

І. М. ЦІДИЛО

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТІ ЕКСПЕРТА

У статті викладено проблему прогнозування змісту освіти методом експертних оцінок, поєднуючи теоретичні, методологічні і прикладні аспекти апарату дослідження. Обґрунтовано спорідненість методу експертних оцінок та інтелектуальних систем. Доведено доцільність застосування теорії нечітких множин в процесі оцінки репрезентативності експерта при прогнозуванні змісту професійної освіти. Більш висока точність урахування факторів, що впливають на загальну компетентність експерта, досягається внаслідок відмови від традиційної двозначної або навіть багатозначної логіки, а прийняття логіки з нечіткою істинністю – нечіткими зв'язками і нечіткими правилами висновку.

Ключові слова: нечіткі множини, експертні системи.

І. Н. ЦИДЫЛО

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ЭКСПЕРТА

В статье изложена проблема прогнозирования содержания образования методом экспертных оценок, сочетая теоретические, методологические и прикладные аспекты аппарата исследования. Обосновано сходство метода экспертных оценок и интеллектуальных систем. Доказана целесообразность применения теории нечетких множеств в процессе оценки репрезентативности эксперта при прогнозировании содержания профессионального образования. Более высокая точность учета факторов, которые влияют на общую компетентность эксперта, достигается за счет отказа от традиционной двусмысленной или даже многозначной логики, а принятие логики с нечеткой истинностью – нечеткими связями и нечеткими правилами вывода.

Ключевые слова: нечеткие множества, экспертные системы.

I. M. TSIDYLO

USAGE OF THE INSTRUMENT OF FUZZY LOGIC FOR ESTIMATION OF REPRESENTATION OF THE EXPERT

The article deals with the problem of prognostication of education that expounded by the method of expert estimations, combining the theoretical, methodological and applied aspects of research vehicle. The cognition of method of expert estimations and intellectual systems are investigated in the article. The importance of usage of the theory of fuzzy sets in the process of estimation of representation of the expert at prognostication of vocational education is also proved. Higher exactness of factors' estimation that influence on the general competence of the expert is arrived with the help of abandonment from traditional ambiguous or even multiple-valued logic, but with acceptance of the logic of unclear truth, unclear copulas and unclear rules of conclusion.

Keywords: fuzzy sets, consulting models.

Нині спостерігається бурхливий розвиток систем управління процесами та підтримки прийняття рішень, основою яких є нечітка логіка. Теорія нечітких множин дає змогу описувати якісні, неточні поняття і наші знання про навколишній світ, а також оперувати цими знаннями для отримання нової інформації. Завдяки таким якостям, як швидкість розробки, простота та порівняно мала вартість нечіткі системи дістали широкого застосування в різних галузях народного господарства та економіки. Сьогодні нечітка логіка розглядається як стандартний метод моделювання, проектування та прогнозування різних об'єктів та їх станів.

Нечітка логіка, на котрій ґрунтується управління, найближче за духом до людського мислення і природних мов, ніж традиційні логічні системи. Нечітка логіка в основному

забезпечує ефективні засоби відображення невизначеностей і неточностей реального світу. Наявність математичних засобів відображення нечіткості вихідної інформації дає можливість побудувати модель, адекватну реальності.

Засновані на цій теорії методи побудови інформаційних моделей істотно розширюють традиційні сфери застосування комп'ютерів і утворюють самостійний напрям науково прикладних досліджень, що є, на нашу думку, подальшим розвитком та підтримкою такого напрямку отримання оперативної прогностичної інформації, як метод експертних оцінок.

В останні роки з'явилося багато робіт, що присвячені методам експертних оцінок і аналізу можливостей їх використання в галузевому науково-технічному прогнозуванні [2] та ін. Проте, найбільший інтерес для нас становить робота Б. Гершунського [1], в якій розглянуто методологічні передумови і основи методики прогнозування змісту професійної освіти використовуючи при цьому методи експертних оцінок. Зокрема, автор пише: «Експертні оцінки доцільно застосовувати тоді, коли необхідно оцінити відносну важливість різноманітних напрямів досліджень і розробок для досягнення певної мети, імовірний час коли відбудуться ті чи інші події і очікувані структурні зміни, а також в інших ситуаціях, що вимагають прийняття рішень в умовах невизначеності вхідних даних» [1, с. 50].

Основоположником теорії нечітких множин вважається професор Каліфорнійського університету (Берклі) Лотфі А.Заде (Lotfi A. Zadeh). Його робота „Fuzzy Sets”, що з'явилася в 1965 р. в журналі *Information and Control*, №8, заклала основи моделювання інтелектуальної діяльності людини.

Іншими словами, нові підходи дозволяють розширити сферу застосування за межами застосування класичної теорії. В цьому плані цікава думка Л.Заде: «Я вважаю, що надмірне прагнення до точності стало зводити нанівець теорію управління і теорію систем, оскільки воно призводить до того, що дослідження в цій галузі концентруються на тих і тільки тих проблемах, котрі піддаються точному вирішенню. Як наслідок багато важливих проблем, в котрих дані, цілі і обмеження є дуже складними або погано визначеними для того, щоб застосувати точний математичний аналіз, залишалися і залишаються осторонь з тієї причини, що вони не піддаються математичному трактуванню. Для того, щоб сказати що-небудь вагоме для таких проблем, ми повинні відмовитися від наших вимог точності і допустити результати, котрі є дещо розпливчастими або невизначеними» [4, с. 6].

Метою статті є формалізувати і інтегрувати нечіткі вхідні дані для визначення рівня репрезентативності експерта з метою прогнозування змісту професійної освіти.

Проблема наукового обґрунтування змісту освіти є найбільш актуальною та невідкладною. Відомо, що на сучасному етапі відбувається неперервний процес виникнення нових наукових знань, їх диференціація та інтеграція. У цих умовах значно збільшується роль прогнозування змісту професійної освіти, внаслідок цього повинна бути отримана випереджаюча інформація про імовірні перспективи розвитку тих чи інших галузей знань, характеру і об'єктах праці, необхідних для оптимальної побудови кваліфікаційних характеристик, навчальних планів і програм, їх оперативного корегування. Без етапу прогнозування змісту освіти неможливо повною мірою врахувати неперервні зміни, що відбуваються в сучасному виробництві, підготувати матеріально-технічну базу навчальних закладів, підручники та навчально-методичні посібники, провести підготовку та перепідготовку викладачів, тобто здійснити з необхідним випередженням весь комплекс заходів, що попереджують якість підготовки фахівців.

Прогнозування змісту професійної освіти пов'язано з вирішенням комплексу взаємопов'язаних прогностичних проблем: науково-технічних (прогноз розвитку відповідної галузі), соціально-економічних (прогноз зміни трудових функцій працівників і вимог до підсистеми освіти), наукових (прогноз еволюції компонентів науки, що вивчається), психологічних (доступності навчального матеріалу для учнів) і власне педагогічних, дидактичних (відбір, класифікація і систематизація навчального матеріалу).

Це комплексне завдання передбачає системний підхід до її вирішення, вимагає виконання великого об'єму досліджень, залучення до них спеціалістів різного профілю. Крім того, в процесі дослідження, що направлене на визначення змісту професійної освіти, повинні використовуватись такі методи: вивчення літературних джерел, спостереження, бесіда,

теоретичний аналіз, педагогічний експеримент, а також методи формалізації педагогічної інформації на основі побудови мережевих графіків, матриць, графів, практично на всіх етапах дослідження використовуються методи експертних оцінок.

Для демонстрації щодо застосування апарату нечіткої логіки при визначенні компетентності експерта ми зупинили свій вибір на методі трьохступінчатого експертного опитування, що поєднує в собі ідеї методу Дельфі та методу віднесеної оцінки (його часто називають також методом колективної генерації ідей або методом мозкової атаки), він детально описаний у роботі Б. Гершунського [1].

Суть методу трьохступінчатого експертного опитування: на першій ступені експертам розсилаються попередньо розроблені матеріали, що підлягають обговоренню, з проханням висловити свою думку щодо відповідної проблеми. Відповіді експертів систематизуються і у разі переважного збігу думок стосовно того чи іншого питання подальше обговорення припиняється. За наявності різних думок та появи дискусійних питань організовується так звана сесія колективної генерації ідей, що проводиться в два тури. У першому турі (2-й ступінь) здійснюється вільний обмін думками, пропозиціями і гіпотезами, до того ж на цій стадії критики висунутих ідей не допускаються. Якщо при розгляді будь-якого питання в цьому турі обговорення виявиться єдність думок експертів, тоді на цьому обговорення цього питання закінчується – воно вважається вирішеним. Якщо ж виявляться розбіжності в думках, тоді додатково (зазвичай наступного дня) проводиться другий тур сесії (3-й ступінь експертного опитування), в якому відбувається кінцева оцінка висунутих пропозицій і приймаються колективні рекомендації.

Кількісна оцінка компетентності експертів здійснювалась у відповідності з методикою, що використовується [1, с. 99]. Відповідь експерта на кожне із питань анкети було оцінено певним числовим коефіцієнтом, що дає змогу кількісно виразити загальну компетентність з обговорюваної проблеми. Орієнтовні числові значення з відповідного питання анкети виражено наступними балами:

- стаж роботи (у сфері обговорюваної проблеми): до 5 років – 0,4; до 10 років – 0,6; більше 10 років – 0,8;
- наявність вченого ступеня (звання): доктор наук (професор) – 0,8; кандидат наук (доцент) – 0,6;
- наявність опублікованих робіт: монографії (підручник, навчальний посібник) – 0,8; статті, авторських свідоцтв, методичних розробок й ін. – 0,6;
- обґрунтування думки з обговорюваної проблеми: проведені дослідження – 0,8; виробничий чи педагогічний досвід – 0,6; інтуїтивні уявлення – 0,2;
- знання досягнень (перспектив) відповідної галузі: знання суті більшості досягнень (проблем) – 0,8; знання суті деяких досягнень (проблем) – 0,6; часткове знайомство з більшістю досягнень (проблем) – 0,5; часткове знайомство з деякими досягненнями (проблемами) – 0,3;
- знання змісту і об'єктів праці інженерів цієї спеціальності: знання змісту і об'єктів праці інженерів у виробничих підрозділах різного профілю – 0,8; знайомство з окремими трудовими функціями інженерів і об'єктів їх праці – 0,6.

Обчислення загальної компетентності експерта (за всіма шести показниками) здійснювалось за формулою 1.

$$K = \frac{\sum_{j=1}^6 x_{ji}}{\sum_{j=1}^6 x_{j_{\max}}}, \quad (1)$$

де x_{ji} – оцінка, відмічена i -м експертом по j -му пункту анкети; $x_{j_{\max}}$ – максимальна оцінка по j -му пункту анкети.

Показником репрезентативності експертної групи буде середня арифметична величина компетентності всіх експертів, яку визначають за формулою 2.

$$K_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i, \quad (2)$$

де n – число експертів, що входить в групу.

Групу вважають репрезентативною за умови $K_{ep} \geq 0,67$.

Процедура пошуку репрезентативної групи полягає в відборі компетентних фахівців із загальної сукупності потенційних експертів до тих пір, доки середня арифметична величина компетентності експертної групи буде не менше 0,67.

Підбір найбільш компетентних спеціалістів-експертів та оптимальний кількісний склад експертної групи здійснимо, застосувавши один із напрямів інтелектуальних технологій управління прийняття рішень, що заснований на нечітких множин (fuzzy sets).

Спорідненість методу експертних оцінок та інтелектуальних систем не викликає сумніву. Оскільки і ті, і інші проявляють здатність працювати з формалізованими знаннями людини, тобто вхідними даними, що сформовані експертом (групою експертів) в процесі оцінювання параметрів реальних об'єктів. Проте метод експертних оцінок має і недоліки: великий об'єм робіт, затрати часу на обробку і оцінку достовірності інформації; фрагментарність отриманої інформації; необхідність організації розгалуженої служби з залученням висококваліфікованих фахівців. На противагу методу експертних оцінок головною архітектурною особливістю, що відрізняє інтелектуальні системи управління від традиційних, є механізм отримання, зберігання і обробки знань для реалізації своїх функцій. В основі створення таких систем лежать два принципи: ситуаційне керування (керування на основі аналізу зовнішніх ситуацій або подій) і використання сучасних інформаційних технологій накопичення, зберігання та обробки знань. Проте описувати якісні, неточні поняття і наші знання про навколишній світ, а також оперувати цими знаннями для отримання нової інформації дає можливість нам теорія нечітких множин.

Відповідно основній тезі, запропонованій Лотфі А. Заде [5] про те, що за своєю суттю звичайні кількісні методи аналізу систем непридатні для гуманістичних систем і взагалі будь-яких систем, що прирівнюються за складністю з гуманістичними системами. В основі цієї тези, як зазначає автор, лежить те, що можна було б назвати принципом несумісності. Суть цього принципу виражено так: чим складніша система, тим менше ми маємо можливість дати точні і одночасно такі, що мають практичне значення судження про її поведінку. Для систем, складність яких перевищує деякий пороговий рівень, точність і практичний зміст стає характеристиками, що майже виключають одна одну. Саме в цьому сенсі точний кількісний аналіз поведінки гуманістичних систем не має, очевидно, великого практичного значення в реальних соціальних, економічних і інших задачах, що пов'язані з участю однієї людини чи групи людей.

Інший підхід, що запропонований у вище згаданій роботі, базується на припущенні про те, що елементами мислення людини є не числа, а елементи деяких нечітких множин чи класів об'єктів, для яких перехід від «приналежності до класу» до «неприналежності» не скачкоподібний, а неперервний. І дійсно, нечіткість, що притаманна процесу мислення людини, наводить на думку про те, що в основі цього процесу лежить не традиційна двозначна або навіть багатозначна логіка, а логіка з нечіткою істинністю, нечіткими зв'язками і нечіткими правилами висновку [5, с.7]. З цього погляду саме така нечітка, ще недостатньо вивчена логіка є основою для здатності оцінювати інформацію, тобто ті і тільки ті відомості, які безпосередньо стосуються проблеми, що аналізується.

«За своєю природою оцінка є наближенням. Часто достатня досить наближена характеристика набору даних, оскільки в більшості завданнях, що їх вирішує людина, не вимагають високої точності. Людський мозок використовує допустимість такої неточності, кодує інформацію, що «достатня для завдання» (чи «достатню для вирішення») елементами нечітких множин, які лише наближено описують вхідні дані» [5, с. 8].

Традиційні методи аналізу систем недостатньо придатні для аналізу гуманістичних систем саме тому, що вони не здатні охопити нечіткість людського мислення та поведінки. Тому для дієвого аналізу гуманістичних систем потрібні підходи, для яких точність, строгість і математичний формалізм не є чимось абсолютно необхідним і в яких використовують методологічну схему, що допускає нечіткість і часткові істини.

Таким чином, запропонований Л. А. Заде підхід має три відмінні риси: 1) у ньому використовують так звані «лінгвістичні» змінні замість числових змінних або в доповнення до них; 2) прості відношення між змінними описують за допомогою нечітких висловлювань; 3) складні відношення описуються нечіткими алгоритмами. Відповідно описаним основам

такого підходу перейдемо до детального обговорення запропонованого підходу на нашому конкретному прикладі [5, с.8].

Так, наприклад, якщо значення підмета «*стаж роботи*» є нечітка підмножина M – (*стаж роботи*), а значення присудка нечітка підмножина M (*до 5 років*), тоді значення додавання *стаж роботи до 5 років* є пересіченням M – (*стаж роботи*) і M – (*до 5 років*). Якщо розглядати тривалість роботи як деяку змінну, тоді значення цієї змінної: до 5 років, до 10 років, більше 10 років і т.д. можна інтерпретувати як символи нечітких підмножин повної множини всіх об'єктів. У такому разі тривалість є нечіткою змінною, тобто змінною, значеннями якої є символи нечітких множин. Значення змінної стаж, що виражена поняттям природної мови таким, як до 5 років, є набагато менш точним, ніж число 0,4, що призначене організаторами експертного опитування для врахування важливості цієї характеристики стажу роботи.

У попередньому прикладі значеннями змінної стажу роботи були такі поняття, як до 5 років, до 10 років, більше 10 років і т. д. Більш загально значеннями таких змінних можуть бути пропозиції деякою спеціальною мовою, і в цьому разі відповідні змінні називаються лінгвістичними. Так, наприклад, нечітка змінна знання досягнень (перспектив) відповідної галузі могла б мати такі значення: знання суті більшості досягнень (проблем), знання суті деяких досягнень (проблем), часткове знайомство з більшістю досягнень (проблем), часткове знайомство з деякими досягненнями (проблемами). Крім більшості, деяких, часткове знайомство з більшістю та часткове знайомство з деякими, ця нечітка змінна може набирати наступних значень: високий рівень, достатньо високий рівень, дуже високий рівень, більш чи менш високий, не дуже високий. Ці значення утворені поняттям знання досягнень, запереченням не, сполучниками і та або, а також нечіткими словами типу дуже, достатньо, більш чи менш. Відповідно до наведеного вище визначення змінна знання досягнень є лінгвістичною.

Лінгвістичні змінні призначені в основному для систематичної характеристики складних чи погано визначених явищ. По суті кажучи, відмовляючись від використання кількісних змінних і спираючись на словесні описи типу тих, якими оперує людина, ми набуваємо здатності аналізувати складні системи, які недоступні звичайному математичному аналізу.

При опису простих відношень змінні x і y є нечіткими. Зокрема, якщо x і y – лінгвістичні змінні, тоді висловлювання, що описують залежність y від x , могли б виглядати так (слова набрані курсивом є значенням нечітких змінних):

- якщо *x мало*, тоді *y дуже-дуже багато*
- якщо *x не дуже мало*, тоді *y дуже багато*
- якщо *x не мало і не багато*, тоді *y не дуже багато* і т. д. [5, с. 10].

За своєю суттю нечіткий алгоритм є впорядкована послідовність інструкцій, деякі з них можуть вміщувати символи нечітких множин, наприклад:

- якщо *y багато*, тоді *дещо зменшити x*
- якщо *y не дуже багато і не дуже мало*, тоді *зовсім трохи збільшити x*
- якщо *y мало*, тоді *стоп*; якщо *ні*, тоді *збільшити x на 2* [5, с. 11].

Те, що в алгоритмі допускають інструкції подібного типу, дає змогу наближено описувати з його допомогою найбільш різноманітні складні явища. Важливо те, що будучи нечіткими за своєю природою, такі описи можуть бути повністю адекватні цілям поставленої задачі. Нечіткі алгоритми такого роду можуть дати ефективні способи наближеного опису цільових функцій, обмежень, функціонування системи, стратегій і т. д.

Таким чином, як випливає з вищенаведеного, визначення репрезентативності експерта можна здійснити за допомогою нечіткої експертної системи, що повинна з максимальною точністю відтворювати міркування експерта чи групи експертів у разі, коли вхідні параметри формує експерт певної потрібної галузі. Для цього необхідно задати оптимальні параметри при створенні системи або здійснити її налаштування відповідно до методів навчання.

Виходячи з вищенаведеної умови, репрезентативність експерта залежить від шести факторів, кожен з яких оцінюється за допомогою балів. Саме значення чинників будуть входами у нечітку систему. Рівень репрезентативності – це вихід нечіткої експертної системи. Структура нечіткої системи для оцінки репрезентативності експерта показана на рис. 1.

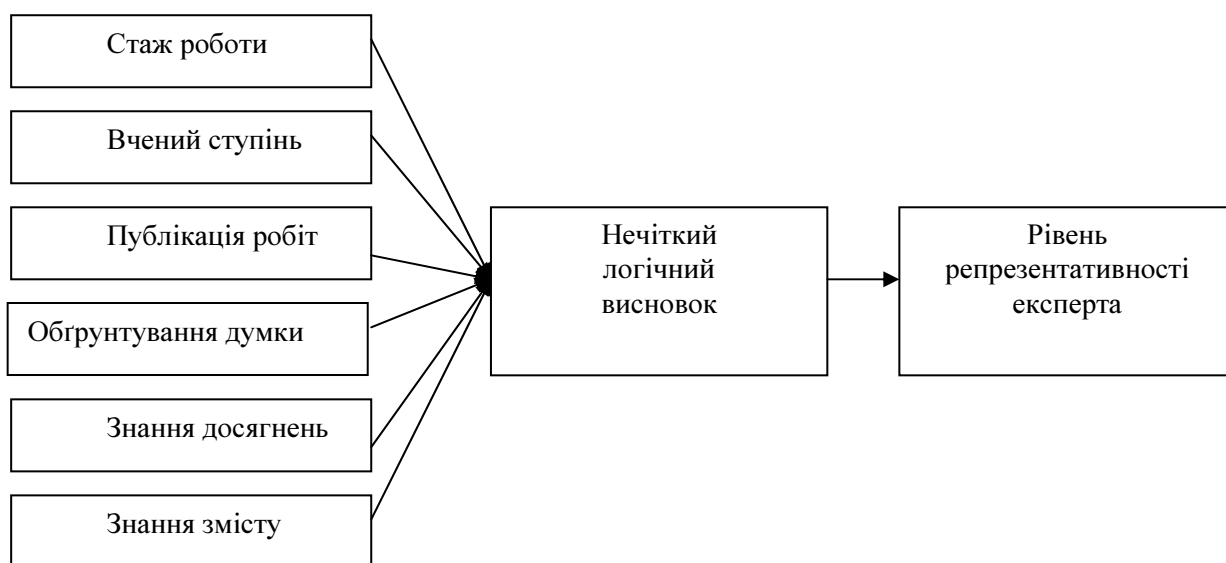


Рис. 1. Структура нечіткої системи.

Формула для розрахунку репрезентативності групи експертів подана вище. Кількість функцій належності на вхідні змінні можна задати відповідно до бальної розбивки чинників, що впливають на репрезентативність (компетентність) експерта, яку ми подали вище та описали в літературі [6], використовуючи метод інтервальних оцінок [3, с. 97]. Також можна ввести лінгвістичні змінні, використовуючи метод лінгвістичних термів [3, с. 77] у більшій кількості стосовно до наведених балів, тим самим відійшовши від звичної чіткості числових значень і збільшивши точність урахування вхідних змінних і як результату – висновків про компетентність експерта.

Отже, експертні оцінки тепер є найбільш розповсюдженим способом отримання і аналізу якісної інформації та одним із основних методів прогнозування, зокрема педагогічного прогнозування, що зумовлено насамперед посиленням інноваційного розвитку і зростанням унаслідок цього ступеня невизначеності через відсутність необхідної інформації.

Здатність оперувати нечіткими множинами і вихідна з неї здатність оцінювати інформацію є одним із найбільш цінних якостей людського розуму, яка фундаментальним чином відрізняє людський розум від так званого машинного розуму, до яких відносять сучасні обчислювальні машини. Програмну реалізацію можна здійснити використовуючи пакет прикладних програм Fuzzy Logic Toolbox середовища Mat LAB, що буде досліджуватись у наступних публікаціях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гершунский Б. С. Прогнозирование содержания обучения в техникумах: учебно-метод. пособие. Гершунский Б. С. – М.: Высшая школа, 1980. – 144 с.
2. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання : монографія / Б. Є. Грабовецький. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 171 с.
3. Корченко А. Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения / А. Г. Корченко – К.: МК-Пресс, 2006. – 320 с.
4. Круглов В.В. Нечітка логіка і штучні нейронні мережі: навч. посібник / Круглов В. В., Длі М. І., Голунов Р. Ю. – М.: Видавництво фізико-математичної літератури, 2001. – 224 с.
5. Лотфи А. Заде. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решения // Математика сегодня (Сборник статей; пер. с англ.) / Лотфи А. Заде. – М.: Знание, 1974. – 64 с.
6. Цідило І. Побудова функції належності для визначення репрезентативності експерта / Іван Цідило // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали Міжнародної конференції SAIT 2011, Київ, 23-28 травня 2011 р. – К.: ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», 2011. – 548 с.