

АНАЛІЗ ЛІНГВІСТИЧНИХ СИСТЕМ

У наш час лінгвістичні системи (ЛС), під якими розуміємо лінгвістичний опис інтелектуальних систем прийняття рішень, політологію, економіку, соціологію, та ін. науки, свої основні ідеї описують у вигляді візуалізованих на площині геометричних «лінгвістичних образів». Метрики осей координат ЛС мають властивості, які виділяють їх серед осей координат «чистих» математичних наук, що дозволяє розглядати ЛС як окремий напрямок аналізу в математиці: числові значення протилежних полярних сутностей для однієї лінгвістичної координатної осі замість знаків «±» можуть мати однакові знаки; без втрати ортогональності до всіх осей лінгвістична змінна однієї осі координат ЛС може бути складовою згорнутих змінних інших осей координат тієї ж самої ЛС; лінгвістична змінна однієї осі координат ЛС може охоплювати ряд змінних та ряд сукупностей нечітких універсумів фізично різних об'єктів, які характеризують стан ЛС, можуть входити у склад змінних інших осей і поступово змінюються вздовж осі координат на свої протилежні сутності; ЛС дозволяють використовувати також числові осі координат (із застосуванням знаків «±» та з відповідним тлумаченням метрик). Наведений геометричний аналіз лінгвістичних систем (ГАЛС) спрямований на удосконалення проєнування їх станів та візуалізацію їх рішень при доволіному збільшенні кількості вхідних лінгвістичних, числових, якісних і згорнутих даних.

Ключові слова: візуалізація об'єктів багатовимірного простору; одновимірна аналітична геометрія; лінгвістичні змінні; лінгвістичні системи.

Постановка проблеми. *Лінгвістичні осі координат.* У наш час політологія, економіка, соціологія, лінгвістика, складні інтелектуальні системи прийняття рішень та ін. науки (які далі об'єднуємо під загальною назвою «лінгвістичні інтелектуальні системи прийняття рішень», а скорочено – «лінгвістичні системи (ЛС)»), свої ідеї часто описують засобами аналітичної геометрії у вигляді «лінгвістичних образів» в n-вимірному просторі.

Система координат – це спосіб завдання точок простору за допомогою чисел доволіного походження, але метрики осей координат «лінгвістичних систем (ЛС)» мають властивості, які дозволяють розглядати ЛС як окремий напрямок аналізу в математиці:

1. В ЛС існує хоча б одна ось координат, яку будемо звати (на відміну від «числових осей координат») «лінгвістичною віссю координат», що переходить від оцінки однієї полярності змінної «+1» через «0» до оцінки її протилежної полярності «+1» без зміни знаків «±», хоча «нуль» знаходиться посередині між ними. Експерт вирішує, чи змінювати знак змінної, чи ні. Наприклад, в системі оцінки «організаційної культури фірм» (ОК) один вимір проходить між двома полярними лінгвістичними поняттями *по одній координатній осі* від «організаційної багатогранності і пластичності» у межах 0...100 % на одному полюсі до «організаційної сталості і довготривалості» у межах 0...100 % на протилежному полюсі [1; с. 65]. І дослідник не може незалежно змінювати стан фірми одразу по двох осях (бо вимір по них – полярний, взаємно несумісний, але математично – не ортогона-

льний). З цієї точки зору в ЛС «комунізм» та «капіталізм» слід розглядати як дві лінгвістично описані, взаємно несумісні, рівноправні, позитивні, діалектичні сутності протилежної полярності, що змінюються у межах 0...1, не мають недоліків чи переваг і відображують «єдність та боротьбу протилежностей». Кожний з цих напрямків при переміщенні вздовж однієї осі координат поступово (з переходом через «0» осі координат) змінюється на свій протилежний напрямки. Прикладами цих напрямків можуть бути Китай та США. Китай буде «комунізм» з урахуванням переваг «капіталізму». США буде «капіталізм» з урахуванням захисту прав людини, а МВФ та міжконтинентальні корпорації США використовують ще й переваги жорсткої командної системи тоталітаризму. Китай та США є економічно успішними. Україна, в якій «побудований» олігархічний «капіталізм» на основі жорсткої командної системи (наслідок минулого «комунізму») та без урахування прав людини, є, м'яко кажучи, економічно менш успішною. Очевидно, що метрика єдиної лінгвістичної координатної осі з полярними значеннями протилежних лінгвістичних полюсів («комунізм» та «капіталізм») **стосовно зміни знаків** принципово відрізняється від метрики числової координатної осі з полярними значеннями полюсів у відносних одиницях у вигляді «позитивний потенціал +1» та «негативний потенціал – 1» електричного поля з курсу фізики. Особливості лінгвістичних осей не забороняє використовувати в ЛС *числові осі координат* (з числовим масштабом, зі знаками «±» та з відповідними метриками).

2. Лінгвістична змінна ЛС відрізняється тим, що вона може бути складною згорнутою оцінкою не лише ряду змінних, але й ряду сукупностей універсумів, які характеризують ЛС і поступово змінюються вздовж відповідної осі координат на свій протилежний ряд сукупностей універсумів. Це не заважає окремим лінгвістичним осям оцінок власності, політики, фінансів та військової організації бути незалежними (ортогональними) між собою та відносно осі полярних понять «комунізм» – «капіталізм» (без урахування відстані Махаланобіса, бо кожна згорнута оцінка іншої осі вимірює лише задані метриками відповідні сутності).

Недоліком описаних в фаховій літературі ЛС є обмежена точність класифікації і прогнозування станів в досліджуваних ЛС через використання малої кількості лінгвістичних згорнутих змінних (від однієї лінгвістичної змінної до чотирьох).

Стаття присвячена проблемам: візуалізації, аналізу, тестуванню, класифікації, виміру станів, прийняття рішень в багатовимірному просторі інтелектуальних ЛС при використанні збільшеної кількості вхідних даних, які характеризуються лінгвістичними,

комбінаторними, цифровими, якісними та згорнутими метриками.

Аналіз досліджень і публікацій.

Візуальне порівняння багатовимірних об'єктів за допомогою сучасних діаграм. Людина живе у багатовимірному просторі, і на додаток до ширини (x_1), довжини (x_2), висоти (x_3) вона легко розпізнає освітлення (x_4), дощ (x_5), температуру (x_6), запах (x_7) та інші ознаки навколишнього середовища.

Можна вважати, що таблиці вавилонян, древніх греків та індійців, які 4–5 тис. років тому назад відображували функціональний зв'язок площ та об'ємів об'єктів з координатами (x_1, x_2, x_3), були не лише упорядкованим концентрованим знанням, але деякою мірою також й візуальним засобом розпізнавання та класифікації об'єктів.

Французькі вчені Франсуа Вієт і Рене Декарт (XVII вік) заклали поняття функціональної залежності і розробили єдину літерну математичну символіку, а англійський економіст У. Плейфер (1786) навів перші статистичні графіки.

На рис. 1 показані деякі сучасні діаграми, які застосовуються для візуалізації даних.

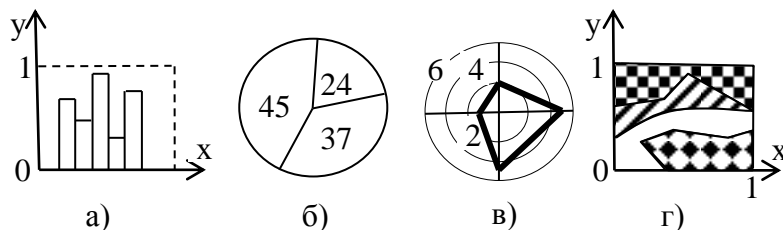


Рис. 1. Деякі сучасні діаграми, які застосовуються для візуалізації даних:
а) стовпчикова; б) кругова; в) радіальна; г) ділянкова.

З рис. 1 випливає можливість візуалізації багатовимірному простору за допомогою існуючих діаграм (стовпчикова діаграма має властивості Паралельних Координат, в кругових та радіальних діаграмах буває більше трьох осей і т. д.). Для практичних потреб економічного аналізу давно використовуються раді-

альні діаграми багатовимірному простору [1; с. 179, с. 183; с. 293].

Візуалізацію можна також отримати по структурній схемі представлення знань (рис. 2) [2], по структурним схемам алгоритмів, за методом дерев та ін., бо вони є візуальним відображенням ознак об'єктів, подій та процесів в багатовимірному просторі.

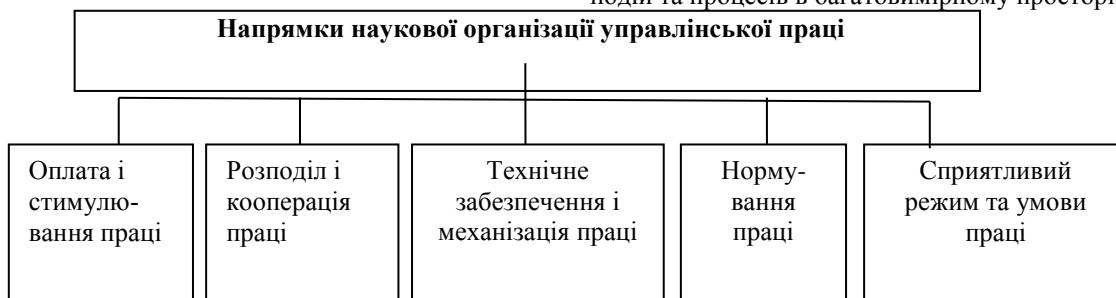


Рис. 2. Структурна схема представлення знань [2].

Геометрична візуалізація об'єктів з лінгвістичними осями полярних сутностей. Складні інтелектуальні системи прогнозу станів та прийняття рішень, суспільні науки (політологія, економіка, соціологія та ін.) для візуалізації своїх ідей, крім діаграм рис. 1 з окремими змінними, використовують в якості змінних

сукупності полярних, несумісних, нечітких універсумів. Полярні поняття однієї осі не є позитивними чи негативними: вони розглядаються лише як несумісні протилежності, знаки яких можуть бути й однаковими (рис. 3).

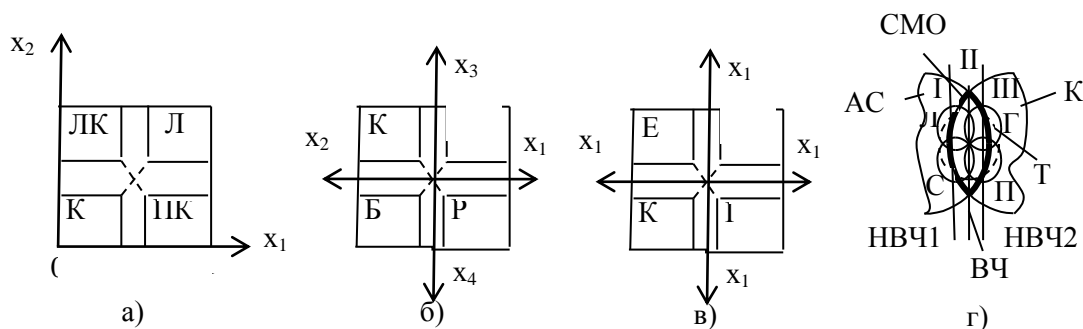


Рис. 3. Геометричні образи з лінгвістичними полярними сутностями:

- а) – політологічна діаграма Д. Ф. Нолана (1969): x_1 – економічна свобода; x_2 – особиста свобода; ЛК – ліве крило; ПК – праве крило; Л – лібертаріанство; К – консерватори (тоталітаризм);
 б) – рамочна конструкція конкуруючих цінностей для визначення організаційної культури (ОК) К. Камерона та Р. Кунина [1, с. 188]: x_1 – зовнішній фокус та диференціація; x_2 – внутрішній фокус та інтеграція; x_3 – гнучкість та дискретність; x_4 – стабільність та контроль; К – Клан; Р – Ринок; А – Адхократія; Б – Бюрократія; в) – діаграма Т. Г. Купрій для визначення розвитку соціології [2]: $0 \dots x_1$ – чотири однакові осі змінної x_1 , яка змінюється у напрямку «Індивід – Соціальна група – Соціальний інститут – Людство»; П – політична сфера; К – культурна сфера; Е – економічна сфера; І – інші сфери; г) – структура мовної особи (СМО) Ю. Н. Караулова, яка розділена трьома вертикальними лініями на три зони I, II, III (НВЧ1 – ВЧ – НВЧ2), де НВЧ1 та НВЧ2 – невербалізовані зони з підсвідомою сферою та з вехсвідомістю; ВЧ – вербалізовані частки свідомості; Л – лексикон; Г – грамати́кон; С – семанти́кон; П – прагмати́кон; АСМ – асоціативно-семантична мережа; КМ – комунікативна мережа [3; с. 91].

За політологічною діаграмою вченого США Д. Ф. Нолана (1969) (рис. 3 а) всі політичні дії людини можна поділити на дві основні категорії: економічні x_1 та особисті x_2 ; «Лібертаріанство Л» є протилежністю «Консерваторам (Тоталітаризму) К»; «Ліве крило ЛК» виступає тільки за «Особисту свободу x_2 » у протилежність «Правому крилу ПК», що виступає тільки за «Економічну свободу x_1 ». Такі умови утворюють наступні ділянки традиційних політичних течій: Праві ПК; Ліві ЛК; Лібертаріанці Л (прихильники мінімального втручання держави в економічне x_1 та правове x_2 життя суспільства); Консерватори (Тоталітаристи) К – прихильники жорсткого контролю держави за економічним x_1 та правовим x_2 життям суспільства; Центристи (на рис. 3 а окремо не виділені і знаходяться в центрі).

Рамочна конструкція конкуруючих цінностей К. Камерона та Р. Кунина [1, с. 188] призначена для графічного візуального відображення типу організаційної культури (ОК) установи чи підприємства (рис. 3 б). В рамочній конструкції конкуруючих цінностей виділені два головні напрямки виміру ефективності ОК:

Осі x_1 та x_2 : ось x_1 – організації є гнучкими, дискретними, схильними до зміни; ось x_2 – організації схильні до стабільності, контролю, передбачуваності.

Осі x_3 та x_4 : ось x_3 – організації з внутрішнім фокусом (монолітність та узгодженість), а ось x_4 – зовнішній фокус (задоволення потреб ринку).

Осі $x_1 - x_4$ є стержневими цінностями, які визначають судження про ОК:

1. Бюрократія (ієрархія) до 1960 р. була ідеальною формою ОК. Вона домінує в урядових установах, в великих організаціях і характеризується стандарти-

зованими правилами, розподілом повноважень, спеціалізацією, ієрархією, контролем та обліком.

2. Ринкова культура набула популярності в кінці 60-х років і визначає тип організації, яка функціонує як ринок. Головні напрямки: прибутковість, кінцеві результати, конкурентоспроможність, продуктивність, жорстка конкуренція, агресія і перемога.

3. Кланова культура: її Японія застосувала одразу після війни (нагадує сім'ю, вона надає перевагу згуртованості, дружбі, довірі, гуманності відношень).

4. Адхократична культура характеризується переходом в еру інформації. В основу поставлені принципи: швидкість перебудови організації; до успіху веде нова унікальна послуга, творчість, новий товар. Швидко створюються та розпадаються окремі бригади.

Соціологічна діаграма Т. Г. Купрій призначена для оцінки розвитку соціології (звернути увагу на однаковість осей x_1) на основі візуального відображення розвитку політичної сфери П, культурної сфери К, економічної сфери Е, інших сфер І (рис. 3 в) [2].

Візуалізована структура мовної особи (СМО) Ю. Н. Караулова (рис. 3 г) розділена трьома вертикальними лініями на три зони: НВЧ1 – ВЧ – НВЧ2, де НВЧ1 та НВЧ2 – невербалізовані зони з підсвідомою сферою та з вехсвідомістю; ВЧ – вербалізовані частки свідомості; лексикон (словник) – це набір упорядкованих по алфавіту слів з контекстом їх використання; грамати́кон – грамати́ка особи; прагмати́кон – мотиваційний, частково організаційний рівень, який складається з мовних поступків особи та її реальних дій; семанти́кон – опис асоціативно-семантичних зв'язків, тісно пов'язаний з асоціативно-семантичною мережею [3]. М. Р. Куліан (Quillian, 1967) перший ввів у тлумачний словник англійських слів семантич-

ні мережі (СМ), в яких кожне слово визначається через множину інших слів, а *елемент бази знань має вигляд сторінки (площини), на якій представлений направлений орієнтований граф одного слова*. Вузли СМ відповідають об'єктам, сутностям, поняттям, концептам, а дуги – відношенням (зв'язкам) між ними. В наш час при аналізі тексту СМ велику увагу приділяють статистичним показникам (довжини найкоротшого шляху між двома словами; кількості з'єднань зі словом; відсоткам сусідніх слів в сусідстві аналізованих або одного, або 2–3 вузлів).

Геометрична візуалізація об'єктів багатовимірного простору.

Паралельні Координати. У цьому випадку в одно-вимірній аналітичній геометрії багатовимірного простору для оцінки і візуалізації процесів багатовимірного простору застосовуються Паралельні Координати, які були запропоновані Ф. М. д'Окань (1885) [4]. Першим почав їх практично застосовувати ізраїльський

вчений А. Інселберг (1977–1990) [5; 6]. Аналіз А. Інселберга спрямований на візуалізацію традиційних фігур аналітичної геометрії (точки, прямої лінії, площини та ін.) і на аналіз інтелектуальних систем прийняття рішень. Візуалізація точки в багатовимірному просторі за А. Інселбергом показана на рис. 4, на якому в площині на взаємно перпендикулярних осях (Y, X) відображено:

- на осі Y вказаний масштаб для всіх осей координат $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$;
- вздовж осі X на рівних відстанях паралельно розміщені лінії осей координат $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$. На кожній з цих ліній відмічають відповідне цифрове значення координати точки $C = (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5)$, і отримані точки сусідніх координат з'єднують штриховими лініями. Візуалізація однієї точки в багатовимірному просторі означає можливість візуалізації довільних геометричних фігур.

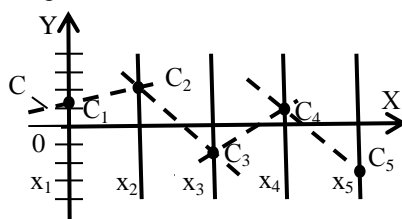


Рис. 4. Візуалізація в Паралельних Координатах $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ положення точки $C = (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5)$ за допомогою ламаної штрихової лінії C [5; 6].

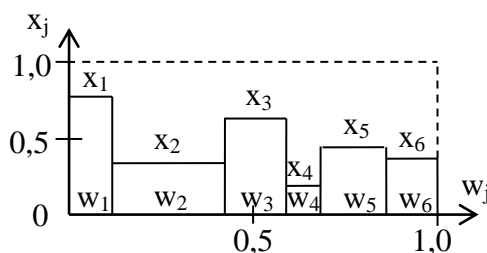


Рис. 5. Загальний вигляд нормованої діаграми (НД) [7].

Нормовані діаграми (НД). Згорнуту візуальну геометричну оцінку підсумку зважених внесків у функцію мети багатовимірного образу можна отримати за допомогою *нормованої діаграми (НД), яку запропонували Ю. А. Романенков, В. М. Вартанян, Ю. Л. Пронцаков, Т. Г. Зейницьев* (2016) (рис. 5 [7]).

В НД застосовані змінні $x_j = 0 \dots 1, j = 1, 2, \dots, n$, числові значення яких відображаються висотою колонок у межах $x_j = 0 \dots 1$, а задані експертом вагові коефіцієнти $w_j = 0 \dots 1$ ураховують вплив j-ої змінної x_j на вихід (функцію мети) і візуально дорівнюють ширині окремої колонки при підсумку ширини всіх колонок $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

Внесок змінної $x_j = 0 \dots 1, j = 1, 2, \dots, 5$, у згорнуту оцінку у вигляді добутку $f_j = w_j x_j$ візуально дорівнює площі окремої колонки з висотою $x_j = 0 \dots 1$ та з шириною колонки w_j при $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, а загальна площа всіх

колонок дорівнює згорнутій оцінці $F_{нд} = \sum_{j=1}^n w_j x_j$,

$j = 1, 2, \dots, n$ багатовимірного процесу, об'єкта чи явища, що аналізується [7]. Згорнута оцінка

$$F_{нд} = \sum_{j=1}^n w_j x_j, j = 1, 2, \dots, n, \sum_{j=1}^n w_j = 1, \text{ відображує}$$

середнє арифметичне зважене $\bar{x} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$,

де x_1, \dots, x_n – дійсні числа, w_1, \dots, w_n – вагові коефіцієнти, та фаззі – алгоритм нечіткого висновку Сугено при аналізі нечітких систем у вигляді $\bar{x} = \sum_{j=1}^n (\mu_{x_j} x_j) / \sum_{j=1}^n \mu_{x_j}$, де μ_{x_j} – функція належності [8].

Основні положення НД [7] були використані в роботі [9], в якій за допомогою визначених експертом якісних коефіцієнтів m_j розраховується в Паралельних Координатах вплив вхідних даних x_j на вихідну згорнуту оцінку складних систем $F = \sum_{j=1}^n m_j w_j x_j, j = 1, 2, \dots, n$. Нижче розглядається використання одновимірної аналітичної геометрії багатовимірного простору [9] для аналізу ЛС.

Основна частина. При аналізі багатовимірного простору в декартовій прямокутній системі координат потрібно відволіктись від обов'язкового візуального відображення на площині взаємної перпендикулярно-

сті всіх осей координат, яке порушується вже для трьох осей. У дійсності осі на площині можуть бути розміщені у залежності від поставленої задачі: 1) *під деякими кутами* – для трьох змінних за класичною аналітичною геометрією; 2) *паралельно* – за роботою д’Окань [4]; 3) *під довільними кутами на площині з єдиним центром координат* – за роботами С. Є. Ляковської та О. М. Гумен (2010, 2011) при одночасному використанні на одній осі позитивних й негативних числових значень [10; 11]; 4) *під довільними кутами, розміщеними для одного тілесного кута на площині всередині кута менше 180°, з єдиним центром координат* – за роботою (2015) [12] при використанні на кожній осі координат або позитивних або негативних числових значень для одного тілесного кута.

У загальному випадку декартові осі координат на площині можуть мати довільні (і навіть хаотичні) візуальні напрямки, але при обов’язковому дотриманні осями математичних функціональних залежностей декартової прямокутної системи координат.

Вважаємо:

– кожний один складний об’єкт одночасно може належати кільком класам з порядковими номерами $i = 1, 2, \dots, m$;

– кожний клас має деяку індивідуальну функцію мети $F_i(Z)$, де $Z = (z_1, z_2, \dots, z_e, \dots, z_E)$ – вектор вхідних даних, який вміщує цифрові та якісні оцінки (ознаки), а також згорнуті числові чи лінгвістичні (описові) змінні ієрархічно нижчих елементів або підрозділів стосовно батьківського аналізованого об’єкта. При цьому під окремими лінгвістичними (описовими) змінними вектора $Z = (z_1, z_2, \dots, z_e, \dots, z_E)$ можуть розумітись не лише окремі змінні, об’єкти чи процеси, а й сукупності їх нечітких універсумів, які змінюються вздовж осі координат на свою інтелектуальну, політичну, економічну та соціальну протилежність.

Метод геометричного аналізу лінгвістичних систем (ГАЛС) розглянемо на прикладі візуалізації ефективності роботи одного цеху деякого підприємства. Візуалізація виконується на основі одновимірної

аналітичної геометрії багатовимірного простору з введенням експертом якісних коефіцієнтів $m_{ei} = 0 \dots 1$ [9], з використанням системи Паралельних Координат [4] та даних нормалізованих діаграм [7].

Спочатку експерт визначає змінні, від яких залежить економічна ефективність цеху:

– $z_1 = 0 \dots 1$ – виконання плану;

– $z_2 = 0 \dots 1$ – рівень організаційної культури цеху (ОК), під якою розуміється поставлена мета, матеріальні, моральні та правові цінності, норми поведінки, традиції [1];

– $z_3 = 0 \dots 1$ – рівень справедливості (приблизно однакове навантаження працею; оплата за працю; захист трудових прав тощо).

Аналізований перелік згорнутих оцінок $z_1 - z_3$ не є повним і наведений лише для скороченого пояснення порядку розрахунків. Наприклад, можуть додатково розглядатись: z_4 – отриманий цехом прибуток; z_5 – якість технічного обладнання цеху; z_6 – фахові знання робітників; $z_7 - z_{10}$ – згорнуті оцінки роботи бригад тощо.

По урахуванню змінних $z_1 - z_3$ складається згорнута оцінка цеху за формулою

$$F(Z) = \sum_{e=1}^E m_e w_e z_e = 0 \dots 1, (1)$$

де $e = 1, 2, \dots, E$ – порядковий номер якісних та числових змінних і згорнутих оцінок нижчих ланок (бригад). У цьому прикладі $e = 1, 2, 3$ та $E = 3$;

$z_e = 0 \dots 1$ – змінні. У цьому випадку розглядаються три змінні, які мають визначені експертом числові значення: $z_1 = 0,95$; $z_2 = 0,80$; $z_3 = 0,72$ при $e = 1, 2, 3$ та $E = 3$;

$w_e = 0 \dots 1$ – визначений експертом ваговий коефіцієнт впливу змінної на згорнуту оцінку цеху $F(Z)$ при умові $\sum_{e=1}^E w_e = 1$. У такому випадку $w_1 = 0,78$; $w_2 = 0,15$; $w_3 = 0,07$;

m_e – введений експертом збільшувальний ($m_e > 1$) або зменшувальний ($m_e < 1$) якісний коефіцієнт. У цьому випадку $m_1 = 0,81$; $m_2 = 0,92$; $m_3 = 0,75$.

Дані ЛС можна звести у таблицю 1 (Т1).

Таблиця 1

Дані геометричної візуалізації згорнутої оцінки цеху

Змінні		Ваговий коефіцієнт w_e	Якісний коефіцієнт m_e	Значення $m_e z_e$	Значення $f_e = w_e m_e z_e$
Назва	Позначення				
Виконання плану	$z_1 = 0,95$	$w_1 = 0,78$	$m_1 = 0,81$	$m_1 z_1 = 0,77$	$f_1 = 0,60$
Рівень організаційної культури цеху (ОК)	$z_2 = 0,80$	$w_2 = 0,15$	$m_2 = 0,92$	$m_2 z_2 = 0,74$	$f_2 = 0,11$
Рівень справедливості	$z_3 = 0,72$	$w_3 = 0,07$	$m_3 = 0,75$	$m_3 z_3 = 0,54$	$f_3 = 0,04$
Підсумковий вихід $F(Z) = \sum w_e m_e z_e$					$F(Z) = 0,75$

Вагові коефіцієнти w_e в формулі (1) «відповідають» за точність розкладу в математичний ряд оригіналу функції мети. Якісні коефіцієнти m_e в формулі (1) вводяться експертом і ураховують вплив на функцію мети додаткових поточних даних: точність вхідних змінних z_e ; вплив асортименту z_e на кінцевий результат; якість роботи колективу; дотримання термінів отримання ресурсів та термінів постачання власної продукції; вплив якості сировини тощо. Звичайно вихід $F(Z)$ за формулою (1) є меншим за 1.

Наприклад, план виконаний до значення $z_1 = 0,95$ при ваговому коефіцієнті впливу змінної z_1 на згорнуту оцінку цеху $F(Z)$ $w_1 = 0,78$; але експерт знизив виконання плану якісним коефіцієнтом $m_1 = 0,81$ (через виконання плану по валу і не виконання по асортименту; через порушення термінів випуску продукції при виконанні плану; через порушення трудової дисципліни; через неритмічність роботи).

Вимоги до вхідних змінних z_e . Всі змінні z_e розглядаємо у відносних одиницях у межах $(0 \dots 1)$. Будь-яка

вхідна змінна може бути або позитивною $z_e = 0 \dots 1$ (її зростання збільшує вихідну функцію $F(Z)$) або негативною $z_e^* = 0 \dots 1$ (її зростання зменшує вихідну функцію $F(Z)$). Але різні знаки («+» або «-») функцій $f_e = m_e \cdot w_e \cdot z_e$ ускладнюють геометричну візуалізацію фігури. Тому бажано, щоб всі площини елементарних згорнутих оцінок $f_e = w_e \cdot m_e \cdot z_e$ мали однакові знаки. Ця задача може бути розв'язана наступним чином:

1. Перетворити всі величини z_e на позитивні. Наприклад, при оцінці «ефективності праці» цеху позитивними змінними є «кваліфікація робітників $z_{e=1} = 0,84$ » та «якість сировини $z_{e=2} = 0,8$ », а негативною змінною є «кількість помилок $z_{e=3}^* = 0,12$ », які допускаються у роботі. При аналізі вказану «негативну змінну» $z_{e=3}^* = 0,12$ можна замінити на «позитивну»: «кількість правильних рішень $z_{e=3} = 1 - z_{e=3}^* = 1 - 0,12 = 0,88$ ».

2. Використати зворотну величину змінної $z_{e=3}^* = 0,12$ за формулою $z_{e=3} = 0,1 / z_{e=3}^*$ при $z_{e=3}^* = 0,1 \dots 1$ (або за формулою $z_{e=3} = 0,05 / z_{e=3}^*$ при $z_{e=3}^* = 0,05 \dots 1$).

3. Окремо аналізувати геометричний образ позитивного, негативного та результуючого підсумків у вигляді стовпчикової або кругової діаграми.

Геометрична візуалізація образу згорнутої одновимірної вихідної оцінки інтелектуальної системи цеху $F(Z) = \sum m_e z_e$ за формулою (1) наведена на рис. 6 у вигляді діаграми «СУМА», яка відрізняється тим, що на виході візуалізує підсумкову площу впливу вхідних змінних на вихідну функцію мети. З діаграм «СУМА» можна скласти мережу для аналізу складної ієрархічної ЛС, бо оцінки, аналогічні виходу $F(Z)$ (рис. 6), можуть бути застосовані для об'єктів як нижчого так і вищого ієрархічного рівня: згорнуті оцінки бригад – як вхідні дані для цехів; згорнуті оцінки цехів – як вхідні дані для підприємства.

При великій кількості змінних об'єм діаграми «СУМА» (рис. 6) суттєво зростає, що не завжди є зручним. В цьому випадку можна використати або радіальну діаграму «МАЯК» з променями типу «ОДЕСА» (рис. 7 а, б), або структурні схеми табличних даних (рис. 8 а, б).

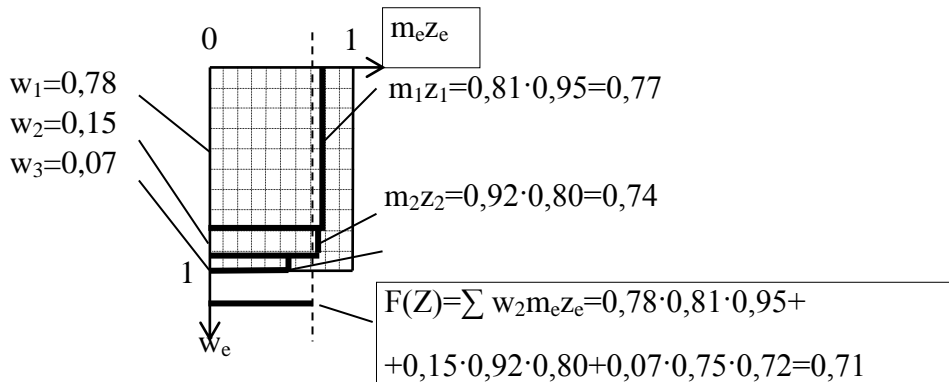


Рис. 6. Діаграма «СУМА» для геометричної візуалізації згорнутої оцінки цеху $F(Z) = \sum m_e z_e$ за формулою (1)

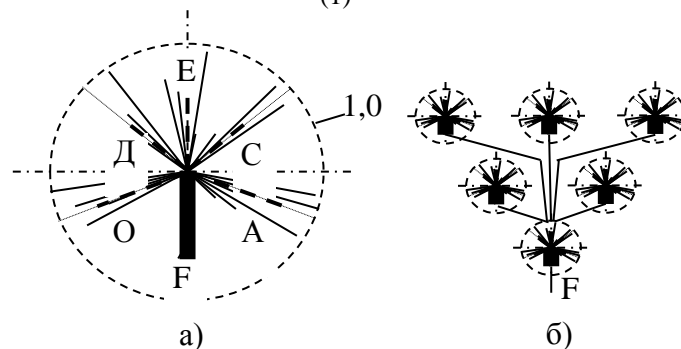


Рис. 7. Радіальна діаграма «МАЯК», для геометричної одновимірної візуалізації об'єкта багатовимірного простору з вихідною згорнутою оцінкою F: а) – для виходу F при двох поколіннях нащадків з променями ОДЕСА; б) – для виходу F мережі, яка складається з радіальних діаграм «МАЯК» (з'єднання показані для одного променя виходу, «назва маяка» та кількість літер в назві можуть бути довільними).

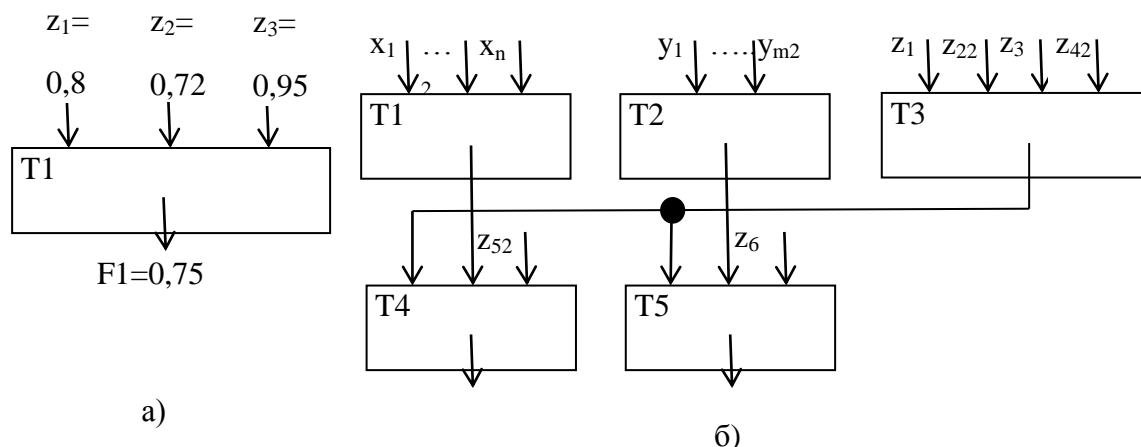


Рис. 8. Структурна схема табличних даних ЛС: а) – однієї таблиці (табл. 1 (T1)); б) кількох таблиць, де T1–T5 – позначення п’яти таблиць, а F1–F5 – виходи діаграм, пов’язаних з таблицями T1–T5.

На рис. 7 а представлена діаграма «Маяк», в якій візуалізовані змінні типу $m_e z_e$, а вагові коефіцієнти типу w_e урахуються лише на виході кожного ієрархічного рівня:

1. На нижчому ієрархічному рівні тонкими лініями помічені вхідні змінні типу $m_e z_e = 0...1$, напрямки яких довільно наслідують напрямком власного окремого виходу (променя), що відповідає одній літері з слова ОДЕСА і показаний жирною штриховою лінією (кількість «променів – літер» та «назва маяка» можуть бути довільними). Вважаємо, що вагові коефіцієнти типу w_e не змінюються, і тому їх не візуалізуємо (або аналізуємо окремо). Границя числових значень змінних дорівнює 1,0 і показана штриховою лінією кола. Жирні штрихові лінії (промені ОДЕСА) є візуалізованими вхідними змінними $m_e z_e = 0...1$ для вихідної згорнутої оцінки F.

2. На вищому ієрархічному рівні візуалізований вихід $F(Z) = \sum_{i=1}^m w_i m_i z_i$ (тут порядкові номери $i = 1, 2, 3, 4, 5$ (при $m = 5$) відповідають літерам О, Д, Е, С, А). Вихід F(Z) вищого ієрархічного рівня показаний жирною прямою вертикальною лінією і символізує «будівлю маяку» (звідки і надана назва діаграмі). Корисною для аналізу може бути також радіальна діаграма типу рис. 1 в, яка на рис. 7 а не наведена.

Іншу геометричну візуалізацію образу ЛС можна отримати на основі даних табл. 1 (T1) у вигляді структурної схеми табличних даних ЛС (рис. 8). Дані рис. 8 упорядковують пошук змінних, їх значень та взаємних зв’язків.

Випадок заборони однією ланкою всього ланцюга рішення.

Якщо складна система описується радіальною діаграмою МАЯК (рис. 7 а), вихід якої F перетворюється на нуль у випадку перетворення на нуль хоча б однієї з показаних жирними штриховими лініями згорнутих оцінок окремих «променів – літер» f_O, f_D, f_E, f_C, f_A , то візуалізацію такої складної системи можна відобразити формулою

$$F_i = \rho_O \rho_D \rho_E \rho_C \rho_A (w_O m_O f_O + w_D m_D f_D + w_E m_E f_E + w_C m_C f_C + w_A m_A f_A), \quad (2)$$

де $\rho_O, \rho_D, \rho_E, \rho_C, \rho_A$ – перемикаючі функції, кожна з яких приймає значення 1, якщо відповідна кожна

згорнута оцінка $f_{O_i}, f_{D_i}, f_{E_i}, f_{C_i}, f_{A_i}$ не дорівнює нулю, та приймає значення 0 у протилежному випадку; w_O, w_D, w_E, w_C, w_A – вагові коефіцієнти окремих «променів світла» (f_O, f_D, f_E, f_C, f_A) показаних жирними штриховими лініями, які є вхідними змінними функції мети F;

m_O, m_D, m_E, m_C, m_A – якісні коефіцієнти окремих «променів світла» (f_O, f_D, f_E, f_C, f_A), показаних жирними штриховими лініями.

У аналогічному випадку, коли промінь «О» забороняє промінь «Е» та навпаки, формула (2) набуває вигляду

$$F_i = \rho_O \rho_E w_O m_O f_O + w_D m_D f_D + \rho_O \rho_E w_E m_E f_E + w_C m_C f_C + w_A m_A f_A, \quad (3)$$

Проблема «заборони» (зведення до нуля) окремою ланкою результатів аналізу всієї інтелектуальної системи на практиці зустрічається часто. Наприклад:

- у випадку аварії однієї ланки підприємства може зупинитись все виробництво;
- функцію мети можна досягнути лише у випадку реалізації всіх без винятку проміжних етапів (пред’явлення будинку з фундаментом, стінами, дахом тощо).

При аналізі можуть застосовуватись і інші алгоритми взаємодії ланок ланцюга.

Функцію мети у вигляді математичного ряду з реальними значеннями змінних, отриманої за методом

найменших квадратів (МНК) $F_{МНК} = \sum_{j=1}^n w_j x_j$, можна

перетворити на згорнуту оцінку $F_{МНК*} = \sum_{j=1}^n m_j w_j x_j$, де

$m_j = 0...1$ – якісний коефіцієнт, і візуалізувати її в Паралельних Координатах за допомогою стовпчикової діаграми (з візуалізацією окремих складових, підсумків позитивних та негативних значень та результуючої суми).

При оптимізації ЛС треба особливо обережно ставитись до зменшення до нуля та до зміни знаку змінної, бо можна втратити характерну рису ЛС: наприклад, економічний аналіз ЛС вкаже, що армія лише споживає ресурси держави, і тому армію треба ліквідувати.

Висновки. 1. Для декартової системи координат з ортогональними осями можна вважати, що візуальний напрямок осей координат залежить від поставленої задачі: осі можуть бути взаємно перпендикулярними; паралельними; осі можуть перетинатись в точці початку координат; осі можуть мати вигляд осей координат тілесного кута.

2. Паралельні координати можуть використовуватись не лише за формулою (1), але й для візуалізації будь-якої функції мети, представленої у вигляді математичного ряду.

3. Сучасні ЛС свої основні ідеї описують у вигляді візуалізованих на площині геометричних «лінгвістичних образів». При цьому комбінаторна лінгвістична (описова) змінна може урахувати змінні інших осей координат. Полярні сутності однієї осі розглядаються як несумісні, але вони не є ортогональними і не можуть одночасно змінюватись. Знаки полярних сутностей довільно визначає експерт, а нуль осі координат ЛС знаходиться між ними.

4. Наведений геометричний аналіз лінгвістичних систем (ГАЛС) багатовимірного простору дозволяє: отримати вихідну візуальну оцінку для ЛС і визначити ефективність впливу кожної вхідної змінної на її вихід з використанням діаграм «СУМА» чи «МАЯК», або із застосуванням структурної схеми табличних

даних; отримати більш точне рішення через урахування більшої кількості вхідних лінгвістичних, числових, якісних і згорнутих комбінаторних даних ЛС; використовувати вихідну згорнуту числову оцінку ЛС як результат тестування довільного об'єкта чи процесу; об'єднувати в одну згорнуту змінну довільну кількість даних ЛС з довільними метриками. Метод ГАЛС може бути також застосованим для аналізу будь-якої складної інтелектуальної системи прийняття рішень.

5. Якщо досліджувана ЛС має вигляд ланцюга, кожна ланка якого може заборонити (звести до нуля) функціонування всього ланцюга, то у цьому випадку результат взаємодії всіх ланок може бути отриманим за допомогою логічних та інших математичних операцій, або за допомогою множення згорнутих оцінок ланок, якщо вони змінюються у межах $0 \dots 1$.

6. Геометричне зображення зміни ЛС у часі чи просторі може бути отриманим або у вигляді ряду фіксованих геометричних багатовимірних образів, або у вигляді графіка зміни їх вихідної числової згорнутої оцінки у залежності від «головної» координати – часу.

7. При аналізі діючої ЛС треба особливо зважено відноситись до рекомендацій зменшення змінної до нуля та до зміни її знаку, бо можна втратити характерну рису ЛС.

Список використаних джерел

1. Камерон К., Кунин Р. Диагностика и изменение организационной культуры. – СПб : Питер, 2001. – 320 с.
2. Купрій Т. Г. Соціологія. Схеми, таблиці, діаграми, графіки / Укл. : Купрій Т. Г. – К. : Вид-во Київського ун-ту ім. Бориса Грінченка, 2011. – 161 с.
3. Караулов Ю. Н. Русский язык и языковая личность. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 264 с.
4. D'Ocagne M. Coordonnées parallèles et axiales : Méthode de transformation géométrique et procédé nouveau de calcul graphique déduits de la considération des coordonnées parallèles. – Paris : Gauthier-Villars, 1885.
5. Inselberg A. Dimensional Graphics. Part 1. Lines and Hyperplanes. // IBM LASC Tech. Rep. G320-2711. – IBM LASC Scientific Center, 1981, 140 p.
6. Inselberg A. Parallel Coordinates : Visual Multidimensional Geometry and its Applications. – New York : Springer, 2009.
7. Романенков Ю. А., Вартанян В. М., Прончаков Ю. Л., Зейниев Т. Г. Средства инфографического анализа агрегированных показателей многомерных объектов и систем // Системы обработки информации. – Харьков : Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – 2016. – Випуск 8 (145). – С. 157-165.
8. Tomohiro Takagi, Michio Sugeno. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. // Published in : IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – Volume : SMC-15. – Issue : 1. – Jan.-Feb. 1985. – P. 116-132.
9. Кутковецкий В. Я. Одномерная аналитическая геометрия багатовимірного аналізу. // Научные работы. Серия «Педагогика». – Т. 303. – Вип. 291. – Николаев : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2017. – С. 20-26.
10. Лясковська С. Є. Геометричне моделювання багатопараметричних систем способом епіюра n-простору. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 05.01.01 – Прикладна геометрія, інженерна графіка. – Мелітополь : Міністерство аграрної політики України, Таврійський державний агротехнологічний університет, 2010. – 25 с.
11. Гумен О. М. Моделювання проєктивних n-просторів багатопараметричних технічних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Спеціальність 05.01.01 – Прикладна геометрія, інженерна графіка. – Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2011. – 39 с.
12. Кутковецкий В. Я. Аналітична геометрія в n-вимірних тілесних кутах // Научные работы : Научно-методический журнал. – Вип. 254. – Т. 266. Комп'ютерні технології. – Николаев : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2015. – С. 30-41.

В. Я. Кутковецкий,
д-р техн. наук, профессор кафедры,
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев, Украина.

АНАЛИЗ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В настоящее время лингвистические системы (ЛС), под которыми понимаем лингвистическое описание интеллектуальных систем принятия решений, политологию, экономику, социологию и др. науки, основные идеи описывают в виде визуализированных на плоскости геометрических «лингвистических образов». Метрики осей координат ЛС имеют свойства, которые выделяют их среди осей координат «чистых» математических наук, что позволяет рассматривать ЛС как

отдельное направление анализа в математике: числовые значения противоположных полярных сущностей для одной лингвистической координатной оси вместо знаков «±» могут иметь одинаковые знаки; без потери ортогональности ко всем осям лингвистическая переменная одной оси координат ЛС может быть составной свернутых переменных других осей координат той же ЛС; лингвистическая переменная одной оси координат ЛС может включать ряд переменных и ряд совокупностей нечетких универсумов физически различных объектов, которые характеризуют состояние ЛС, могут входить в состав переменных других осей и постепенно изменяются вдоль оси координат на свою противоположную сущность; ЛС разрешает использовать также числовые оси координат (с применением знаков «±» и с соответствующим толкованием метрик). Приведенный геометрический анализ лингвистических систем (ГАЛС) направлен на совершенствование прогнозирования их состояний и визуализацию оценки решения при произвольном увеличении количества входящих лингвистических, числовых, качественных и свернутых данных.

Ключевые слова: визуализация объектов многомерного пространства; одномерная аналитическая геометрия; лингвистические переменные; лингвистические системы.

V. J. Kutkovetsky,

Petro Mohula Black sea National University, Mykolaiv, Ukraine

ANALYSIS OF LINGUISTIC SYSTEMS

Currently, the linguistic systems (LS), by which we understand linguistic description of intellectual decision-making systems, political science, economics, sociology and other sciences, whose basic ideas regarding the analysis of their states are described in the form of geometric «linguistic images» visualized on the plane. The metrics of the LS coordinate axes have properties that distinguish them among the axes of the coordinates of the «pure» mathematical sciences, what makes it possible to treat LS as a separate direction of analysis in mathematics: the numerical values of the opposite polar entities of one linguistic coordinate axis may have the same signs instead of the signs «±»; without loss of orthogonality to all axes, the linguistic variable of one axis of the LS coordinates can be a composite of the collapsed variables of other axes of coordinates of the same LS; the linguistic variable of one axis of the LS coordinates can include a number of variables and a sets of fuzzy universes with physically different objects, which characterizes the state of the LS, can be part of a series of axes and gradually changes along the axis of coordinates to its opposite essence; LS permit to use numerical axis of coordinates (using the signs «±») and with the corresponding interpretation of metrics). The above geometric analysis of linguistic systems (GALS) is aimed at improving the forecasting of their states and visualization of their solution with an arbitrary increase in the number of incoming linguistic, numerical, qualitative and collapsed data.

Key words: visualization of multidimensional objects; one-dimensional analytical geometry; linguistic variables; linguistic systems.

Рецензенти: Мещанінов О. П. д-р пед. наук, професор;

Мусієнко М. П. д-р техн. наук, професор.