

ФОРМИ НЕЧІТКОСТЕЙ У БАЗАХ ДАНИХ ТА ЗНАНЬ

© Седушев О., Буров Є., 2014

Описано та проаналізовано різноманітність форм нечіткостей у базах даних та знань. Було досліджено та порівняно усі дані, що є неточними, розмитими, невизначеними, неповними і т.д. Показано, що нечіткі знання представляються у вигляді нечітких продукційних правил, які містять нечіткі дані у антецедентах та консеквентах.

Ключові слова: форми нечіткостей, нечіткі дані, нечіткі знання, нечіткі продукційні правила.

This paper describes and analyzes the whole variety of forms of fuzziness in databases and knowledge bases. All kinds of data that is imprecise, vague, uncertain, incomplete etc. have been researched and compared. It is shown that fuzzy knowledge is represented through fuzzy rules, which contain fuzzy data in the antecedent and consequent parts.

Key words: forms of fuzziness, fuzzy data, fuzzy knowledge, fuzzy production rules.

Вступ та постановка проблеми

Класичні моделі даних часто страждають від власної неспроможності зобразити чи маніпулювати даними та знаннями, які є неточними, невизначеними, розмитими тощо. Проте саме такі дані та знання усе частіше знаходяться у сьогодишніх інформаційних системах, базах та сховищах даних, базах знань, оскільки багато предметних областей, що є джерелами даних, містять прояви різних форм нечіткостей.

Постає необхідність у виявленні форм таких даних та знань, здатності їх розрізнати, вносити у моделі даних та знань у певному вигляді, перетворювати та навіть усувати за необхідності.

Усю сукупність різноманітних форм даних, що є неточними, нечіткими, невизначеними, розмитими, неповними тощо, називатимемо неklasичними даними. Приводом для цього є те, що природа і походження усіх форм таких даних різняться, а відтак виникає потреба у неоднакових прийомах для роботи з тією чи іншою формою неklasичних даних. Класичними можна вважати такі дані, що є точними, визначеними, цілісними, чіткими, не мають втрачених чи пропущених значень і т.д. Класичні дані переважали у апаратах багатьох наук доти, поки Л. Заде не почав формувати математичні засади нечіткої логіки (60-ті рр. ХХ ст.) [1].

Станом на сьогодні, коло задач, вирішуваних за допомогою використання апарату нечітких множин та нечіткої логіки, значно розрослося та містить такі області, як аналіз даних, розпізнавання, дослідження операцій, моделювання складних систем, підтримка прийняття рішень тощо.

Переважно важлива інформація для системи надходить з двох джерел:

1) від людей-експертів, які описують свої знання про предметну область тощо, використовуючи природну мову, що означає породження суб'єктивності та нечіткості;

2) від приладів, датчиків, вимірювачів, математичних моделей, що означає породження неточності та нецілісності.

Тому збереження експертних оцінок та думок, неточних даних вимагає знання неklasичних даних, а також уміння з ними працювати. Це також стосується видобування та інтерпретації даних з баз нечітких даних та знань, де неklasичні дані зустрічаються найчастіше.

Загалом переважна більшість сучасних систем СУБД та СУБЗ, контролерів, приладів та програмних застосунків вимагають наявності механізму, що дозволяє підтримувати та керувати неklasичними даними та нечіткими знаннями, а також їх аналізувати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У [2] йдеться про те, що зберігання неklasичних даних у базах даних дозволяє СУБД краще відповідати на запити користувачів, оскільки запити користувачів є зазвичай розмитими та неточними. Також автори роблять першу спробу класифікувати форми проявів неklasичних даних. Подібно до цього, у [3] описується онтологія для представлення нечітких знань та неklasичних даних за допомогою класів, слотів, екземплярів. Ця онтологія є інтуїтивним засобом, що дає змогу користувачам, які не є експертами, задавати особливу нечітку інформацію без допомоги експерта, що знає структуру каталогів.

Сьогодні актуальним завданням є створення експертних систем діагностування, які можуть опрацювати нечітку діагностичну інформацію. У базах знань таких систем міститься кількісна та якісна інформація (представлена переважно лінгвістичними змінними), яка характеризує стан об'єкта діагностики. У [4] автор описує механізм нечіткого логічного висновку для експертної системи діагностування комп'ютерних засобів, який дає змогу враховувати нечіткі якісні знання у процесі діагностики, що покращує якість роботи такої системи за неповноти опису ситуації.

У [5] йдеться про форми проявів неklasичних даних, що можуть зберігатися у сучасних нечітких базах даних. Наведено різноманітні приклади відносно різних типів нечітких баз даних. Акцент роблять на нечітких об'єктно-орієнтованих базах даних, які можуть справлятися як з комплексними об'єктами, так і з нечіткими запитами та різними формами нечіткості та невизначеності у кортежах та сутностях.

Автори [6] розглядають проблему прийняття рішень в умовах невизначеності на основі застосування продукційних правил нечіткої логіки. Вони описують структуру та функції системи нечіткого прийняття рішень.

Формулювання цілі статті

Метою цієї статті є побудова таксономії форм неklasичних даних та нечітких знань, їхнє дослідження та порівняння. Побудова такої таксономії, визначення особливостей походження та форм нечіткостей необхідна для аналізу та розроблення методів видобування, інтерпретації, збереження та опрацювання нечітких даних та знань.

Виклад основного матеріалу

Неповні (incomplete), нецілісні (inconsistent), невизначені або сумнівні (uncertain), дво- та багатозначні (ambiguous), нечіткі або розмиті (fuzzy, vague), неточні (imprecise), null дані є можливими формами неklasичних даних. Нижче буде подано характеристики, приклади та підформи кожної з вищезазначених форм. Варто зазначити, що кожна форма неklasичних даних містить прояв чогось (наприклад, неповноти, нецілісності, неточності, нечіткості тощо).

1. Неповні дані

Неповнота зазвичай означає відсутність або недостачу значення, а також неточну інформацію, де множина можливих значень охоплює увесь домен можливих значень. Неповне опрацювання даних трапляється, коли процес отримання даних не відбувся вчасно. Неповні дані виникають внаслідок втрачених оновлень, поганого зчитування, відсутності значень, проходження файлу даних за недостатню кількість циклів [7].

2. Нецілісні дані

Поняття нецілісності стосується швидше зберігання самих даних у різних моделях, аніж даних як таких. Нецілісність – це семантичний конфлікт, який означає, що один і той самий аспект даного чи одне і те саме значення даного відображене по-різному, частіше за все помилково. Наприклад, зарплата співробітника *X* збережена одночасно у вигляді 1000 у.о. та 2000 у.о. у тій самій базі даних або в різних базах даних. Нецілісність інформації зазвичай спричинена процесом інтеграції (об'єднання) інформації з різних вхідних джерел. Поверхнево нецілісні дані свідчать про те, що вони є взаємосуперечливими або ненадійними.

– нецілісність даних, спричинена ненадійними джерелами

Така нецілісність може виникати, якщо при злитті інформації джерела даних були ненадійними або недостовірними (табл. 1).

Вибірка з відношень бази даних “Потримані авто”

Власник	Марка автомобіля	Номерний знак	Рік випуску	Пробіг, км
Гнатів Іван	BMW X5	AA 6549 ЛО	2001	100000
Іван Гнатів	BMW X5	AA 6549 ЛО	2003	200000

Згідно з табл. 1 нецілісність у значеннях атрибутів *Пробіг* та *Рік випуску*. У цьому випадку важко зрозуміти, який із кортежів (перший чи другий) є коректним. Якщо клієнт бази даних захоче придбати авто, то на дані з якого кортежу він має орієнтуватися? Ця нецілісність могла виникнути тоді, коли власник авто вніс свою інформацію з помилками у різні бази даних.

3. Невизначені або сумнівні дані

Невизначеність породжується тоді, коли носій інформації утворив суб'єктивну думку чи дав суб'єктивну оцінку істинності деякого факту, у якому він не впевнений на усі 100 %. Спотвореність такого роду інформації робить достеменно неможливим визначення її правдивості чи фальшивості. Усе, що можна зробити в цій ситуації, – це оцінити ймовірність такої інформації бути правдивою чи хибною на деякому нескінченному проміжку значень (зазвичай це інтервали $[0, 1]$ та $[0, 100]$, де перше та останнє значення ідентифікують 100 % вірність та 100 % хибність інформації відповідно) [8].

Отже, невизначеність даних пов'язана із ступенем достовірності їхніх значень. Для прикладу, ймовірність (ступінь достовірності) того, що автомобіль *BMW X5* (табл. 1) був випущений у 2001 році, становить 50 %.

– невизначеність даних, спричинена статистичними показниками чи аналізами

Багато даних (виміри, дані анкетувань тощо) отримані статистично і по суті є завжди сумнівними. Крім того, вимірювальні прилади можуть вимірювати щось із певною похибкою (це спричинено неідеальністю пристроїв), а отже, продукують виміряні дані хоч і з мінімальною, але сумнівністю (невизначеністю).

– невизначеність даних, пов'язана із засекреченням та захистом інформації

Багато даних є невизначеними чи сумнівними через те, що їхнє розголошення є небажаним.

4. Дво- та багатозначні дані

Такі дані являють собою певну неясність, оскільки можуть бути інтерпретовані (трактовані) по-різному (двозначно, багатозначно тощо). Найпоширеніші випадки саме двозначності. Загалом двозначність означає, що деякі дані в силу певних обставин позбавлені певної семантичної незалежності та однозначності, що призводить до появи додаткових інтерпретацій.

– двозначні дані, спричинені використанням аббревіатур

Нерідко буває, що використання аббревіатур призводить до плутанини під час трактування даних. У такому випадку слід явно розшифровувати збережене значення, а не скорочувати його аббревіатурою.

– двозначні дані, спричинені неповним контекстом

Розглянемо базу даних, що зберігає певні погодні дані [2]. У ній можуть зберігатися середньоденні значення температур для того чи іншого міста (табл. 2).

Вибірка з відношень бази даних “Погодні умови”

Місто	Дата	Температура
Львів	09.09.2013	20
Львів	10.09.2013	22

Як видно з табл. 2, температурні значення представлені цілочисловими значеннями. Проте не вказано, чи температуру подано у градусах Цельсія чи Фаренгейта.

У тій же табл. 2 наведено дати, які можуть зберігатися у будь-якому дозволеному форматі. Проте чи відомо, з чого починаються дати, з днів чи місяців? З вказаних даних можна зробити два

висновки: або представлені дати відповідають 9 вересню 2013 року, та 10 вересню 2013 року, або 9 вересню 2013 року та 9 жовтню 2013 року. В Україні прийнято першим числом позначати день, а другим – місяць. У США – навпаки.

– двозначні дані, спричинені різним слідуванням слів

Такі дані трапляються в тому випадку, коли дане представлене семантично коректним способом, проте різними шляхами. Якщо подивитися на значення атрибуту *Власник* із табл. 1, то можна побачити, що вони однакові, проте записані по-різному. В цьому випадку це не має великого значення (хіба що проявляється певна неузгодженість та брак вищої нормальної форми для відношення), тому що ім'я *Гнатів* не існує, і ми однозначно розуміємо, що це прізвище людини. Проте трапляються такі повні імена, як *Богдан Борис*. Отут вже однозначно висловитися не можна, що є ім'я, а що прізвище.

5. Нечіткі, або розмиті дані

Нечіткий (або розмитий) означає певний ступінь вираження, коли не можна чітко та ясно сказати про сенс та значення даних. Для того, щоб перевести нечіткість (розмитість) у площину чіткості та ясності, застосовують певні математичні механізми – такі, як нечітка логіка.

Нечіткі дані містять деякий нечіткий предикат (наприклад, “старий”, “молодий”, “низький”, “високий”). Зазвичай такі нечіткі предикати моделюються лінгвістичними змінними.

Лінгвістичною називається змінна, яка набуває значення з нечіткої множини слів або словосполучень деякої природної або штучної мови. Множина допустимих значень лінгвістичної змінної називається терм-множиною. Термом називається будь-який елемент терм-множини. В теорії нечітких множин терм формалізується нечіткою множиною за допомогою функції належності M_F .

Якщо змоделювати будь-яку лінгвістичну змінну як нечітку підмножину значень на інтервалі $[0, \infty)$ з функцією належності M_F на проміжку $[0, 1]$, то проєкція $[0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ є математичним описом значення лінгвістичної змінної.

Наприклад, нехай лінгвістична змінна $L = \{\text{низький, високий, дуже високий}\}$. Тоді графічно значення лінгвістичної змінної L за допомогою нечіткої логіки зображено на рис. 1.

Інтервали та проміжки на рисунку вказують лише на те, що кожна людина розуміє та інтерпретує значення *низький, високий, дуже високий* по-різному. Варто зазначити, що при заданні значень лінгвістичної змінної останні повинні відповідати деяким обмеженням, серед яких впорядкованість та обмеженість, повнота та узгодженість, нормальність.

6. Неточні дані

Неточні дані не є помилковими та не порушують цілісності інформаційної системи. Неточність є продуктом існування значення, яке не можна виміряти з належною точністю.

– неточні дані, спричинені наявністю вибору (вибіркові дані)

- Завжди істинні

Як такі розуміють дані, які можуть набувати альтернативних значень з певної множини, проте достовірність значень таких даних завжди дорівнюватиме одиниці, оскільки їхня ймовірність є рівнозначною та завжди істинною.

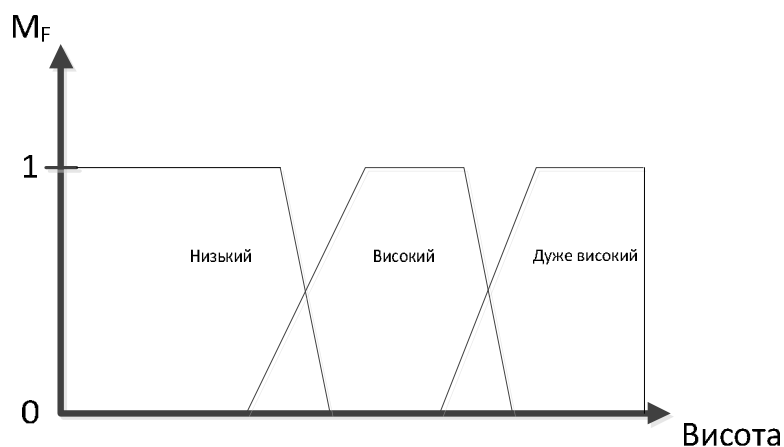


Рис. 1. Графічне моделювання значень лінгвістичної змінної L за допомогою нечіткої логіки

Якнайкраще для прикладу таких даних підходять маршрутні дані (табл. 3).

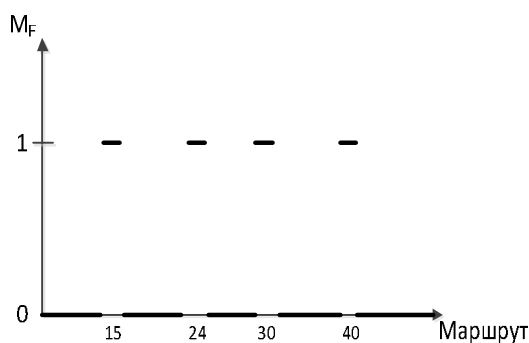
Таблиця 3

Маршрутні дані

Місце призначення	Маршрутне таксі, №
Шевченківський гай	15 або 24 або 30 або 40

Щоб дістатися Шевченківського гаю, необхідно скористатися одним із вищеперелічених маршрутних таксі. Різниця у виборі маршруту немає, оскільки усі вони є рівноцінними. Але це породжує неточність, тому що необхідно зробити вибір із множини значень, щоб отримати точне значення. Цю ситуацію можна змоделювати за допомогою нечіткої логіки (рис. 2).

Рис. 2. Представлення неточних вибіркового даних за допомогою нечіткої логіки



- **Ймовірнісні**

Ці дані схожі на завжди істинні дані, оскільки значення необхідно вибрати із представленої дискретної множини (цілочислового інтервалу). Різниця полягає у тому, що достовірність значень таких даних зовсім не дорівнює одиниці (причому може не дорівнювати ніколи), а, отже, породжує різну математичну ймовірність. Можна сказати, що значення таких даних коливаються у певних межах, причому кожна позначка у таких межах має свою ймовірність. Нехай реальна тривалість існування планети Землі коливається від 3 до 6 мільярдів років (табл. 4). Кожен варіант має свою ймовірність. Грунтуючись на ймовірностях, необхідно вибрати один з варіантів.

Таблиця 4

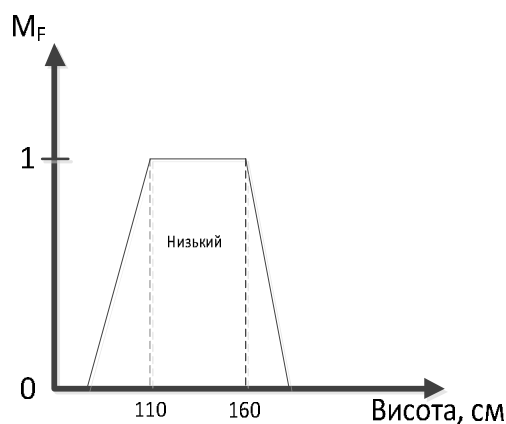
Тестові дані

Тривалість існування Землі, млрд. років	Ймовірність
3	70%
4	90%
5	92%
6	73%

– **неточні інтервальні дані**

Неточні інтервальні дані означають, що їхні значення є істинними на певному інтервалі, а не у конкретній точці. Графічно такі дані зображено на рис. 3.

Рис. 3. Представлення неточних інтервальних даних за допомогою нечіткої логіки



– неточні дані, спричинені можливою похибкою

Подібно до неточних інтервальних даних, значення неточних даних з можливою похибкою можуть набуватися лише із певного інтервалу. Але різниця полягає у тому, що інтервал має бути нечітким синглтоном. Нечіткий синглтон означає, що лише одне скінченне значення із діапазону значень є істинним та чітким. Завдяки нечіткій логіці можна сказати, що функція приналежності такого значення дорівнює одиниці, тоді як приналежність інших значень завжди < 1 . Математично такі дані представляються як $D \pm \delta$, де D – це значення, а δ – допустима (можлива) похибка.

Нехай існує блок живлення із напругою 400 ± 10 В. Тоді графічно це можна зобразити, як на рис. 4.

– дані із NULL значеннями

Такі дані є критичним випадком неточних даних. NULL значення переважно позначає відсутність інформації. Головною проблемою таких даних є те, що їх можна інтерпретувати по-різному. Найпоширенішими інтерпретаціями є такі:

- значення є невідомим (воно існує, але невідоме);
- значення не існує.

Дослідивши та проаналізувавши форми неklasичних даних, підведемо підсумки (табл. 5).

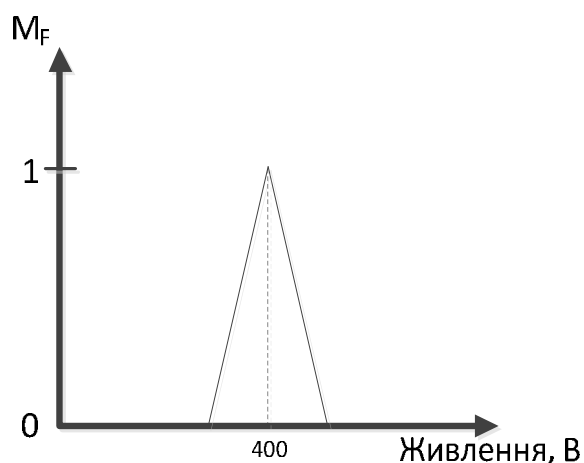


Рис. 4. Графічне представлення неточних даних, спричинених похибкою за допомогою нечіткої логіки

Таблиця 5

Форми неklasичних даних та їхні характеристики

№ з/п	Форма неklasичних даних	Прояв у даних	Найхарактерніші ознаки	Причини виникнення
1	2	3	4	5
1	Неповні дані	Неповнота	Відсутність або нестача значення	<ul style="list-style-type: none"> • Дані отримано невчасно • Втрачене оновлення • Відсутність значення у джерелі даних
2	Нецілісні дані	Нецілісність	Одне і те саме дане має різне значення в одному й тому самому, або в різних джерелах даних	<ul style="list-style-type: none"> • Об'єднання інформації з різних джерел • Помилковість занесених значень
3	Невизначені (сумнівні) дані	Невизначеність	Ймовірність істинності (хибності) даного є невідомою	<ul style="list-style-type: none"> • Суб'єктивність думки, оцінки тощо • Статистичні похибки або похибки вимірювань
4	Неоднозначні (дво- та багатозначні) дані	Неоднозначність	Певна кількість можливих інтерпретацій	<ul style="list-style-type: none"> • Використання аббревіатур • Відсутність деякої інформації у контексті • Різне слідування слів

1	2	3	4	5
5	Нечіткі (розмиті) дані	Нечіткість	Смисл, значення даних є неясним, розмитим	<ul style="list-style-type: none"> • Певні суб'єктивні представлення та оцінки того чи іншого факту, явища тощо
6	Неточні дані	Неточність	Значення не можна виміряти із певною точністю	<ul style="list-style-type: none"> • Наявність вибору із певної рівноймовірної або ймовірнісної (нерівноймовірної) множини значень • Значення представлене інтервалом • Наявність похибки

Більшість з форм неklasичних даних можуть вкраплюватися у нечіткі знання. Нечіткі знання – це насамперед інформація, отримана від експертів. До нечіткості знань призводять неточність та розмитість експертних оцінок та суджень, недовизначеність понять та термінів, можлива неформальність природної мови.

Прикладом нечітких знань є оцінки експертів: “строк придатності близько 5 років”, “старий прилад”, “температура повітря від 10 до 15” тощо. У цих оцінках легко побачити вкраплення вищенаведених форм неklasичних даних. Ще очевиднішими є такі прояви у нечітких продукційних правилах, завдяки яким можуть представлятися знання у базі нечітких знань. Використовувати нечіткі продукційні правила зручно для експертів для подання нечітких знань – це спрощує їх аналіз обчислювальними пристроями.

Нечіткі продукційні правила мають такий абстрактний вигляд:

$$\text{ЯКЩО } \langle \text{нечітке судження} \rangle, \text{ ТО } \langle \text{нечітке судження} \rangle \quad (1)$$

У (1) нечітке судження в умовній частині (ЯКЩО) має назву антецедента, а нечітке судження в результуючій частині (ТО) – консеквента.

Нечіткі судження можуть бути двох типів, а саме:

1) атомарні нечіткі судження, які містять лише одну умову. Наприклад, температура є низькою;

2) складені нечіткі судження, які містять n умов, сполучених сполучниками “І (AND)”, “АБО (OR)”, “НЕ (NOT)”. Наприклад, температура НЕ є низькою І вологість є середньою.

Найпоширенішими формами нечітких продукційних правил є правила, які у антецеденті містять атомарні або складені нечіткі судження, а у консеквенті – лише атомарні судження. Якщо у консеквенті нечіткого правила міститься складене нечітке судження, то до такого правила можна застосувати прийоми декомпозиції та розкласти його на множину правил з консеквентами, які містять лише атомарні нечіткі судження.

До найуживаніших форм належать:

1) канонічні нечіткі продукційні правила такого вигляду:

$$\text{Правило } R_i : \text{ЯКЩО } x_1 \in A_1 \text{ I } \dots \text{ I } x_n \in A_n, \text{ ТО } y \in B, \quad (2)$$

де R_i – мітка (назва) i -го правила у базі нечітких знань (тут та надалі), $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – n -вимірний вхідний вектор лінгвістичних змінних (тут та надалі), A, B – нечіткі множини відповідно (тут та надалі), y – вихідна лінгвістична змінна.

Цю форму правил ввів М. Мамдані. Головною перевагою (2) є зрозуміла та прозора лінгвістична інтерпретація.

Приклад: ЯКЩО дорога є слизькою І дорога є крутою, ТО водіння є небезпечним.

Існують й інші форми представлення канонічних нечітких продукційних правил. У середині 80-х рр. ХХ ст. Такагі та Сугено запропонували використовувати нечіткі продукційні правила, які містять лінійні функції у консеквентній частині правила [9]. Тобто вихідний результат визначався у не вигляді лінгвістичної змінної, а деякої лінійної функції.

Правило R_i : ЯКЩО $x_1 \in A_1 \text{ I } \dots \text{ I } x_n \in A_n$, ТО $y = f_i(x)$,

де $f_i(x) = b_{i0} + b_{i1}x_1 + \dots + b_{in}x_n$, b_{iq} – дійсне число (тут i в подальшому).

Нечіткі правила, представлені у такому форматі, мають властивість високої наближеності до бажаного результату. Проте лінгвістична інтерпретація таких правил є дещо гіршою порівняно з (2).

Приклад: ЯКЩО $x_1 \in$ маленьким I $x_2 \in$ маленьким, ТО $y = 0.7 - 0.6x_1 + 0.8x_2$

Також активно використовується у задачах класифікації та розпізнавання образів така форма канонічних нечітких правил [10]:

Правило R_i : ЯКЩО $x_1 \in A_1 \text{ I } \dots \text{ I } x_n \in A_n$, ТО $y = \text{Class}_q$

де Class_q – мітка класу, до якого належить об'єкт, що класифікується чи розпізнається.

Приклад: ЯКЩО $x_1 \in$ маленьким I $x_2 \in$ великим, ТО $y = \text{Class } 1$

2) нечіткі продукційні правила зі сполучником “АБО”

Вигляд таких правил описано нижче.

Правило R_i : ЯКЩО $x_1 \in A_1 \text{ I } \dots \text{ I } x_m \in A_m$ АБО $x_{m+1} \in A_{m+1} \text{ I } \dots \text{ I } x_n \in A_n$, ТО $y \in B$ (3)

(3) можна розписати так:

ЯКЩО $x_1 \in A_1 \text{ I } \dots \text{ I } x_m \in A_m$, ТО $y \in B$

ЯКЩО $x_{m+1} \in A_{m+1} \text{ I } \dots \text{ I } x_n \in A_n$, ТО $y \in B$

Загалом такий формат використовують для того, аби скоротити кількість правил у базі нечітких знань, оскільки консеквент в обох випадках є спільним.

Висновки

Проілюструвавши множину форм неklasичних даних та нечітких знань, зробимо висновок:

- кожна форма неklasичних даних має свій підхід до інтерпретації та опрацювання, на що варто зважати при таких задачах, як інтелектуальний аналіз даних;
- наведена множина форм неklasичних даних не є остаточною та може бути розширена у майбутньому;
- нечіткі знання тісно переплітаються з неklasичними даними, а саме містять їх, що впливає на трактування перших, а також на можливі сфери застосування нечітких продукційних правил.

Наведена таксономія форм нечітких даних та знань є основою для аналізу та узагальнення методів та задач видобування даних з баз нечітких знань, що згодом буде досліджено.

1. Zadeh L.A. *Fuzzy Sets // Information and Control, Vol.8, 1965. – P. 338-353.* 2. Popat D. *Classification of Fuzzy Data in Database Management System / Popat, D., Sherda, H., Taniar, D. // Proceedings of 8th International KES Conference, Wellington, New Zealand, 2004. - P. 691-697.* 3. Blanco I.J. *About the Use of Ontologies for Fuzzy Knowledge Representation / Blanco, I.J., Marin, N., Martinez-Cruz, C., Vila, M.A. // Proceedings of the Joint 4th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology, Barcelona, Spain, 2005. – P. 106-111.* 4. Гнатчук Є.Г. *Моделювання нечіткого логічного висновку процесу діагностування комп'ютерних засобів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВНТУ. – 2005. - №6(63). – С. 220-224.* 5. Ma Z.M. *A Literature Overview of Fuzzy Database Models / Ma, Z.M., Yan, L. // J. Inf. Sci. Eng. №24, 2008. – P. 189-202.* 6. Кравець П. *Системи прийняття рішень з нечіткою логікою / П. Кравець, Р. Куркало // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. – Львів. – 2009. - №650. – С. 116-123.* 7. Motro A. *Uncertainty Management in Information Systems: From Needs to Solutions / Motro, A., Smets, P. – Springer, 1997. – 464 p.* 8. Parsons S. *Current Approaches to Handling Imperfect Information in Data and Knowledge Bases // Knowledge and Data Engineering IEEE, Vol.8, №3, 1996. - P. 483-488.* 9. Sugeno M. *Fuzzy Identification of Systems and It's Applications to Modeling and Control / Sugeno, M., Takagi, T. // IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics №15, 1985. – P. 116-132.* 10. Ishibuchi H. *Pattern Classification with Linguistic Rules / Ishibuchi, H., Nojima, Y. // Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models Studies in Fuzziness and Soft Computing, Vol. 220, 2008. – P. 377-395.*