітично таким виразом (15) [4, с. 55]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} / d, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b} / d, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (15)$$

де  $a, b, c, d$  – деякі числові параметри, які приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням:  $a \leq b \leq c \leq d$ ;

( $a, d$ ) – носій нечіткої множини – песимістична оцінка нечіткого числа;

( $b, c$ ) – ядро нечіткої множини – оптимістична оцінка нечіткого числа.

Типова структура системи нечіткого виведення містить такі модулі [6, с. 37]: фазифікатор, який перетворює фіксований вектор факторів, що впливають ( $X$ ) у вектор нечітких множин  $X$ , необхідних для нечіткого виведення; нечітка база знань, яка містить інформацію про залежність  $Y=f(X)$  у вигляді лінгвістичних правил «якщо, то»; функції приналежності, які використовуються для представлення лінгвістичних термів у вигляді нечітких множин; машина нечіткого логічного виведення, яка на основі правил бази знань визначає значення вихідної змінної у вигляді нечіткої множини ( $Y$ ), що відповідає нечітким значенням вхідних змінних ( $X$ ); дефазифікатор, який перетворює вихідну нечітку множину ( $Y$ ) в чітке число ( $Y$ ). Нечіткою базою знань називається сукупність нечітких правил «якщо, то», які задають взаємозв'язок між входами та виходами досліджуваного об'єкту. Формат нечітких правил матиме такий вигляд.

Алгоритми нечіткого виведення розрізняються переважно виглядом правила нечіткої імплікації, яке використовується.

Якщо, наприклад, базу знань організують два нечітких правила виду (16) [6, с. 38]:

$$\begin{aligned} & \text{П}_1: \text{якщо } x \in A_1 \text{ та } y \in B_1, \text{ тоді } z \in C_1; \\ & \text{П}_2: \text{якщо } x \in A_2 \text{ та } y \in B_2, \text{ тоді } z \in C_2, \end{aligned} \quad (16)$$

де  $x$  та  $y$  – імена вхідних змінних;

$z$  – ім'я змінної виведення;

$A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$  – деякі нечіткі множини, задані функціями належності  $\mu_{A1}(x), \mu_{A2}(x), \mu_{B1}(y), \mu_{B2}(y), \mu_{C1}(z), \mu_{C2}(z)$ , при цьому чітке значення  $z0$  необхідно визначити на основі приведеної інформації і чітких значень  $x0, y0$ .

Використаємо нечітке логічне виведення Мамдані, оскільки це дає змогу найбільш прозоро задати значення змінних нечіткими термами та найкраще їх інтерпретувати. Результати нечіткого виведення Мамдані традиційно дефазифікуються за методом центра тяжіння [4, с. 189].

Вивід у формі алгоритму Мамдані математично можна представити так [4, с. 190]:

1. Введення нечіткості: знаходяться ступені істинності для передумов кожного правила:  $\mu_{A1}(x0), \mu_{A2}(x0), \mu_{B1}(y0), \mu_{B2}(y0)$ .  
2. Нечіткий вивід: знаходяться рівні «відсічення» для передумов кожного з правил (із використанням правила мінімуму) (17):

$$a_1 = A1(x0) \wedge B1(y0) \mu(x) \quad (17)$$

$$a_2 = A2(x0) \wedge B2(y0) \mu(x),$$

де  $\wedge$  операція логічного мінімуму ( $\min$ ) [4, с. 191].

Потім знаходяться «усічені» функції належності (18):

$$C'_2(z) = (a_2 \wedge C_2(z)) \quad (18)$$

$$C'_1(z) = (a_1 \wedge C_1(z)).$$

3. Композиція: відбувається об'єднання знайдених усічених функцій із використанням операції МАКСИМУМ ( $\max$ , позначена далі як  $\vee$ ), що призводить до отримання підсумкової нечіткої підмножини для змінної виходу з функцією належності (19) [4, с. 192]:

$$\begin{aligned} \mu \sum(z) &= \mu C(z) = \mu C'_1(z) \vee \mu C'_2(z) = \\ &= (a_1 \wedge \mu C_1(z)) \wedge (a_2 \wedge \mu C_2(z)) \end{aligned} \quad (19)$$

4. Приведення до чіткості (для знаходження  $z0$ ) виконується центроїдним методом (як центр тяжіння для кривої функції належності):

$$z0 = \frac{\int z * M(z) dz}{\int M(z) dz}, \quad (20)$$

$\Omega$  – область визначення функції  $\mu \sum(z)$  [4, с. 194].

Продемонструємо побудову моделі оцінки ОЗІД одного з обраних експертів, яка відображає його досвід та розуміння причинно-наслідкових зв'язків між вхідними і вихідним параметром досліджуваної системи (рис. 2).

Нечітке виведення Мамдані буде виконуватися на базі знань, яка представлена в табл. 2, всі значення вхідних та вихідних змінних бази задано нечіткими множинами.

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.

Далі виводяться нечіткі логічні рівняння, які будуть використовуватися для обчислення значення вихідного параметра за фіксованих значень вхідних параметрів. Рівняння отримують із нечітких логічних висловлювань, замінюючи терми лінгвістичних змінних відповідними функціями належності, а

операції «і» та «або» – операціями знаходження мінімуму ( $\wedge$ ) та максимуму ( $\vee$ ) відповідно. В розглянутому прикладі система логічних рівнянь прийме вигляд (рис. 3):

У результаті опрацювання правил та проведення операцій над нечіткими множинами буде отримано інтегральну оцінку ОЗАІД підприємства, виражену чітким числом. На основі отриманої інтегральної оцінки ОЗАІД можна зробити висновок стосовно стану організаційного забезпечення для активізації інноваційної діяльності (низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий).

Етап 4. Перевірка моделі на адекватність.

Перевірку на адекватність створеної моделі можемо здійснити за допомогою вводу реальних даних за введення таких вхідних значень ( $a_{32}=1; a_{33}=12; a_{34}=70; a_{35}=30; a_{36}=23$ ).

У результаті моделювання отримаємо, що ефективність процесу генерації ідей дорівнює (50), що є середнім рівнем значення показника (згідно з указаними лінгвістичними термами та функціями приналежності).

**Висновки.** Отже, розроблено модель комплексної оцінки ОЗАІД за допомогою нечіткої логіки та з використанням пакету Fuzzy Logic Toolbox обчислювальної системи Matlab. Запропонована модель комплексної оцінки ОЗАІД дає змогу: проаналізувати якісні та кількісні показники складових елементів, визначити стан та рівень розвитку кожного окремого елемента, що значно поліпшує ефективність формування необхідного організаційного забезпечення. Дана модель не передбачає встановлення взаємозв'язку між факторами та кінцевою змінною за рахунок попередніх даних. Цю функ-

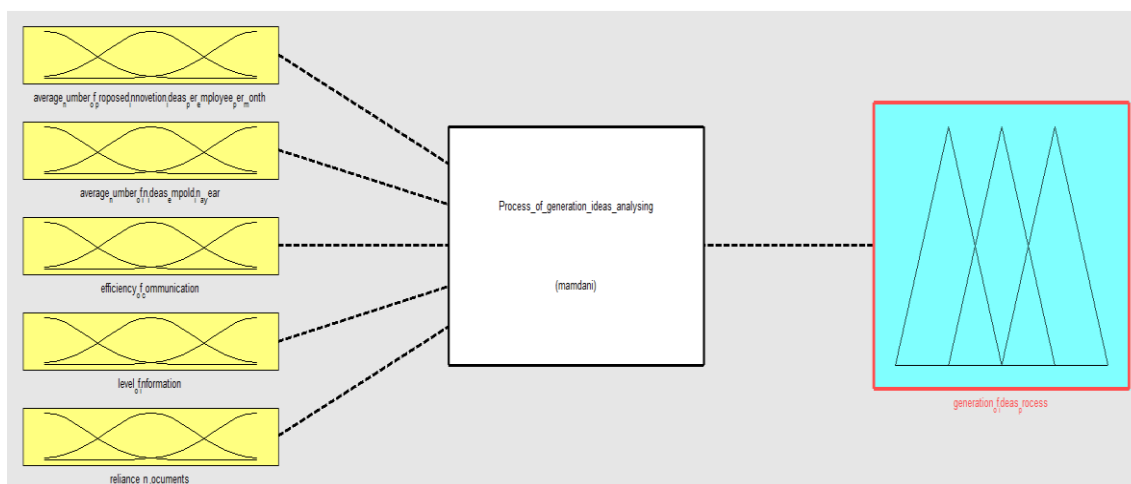


Рис. 2. Загальна схема нечіткої системи процесу оцінки генерації ідей

Таблиця 2

Матриця знань для моделювання компоненту «Процес генерації ідей» (умовний приклад)

Значення лінгвістичної теми на вході					Значення на виході ПІ	Вага правила
$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$	$a_{35}$	$a_{36}$		
Low	none	none	none	none	Low	1
Low	Low	none	none	none		
Low	Low	Low	none	none		
Low	Low	Low	Low	none		
Low	Low	Low	Low	Low		
Low	Low Medium	Low	Low	Low	Low Medium	1
Low Medium	Low Medium	Low	Low	Low		
Low Medium	Low Medium	Low	Low	Low		
Low	Low Medium	Low Medium	Low	Low		
Medium	Low Medium	Low Medium	Low	Low	Medium	1
Medium	Medium	Low Medium	Low	Low		
Medium	Medium	Medium	Low	Low		
Medium	Medium	Medium	Medium	Low		
Medium	Medium	Medium	Medium	Medium		
High	Medium	Medium	Medium	Medium	High	1
High	High	Medium	Medium	Medium		
High	High	High	Medium	Medium		
High	High	High	High	Medium		
High	High	High	High	High		

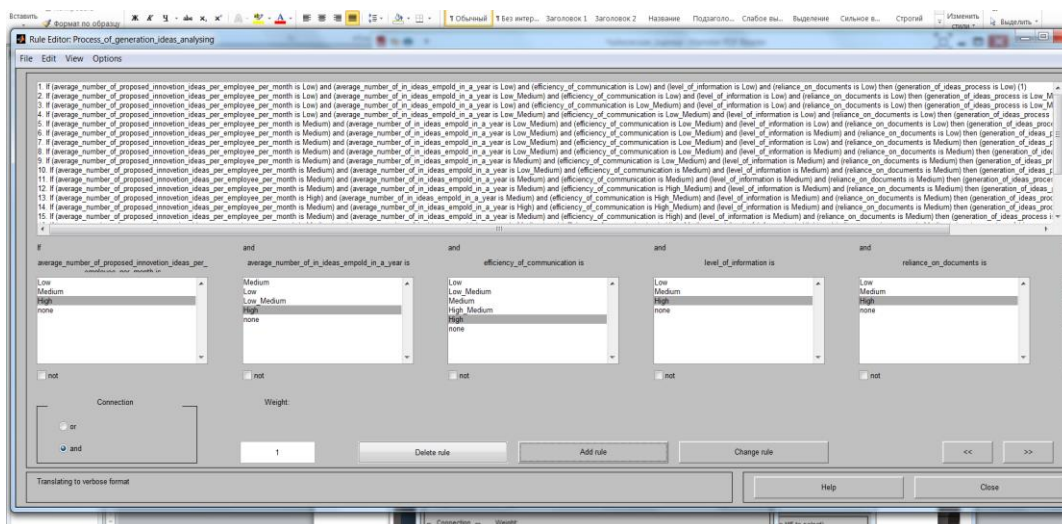


Рис. 3. Система логічних рівнянь для визначення лінгвістичної теми «Процес генерації ідей»

цію виконує набір правил. Базу знань може бути доповнено або виключено показники. Недоліком розробленої моделі є її відносна громіздкість, що передбачає використання засобів Matlab. Подальші дослідження будуть спрямовані на адаптацію запропонованої моделі оцінки до конкретного підприємства.

**Література:**

1. Бакан Г.М. Вступ до теорії експертних систем та баз знань / Г.М. Бакан. – К. : Київський університет, 2005. – 90 с.
2. Бобришева Г.О. Управління інтелектуальним капіталом організації / Г.О. Бобришева [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://masters.donntu.edu.ua/2011/iem/bobrisheva/diss/index.htm>.
3. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB 6.5 SPI/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 456 с.
4. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB / А.В. Леоненков – СПб. : БХВ – Петербург, 2003. – 736 с.
5. Лялин В.Е. Нечеткий и дифференциальный подходы к моделированию интеллектуального капитала организации / В.Е. Лялин, А.Д. Воловник // Искусственный интеллект. – 2006. – № 3. – С. 429-435.
6. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.nsu.ru/matlab/MatLab\\_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm](http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm).
7. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 1999. – 320 с.
8. Stewart T.A. Intellectual Capital – The New Wealth of Organizations, Doubleday, New York, NY, 1997. – P. 67.

**Демченко А.В. Применение аппарата нечеткой логики при формировании комплексной оценки организационного обеспечения активизации инновационной деятельности**

**Аннотация.** На основе аппарата нечеткой логики разработана иерархическая модель комплексной оценки организационного обеспечения активизации инновационной деятельности, которая позволяет использовать экспертную информацию об объекте исследования в виде логических правил; синтезировать количественные и качественные показатели в единый интегральный показатель структурных элементов системы.

**Ключевые слова:** нечеткая база знаний, комплексная модель оценки, интегральный показатель, нечеткая логика, организационное обеспечение активизации инновационной деятельности.

**Demchenko H.V. Application of fuzzy logic apparatus in the formation of complex estimation of organizational support for the activation of innovative activity of the industrial enterprise**

**Summary.** A hierarchical model of integrated assessment of the organizational support for the activation of innovative activity based on fuzzy logic is developed. It makes possible to use expert knowledge about the subject; to combine quantitative and qualitative indicators into a single integral index of structural elements of a system.

**Keywords:** fuzzy knowledge base, complex estimation model, integral index, fuzzy logic; organization support for activation of innovative activity.