



**Інноваційні технології в розвитку наукової  
думки сьогодення: теоретико-практичний  
аналіз та науково-аналітичні коментарі  
монографія**

**м. Кіровоград 2015**

ББК-74.580  
УДК-378.108  
ISBN 978-966-8599-36-7

**Інноваційні технології в розвитку наукової думки сьогодення: теоретико-практичний аналіз та науково-аналітичні коментарі: - Василевич Л.Ф., Василевич М.Л., Астаф'єва М.М., Бодненко Д.М., Семеняка С.О., Дереновський Р.М., Заболотна О.В., Євсюков О.Ф., Кляп М.І., Кляп М.П., Моца А.А., Накашидзе І.С., Ястремська Н.Є.** – Кіровоград, КП «Поліграфія», 2015.– 168 с.

Рекомендовано Вченою радою Міжрегіональної академії управління персоналом  
(протокол № 10 від 18 листопада 2015 р.)

Рецензенти: **Чернуха Надія Миколаївна** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри історії та теорії педагогіки Київського університету ім. Б.Гринченка  
**Рижиков Вадим Степанович** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і методики професійної освіти Міжрегіональної Академії управління персоналом (м. Київ)  
**Скловський Ігор Зіновійович** – доктор філософських наук, професор кафедри суспільних наук та документознавства Кіровоградського національного технічного університету

У колективній монографії вперше представлено науково обґрунтовану теоретично-практичну характеристику наукових досліджень в галузі професійної освіти. Розкрито і теоретично обґрунтовано особливості призначення судової експертизи, математизація суспільно-гуманітарних спеціальностей та жанр сонета у творчості Яра Славутича, проблемне навчання в професійно-педагогічній підготовці майбутніх викладачів вищої аграрної школи: функції, концепція, структура, зміст та інноваційні методи роботи сучасного вищого навчального закладу, методичні підходи до оцінювання конкурентоспроможності банківських послуг.

Василевич Л.Ф., Василевич М.Л., Астаф'єва М.М., Бодненко Д.М., Семеняка С.О., Дереновський Р.М., Заболотна О.В., Євсюков О.Ф., Кляп М.І., Кляп М.П., Моца А.А., Накашидзе І.С., Ястремська Н.Є. - Кіровоград, КП «Поліграфія», 2015.– 168 с.

## З М І С Т

*Василевич Леонід Федорович, Василевич Максим Леонідович,  
Астаф'єва Марія Миколаївна, Бодненко Дмитро Миколайович, Семеняка  
Світлана Олексіївна*

**МАТЕМАТИЗАЦІЯ СУСПІЛЬНО – ГУМАНІТАРНИХ  
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ..... 4**

*Дереновський Руслан Миколайович, Заболотна Оксана Володимирівна*  
**ОСОБЛИВОСТІ ПРИЗНАЧЕННЯ СУДОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ..... 38**

*Євсюков Олександр Феліксович*  
**ПРОБЛЕМНЕ НАВЧАННЯ В ПРОФЕСІЙНО-ПЕДАГОГІЧНІЙ  
ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ВИКЛАДАЧІВ ВИЩОЇ АГРАРНОЇ  
ШКОЛИ: ФУНКЦІЇ, КОНЦЕПЦІЯ, СТРУКТУРА, ЗМІСТ..... 65**

*Кляп Маріанна Іванівна, Кляп Михайло Петрович, Моца Андрій  
Андрійович*  
**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ РОБОТИ СУЧАСНОГО ВИЩОГО  
НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ..... 97**

*Накашидзе Ірина Сергіївна*  
**ЖАНР СОНЕТА У ТВОРЧОСТІ ЯРА СЛАВУТИЧА..... 129**

*Ястремська Наталія Євгенівна*  
**МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ  
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ БАНКІВСЬКИХ ПОСЛУГ..... 161**

УДК 681.3+004

**Василевич Л. Ф., Василевич М. Л., Астаф'єва М. М., Бодненко Д. М.,  
Семеняка С. О.**

Київський університет імені Бориса Грінченка

## **МАТЕМАТИЗАЦІЯ СУСПІЛЬНО-ГУМАНІТАРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

**Анотація.** У роботі аргументується теза, що суспільно-гуманітарні науки повинні мати свій математичний апарат. На конкретних прикладах проілюстровано, що ефективним та найбільш адекватним математичним апаратом для зазначених галузей є теорія нечітких множин та нечітка логіка. Аргументована також необхідність системного підходу при проведенні досліджень. На підставі цього запропоновано передбачити в освітніх програмах суспільно-гуманітарних спеціальностей університетів (філософія, соціологія, економіка, менеджмент та ін.) формування дослідницьких компетентностей системного аналізу та використання математичного апарату теорії нечітких множин.

На основі системного підходу та застосовуючи математичний апарат нечіткої логіки, розглянуто також деякі задачі: економічний закон взаємодії капіталів, центральний принцип нечіткої фізичної економіки, багатокритеріальна оцінка професійної компетентності викладача вищого навчального закладу.

**Ключові слова та терміни:** нечітка множина, нечітка логіка, лінгвістична змінна, терм лінгвістичної змінної, нечітке висловлення, функція належності, система, системний аналіз, нечітка математична філософія, нечітка фізична економіка, центральний принцип нечіткої фізичної економіки, закони нечіткої фізичної економіки, компетентність, професійна компетентність викладача вищого навчального закладу, оцінка компетентності, математизація суспільно-гуманітарних спеціальностей.

### **1. Нечітка математична філософія**

Взаємозв'язок математики й філософії сягає своїм корінням у глибоку давнину. Перша філософська школа, заснована Піфагором у VI ст. до н. е.,

виняткового значення у пізнанні надавала числам. Головна філософська доктрина піфагорійців полягала в тому, що число є сутністю всіх речей. Фізичні, етичні, соціальні, мистецькі, релігійні поняття отримали математичне забарвлення. Математика у піфагорійців була знаряддям пізнання світу, а науці про числа відводилося провідне місце у світоглядній системі, тобто філософія фактично ототожнювалася з математикою. Без числа неможливо нічого ні зрозуміти, ні пізнати – вважали вони. Цю ж думку висловив Галілей: «Книга природи написана мовою математики».

Переконливими прикладами взаємозв'язків математики й філософії впродовж усієї історії їх існування є три так звані кризи основ математики (поява ірраціональних чисел, народження диференціального та інтегрального числення, неевклідові геометрії), що спричинилися не лише до народження нового наукового (математичного) знання, а й формування нового філософського світогляду та методів пізнання світу. Невипадковим є й той факт, що переважна більшість видатних філософів минулих часів (Піфагор, Платон, Аристотель, Декарт, Ньютон, Лейбніц, Кант, Гільберт, Рассел та ін.) були математиками за освітою та / або родом занять. Серед сучасного покоління вчених філософів спостерігаємо збільшення частки «чистих» гуманітаріїв, що призвело, зокрема, до непродуктивних спроб розв'язувати сучасні філософські задачі й проблеми без використання математичного інструментарію.

Не маємо на меті зводити до математичних теорем досягнення філософії, уподібнюючись Спінозі, який безуспішно брався аксіоматизувати етику – не все можна аксіоматизувати й формалізувати. Хочемо лише показати, що сучасна філософія може взяти на «озброєння» у якості інструментарію сучасний математичний апарат, який найбільше підходить до її задач і, в цьому сенсі, може бути математичною. Як зазначає Лукасевич, філософія постійно потребує перебудови на основі нових наукових методів і нової логіки. І ця широкомасштабна задача, на думку вченого, повинна вирішуватися цілими поколіннями молодих науковців, які володіють більш потужними розумовими

здібностями і новими знаннями. Треба думати, що це приведе до розвитку і побудови нових раціоналістичних методів у науковому пізнанні з використанням нових сучасних математичних засобів. Цей процес нескінченний, як нескінченним є людське пізнання [8].

Таким адекватним математичним апаратом для філософії вважаємо теорію нечітких множин і нечітку логіку, основи яких були закладені пів століття тому американським математиком Заде [15]. Філософською основою нечіткої логіки є створені у першій половині ХХ століття згаданим вище Яном Лукасевичем (філософом та математиком) і, незалежно від нього, філософом (і математиком) Ніколаєм Васил'євим «неаристотелевих логік» – логік без аристотелевого закону протиріччя: «неможливо, щоб протилежні твердження були водночас істинні» (подібно до того, як неевклідові геометрії – є геометріями без аксіоми паралельності Евкліда). Саме у нечіткій логіці протилежні твердження можуть одночасно бути істинними, а крім двох крайніх положень «так» (або «істинно») та «ні» (або «хибно») існують проміжні стани («не зовсім так», «не зовсім хибно»).

При застосуванні основних законів філософії до конкретних явищ, виникає питання: «Коли цей закон починає діяти?». Наприклад, закон переходу кількісних змін у якісні не дає відповіді на питання, яка кількість змін є достатньою для отримання нової якості. Одразу можна сказати, що точної (числової) відповіді й не може бути. Хоча будь-яка якість існує в межах своєї міри, однак чітких кількісних розмежувань якостей, які визначаються різними філософськими категоріями, не існує.

Візьмемо, наприклад, категорії можливість і дійсність. Перехід можливості в дійсність засновано на причинно-наслідкових зв'язках об'єктивного світу, але кількісне відношення між ними, як правило, не може бути виражено ймовірністю появи відповідної події. Область об'єктивних можливостей застосування цих категорій часто залежить і від свідомої людської діяльності, яка не адекватна стохастичним моделям. Так, перетворення можливості економічної кризи в дійсність потребує виконання сукупності нестохастичних

умов. Тому для оцінки цього явища неможливо застосовувати таку кількісну характеристику як імовірність події.

Для урахування реальних можливостей (наприклад, оцінки ризику) перетворення якихось подій в небажану дійсність не підходить і математичний апарат бінарної логіки (оперує лише двома значеннями: 1 – «істинно» та 0 – «хибно»), який тільки обмежує можливості наук, у яких він застосовується. Цей недолік успішно усувається за допомогою теорії нечітких множин та нечіткої логіки. Існуюча семантична та природна відмінності в аксіоматиці теорії ймовірностей та теорії нечітких множин робить математичний апарат останньої найбільш адекватними до задач філософії.

Так, для приблизних суб'єктивних міркувань або оцінок за умов невизначеності можна застосовувати такі математичні поняття теорії нечітких множин, як нечітка множина (НМ), нечітка величина (НВ), лінгвістична змінна (ЛЗ), нечітке висловлення (НВ) та нечітке лінгвістичне висловлення (НЛВ).

Нечітка множина (fuzzy set) – це сукупність елементів довільної природи, відносно яких неможливо з цілковитою упевненістю стверджувати – належить той чи інший елемент даній множині, чи не належить.

Математично нечітка множина  $A$  визначається як кортеж виду [10]:

$$\langle x \in X; \mu_A(x) \in [0; 1] \rangle,$$

де  $x$  – елемент деякої універсальної множини (універсуму – повної множини), яка охоплює всю проблемну область  $X$ ;  $\mu_A(x)$  – функція належності, яка кожному елементу  $x \in X$  ставить у відповідність число, що належить проміжку  $[0; 1]$ , і характеризує ступінь цієї відповідності. Для дискретної НМ використовують наступне позначення:

$$\left\langle \frac{x \in X}{\mu_A(x) \in [0; 1]} \right\rangle.$$

Якщо  $\mu_A(x_0) = 1$ , то це означає, що елемент  $x_0$  достовірно (абсолютно) належить (відповідає) множині  $A$ , а якщо  $\mu_A(x_0) = 0$ , то – точно (абсолютно) не належить (не відповідає). Чим вищий ступінь достовірності того, що елемент  $x$  належить (відповідає) нечіткій множині  $A$ , тим значення функції належності

$\mu_A(x)$  ближче до одиниці. І навпаки, чим нижчий ступінь достовірності того, що елемент  $x$  належить (відповідає) нечіткій множині  $A$ , тим значення функції належності  $\mu_A(x)$  ближче до нуля. Значення функції належності називають ступенем належності.

Наприклад, якщо універсум закону протиріччя Аристотеля представити множиною  $X = x_1, x_2$ , де  $x_1$  – «висловлення істинне»,  $x_2$  – «висловлення хибне», то нечітка множина  $A$  може мати вигляд:  $A = \left\langle \frac{x_1}{0,3}; \frac{x_2}{0,9} \right\rangle$ . Цю нечітку множину потрібно розуміти так: достовірність того, що висловлення хибне значно більша достовірності, що висловлення істинне, бо ступінь належності множині  $A$  елемента  $x_2$  більший, ніж ступінь належності цій множині елемента  $x_1$  (належність елементів до множини ієрархічно упорядкована).

Для неперервної НМ функція належності  $\mu(x)$  задається аналітично або графічно (рис.1).

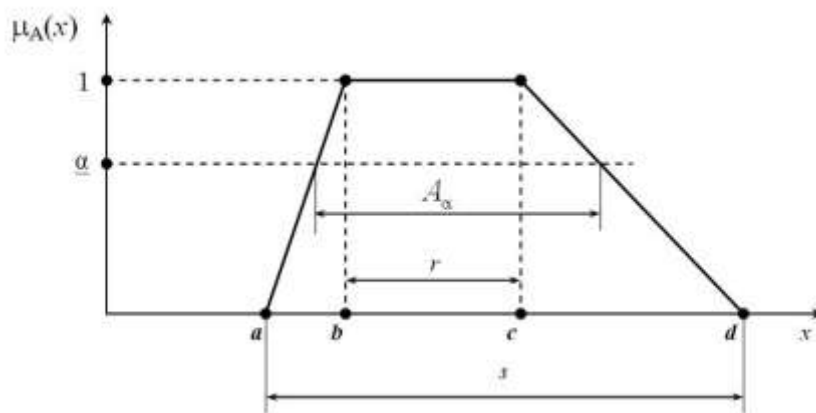


Рис.1. Функція належності неперервної НМ

Носієм  $s$  нечіткої множини  $A$  називається підмножина універсуму, всі елементи якої мають ненульові ступені належності:  $s = \{x \in X, \mu_A(x) > 0\}$ .

Ядром  $r$  нечіткої множини  $A$  називається підмножина універсуму, елементи якої мають ступінь належності рівний одиниці:  $r = \{x \in X, \mu_A(x) = 1\}$ .

$\alpha$ -зрізом ( $A_\alpha$ ) нечіткої множини  $A$  називається підмножина універсуму, всі елементи якої мають ступінь належності не менший за  $\alpha$ :  $A_\alpha = \{x \in X, \mu_A(x) \geq \alpha\}$ . Значення  $\alpha$  називають  $\alpha$ -рівнем.



Висотою нечіткої множини  $A$  називається точна верхня межа його функції належності:  $hgt A \equiv \sup_{x \in X} \mu_A(x)$ .

Нечітка множина називається нормальною, якщо її висота дорівнює одиниці, в іншому випадку – субнормальною.

Нормалізація (перетворення субнормальної нечіткої множини  $A$  до нормальної  $A'$ ) очевидно здійснюється за процедурою  $\mu_{A'} \equiv \frac{\mu_A}{hgt A}$ .

На практиці найчастіше застосовуються трапецієвидні функції належності (бокові гілки є лінійними функціями), що значно спрощує математичні операції з НМ, не знижуючи при цьому загальності результатів [10]. У цьому випадку нормальна НМ повністю визначається чотирма елементами  $A = \langle a; b; c; d \rangle$ , а її функція належності задається формулою

$$\mu_A(x) \equiv \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & x \in [a; b], \\ 1, & x \in [b; c], \\ \frac{d-x}{d-c}, & x \in [c; d]. \end{cases}$$

Ліва гілка цієї функції має вигляд:

$$\mu_l(x) = \frac{x-a}{b-a}; \quad x \in [a; b],$$

а права гілка –

$$\mu_r(x) = \frac{d-x}{d-c}; \quad x \in [c; d].$$

Процес пізнання математично відповідає зменшенню носія  $s$  та ядра  $r$  відповідної НМ і перетворенню субнормальної нечіткої множини в нормальну та повинен бути заснований на парадигмі відсутності абсолютно достовірних істин.

Використання лінгвістичних змінних, які більш адекватно описують характер людського мислення та використовують мову, яка ближча до природної мови, дозволяє отримати кращі результати при розв'язуванні різноманітних задач прийняття рішень за умов невизначеності інформації [5,10].

**Лінгвістичною змінною**, ЛЗ (linguistic variable) називається кортеж  $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$ , де  $\beta$  – найменування лінгвістичної змінної;  $T$  – терм-множина змінної  $\beta$ , тобто множина назв (імен, термів) нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є множина  $X$ ;  $G$  – синтаксична процедура, яка описує процес створення нових термів;  $M$  – семантична процедура, що дозволяє перетворити кожне нове значення лінгвістичної змінної, утвореної процедурою  $G$ , у нечітку змінну, тобто сформувати відповідну нечітку множину [10].

Для створення нових термів ЛЗ можуть застосовуватися логічні операції: «і» (кон'юнкція), «або» (диз'юнкція), «не» (заперечення), а також модифікатори термів: «дуже», «трохи», «суттєво» і под.

Наприклад, ЛЗ «Базисні зміни» може бути задана таким кортежем:  $\langle \beta = \text{«Базисні зміни»}; T_i, i = \overline{1,3}; X; G; M \rangle$ , де терм  $T_1$  – малі зміни;  $T_2$  – середні зміни;  $T_3$  – великі зміни; показник змін  $x \in X$  може набувати значення, наприклад, з проміжку  $[0;1]$ ;  $G$  – процедура отримання нових термів, таких як, наприклад, “дуже великі (революційні) зміни”. Функції належності термів  $T_i, i = \overline{1,3}$  показані на рис. 2. Носії та ядра термів ЛЗ визначаються експертами.

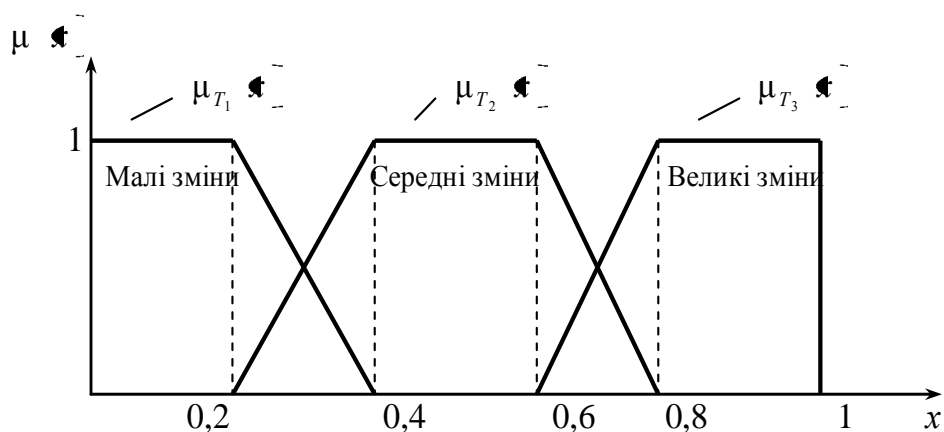


Рис. 2. Лінгвістична змінна «Базисні зміни», яка складається з трьох термів

При створенні систем підтримки прийняття рішень (СППР) в різних галузях застосовуються лінгвістичні висловлення.

Лінгвістичним висловленням ( $A^n$ ) називається будь-яке твердження, що виражає закінчену думку і містить в собі терм ЛЗ, ступінь істинності (достовірності) якого задається функцією належності  $\mu_{A^n}(x) \in [0; 1]$ .

Наприклад, висловлення  $A^n = \langle \langle \text{Сучасна економічна теорія знаходиться в стані глибокої кризи} \rangle; \mu_{A^n} = 0,95 \rangle$ , є лінгвістичним висловленням, оскільки включає в себе терм  $T_i = \langle \text{глибока криза} \rangle$  лінгвістичної змінної  $\beta = \langle \text{Величина економічної кризи} \rangle$ .

В нечітких СППР бази знань створюється у вигляді наступних імплікацій  $F_i: A_i^{\wedge} \rightarrow B_i^{\wedge}; i = \overline{1, N}$ , де  $A_i^{\wedge}$  – нечітке лінгвістичне висловлення, яке є умовою (антецедентом) композиційного правила;  $B_i^{\wedge}$  – нечітке лінгвістичне висловлення, яке є висновком (консеквентом) композиційного правила. Таким чином, кожне композиційне правило зв'язує філософські категорії «причина» та «наслідок». Але ця казуальність особливо в суспільних явищах не є чіткою, хоча б тому, що ці явища визначаються не однією причиною, а їх характеристики не можуть бути чітко виміряні. Тому в базах знань сучасних СППР і застосовують лінгвістичні змінні.

Приклади імплікацій.  $F_1$ : Коли більшість людей в державі невдолена своїм економічним становищем ( $A_1^{\wedge}$ ), тоді шанси діючих політиків на переобрання малі ( $B_1^{\wedge}$ ).  $F_2$ : Якщо вибори проводяться без порушень ( $A_2^{\wedge}$ ), то шанси на переобрання політиків, які тривалий час знаходяться при владі, малі ( $B_2^{\wedge}$ ).

В математичних моделях з нечіткою логікою використовуються нечіткі висловлення.

Нечітким висловленням називається будь-яке твердження, що виражає закінчену думку, ступінь істинності (достовірності) якого задається функцією належності  $\mu_A(x) \in [0; 1]$ .

Як бачимо, висловлення в теорії нечітких множин може бути одночасно істинним і хибним і не виключає можливість третього (*tertium datur*). А функція належності кількісно характеризує ступінь належності будь-якого елемента універсальної множини нечіткій множині. Наприклад, висловлення  $A =$

<<Всесвітні процеси є безпочатковими, нескінченними та взаємно перетворюючими згідно з єдиним інформаціологічним законом природи»;  $\mu_A=0.9$ >, є нечітким, оскільки ступінь істинності його оцінено значенням функції належності, яке міститься між 0 і 1. При цьому, для одних людей це висловлення може бути істинне ( $\mu_A=1$ ), а для інших хибне ( $\mu_A=0$ ).

Останній приклад добре ілюструє різницю між нечіткою (лінгвістичною) невизначеністю в теорії нечітких множин і стохастичною невизначеністю в теорії ймовірностей. Стохастична невизначеність має справу з невизначеністю в майбутньому, а лінгвістична невизначеність, яку описує теорія нечітких множин, – з невизначеністю, що не залежить від часу її розгляду. Крім того, стохастична невизначеність об'єктивна, вона не залежить від людини, її знань, досвіду тощо. Лінгвістична ж невизначеність різна для людей з різними знаннями, досвідом, рівнем культури, життєвими принципами, іншими якостями, характеристиками.

Таким чином, функція належності нечітких висловлень може бути адекватною кількісною характеристикою таких філософських категорій як абсолютна та відносна істина. При цьому функція належності визначає ступінь протиріччя, закладеного у самій суті досліджуваного об'єкта та зумовленого недостатністю інформації. Так, у висловленні: "Можливо, на багатьох планетах інших галактик існує життя" кваліфікатор "можливо" визначає ступінь достовірності цього висловлення, а кваліфікатор "багатьох" – неоднозначність. А між достовірністю і неоднозначністю існує протиріччя, яке полягає в тому, що із підвищенням точності інформації знижується її достовірність і навпаки.

Повертаючись до головного поняття теорії нечітких множин – функції належності  $\mu_A(x)$ , наголошуємо, що вона характеризує суб'єктивну достовірність, істинність того, що значення  $x$  належить нечіткій множині  $A$ , а не ймовірність цієї події. На відміну від ймовірностей  $p_i$  випадкової дискретної величини або щільності розподілу ймовірностей  $f(x)$  неперервної випадкової величини, на які накладаються умови нормування виду:  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$  та

$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$ , відповідно, на функцію належності  $\mu_A(x)$  накладається лише те

обмеження, що її значення знаходяться на проміжку  $[0;1]$ , а сума значень для дискретної НМ (НВ) або площа під графіком функції належності для неперервної НМ (НВ) може бути будь-якою невід'ємною величиною. Тому математичні операції з НМ (НВ) значно простіші, ніж над випадковими подіями та величинами.

Одним із питань, що виникає при застосуванні теорії нечітких множин, є питання: як знайти функцію належності? Функції належності (ФН) нечітких множин знаходять на основі експертних оцінок. При цьому можна виділити дві групи методів: прямі та непрямі (опосередковані) [10].

Прямий метод передбачає, що експерт чи група експертів безпосередньо задають для кожного  $x \in X$  значення ФН. Як правило, прямі методи використовуються для вимірних понять, якщо ті чи інші характеристики (показники) можуть бути виміряні за певною кількісною шкалою (швидкість, час, тиск, температура та ін.). Оскільки усі значення величин, знайдені у процесі вимірювання, насправді не є точними, то перетворення їх у нечітку форму (такий процес називається фазифікацією) більш адекватно відображає невизначеність стану об'єкта дослідження.

Для задання ФН може бути застосована наступна процедура отримання експертних оцінок. Коли кількість експертів дорівнює  $L$ , тоді у якості  $\mu_A(x_i)$  береться зважене середнє арифметичне значення:

$$\mu_A \equiv \frac{\sum_{\gamma=1}^L k_{\gamma} \mu_{A\gamma}(x_i)}{\sum_{\gamma=1}^L k_{\gamma}},$$

де  $\mu_{A\gamma}(x_i)$  – суб'єктивна оцінка  $\gamma$ -го експерта;  $k_{\gamma}$  – коефіцієнт компетентності  $\gamma$ -го експерта. При однаковій компетентності експертів  $k_{\gamma} = 1 \quad \forall \gamma \in L$ , або  $k_{\gamma} = 1/L \quad \forall \gamma \in L$ .

Опосередковані методи знаходження функцій належності застосовуються, коли немає можливості відразу оцінювати відповідні характеристики об'єктів дослідження. Тоді, наприклад, спочатку застосовують їх попарні порівняння, а на основі цих результатів розраховуються функції належності.

Зростання складності наукових проблем потребує моделювання відповідних явищ, складних багаторівневих систем, урахування великої кількості різних факторів за умов невизначеності. Через наявність в одній системі одночасно різних видів невизначеностей виникає проблема звести воедино усю цю неоднорідну інформацію (детерміновану, статистичну, лінгвістичну, інтервальну). Переважна більшість кількісних методів дослідження, наприклад, задач управління, допомагають знайти оптимальний розв'язок лише в умовах одного конкретного виду невизначеності або в умовах повної визначеності. Причому, для полегшення кількісного аналізу нерідко доводиться на деякі параметри накладати дуже жорсткі умови, а деякими параметрами нехтувати, що суттєво зменшує цінність результатів дослідження, а то й приводить до неправильних розв'язків. При застосуванні, наприклад, апарату теорії ймовірностей для оперування з невизначеностями, часто невизначеність, незалежно від її природи, ототожнюють з випадковістю, в той час, як джерелом невизначеності в багатьох процесах є не випадковість, а нечіткість, розмитість (fuzzines).

Є ще одна обставина, що спонукає дослідників в галузі суспільно-гуманітарній надавати перевагу методам теорії нечітких множин. Якщо для багатьох нескладних технічних систем добре себе зарекомендувати давно існуючі точні моделі, то ситуація змінюється, коли йдеться про дослідження складних систем, де людина відіграє активну роль. Тут діє принцип несумісності: для отримання суттєвих висновків про поведінку складної системи доводиться відмовлятися від високих стандартів точності й строгості і вдаватися до методів наближених за своєю природою. Тому при описі й дослідженні процесів у складній багаторівневій ієрархічній системі з нечіткими обмеженнями й цілями ефективнішим буде нечітке моделювання на основі

математичного апарату теорії нечітких множин та нечіткої логіки, оскільки воно адекватніше описує характер людського мислення.

Відповідь же на питання про область застосування методів нечіткого моделювання дав у 1993 році Коско (В. Kosko), довівши, що будь-яка система може бути апроксимована на основі нечіткої логіки [13]. Тому нечітке моделювання є універсальним математичним інструментарієм науковців.

Об'єктами дослідження філософії є саме загальні складні системи, тому нечіткі моделі дозволяють застосовувати ізоморфізм системних законів різних предметних галузей.

Нечіткі запити до баз даних (fuzzy queries), нечіткі асоціативні правила (fuzzy associative rules), нечіткі когнітивні карти (fuzzy cognitive maps), нечіткі методи кластеризації – це перспективні напрямки в сучасних системах обробки інформації, виявлення закономірностей, причинних зв'язків концептів будь-якої галузі.

Сучасний вік – це вік штучного інтелекту, пошуків методів моделювання на комп'ютері роботи мозку людини. А оскільки люди бачать світ не в чорно-білих кольорах і частіше оперують з нечіткими поняттями, тому теорія нечітких множин повинна притягувати увагу науковців, які працюють у різних областях знань, зокрема, філософії, соціології.

Категорія нечіткості і пов'язані з нею моделі й методи дуже важливі зі світоглядної точки зору, оскільки з їх появою стало можливим піддавати кількісному аналізу ті явища, які раніше могли бути враховані лише на якісному рівні або описувалися за допомогою дуже грубих моделей.

Зараз, коли світове суспільство знаходиться у критичному стані війн, економічних та фінансових криз, політичної нестабільності, нестачі деяких необхідних ресурсів, люди повинні змінити парадигму: «Я правий, а він ні!» на парадигму: «У кожного є доля правди, і тому потрібно шукати компроміс». Найбільш адекватними цієї парадигмі є математичні моделі на основі теорії нечітких множин та нечіткої логіки. Тому їх застосування має спонуку у, крім зазначених вище, ще й моральній площині.

Недостатність фахівців суспільників та гуманітаріїв, здатних використовувати у своїх галузях нечіткі математичні моделі, актуалізує потребу включити до програми підготовки філософів, соціологів, фахівців інших суспільно-гуманітарних галузей (менеджерів, маркетологів, наприклад) дисципліну «Теорія нечітких множин та нечітка логіка».

## **2. Нечітка фізична економіка. Теорія систем та системний аналіз як методологія вивчення властивостей будь-яких систем**

Прикметною ознакою сучасної науки є поглиблення протилежних за своєю сутністю процесів її диференціації та інтеграції. Результатом диференціації наукового знання є дроблення, виокремлення певних теоретичних знань в самостійні галузі науки, народження нових галузей зі своїми предметом, мовою, методами, що, у свою чергу, призводить до вузької спеціалізації фахівців. Останнім вченим, який знав практично всі науки, що існували в його час, був Аристотель. Але диференціація наукового знання супроводжується його інтеграцією, що проявляється у взаємозв'язках між різними науковими галузями, використанні єдиних методів дослідження, а найголовніше – у системному підході. А оскільки загальні властивості систем однакові (цілісність, емерджентність, ієрархічність, стійкість, наявність зворотних зв'язків, оптимальність розмірів та ін.), то й з'явилася нова наукова галузь, що вивчає системи в широкому сенсі слова [9].

Термін система, хоч і є дуже розповсюдженим (філософська система, політична система, економічна система, фінансова система, педагогічна система, технічна система і т.д.), єдиного його визначення не існує. Однак, усі численні означення сходяться на тому, що система – це множина елементів, які знаходяться у відношеннях між собою (взаємопов'язані і взаємозалежні) та функціонують як єдине ціле. Термін «відношення» в широкому смислі слова може включати в себе такі поняття як функціональну, кореляційну, лінгвістичну залежності, чітке й нечітке з'єднання та інші зв'язки.

Усі системи можна поділити на:



- системи з різними типами елементів;
- системи з різними типами відношень.

При цьому системи з різними елементами можуть бути однаковими за типом відношень. Це стосується, зокрема, й фізичних та економічних систем [6]. Використанням фізичних аналогій для пояснення економічних процесів і обґрунтування економічних законів займається фізична економіка, родоначальникам якої можна вважати Лейбніца і філософію якої активно розвиває Ліндон Ларуш [7].

Ми живемо в світі, де взаємодіють не лише матеріальні об'єкти, які мають масу, електричний та магнітний заряди, або по яких протікає електричний струм (ці взаємодії описується, відповідно, законами Ньютона, Кулона, Ампера), але й матеріальні ресурси, капітали.

Виходимо із тези про те, що існують фундаментальні аналогії між фізичними й економічними процесами, звідки випливає, що деякі економічні закони мають математичну форму законів фізичних. Але в економіці не всі характеристики можуть бути вимірні, як у фізиці. Крім того, якщо фізика вивчає неживу природу, то економіка має справу із соціумом, з поведінкою людини, тобто живою природою у вищій її формі. Тому природно буде використовувати в економічних дослідженнях категорії і методи теорії нечітких множин і нечіткої логіки, а до терміну фізична економіка доречно додати характеристику «нечітка» [3,4]. Головне, що відрізняє нечітку фізичну економіку від фізичної економіки, є те, що в економічних законах, математична форма яких збігається з математичною формою фізичних законів, окремі їх аргументи є нечіткими.

Економічна статистика показує, що у світі відбувається неперервний процес капіталізації та концентрації капіталу, причому все більша доля капіталів зосереджується у все меншій кількості осіб [9, 11]. Ця концентрація капіталів відбувається на різних рівнях: на рівні банківського капіталу; на рівні капіталу реальних секторів економіки; на рівні заробітних плат (зарплата топ-менеджерів, елітних юристів, лікарів, модельєрів для vip-персон, спортсменів,

кінозірок збільшується зростаючими темпами порівняно із середніми зарплатами); на рівні пенсійного забезпечення (пенсії «державних» осіб і середня пенсія в Україні уже відрізняються в десятки разів); на державному рівні (зростає розрив між багатими та бідними державами та зменшується кількість багатих держав, з яких уже випадає, наприклад, Італія) та на інших рівнях. На пострадянському просторі цей процес концентрації капіталу є особливо швидким. Причому він іде не за рахунок підвищення ефективності праці, нових унікальних товарів чи послуг. З'являються питання: а як взаємодіють капітали? чому йде процес концентрації капіталу?

Кількісною характеристикою концентрації капіталу  $\rho$  є відсоток капіталу, що належить найбагатшим (наприклад, першій сотні багатіїв) від загального капіталу (ВВП країни). Недавно вчені Швейцарії, проаналізувавши світові фінансові потоки біля 37 млн. компаній, виявили, що 1318 транснаціональних компаній контролюють 60% усього світового доходу, а 147 компаній – 40% доходу.

Концентрація капіталу – це об'єктивне явище і не тільки ринкової економіки. Коли її розмір невеликий, але й не дуже малий, – економіка розвивається позитивно. Але коли він переходить критичну межу  $\rho_{\text{крит}}$ , то це призводить до кризи і навіть до революцій, зміни системи, соціально-політичних катастроф, світового колапсу. Відбувається це внаслідок дії системного закону: кожна система має межі свого росту, при переході яких вона стає некерованою і повинна або змінитися, або зламатися. Фізичною аналогією цього процесу є атомний вибух, який виникає, коли ядерна маса досягає критичної величини, або термоядерний вибух – при досягненні критичної температури ядерної маси. Чи не є останні глобальні фінансові кризи наслідком надмірної концентрації капіталу?

У розвинутих країнах концентрація капіталу довгий час супроводжувалася кредитною «накачкою» попиту, більшість людей жила в кредит. Зараз же йде процес руйнування середнього класу, який в цих країнах налічує не менше

половини населення і який становить реальну загрозу існуючій економічній системі.

Загальний капітал не зменшується. І коли його десь стало мало, тоді десь його стало дуже багато. Борг держав складає сотні млрд., трильйони доларів (найбільшим боржником є США, борг яких – 14 трильйонів доларів).

Злиття та поглинання банків, створення банківських картелів, консорціумів, холдинг-компаній відбувається в усьому світі. Більші капітали все інтенсивніше притягують менші: гроші роблять гроші. І цей процес прискорюється. До складу сучасних холдингів уже входять різні небанківські компанії (інвестиційні, страхові та інші). У США, наприклад, понад 90% активів банківської сфери знаходяться під контролем холдингових компаній [9]. Американський ринок акцій за капіталізацією перевищує ринки Великобританії, Німеччини та Японії разом узяті.

Провівши певні аналогії цих економічних процесів із фізичними явищами, приходимо до висновку, що фінансова безпека на державних та глобальних рівнях напряму залежить від рівня концентрації капіталу, а основною причиною фінансових криз, які тягнуть за собою й кризи економічні, є надмірна концентрація капіталу, яка в часи кризи тільки збільшується.

Ньютонівський закон всесвітнього тяжіння, як відомо, визначає силу  $F$  взаємодії двох тіл з масами  $m_1$  та  $m_2$  за наступною скалярною формулою:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

де  $G$  – гравітаційна стала,  $r$  – відстань між тілами.

Для сили  $F$  взаємодії двох зарядів  $q_1$  та  $q_2$  Кулон запропонував наступну аналогічну формулу:

$$F = c \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

де  $c$  – коефіцієнт, який не має фізичного змісту і визначається системою одиниць вимірювання,  $r$  – відстань між зарядами.

Нарешті, для сили взаємодії  $F$  між двома провідниками одиничної довжини, по яких проходить струм  $i_1$  та  $i_2$ , Ампер отримав ще одну аналогічну формулу:

$$F = h \frac{i_1 i_2}{r^2}.$$

Таким чином, різні фізичні системи з різними типами елементів описуються одним і тим же функціональним співвідношенням.

За аналогією із цими фізичними законами запишемо модель для характеристики сили взаємодії капіталів  $K_1$  та  $K_2$ .

$$F = s \frac{K_1 K_2}{|A|^2}, \quad (1)$$

де  $|A|^2$  – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує середовище (суспільство), у якому взаємодіють капітали,  $s$  [(одиниця. капіталу) $^{-1}$  (одиниця. часу) $^{-2}$ ] – стала концентрації капіталу, яку потрібно знайти на основі статистичних даних. На відміну від механічної сили в законі Ньютона, тут немає розмірності шляху. А коли немає відстані, то взаємодія капіталів повинна здійснюватися миттєво. Але сам процес концентрації капіталу (переходу капіталу від одного власника до іншого), навіть при сучасних інформаційних технологіях, потребує деякого часу. Це й визначає сталу  $s$  концентрації капіталу, у розмірність якої входить одиниця часу.

Зазначимо також, що взаємодія капіталів суттєва тільки для великих капіталів, як і гравітаційна взаємодія суттєва тільки для тіл з великою масою.

Якщо всі часткові капітали збільшуються за однією відсотковою ставкою, то ступінь концентрації не змінюється:

$$\rho_i = \frac{K_i(1+j)}{\sum K_l(1+j_l)} = \frac{K_i}{K_\Sigma},$$

де  $K_i$  – капітал  $i$ -го власника;  $K_\Sigma$  – сумарний капітал власників;  $j_i = j$  – прибутковість для  $i$ -го власника. Таким чином, концентрація може досягатися або за рахунок збільшення прибутковості  $i$ -го капіталу у порівнянні з іншими,

або поглинанням одних капіталів іншими. Швидкість другого процесу визначається середовищем, у якому він протікає.

Середовище визначається дискретною кінцевою множиною необхідних характеристик  $X = \{x_i : i = \overline{1, n}\}$ , які є значеннями дискретної нечіткої множини  $A$ , що визначається сукупністю пар  $(x_i \in W, \mu_A(x_i) \in \overline{0; 1})$  [15], де  $\mu_A(x_i)$  – функція належності характеристики  $x_i$  до середовища, у якому взаємодіють капітали. Значення функцій належності реального середовища визначаються експертами.

Нехай  $A = \langle \mu_A(x_1) / x_1; \mu_A(x_2) / x_2; \dots; \mu_A(x_n) / x_n \rangle$ .

В ідеальному середовищі кожній характеристиці відповідає одиничний ступінь належності ( $\mu_A(x_i)=1$ ). Коефіцієнт реального середовища буде визначатися ступенем відхилення його від ідеального середовища, яке задається множиною

$$D = \langle \mu_D(x_1) / x_1; \mu_D(x_2) / x_2; \dots; \mu_D(x_n) / x_n \rangle$$

Множини  $D$  та  $A$  задані на одному універсумі. Коефіцієнт реального середовища зводиться до оцінки об'єднання  $D \cup A$ :

$$d = P(D, A) = \frac{|D \cup A| - |D|}{|D|} = \frac{|A|}{n}, \quad (2)$$

де знак  $|\dots|$  означає скалярну потужність нечіткої дискретної множини.

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x), \quad |D| = \sum_{x \in X} \mu_D(x) = n.$$

Операція  $\bar{D}$  доповнення нечіткої множини  $D$  визначається функцією належності  $\mu_{\bar{D}}(x) = 1 - \mu_D(x), \forall x \in X$ ; а операція об'єднання двох нечітких множин ( $C = D \cup A$ ) має функцію належності  $\mu_C(x) = \max(\mu_D(x); \mu_A(x)), \forall x \in X$ .

Враховуючи (2), закон (1) взаємодії капіталів запишемо у наступному вигляді:

$$F = s \frac{K_1 K_2}{|A|^2} = s \frac{K_1 K_2}{d^2 n^2}. \quad (3)$$

Таким чином, сила взаємодії капіталів обернено пропорційна квадрату коефіцієнта реального середовища  $d$ , який характеризує ступінь різниці між

ним та ідеальним середовищем і квадрату кількості  $n$  необхідних характеристик ідеального середовища.

Аналогічно до другого закону Ньютона, прискорення  $a$ , яке отримує капітал  $K$  під дією рівнодійних сил ( $F$ ), дорівнює

$$a = \frac{F}{K}. \quad (4)$$

Прирівнюючи сили  $F$ , які визначаються формулами (3) та (4), маємо:

$$s \frac{K_1 K_2}{|A|^2} = a K_2,$$

звідки отримуємо:

$$a = s \frac{K_1}{|A|^2} = s \frac{K_1}{d^2 n^2}. \quad (5)$$

Із (5) випливає, що важливою властивістю взаємодії капіталів є незалежність прискорення  $a$  притягання менших капіталів до більшого капіталу від розміру цих капіталів.

Отримавши репрезентативні статистики, можна буде знайти величину  $s$  (сталу централізації капіталу), а далі, застосовуючи формули (1, 4, 5), знайти величини, які й характеризують процес централізації капіталу.

Розглянемо наступний ілюстративний приклад. Нехай маємо дві компанії, які працюють на одних і тих самих ринках, та мають капітали  $K_1=20$  млрд. та  $K_2=0,5$  млрд. Середовище може визначатися такими характеристиками:  $x_1$  – відсутність корупції;  $x_2$  – сприятливі умови для інвестування;  $x_3$  – наявність незалежної судової системи та законів, які відповідають принципам демократії й міжнародному праву;  $x_4$  – відсутність економічної злочинності;  $x_5$  – наявність антимонопольних законів та їх дія;  $x_6$  – інформаційна відкритість;  $x_7$  – урегульованість економічної конкуренції;  $x_8$  – відкритість національної економіки;  $x_9$  – інтеграція банківських систем;  $x_{10}$  – вільний валютний курс;  $x_{11}$  – приватизація державної власності;  $x_{12}$  – забезпечення приватної власності на землю,  $x_{13}$  – пасіонарність власників капіталів та інші. При виборі характеристик середовища потрібно враховувати принцип Парето: 20%

факторів визначають 80% результату. Для спрощення задачі візьмемо  $n=6$  характеристик. Нехай середовище визначає нечітка множина

$$A = \langle \mu_1 / 0,2 ; \mu_2 / 0,7 ; (x_3 / 0,6); (x_4 / 0,6); (x_5 / 0,8); \mu_6 / 0,8 \rangle.$$

Знаходимо коефіцієнт реального середовища за формулою (2):

$$d = \frac{|A|}{n} = \frac{3,7}{6} = 0,617.$$

Згідно з (1) та (4) маємо:

$$F = s \frac{K_1 K_2}{|A|^2} = s \frac{20 \cdot 0,5}{3,7^2} = s \cdot 0,73; \quad a = sn \frac{K_1}{d^2} = s \cdot 6 \cdot \frac{20}{0,617^2} = s \cdot 1,43.$$

Таким чином, сила притягання  $F$  капіталу  $K_2$  до капіталу  $K_1$  збільшилася на 43% у порівнянні з ідеальним середовищем.

Кризи не закінчуються поки ступінь концентрації капіталу не зменшиться нижче критичного значення. А для зменшення концентрації капіталу  $i$ , як наслідок, запобігання криз є прогресивний податок, який зменшує величини  $K_i$   $i$ , відповідно, сили взаємодії цих капіталів.

Зараз для припинення кризи потрібен дуже великий податок, але не на багатих людей, а на дуже багатих. Це зменшить величину  $K_1$ ,  $i$ , як наслідок, зменшить не лише ступінь концентрації капіталу, але і його прискорення. Крім того, для збільшення коефіцієнта середовища  $d$  потрібно поліпшувати функції належності характеристик середовища (наближати середовища до ідеального стану, наприклад, зменшувати корупцію), приймати більше антимонопольних та інших законів, які сприятимуть зменшенню надвеликих капіталів. Співвідношення (3) і (5) показують, що сила притягання капіталів і прискорення обернено пропорційні квадратам коефіцієнта середовища та числа  $n$  його характеристик. Тому збільшення цих показників позитивно впливатиме на попередження криз.

Із формули (2) маємо, що при збільшенні функції належності кожної характеристики середовища, у якому взаємодіють капітали, на  $\Delta\mu$  коефіцієнт середовища збільшиться на  $\Delta d = \Delta\mu$  (незалежно від кількості характеристик,

які застосовують для оцінки середовища), а сила взаємодії капіталів зменшиться на величину

$$\Delta F \approx 2s \frac{K_1 K_2}{d^3 n^2} \Delta d.$$

Для розглянутого вище прикладу маємо

$$\Delta F \approx 2s \cdot \frac{20 \cdot 0,5}{0,617^3 36} \cdot \Delta \mu = s \cdot 2,364 \cdot \Delta \mu.$$

При  $\Delta \mu = 0,1$ , наприклад,  $\Delta F \approx s \cdot 0,2364$ , і це є суттєвим зменшенням (розраховане значення  $F = s \cdot 0,73$ )

Якщо покращити тільки одну характеристику середовища на  $\Delta \mu$ , то коефіцієнт середовища збільшиться на  $\Delta d = \Delta \mu / n$ , а сила взаємодії зменшиться лише на

$$\Delta F \approx 2s \frac{K_1 K_2 \Delta \mu}{d^3 n^3}.$$

У нашому прикладі при  $\Delta \mu = 0,1$  та  $n = 6$  дістанемо

$$\Delta F \approx s \cdot 0,0394.$$

Тому закони, які зменшують силу взаємодії капіталів, потрібно приймати в сукупності (пакетом).

Відмінності законів взаємодії матеріальних об'єктів і закону взаємодії капіталів полягає в тому, що закон взаємодії капіталів діє лише за наявності людського суспільства. Вибір капіталів взаємодії на відрізках часу здійснюється людиною, людьми також визначається середовище, і це вносить суб'єктивність в результати такої взаємодії. Люди і є тим «ефіром», через який здійснюється взаємодія капіталів.

Девальвація моральних принципів, духовне зубожіння людини змінює й швидкість процесу концентрації капіталу. Поняття «пристрасть», «жадібність», які раніше несли в собі негативний зміст, поступово еволюціонували в терміни «інтерес» та «користь», які відповідають прагненню «робити гроші». Вони стали еквівалентом узагальнюючого інтересу, який породжує протиприродну поведінку людини, що керується жадобою багатства і влади, егоїзмом [9]. Тому



суттєво змінити швидкість протікання процесу концентрації капіталу неможливо самою лише зміною економічного середовища без зміни самої людини.

Зазначимо також, що діє й аналогічний закон взаємодії влад – перетягування владних повноважень. Будь-яка влада хоче збільшити власні повноваження (іде концентрація влади), збільшує адміністративний ресурс, кількість adeptів і т.д. Все це через деякий час може призвести до диктатури. Концентрація влади конвертується в концентрацію капіталу і навпаки. Ці процеси взаємопов'язані. Як і у випадку з капіталом, процес концентрації влади спочатку дає позитивні результати, але при переході межі цієї концентрації, починається негативний процес, який приводить до революцій. Історичний досвід підтверджує дію закону оптимальності розмірів системи.

Загальні способи послаблення процесу централізації влади, зменшення величини її концентрації в обмеженні термінів перебування при владі, прийнятті та реалізації системи демократичних законів, що збільшують коефіцієнт середовища  $d$  та величину  $n$ .

При визначенні граничних значень рівнів концентрацій краще застосовувати відповідні лінгвістичні змінні [10]. При цьому для концентрації капіталу аргументом цієї лінгвістичної змінної є концентрація капіталу  $p$ , а для концентрації влади – модуль коефіцієнта кореляції між величиною капіталу найбільш багатих осіб та їх місцем у множині найбільш впливових людей.

Наше пояснення криз одним лише об'єктивним явищем (надмірною концентрацією) не суперечить системному аналізу і відповідає принципу «бритви Окама»: пояснення будь-якого явища тим ближче до істини, чим на меншій кількості гіпотез воно ґрунтується і чим ширше коло явищ спирається на ці ж гіпотези.

Вибір однієї екзогенної змінної (одного фактору) – «надмірна концентрація капіталу» для пояснення різних ендогенних змінних (різних економічних законів) відповідає й принципу Ньютона: «Пояснити якомога більше фактів якомога меншою кількістю вихідних положень».

Більше того, наявність одного аргументу в різних законах дозволяє знаходити дедуктивні зв'язки між ними, виводити одні закони з інших, що у фізиків вважається необхідною умовою для того, щоб теорія вважалася «дійсною», тобто правильною.

Але для будь-якої теорії має бути сформульований центральний принцип, аналогічний таким як «принцип максимуму ентропії в термодинаміці», або «принцип найменшої дії в механіці».

За аналогією з фізичними теоріями будемо шукати центральний принцип нечіткої фізичної економіки як принцип оптимальності для головних економічних категорій: інформація, вартість, час та ризик (рис. 3).

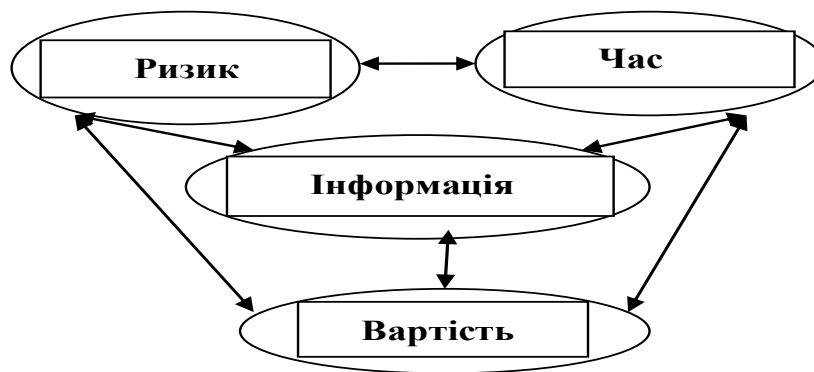


Рис. 3. Взаємозв'язок між інформацією, вартістю, часом та ризиком

Хоча категорія «інформація» є центральною, дати їй точне означення, а тим більш кількісну оцінку поки ще не вдалося. Ентропійний підхід Хартлі і Шеннона, який використовується в техніці, в даній ситуації неможливо застосувати. Тому далі будемо застосовувати якісне поняття інформації, яке повинно оцінювати як саме повідомлення, так і поведінку особи, коли вона отримала це повідомлення.

Немає однозначної кількісної характеристики й для категорії «ризик». На основі трактування ризику як невизначеності в процесі прийняття та реалізації рішення, частіше будемо застосовувати його кількісні нечіткі оцінки.

Подальші наші міркування базуватимуться на таких аксіомах теорії прийняття рішень.

Аксиома 1 (*взаємозв'язок між часом та вартістю*). Із двох рішень, які дають однаковий прибуток, вибирають те, що забезпечує найшвидше його отримання.

Взаємозв'язок між часом та вартістю визначає принцип своєчасності прийняття рішень: своєчасне рішення приносить максимальний результат, а відставання або випередження може суттєво його погіршити.

Аксиома 2 (*взаємозв'язок між вартістю та ризиком*). Чим більший прибуток фінансової операції, тим більший її ризик.

Відповідь на питання, яку величину ризику вважати мінімальною, малою, середньою, високою або критичною залежить не тільки від імовірності  $p_n$  ризикованої події, яка може наступити при прийнятті рішення, і можливих втрат  $\Pi$ , але й від особистих ресурсів особи, яка приймає рішення (ОПР), її особистого капіталу  $K$ ). Тому кількісна міра ризику  $R$  визначається як

$$R = \frac{p_n \Pi}{K} \quad (6)$$

Якщо величина ризику  $R$  не перевищує допустимий рівень  $R_{доп.}$ , – приймається рішення. Але, як випливає з (6), одне й те ж рішення може бути мінімально ризикованим для ОПР з великим капіталом, і містити високий або навіть критичний ризик для ОПР з суттєво меншим капіталом. Тому рішення, які приносять дуже високі прибутки, приймаються ОПР з великими капіталами і вони стають ще більш багатими. Це і є однією з головних причин концентрації капіталу в ринковій економіці.

Аксиома 3 (*взаємозв'язок між часом та ризиком*). Більш тривалій фінансовій операції при інших рівних умовах відповідає більш високий ризик.

Ця аксіома заснована на тому, що чим віддаленіша інвестиційна перспектива, тим більша невизначеність результатів інвестицій та, відповідно, й ризик. Взаємозв'язок між часом та ризиком визначає необхідність застосування при прийнятті рішень принципу синергетики. Але той, у кого великий капітал, може реалізувати інвестиційні проекти швидше, з меншим терміном окупності і, відповідно, з меншим ризиком та більшим прибутком.

Взаємозв'язок між інформацією та ризиком впливає з того, що невизначеність інформації є головною причиною ризику.

Взаємозв'язок між інформацією та вартістю також очевидний: використання інформації про можливі дії конкурентів, про стан ринків, можливі ризики та іншої дозволяє отримати більшу прибутковість активів. З іншого боку, добування інформації потребує як фінансових, так і часових ресурсів.

Взаємозв'язок між інформацією та часом пояснюється хоча б тим, що з одного боку, для отримання більшої кількості необхідної для прийняття рішень інформації, потрібні більші витрати часу. З іншого боку, маючи необхідну інформацію, ОПР, швидше приймає та реалізує відповідне рішення. (У фізиці взаємозв'язок між інформацією та часом впливає з принципу невизначеності Гейзенберга.)

Таким чином, інформація є основою, ключовою категорією сучасної економіки, а її взаємозв'язок з іншими економічними категоріями визначає необхідність застосування при прийнятті рішень принципів системності та синергетики.

Взаємозв'язок між ризиком ( $R$ ), вартістю ( $C$ ), часом ( $T$ ) та необхідною інформацією ( $I$ ) можна виразити наступною якісною формулою:

$$\text{Ризик}(R) = \alpha_R \text{Вартість}(C) + \alpha_T \text{Час}(T) - \alpha_I \text{Інформація}(I), \quad (7)$$

де  $\alpha_R$ ,  $\alpha_T$ ,  $\alpha_I$  – коефіцієнти, які визначаються застосованою системою одиниць розмірності  $R, C, T, I$ .

При цьому ризик  $R$  є величиною невизначеності, яка існує у всіх складових формули (7).

Неможливість отримати відповідну кількісну економетричну формулу, що пов'язує  $I, R, T$  та  $C$  пояснюється такими причинами: різними коефіцієнтами регресійної моделі для різних типів проектів; відсутністю необхідних однорідних та репрезентативних статистичних даних; мультиколінеарністю (міцною кореляцією) між окремими екзогенними змінними рівняння (7); природою процесів, що визначають ці змінні, яка не є стохастичною. При

мультиколінеарності коефіцієнти регресійного рівняння не є стабільними і, відповідно, сама регресійна модель буде мало придатна для використання.

Формула (7) охоплює всі аксіоми та принципи прийняття рішень, наведені вище. Із цього співвідношення визначимо центральний принцип нечіткої фізичної економіки, який, як і всі центральні принципи, має бути принципом оптимальності: при прийнятті економічних рішень вибирається те, яке при допустимому ризику і за мінімально можливий час забезпечує максимум результату (вартості  $C$ ) за наявності необхідної для прийняття рішення інформації  $I$ , яку можна отримати тими чи іншими способами:

$$\max C = \alpha'_I I + \alpha'_R R - \alpha'_T T.$$

Або, при задовільній вартості  $C$ , яку можливо отримати за час  $T$ , та маючи необхідну інформацію  $I$ , мінімізується ризик:

$$\min R = \alpha''_C C + \alpha''_T T - \alpha''_I I.$$

Із цього принципу оптимальності випливає, що підприємець завжди хоче збільшити свій капітал, а це призводить до взаємодії капіталів і далі до його концентрації. Але можливості для збільшення капіталу завжди більші у тих, у кого він більший, і тому багаті стають, при інших рівних умовах, ще багатшими.

Зміна стану економічної системи (ВВП; вартості активів; їх прибутковості та інших характеристик) відбувається, згідно із законом взаємодії капіталів, циклічно але нестационарно. При цьому період зростання залежить від розмірів великих капіталів, які й визначають ступінь концентрації капіталу.

Аналіз періодичності й характеру минулих економічних криз та принцип системного підходу дає підстави висловити ще три гіпотези.

*Гіпотеза перша.* Тривалість економічного циклу  $T$  (часового інтервалу між моментами початку двох послідовних криз) аналогічна до фізичного закону зміщення Віна і описується формулою

$$T = \frac{Cdn}{\rho_{\text{крит.}}},$$

де  $\rho_{\text{крит.}}$  – критичний коефіцієнт концентрації капіталу, при якому починається криза;  $C$  – стала, що має розмірність часу (років) та розраховується на основі статистичних даних і залежить від того, як визначається концентрація капіталу (скільки найбагатших людей враховується та від якої величини розраховується їх відсоток капіталу).

Таким чином, чим більше значення  $\rho_{\text{крит.}}$ , тим менший інтервал економічного циклу (тим з більшою частотою  $f=1/T$  відбуваються кризи). Зміною економічного середовища (величин  $d$  та  $n$ ), а саме, зменшенням швидкості концентрації капіталу, можна збільшити період економічного циклу.

Тривалість (період)  $T$  економічного циклу не є сталою, як у циклах виробництва і цін С. Кузнеця ( $T=22$  роки), або довгих хвилях Н. Кондрат'єва тривалістю 50-60 років.

Цікавим фактом протікання сучасних криз є те, що в період криз ступінь концентрації капіталу не зменшується, а навпаки, збільшується, а це призведе до того, що нова кризова хвиля прийде ще швидше, а її потужність буде ще більшою.

*Гіпотеза друга.* Потужність  $P$  економічних криз визначається формулою, математичний запис якої збігається із записом термодинамічного закону Стефана–Больцмана:

$$P = K \frac{\rho_{\text{крит.}}^4}{dn},$$

де  $K$  – стала, яку потрібно визначити на основі статистичних даних.

Причому ця потужність прямо пропорційна четвертому степеневі коефіцієнта концентрації капіталу  $\rho_{\text{крит.}}$ .

Одним із найважливіших інструментів економічної політики національних економік, поряд із відсотковою ставкою, курсом національної валюти, є відношення  $q$  між рівнем оплати праці керівника та керованого ним підлеглого.

Надвисокі заробітні плати, і особливо велика величина  $q$ , призводять до психології споживацтва, марнотратства, надмірної розкоші, в кінцевому результаті, стають джерелом економічних, соціальних, політичних та

екологічних ризиків. У США, наприклад, напередодні фінансової кризи рівень зарплат топ-менеджерів хедж-фондів перевищував середню по фірмі в сотні разів.

За останні десятиліття кількість капіталу зросла настільки, що він перестав відігравати роль регулятора виробництва, а все більше виконує паразитичну функцію [9].

Як відомо, співвідношенням, яке найбільше відповідає критерію оптимальності (гармонії, міри) у найрізноманітніших сферах (природі, музиці, архітектурі, біології, медицині, техніці та ін.), є так зване число золотого перетину –

математична величина, що дорівнює  $\frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618\dots$ . Поява цієї константи в

таких далеких одна від одної галузях обумовлена саме принципом отримання максимального результату при мінімумі витрат. Враховуючи цей факт та виходячи із центрального принципу нечіткої фізичної економіки, який, як і всі центральні принципи, має бути принципом оптимальності, висунемо ще одну *гіпотезу*: оптимальним відношенням між рівнем зарплати керівника та керованого ним працівника є величина  $q_{opt} = 1,618\dots$

Величина відношення  $G$  між рівнем оплати праці топ-менеджера і рівнем зарплати підлеглого в залежності від кількості  $n$  наявних між ними рівнів керівництва, визначається за формулою:

$$G = \prod_{i=1}^n q_i \dots$$

Відповідно до цієї формули і висунутої гіпотези оптимальне відношення  $G_{opt} = 1.618^n$ . Результати розрахунків  $G_{opt}$  при різних значеннях  $n$  наведені в таблиці 1.

*Таблиця 1*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$G_{opt}$	1.618	2.618	4.236	6.854	11.089	17.942	29.030	46.971	75.999	122.966

Перевіримо висловлену гіпотезу на основі середньостатистичних даних про рівень зарплат у період світової фінансової кризи. У таблиці 2 наведені величини  $q$  для одного рівня керівництва в Україні, Німеччині, Польщі та Литві.

Таблиця 2

Країна	Україна			Німеччина		
	2008г.	2009г.	2010г.	2008г.	2009г.	2010г.
Рівні керівництва						
Генеральний директор	$q=2,011$	$q=2,40$	$q=2,46$	$q=1,39$	$q=2,21$	$q=1,52$
Директор з персоналу	1379,\$	2043,\$	2674,\$	11144,\$	11300,\$	10524,\$
Країна	Польща			Литва		
	2008г.	2009г.	2010г.	2008г.	2009г.	2010г.
Рівні керівництва						
Генеральний директор	$q=1,914$	$q=1,655$	$q=1,721$	$q=1,728$	$q=1,6$	$q=1,18$
Директор з персоналу	6871,\$	6011,\$	5852,\$	4596,\$	5105,\$	3888,\$

Як видно з таблиці 2, тільки в Україні показник  $q$  стійко зростає. Причому величина його завжди була більша, ніж в інших країнах. Цей факт, говорить про те, що бізнес-процеси в Україні йдуть не у відповідності з економічними принципами та законами.

Всі інші країни відреагували на фінансову та економічну кризу адекватно: не тільки зменшили абсолютну величину зарплат, а й величину  $q$ . Причому, Польща і Литва зреагували на кризу оперативніше, ніж Німеччина.

Дуже малий показник  $q$  в Литві в 2010 році показує, що негативні наслідки в цій країні ще дуже істотні. І, нарешті, в п'яти випадках таблиці 2 показник  $q$  є близьким до  $q_{opt}$ , а це підтверджує, що  $q_{opt}$  існує і відіграє важливу роль в управлінні економікою.

Порівняння діючого  $q$  зі значенням  $q_{opt}$  дозволяє зробити висновок про стан справ на підприємстві: якщо  $q \gg q_{opt}$ , то це свідчить, з одного боку, про соціальну несправедливість, а з іншого, – що результат досягається зайвими витратами або витрати неадекватні результату. Якщо  $q \ll q_{opt}$ , то це означає, з одного боку, зрівнялівку в оплаті праці, а з іншого, що досягнутий результат не оплачується адекватно.



Величини  $q_{opt}$  і  $G_{opt}$  є не лише показниками оптимальності розподілу фінансових ресурсів на зарплату підприємства, але й можуть бути індикаторами соціальної відповідальності підприємства й соціальної політики держави. Ними можна керуватися для встановлення справедливих співвідношень заробітних плат, пенсій, податків.

Виходячи з  $G_{opt}$ , повинна оптимізуватися організаційно штатна структура підприємств і його управління, бо величина  $q$  впливає і на структуру підприємств. Це помітно на сучасній тенденції переходу від ієрархічних структур підприємств до «плоских» або «матричних», у яких зменшується число рівнів управлінь. При цьому підвищується зарплата співробітників нижчого рівня, зростає чисельність середнього класу.

Таким чином, принцип оптимальності (приймається те рішення, яке забезпечує максимальний результат при мінімумі витрат з урахуванням ризику) є об'єктивним, нехтування його призводить до надмірних витрат ресурсів, збільшення ризиків.

Усі наведені вище результати були отримані завдяки системному підходу, зокрема, використанню фізичних аналогій для пояснення економічних процесів і обґрунтування економічних законів. А оскільки провести експеримент в економіці (як і в інших суспільних науках) практично неможливо, то такий шлях видається єдино перспективним. Тому дуже важливо, щоб сучасний фахівець оволодівав компетенціями системного аналізу. Про негаразди саме в цьому плані нашої університетської освіти свідчать свіжі результати досліджень (порівняльний аналіз стану справ в Україні та Великобританії) впливу університетів на економічний розвиток країни, опубліковані Інформагенством ЛІГАБізнесінформ [16]. Якщо за показником (%, місце) охоплення вищою освітою ми випереджаємо Великобританію (79%, 14-те місце та 61,9%, 37-ме місце, відповідно), то показник співпраці університетів та бізнесу у галузі досліджень і розробок дозволив Україні зайняти лише 74-е місце (Великобританія ж за цим показником – на 4-му). Дисципліна «Теорія систем та системний аналіз», без якої такі дослідження неможливі, має бути

включена до освітніх програм магістрів усіх спеціальностей, зокрема, суспільних (економічних насамперед) та суспільно-гуманітарних.

### **3. Нечітка багатокритеріальна оцінка об'єктів дослідження.**

#### **Застосування теорії нечітких множин для оцінки компетентності**

«Якщо ви можете оцінити те, про що говорите, та виразити його кількісно, тоді ви щось про нього знаєте, інакше ваші знання мізерні й незадовільні» (Вільям Томсон). Наведене висловлення знаменитого фізика підкреслює думку, що однією з головних задач будь-якої науки є кількісна оцінка об'єкта дослідження. І ця оцінка, як правило, багатокритеріальна.

Підготовка фахівців, що відповідають сучасним вимогам, призначення осіб на відповідні посади мають базуватися на компетентнісних засадах, тобто з урахуванням не тільки наявності необхідних знань, умінь, навичок, але й таких психологічних особливостей як умотивованість виконувати відповідні обов'язки, креативність, толерантність, здатність працювати в команді та інше. А для реалізації такого підходу й управління цим процесом потрібно уміти кількісно вимірювати компетентність, яка є інтегральною характеристикою суб'єкта.

Очевидно, що зміст поняття «компетентність» не тільки ширший за просто «знання» чи «уміння», чи «навички», але навіть більший за їх разом узятих. Оскільки складовими компетентності, крім знання (що це таке?) й уміння (як це зробити?), є й мотивація (чому? для чого?), етичний вибір (які наслідки?), соціальний чинник (з ким?). У публікаціях ЮНЕСКО [12] компетентність трактується як поєднання знань, умінь, цінностей та ставлень[1].

Незважаючи на актуальність так званого компетентнісного підходу до навчання, підготовки й перепідготовки фахівців, наявність у програмах підготовки, кваліфікаційних характеристиках переліків компетенцій та компетентностей, якими має володіти особа чи то в результаті навчання, чи як претендент на посаду, чи як працівник, терміни «компетенція» та «компетентність» не мають в науковій педагогічній літературі єдиного

тлумачення. На основі аналізу трактувань зазначених понять різними вченими будемо розуміти під **компетенцією** знання, уміння, навик, готовність, мотивовану здатність тощо, що, у поєднанні з іншими, дозволяє якісно виконувати конкретну професійну роботу, тобто, у певному розумінні, відчужену, наперед задану вимогу до підготовки фахівця, а під **компетентністю** – уже сформовану професійну й особистісну якість (характеристику) індивіда [11].

Покажемо на прикладі оцінки професійної компетентності викладача вищого навчального закладу, що для багатокритеріальної оцінки компетентності об'єктів дослідження ефективним і найбільш адекватним є математичний апарат теорії нечітких множин. Для цього дамо означення компетентності як нечіткої дискретної множини, значеннями якої є необхідні компетенції.

**Означення.** Компетентність особи – це кінцева дискретна нечітка множина, елементами якої виступають компетенції, необхідні для якісної професійної діяльності, або функціональні обов'язки особи на відповідній посаді, а функція належності цієї множини характеризує ступінь притаманності даній особі зазначених компетенцій.

Очевидно, що для кожної професії й посади буде своя множина компетенцій (професіограма) та функція належності. Їх формують експерти відповідної галузі, використовуючи певні методики. А щоб оцінити рівень притаманності досліджуваній особі тієї чи іншої компетенції вдаються до тестувань, співбесід, іспитів, відгуків тощо. Оцінюють компетенції за шкалою від 0 до 1. Таким чином для об'єкта дослідження задається його особистий нечіткий вектор компетенцій (нечітка множина  $A$ ), що характеризує компетентність в цілому.

Виходячи зі специфіки педагогічної діяльності викладача та спираючись на власний досвід, пропонуємо у якості найсуттєвіших структурних компонентів (ключових компетенцій) професійної компетентності викладача виділити:

- *науково-предметні компетенції* (володіння науковими знаннями з галузі, безпосередньо пов'язаної з дисциплінами, які викладає; чітке розуміння місця своєї дисципліни у формуванні професійної компетентності випускників; науковий кругозір; активна науково-дослідницька діяльність);

- *психолого-дидактичні компетенції* (створення сприятливих умов для навчання; вміння мотивувати студентів до отримання знань, до розвитку своїх здібностей; вміння створити позитивний соціальний, емоційний і робочий клімат; здатність управляти освітнім процесом студентів, забезпечувати особистісно-орієнтоване навчання; професійне володіння ефективними освітніми технологіями, що дозволяють представити матеріал у вигляді системи пізнавальних задач, послідовне розв'язання яких приводить студента до оволодіння змістом навчальної дисципліни; вміння використовувати оптимальні методи, форми організації і технічні засоби в процесі викладання та навчання; здатність формувати у студентів мотивацію до активної навчально-пізнавальної роботи; підвищення свого професійного рівня);

- *комунікативні компетенції* (вміння пізнавати особистість студента; вміння налагоджувати доброзичливе й ефективне спілкуватися зі студентами, колегами, адміністрацією; здатність переконувати, дискутувати, взаємодіяти, співпрацювати; вміння організувати пізнавальну діяльність студентів у формі співпраці, творчого пошуку; вміння передбачати і попереджати, розв'язувати чи пом'якшувати конфліктні ситуації; вміння конструктивно та тактовно критикувати, здатність адекватно сприймати критику на свою адресу; вміння керувати собою; володіння українською мовою, багатство лексики й мовних засобів; здатність до педагогічної імпровізації);

- *медійно-інформаційні* (володіння медійними та інформаційними технологіями, ефективне їх використання у навчальному процесі та комунікації);

- *діагностично-оцінювальні* (здатність бачити проблеми у навчанні студента та їх причини; вміння визначати рівень і якісні характеристики знань, умінь і навичок на початку і в кінці вивчення дисципліни; вміння справедливо й

об'єктивно оцінювати результати освітньої діяльності; здатність стимулювати готовність студентів до самонавчання і неперервної освіти; здатність до самооцінки);

- *соціально-організаційні* (планування та організація навчальних занять та навчального процесу в цілому; керівництво самостійною роботою студентів; самоорганізація);

- *креативність* (творчі здібності, здатність до творчості і співтворчості; гнучкість і критичність мислення; винахідливість, самобутність; спостережливість; здатність ставити нові задачі; здатність знаходити рішення в нестандартних ситуаціях);

- *особистісні якості* (широта кругозору, творча активність, рівень професійної і загальної культури, позитивність, щирість, доброта, самодисципліна і самовимогливість, система цінностей).

Нехай маємо інтегральні оцінки рівня наявності у викладача цих компетенцій від трьох експертів: студентів, колег, адміністрації. Вважаємо експертів рівноцінними в смислі кваліфікації.

Зазначимо, що для отримання адекватної оцінки з боку студентів, у процесі, наприклад, анкетування, доцільно конкретизувати запитання щодо кожної групи компетенцій. Наприклад, щоб з'ясувати рівень науково-предметних компетенцій, можна пропонувати відповіді на запитання: «Чи знає і любить свій предмет?», а для оцінки психолого-дидактичних компетенцій доцільними будуть питання: «Чи вміє цікаво, ясно й доступно викласти і пояснити матеріал? Чи мотивує студентів до отримання знань та розвитку? Чи використовує різні методи й прийоми з метою активізації розумової діяльності студента? Чи зацікавлений у високих результатах студента?»

Нехай  $D$  – кінцева нечітка множина «Вимоги до професійної компетентності викладача вищого навчального закладу»:

$$D = \left\langle \frac{x_1}{1}, \frac{x_2}{1}, \frac{x_3}{1}, \frac{x_4}{1}, \frac{x_5}{0,8}, \frac{x_6}{0,8}, \frac{x_7}{0,8}, \frac{x_8}{1} \right\rangle,$$

де  $x_1$  – науково-предметні компетенції,  $x_2$  – психолого-дидактичні компетенції,  $x_3$  – діагностично-оцінювальні компетенції,  $x_4$  – комунікативні компетенції,  $x_5$  – медійно-інформаційні компетенції,  $x_6$  – соціально-організаційні компетенції,  $x_7$  – креативність,  $x_8$  – особистісні якості; числа 1 та 0,8 – відповідні значення функції належності. Тобто для «ідеального» виконання професійних обов’язків викладача вимагається абсолютна наявність у нього компетенцій першої, другої, третьої, четвертої та восьмої груп ( $\mu_D \blacktriangleleft_1 \equiv \mu_D \blacktriangleleft_2 \equiv \mu_D \blacktriangleleft_3 \equiv \mu_D \blacktriangleleft_4 \equiv \mu_D \blacktriangleleft_8 \equiv 1$ ), для трьох же інших груп компетенцій достатнім ступенем належності вважатимемо значення 0,8.

Нехай за результатами експертної оцінки конкретної особи (викладача) отримали дискретну нечітку множину  $\tilde{A}$ , задану на тому ж універсумі:

$$\tilde{A} = \left\langle \frac{x_1}{0,7}, \frac{x_2}{0,9}, \frac{x_3}{0,7}, \frac{x_4}{0,8}, \frac{x_5}{0,9}, \frac{x_6}{0,5}, \frac{x_7}{0,6}, \frac{x_8}{0,9} \right\rangle.$$

(Оскільки компетентність усіх трьох експертів вважаємо однаковою, то значення функції належності для кожної компетенції обчислено як середнє арифметичне трьох експертних оцінок.)

Бачимо, що  $\mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_5 \geq \mu_D \blacktriangleleft_5$ , тобто рівень володіння медійно-інформаційними компетенціями даного викладача вищий, ніж вимагається. Тому зробимо нормування множини  $\tilde{A}$ , після чого отримаємо:

$$A = \left\langle \frac{x_1}{0,7}, \frac{x_2}{0,9}, \frac{x_3}{0,7}, \frac{x_4}{0,8}, \frac{x_5}{0,8}, \frac{x_6}{0,5}, \frac{x_7}{0,6}, \frac{x_8}{0,9} \right\rangle.$$

Шукатимемо коефіцієнт компетентності, який є шуканою кількісною оцінкою:

$$K = \frac{\min \{ \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_1, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_2, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_3, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_4, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_8 \}}{\mu_D \blacktriangleleft_5}, \quad (8)$$

де оцінки  $\mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_1, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_2, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_3, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_4, \mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_8$  та  $\mu_D \blacktriangleleft_5$  обчислюються згідно з формулою (2).

Маємо:

$$\mu_{\tilde{A}} \blacktriangleleft_1 \equiv \frac{|\bar{A} \cup D| - |\bar{A}|}{|A|} = \frac{7,4 - 2,1}{5,9} \approx 0,898,$$

$$P(A) = \frac{|\overline{D} \cup A| - |\overline{D}|}{|D|} = \frac{5,9 - 0,6}{7,4} \approx 0,716.$$

Підставляючи знайдені значення у (8), отримуємо:

$$K = \frac{0,716}{0,898} \approx 0,797.$$

Щоб можна було застосовувати коефіцієнт компетентності у вигляді, зручному для прийняття рішень відносно особи, компетентність якої оцінюється, задамо лінгвістичну змінну (ЛЗ) «Професійна компетентність викладача» кортежем  $\langle E, E_j, j = \overline{1,5}; \mu_{E_j}(y) \in [0;1]; y \in [0;1] \rangle$ , де  $E$  – назва ЛЗ (в даній задачі – це «Професійна компетентність викладача»), область значень якої є коефіцієнт компетентності ( $K$ ),  $E_j, j = \overline{1,5}$  – терми ЛЗ;  $\mu_{E_j}(x)$  – функція належності термові  $E_j$ .

Визначимо такі терми ЛЗ «Професійна компетентність викладача»:  $E_1$  – дуже низка компетентність (ДН),  $E_2$  – низка компетентність (Н),  $E_3$  – середня компетентність (С),  $E_4$  – висока компетентність (В),  $E_5$  – дуже висока компетентність (ДВ). Задамо терми у вигляді трапецієвидних функцій належності четвірками чисел  $\langle a; b; c; d \rangle$ . З урахуванням вербально-числової шкали Харрінгтона візьмемо для нашої задачі:

$$E_1 = \langle 0; 0; 0,15; 0,25 \rangle - \text{ДН};$$

$$E_2 = \langle 0,15; 0,25; 0,35; 0,45 \rangle - \text{Н};$$

$$E_3 = \langle 0,35; 0,45; 0,55; 0,65 \rangle - \text{С};$$

$$E_4 = \langle 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 \rangle - \text{В};$$

$$E_5 = \langle 0,75; 0,85; 1; 1 \rangle - \text{ДВ}.$$

Знайдений коефіцієнт компетентності  $K \approx 0,797$  належить терму  $E_4$

(високий рівень) з функцією належності  $\mu_{E_4} \leftarrow \frac{d - K}{d - c} = \frac{0,85 - 0,797}{0,85 - 0,75} = 0,53$  і

терму  $E_5$  (дуже високий рівень) з функцією належності

$$\mu_{E_5} \stackrel{K}{=} \frac{K-a}{b-a} = \frac{0,797-0,75}{0,85-0,75} = 0,47. \text{ Отже, рівень професійної компетентності}$$

оцінюваної особи слід вважати «високим» або «більш, ніж високим» (рис. 4).

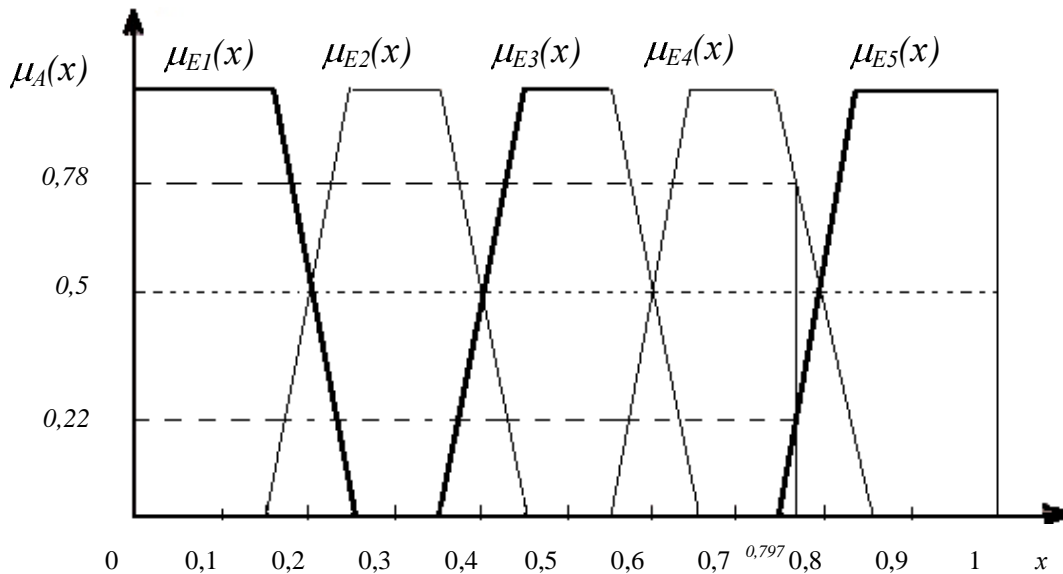


Рис. 4. Терми лінгвістичної змінної  
«Професійна компетентність викладача»

Алгоритм оцінки компетентності особи складається із наступних етапів:

- 1) задання нечіткої множини  $D$  компетенцій, що визначають професійну компетентність особи або забезпечують якісне виконання роботи на певній посаді; множина  $D$  задає набір вимог до фахівця чи посадової особи;
- 2) визначення нечіткої множини  $A =$  «Компетентність конкретної викладача»;
- 3) задання лінгвістичної змінної «Професійна компетентність викладача», її термів;
- 4) розрахунок коефіцієнта компетентності особи (формули (2), (8));
- 5) розрахунок функцій належності коефіцієнта компетентності особи до відповідних термів ЛЗ «Професійна компетентність викладача».

Запропонована методика оцінки професійної компетентності, в основі якої лежить застосування нечітких множин та лінгвістичної змінної, дозволяє подолати такі проблеми переходу від якісних означень компетентності до її кількісної оцінки як багатокритеріальність задачі оцінки компетентності; неможливість кількісно вимірювати окремі часткові показники компетентності;



неможливість проведення реальних експериментів для оцінки компетентності різних осіб.

Розглянемо ще одну методику кількісної оцінки компетентності, яка базується на тому постулаті, що оцінка компетентності є багатокритеріальною задачею, для розв'язування якої можна застосовувати загальний адитивний критерій [5], але в якості нормованих (безрозмірних) оцінок за частковими показниками будуть братися нечіткі оцінки отримані на основі лінгвістичних змінних [10].

Нехай  $E_j, j = \overline{1, n}$  – множина термів лінгвістичної змінної  $E$  (у розглянутому прикладі – це «Професійна компетентність викладача»). Комплексний (інтегральний) показник компетентності ( $K$ ), очевидно, залежить від оцінок окремих компетенцій (частинних показників  $x_i, i = \overline{1, m}$ , у нашому прикладі  $m = 8$ ):

$$K = \Psi(x_1, \dots, x_m).$$

Встановити цей функціональний зв'язок неможливо. Однак можна визначити характер зміни інтегрального показника в залежності від зміни деякого частинного показника.

Кожен частинний показник (компетенція) також задається ЛЗ з тією ж кількістю термів, що й ЛЗ  $E$  (п'ятьма в нашому прикладі), а саме:

$$E_{i_1} = \langle 0; 0; 0,15; 0,25 \rangle - \text{ДН};$$

$$E_{i_2} = \langle 0,15; 0,25; 0,35; 0,45 \rangle - \text{Н};$$

$$E_{i_3} = \langle 0,35; 0,45; 0,55; 0,65 \rangle - \text{С};$$

$$E_{i_4} = \langle 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 \rangle - \text{В};$$

$$E_{i_5} = \langle 0,75; 0,85; 1; 1 \rangle - \text{ДВ}, i = \overline{1, m}.$$

При оцінці компетентності особи з цією методикою враховують важливість (вагу) частинних показників (компетенцій), що її визначають. Для визначення коефіцієнтів пріоритетності частинних показників (критеріїв) можна використовувати методи Фішберна, Вея, Сааті та ін.

Нехай  $x_r > x_s$ , де знак «>» означає, що попередній показник більш пріоритетний. Тоді коефіцієнт пріоритетності  $k_i$  для  $i$ -тої компетентності обчислюється, наприклад, за формулою Фішберна:

$$k_i = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - p_i}{m \cdot \overline{m} + 1}, \quad (9)$$

де  $m$  – кількість ключових показників;  $p_i$  – номер  $i$ -го показника в порядку його важливості (сума всіх коефіцієнтів  $k_i$  завжди дорівнює одиниці).

Для нашого ілюстративного прикладу маємо:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_8 > x_5 = x_6 = x_7.$$

Тоді за формулою (9), маємо:

$$k_1 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 1}{8 \cdot 9} = \frac{2}{9}; \quad k_2 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 2}{8 \cdot 9} = \frac{7}{36}; \quad k_3 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 3}{8 \cdot 9} = \frac{1}{6};$$

$$k_4 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 4}{8 \cdot 9} = \frac{5}{36}; \quad k_8 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 5}{8 \cdot 9} = \frac{1}{9}; \quad k_5 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 6}{8 \cdot 9} = \frac{1}{12};$$

$$k_6 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 7}{8 \cdot 9} = \frac{1}{18}; \quad k_7 = \frac{2 \cdot \overline{m} + 1 - 8}{8 \cdot 9} = \frac{1}{36}.$$

Якщо серед показників є рівноцінні (з однаковою важливістю), то коефіцієнт пріоритетності для цих показників є їх середнім арифметичним. У нашому випадку

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_8 = \frac{1}{5} \cdot \left( \frac{2}{9} + \frac{7}{36} + \frac{1}{6} + \frac{5}{36} + \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{6};$$

$$k_5 = k_6 = k_7 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{1}{12} + \frac{1}{18} + \frac{1}{36} \right) = \frac{1}{18}.$$

Щоб визначити значення  $K$  комплексного показника компетентності, спочатку роблять оцінку за всіма частинними показникам (компетенціями), тобто визначають значення функції належності по кожному терму для кожної лінгвістичної змінної:  $\mu_{ij} \in [0, 1], i = \overline{1,8}; j = \overline{1,5}$ . Отримані дані занесемо в таблицю 3.

Таблиця 3.

ЛЗ «Компетенція $x_i$ »	Терми				
	ДН	Н	С	В	ДВ
$x_1$	$\langle 0; 0,15; 0,25 \rangle$	$\langle 0,15; 0,25; 0,35; 0,45 \rangle$	$\langle 0,35; 0,45; 0,55; 0,65 \rangle$	$\langle 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 \rangle$	$\langle 0,75; 0,85; 1; 1 \rangle$
	$\mu_{11}(x_1) = 0$	$\mu_{12}(x_1) = 0$	$\mu_{13}(x_1) = 0$	$\mu_{14}(x_1) = 1$	$\mu_{15}(x_1) = 0$

$x_2$	$\mu_{21}(x_2) = 0$	$\mu_{22}(x_2) = 0$	$\mu_{23}(x_2) = 0$	$\mu_{24}(x_2) = 0$	$\mu_{25}(x_2) = 1$
$x_3$	$\mu_{31}(x_3) = 0$	$\mu_{32}(x_3) = 0$	$\mu_{33}(x_3) = 0$	$\mu_{34}(x_3) = 1$	$\mu_{35}(x_3) = 0$
$x_4$	$\mu_{41}(x_4) = 0$	$\mu_{42}(x_4) = 0$	$\mu_{43}(x_4) = 0$	$\mu_{44}(x_4) = 0,5$	$\mu_{45}(x_4) = 0,5$
$x_5$	$\mu_{51}(x_4) = 0$	$\mu_{52}(x_4) = 0$	$\mu_{53}(x_4) = 0$	$\mu_{54}(x_4) = 0,5$	$\mu_{55}(x_4) = 0,5$
$x_6$	$\mu_{61}(x_4) = 0$	$\mu_{62}(x_4) = 0$	$\mu_{63}(x_4) = 1$	$\mu_{64}(x_4) = 0$	$\mu_{65}(x_4) = 0$
$x_7$	$\mu_{71}(x_4) = 0$	$\mu_{72}(x_4) = 0$	$\mu_{73}(x_4) = 0,5$	$\mu_{74}(x_4) = 0,5$	$\mu_{75}(x_4) = 0$
$x_8$	$\mu_{81}(x_4) = 0$	$\mu_{82}(x_4) = 0$	$\mu_{83}(x_4) = 0$	$\mu_{84}(x_4) = 0$	$\mu_{85}(x_4) = 1$
$X_j = \sum_{i=1}^8 k_i \mu_{ij}$	0	0	$\frac{1}{12}$	$\frac{17}{36}$	$\frac{4}{9}$

Для кожного однакового за змістом (дуже низький показник; низький; середній; високий і дуже високий) терму матимемо зважені з коефіцієнтами пріоритетності оцінки:

$$X_j = \sum_{i=1}^8 k_i \mu_{ij}$$

Для розглянутого прикладу:  $X_1 = X_2 = 0$  ;  $X_3 = \frac{1}{18} + \frac{1}{36} = \frac{1}{12}$  ;

$$X_4 = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{36} + \frac{1}{36} = \frac{17}{36}; X_5 = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{36} + \frac{1}{6} = \frac{4}{9}.$$

Оцінку узагальненого адитивного показника компетентності знаходимо за адитивною згорткою:

$$K = \sum_{j=1}^n X_j E_{\alpha j} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m k_i \mu_{ij} \bar{E}_{\alpha j}, \quad (10)$$

де  $E_{\alpha j} = \frac{E_{\alpha j+} + E_{\alpha j-}}{2}$  – середина  $\alpha$ -зрізу нечіткого терму  $E_j$  лінгвістичної змінної

$E$  («Професійна компетентність особи»;  $E_{\alpha j+}$  і  $E_{\alpha j-}$  – ліва й права межі  $\alpha$ -зрізу нечіткого терму  $E_j$ ). За цим індексом більшою є та НВ, у якій координата середини  $\alpha$ -зрізу більша.

Для нормальних нечітких величин з трапецієвидною ФН  $(a_j; b_j; c_j; d_j)$  .  
отримана наступна проста формула для знаходження середини  $\alpha$ -зрізу:

$$E_{\alpha j} = \frac{\alpha \cdot b_j - a_j + c_j - d_j + a_j + d_j}{2}.$$

При  $\alpha=0.5$  маємо:

$$E_{\alpha j} = \frac{a_j + b_j + c_j + d_j}{4}.$$

При симетричних бічних вітках функції належності  $E_{\alpha j}$  середина  $\alpha$ -зрізу нечіткого терму  $E_j$  дорівнює координаті середини ядра  $E_j$ .

На практиці часто беруть  $\alpha = 1$ . Тоді

$$E_{\alpha j} = \frac{b_j + c_j}{2}.$$

Для розглядуваного прикладу при  $\alpha = 1$  маємо:

$$E_{\alpha 1} = 0,1; E_{\alpha 2} = 0,3; E_{\alpha 3} = 0,5; E_{\alpha 4} = 0,7; E_{\alpha 5} = 0,9.$$

Тоді узагальнений показник компетентності, згідно з (10), дорівнює:

$$K = 0 \cdot 0,1 + 0 \cdot 0,3 + \frac{1}{12} \cdot 0,5 + \frac{17}{36} \cdot 0,7 + \frac{4}{9} \cdot 0,9 \approx 0,772$$

Отримали такий самий результат, що й при знаходженні його першим способом: значення  $K \approx 0,772$  відповідає терму  $E_4$  (високий рівень) з функцією

належності  $\frac{0,85 - 0,772}{0,85 - 0,75} = 0,78$  і терму  $E_5$  (дуже високий рівень) з функцією

належності  $\frac{0,772 - 0,75}{0,85 - 0,75} = 0,22$  (див. рис. 4) Отже, рівень професійної

компетентності особи слід оцінити «високий» або «більш, ніж високий».

Алгоритм застосування розглянутої методики оцінки компетентності на основі лінгвістичних змінних наступний:

1) задається лінгвістична змінна «Компетентність» (всі її терми і їх функції належності);

2) перераховуються всі компетенції  $x_i$ , якими визначається ЛЗ «Компетентність»;

3) задаються у вигляді  $n$ -терм і їх функцій належності лінгвістичні змінні «Компетенція  $x_i$ »,  $i = \overline{1, m}$ ;

- 4) обчислюються коефіцієнти пріоритетності компетенцій  $k_i, i = \overline{1, m}$ ;
- 5) визначаються оцінки всіх компетенцій для особи, яка оцінюється;
- 6) знаходяться значення функцій належності  $\mu_{ij}(x_i), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ ;
- 7) обчислюється кількісна оцінка  $K$  компетентності;
- 8) за знайденим  $K$  робиться лінгвістична оцінка відносно компетентності особи.

Розглянуті методики є достатньо універсальними і можуть застосовуватися для оцінки систем, різних за своїми елементами, а також для їх імітаційного моделювання.

Системно-аналітичне мислення у майбутніх фахівців різних спеціальностей, в тому числі й суспільно-гуманітарних напрямків, слід формувати під час навчання у вищому навчальному закладі. Одним із можливих шляхів формування такого мислення є опанування студентами-магістрами дисциплін «Теорія систем та системний аналіз», «Системний аналіз», «Теорія прийняття управлінських рішень», «Аналіз даних та прогнозування». При цьому дисципліна «Аналіз даних та прогнозування» може бути складовою дисципліни «Теорія прийняття управлінських рішень».

## Висновки

1. Аргументується теза, що філософія та інші суспільно-гуманітарні науки повинні мати свій математичний апарат. Показано, що ефективним та найбільш адекватним математичним апаратом для зазначених галузей є теорія нечітких множин та нечітка логіка.

2. Показано, що для приблизних, суб'єктивних міркувань або оцінок за умов невизначеності можна застосовувати такі математичні поняття як нечітка множина, нечітка змінна, лінгвістична змінна, нечіткі лінгвістичні висловлення, і застосовувати їх для обробки інформації, виявлення закономірностей, аналізу причинних зв'язків в системах будь-якої галузі.

3. Аргументовано потребу математизувати суспільно-гуманітарні спеціальності університетів (філософія, соціологія, економіка, менеджмент та ін.), передбачивши в освітніх програмах формування дослідницьких компетентностей системного аналізу та використання математичного апарату теорії нечітких множин. Зокрема, доцільно включити до навчальних планів зазначених спеціальностей дисципліни: «Теорія нечітких множин та нечітка логіка», «Теорія систем та системний аналіз», «Теорія прийняття управлінських рішень», «Аналіз даних та прогнозування».

4. На основі системного підходу та застосування апарату теорії нечітких множин розглянуто деякі важливі задачі економіки:

- записано економічний закон взаємодії капіталів  $F = s \frac{K_1 K_2}{d^2 n^2}$ , математична форма якого збігається з формою фізичних законів, що характеризують взаємодії матеріальних систем, які мають масу, електричний та магнітний заряди (Ньютона, Кулона, Ампера): сила взаємодії (притягання) між двома капіталами прямо пропорційна їх добутку і обернено пропорційна квадрату коефіцієнта, що характеризує середовище (суспільство), у якому вони взаємодіють, та квадрату кількості характеристик середовища; показано, що взаємодія капіталів є об'єктивним процесом, який приводить до його концентрації, а перевищення ступеня концентрації деякого критичного значення є головною об'єктивною причиною фінансових і, як наслідок, економічних криз;

- висунуто гіпотезу, що закон тривалості  $T$  економічних циклів має математичну форму фізичного закону зміщення Віна:  $T = \frac{Cdn}{P_{крит.}}$ . При цьому тривалість економічних циклів визначається критичним ступенем концентрації капіталу. Аргумент  $d$  в цих законах визначається нечіткою множиною економічного середовища; висунута гіпотеза, що характеристика потужності

економічних криз  $P = K \frac{\rho_{\text{криз.}}^4}{dn}$  має форму термодинамічного закону Стефана – Больцмана;

- визначено центральний принцип нечіткої фізичної економіки як принцип оптимальності для головних економічних категорій (інформація, вартість, час та ризик): при прийнятті економічних рішень вибирається те, яке при допустимому ризику і за мінімально можливий час забезпечує максимум результату (вартості) за умови наявності необхідної для прийняття рішення інформації, яку можна отримати тими чи іншими способами;

- зроблено прогноз, що економічні кризи будуть протікати все частіше, а їх потужність буде все більшою; тому за умов великої концентрації капіталу потрібно переходити від ринкової економіки до регулятивно-ринкової та знаходити раціональне співвідношення цих двох регуляторів; але змінити швидкість протікання процесу концентрації капіталу, що є головною причиною криз, неможливо самою лише зміною економічного середовища без зміни людини;

- на підставі принципу оптимальності висунута гіпотеза, що оптимальним відношенням між рівнем оплати праці керівника і рівнем зарплати керованого ним виконавця є число золотого перетину  $q \approx 1,618$ ; запропоновано використовувати  $q_{\text{opt}}$  і  $G_{\text{opt}}$  як індикатори оптимальності розподілу фінансових ресурсів на зарплату підприємства, а також в якості індикаторів соціальної відповідальності підприємства і соціальної політики держави;

5. Запропоновано науковий напрямок «Нечітка фізична економіка»;

6. Запропоновано означення компетентності як нечіткої дискретної множини, значеннями якої виступають необхідні компетенції; застосування такого означення компетентності дає можливість кількісної оцінки компетентності осіб та їх порівняння на основі коефіцієнта компетентності; коефіцієнт компетентності запропоновано знаходити, як нормовану оцінку розбіжності дискретних нечітких множин: множини, яка характеризує вимоги

до компетентності особи, що мають забезпечити якісне виконання професійних обов'язків або функцій на конкретній посаді, та множини зафіксованих компетентностей особи, компетентність якої оцінюють; запропоновано використання методики кількісної оцінки компетентності осіб на основі лінгвістичних змінних; розглянуті методики оцінки компетентності, в основі яких лежить застосування нечіткої логіки, дозволяють подолати такі проблеми як багатокритеріальність задачі оцінки компетентності суб'єкта, неповноту необхідної для цієї задачі інформації, неможливість кількісно вимірювати окремі часткові показники компетентності;

7. Показано, на прикладі оцінки професійної компетентності викладача вищого навчального закладу, застосування теорії нечітких множин для багатокритеріальної оцінки будь-яких систем;

8. Отримані результати можуть бути застосовані як при оцінюванні компетентності, так і в інших задачах багатокритеріальної оцінки різних систем, що також зумовлює необхідність математизації суспільно-гуманітарних спеціальностей.

### **Список використаних джерел**

1. Астаф'єва М. М., Жильцов О. Б., Юртин І. І. Математика. Вступ до спеціальності: навч. посібн. для студ. мат. спец. вищих навч. закл. – Тернопіль: Навч. Книга «Богдан», 2013. – 200 с.
2. Василевич Л. Ф. Нечітка математична філософія. К.: КУ імені Б. Грінченка – Освітологічний дискурс. –2014 № 4(8).– С. 56–66.
3. Василевич Л. Ф., Василевич М. Л. Нечітка фізична економіка: закон взаємодії капіталів. ДУІКТ.: Економіка Менеджмент, Бізнес. 2012, № 1 (5), с. 82–88.
4. Василевич Л. Ф., Василевич М. Л. Нечітка фізична економіка та її центральний принцип. К.ДУІКТ: Економіка. Менеджмент. Бізнес. №2 (8)., 2013.– С. 110–117.
5. Василевич Л. Ф., Маловик К. Н., Смирнов С.Б. Количественные методы принятия решений в условиях риска: Учеб. Пособие. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2007. – 229 с.



6. Конторов Д. С., Михайлов Н. В., Саврасов Ю. С. Основы физической экономики (Физические аналогии и модели в экономике). – М.: Радио и связь, 1999. – 184 с.
7. Ларуш Л. Физическая экономика как платоновская эпистемологическая основа всех отраслей человеческого знания; пер. с англ. – М.: Научная книга, 1997. – 210 с.
8. Лукасевич Ян. О принципе противоречия у Аристотеля. Критическое исследование. – М. – СПб.: Центр гуманитарных инициатив (ЦГИ), 2012. – 256 с.
9. Мунтян В. І. Основи теорії інформаційної моделі економіки. – Київ: Видавництво «КВІЦ». – 368 с.
10. Поспелов Б. А. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта . – М. : Наука. – 1986. – 328 с.
11. Ральф Винс. Математика управления капиталом: Методы анализа рисков для трейдеров и портфельных менеджеров / Ральф Винс; пер. с англ. – 4-е изд. – М.: Альпина Паблишерз, 2011. – 400 с.
12. Key Competencies: A Developing Concept in General Compulsory Education. – EURYDICE. The Information Network on Education in Europe, 2002. – 224p.
13. Kosko B. Fuzzy Systems as Universal Approximators // IEEE Trans. on Computers. 1994. Vol. 43. №11. P.1329–1333.
14. Vasylevych L., Iurtyn I. Quantitative Estimation of Competency as a Fuzzy Set. Proceedings of the 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (June 19-22, 2013) Kherson, Ukraine, 2013. – С. 187–193.
15. Zadeh L. A. Fuzzy sets. Inf. & Control, 12, 1965, p. 94–102.
16. <http://biz.liga.net/ekonomika/all/novosti/3140293-vliyanie-universitetov-na-razvitie-ekonomiki-infografika.htm>

## **Mathematization of social-humanitarian specialties**

**Leonid F. Vasylevych, Maxim L. Vasylevych,**

**Mariya M. Astafieva, Dmytro M. Bodnenko, Svetlana O. Semenyaka**

**d.bodnenko@kubg.edu.ua**

**Abstract.** The paper discusses the thesis that the social-humanitarian sciences should have their own mathematical apparatus. Specific examples illustrate that the most effective and appropriate mathematical tools for these industries are the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. Also the need of a systematic approach in research is argued. On this basis the provision of the formation of the research competencies of the system analysis and using the mathematical apparatus of fuzzy sets in the educational programs of the social-humanitarian specialties of the universities (philosophy, sociology, economics, management, etc) is proposed.

Based on a systematic approach and applying the mathematical apparatus of fuzzy logic some problems are considered: the economic law of the interaction of capital, the central principle of fuzzy physical economy, multicriterial assessment of the professional competence of the university teacher.

**Keywords and terms:** fuzzy set, fuzzy logic, linguistic variable, linguistic variable term, fuzzy expression, membership function, system, system analysis, fuzzy mathematical philosophy, fuzzy physical economy, the central principle of fuzzy physical economy, fuzzy physical economy laws, competence, professional competence of the teacher of the university, assessment of competence, mathematization of the social-humanitarian specialties.

## **Математизация общественно гуманитарных специальностей**

**Василевич Л. Ф., Василевич М. Л., Астафьева М. М., Бодненко Д. М.,  
Семеняка С. О.**

**d.bodnenko@kubg.edu.ua**

**Аннотация.** В работе аргументируется тезис, что общественно-гуманитарные науки должны иметь свой математический аппарат. На конкретных примерах проиллюстрировано, что эффективным и наиболее адекватным математическим аппаратом для указанных отраслей является теория нечетких множеств и нечеткая логика. Аргументирована также необходимость системного подхода при проведении исследований. На основании этого предложено предусмотреть в образовательных программах общественно-гуманитарных специальностей университетов (философия, социология, экономика, менеджмент и др.) формирование исследовательских компетенций системного анализа и использования математического аппарата теории нечетких множеств.

На основе системного подхода и применяя математический аппарат нечеткой логики, рассмотрены также некоторые задачи: экономический закон взаимодействия капиталов, центральный принцип нечеткой физической экономики, многокритериальная оценка профессиональной компетентности преподавателя высшего учебного заведения.

**Ключевые слова и термины:** нечеткое множество, нечеткая логика, лингвистическая переменная, терм лингвистической переменной, нечеткое высказывание, функция принадлежности, система, системный анализ, нечеткая математическая философия, нечеткая физическая экономика, центральный принцип нечеткой физической экономики, законы нечеткой физической экономики, компетентность, профессиональная компетентность преподавателя высшего учебного заведения, оценка компетентности, математизация общественно-гуманитарных специальностей.