

**УДК 371.214: 62:50**

**Цідило Іван Миколайович**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій, докторант Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, e-mail:tsidylo@ukr.net.

## **МОДЕЛЬ НЕЧІТКОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІСТУ ОСВІТИ**

### **Анотація**

Розглянуто проблему розробки експертної системи прогнозування змісту освіти засобами нечіткої логіки. Побудовано модель прийняття рішень групою експертів відносно значимості теми в навчальній програмі дисципліни на базі ієрархічної системи, що поєднує в собі використання як нечітких, так і стохастичних даних. Описано структуру нечіткої системи, функції та механізми побудови окремих блоків моделі. Поверхня відгуку нечіткої системи відображає залежність оцінки значимості теми від коефіцієнта компетентності групи експертів і величини присвоєного балу за сталого значення коефіцієнта варіації. Проведене тестування контролера на тестовій вибірці доводить функціональну придатність розробленої моделі.

**Ключові слова:** прогнозування змісту освіти, експертні системи, нечітка логіка, модель прийняття рішень, нечітка система Мамдані та Сугено.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** До числа найбільш ефективних методів отримання оперативної прогностичної інформації про зміст освіти відносяться методи експертних оцінок. Порівняльний аналіз існуючих підходів до використання думок експертів, а також практичний досвід реалізації методів експертної оцінки в процесі формування змісту професійної підготовки дозволяють застосувати методи інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. У процесі прогнозування змісту освіти доводиться приймати рішення в умовах невизначеності. Причина цього полягає у принциповій неможливості контролю всіх параметрів стану експериментальних досліджень у реальному масштабі часу прогнозування.

Невизначеність може мати різне походження, різний характер інформації щодо невизначених обставин прийняття рішень, відрізнятись своїм ступенем [3]. Зазвичай,

прийняття рішень відбувається в умовах неповноти інформації. Можна навіть стверджувати, що прийняття рішень в умовах повної визначеності є окремим випадком прийняття рішень в умовах невизначеності. Ця невизначеність може мати стохастичну або нечітку природу [2, с. 43]. Стохастична невизначеність полягає у використанні в процесі прийняття рішень даних, про які відомі не точні значення. Нечітка невизначеність пов'язана з використанням суб'єктивних тверджень експертів. Попри це існують ситуації, у яких для прийняття рішень необхідно використовувати як нечіткі, так і стохастичні дані. Прикладом таких випадків є також і прийняття рішень в процесі прогнозування змісту освіти.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблеми прогнозування і перспективного планування у сфері освіти розглядаються в багатьох роботах відомих педагогів і учених: П. Р. Атутова, Ю. Д. Бабанського, С. Я. Батишева, І. В. Бестужева-Лади, Б. С. Гершунського, М. І. Кондакова, Р. М. Макарова, М. І. Махмутова, Н. М. Скаткіна, І. П. Підласого та інших учених.

На сьогоднішній день розроблені методи прийняття рішень в умовах нечіткої невизначеності, яким присвячені праці А. Н. Борисова, М. В. Губко, О. А. Крумберга, І. П. Федорова та ін. і стохастичної невизначеності — Ю. К. Беляєва, Ю. В. Линника, А. М. Кагана, А. Л. Рухина та ін. Прийняття рішень у ситуаціях, для яких необхідно використовувати як нечіткі, так і стохастичні дані, розглядається в роботах А. Г. Белякова, О. В. Глонь, В. М. Дубового, Д. О. Ковалюка, А. С. Манделя та ін. Побудова нечітких експертних систем висвітлено в працях Д. Ф. Люгера, С. Д. Штовби та ін. Разом з тим існує великий клас задач прийняття рішень, який значною мірою залишається поза увагою дослідників — задачі прийняття рішень з метою прогностичного відбору змісту освіти в умовах неповної або неточної інформації.

**Метою статті** є розробка моделі прийняття рішень групою експертів відносно значимості теми в навчальній програмі дисципліни на базі ієрархічної системи, що поєднує в собі використання як нечітких, так і стохастичних даних.

**Виклад основного матеріалу.** Під змістом освіти розуміють систему знань, умінь, навичок, рис творчої діяльності, світоглядних і поведінкових якостей особистості, які обумовлені вимогами до кадрів відповідної кваліфікації і профілю і

на досягнення яких мають бути спрямовані зусилля як педагогів, так і учнів у навчальних закладах, що забезпечують отримання освіти даного рівня [1, с. 12].

Компоненти змісту освіти в навчальній програмі наведені переважно на рівні впорядкованої, структурованої послідовності наукових термінів, які, як правило, приховують значну частину фактів, понять, теорій, законів, ідей, методів, принципів та інших елементів науки, що вивчається. Заглиблюючись далі в структуру навчального предмету, автор [1, с. 13] приходять до висновку, що навчальний предмет тільки тоді буде успішно виконувати свої функції, якщо кожен його розділ, кожна тема, кожне заняття будуть «працювати» на формування заданих компонентів змісту освіти.

Завданням дидактичного прогнозування змісту освіти є саме те, щоб вказати, на якому матеріалі мають бути сформовані відповідні компоненти змісту освіти з урахуванням наперед обумовленого часового попередження. Складність проблеми формування змісту освіти обумовлена багаточисельністю і своєрідністю факторів, що впливають на критерії його відбору і класифікації. У найбільш загальному вигляді, що запропоновано в роботі [1, с. 80], алгоритм дослідження зводиться до такого, як подано далі. *Підготовчий етап*, на якому необхідно: розробити документацію, що підлягає експертній оцінці (зміст анкет, опитувальних листів і т. п.); визначити найраціональніший метод експертної оцінки (індивідуальний, колективний, очний, заочний і т. д.); визначити кількісний склад експертів; здійснити підбір експертів і провести оцінювання їх компетентності; намітити організаційні форми проведення експертизи. *Етап проведення експертного опитування*, основними дослідницькими завданнями якого є: отримання індивідуальних експертних оцінок (шляхом анкетування, інтерв'ю і т. п.); розробка процедури й організації колективного обговорення відповідних проблем; визначення кількості турів опитування; реєстрація і систематизація отриманої інформації. *Етап обробки даних експертних оцінок*.

Розглянемо можливість розробки моделі прийняття рішень групою експертів на прикладі прогнозування змісту навчальної дисципліни «Інтелектуальні технології управління прийняття рішень», що читається для студентів Інженерно-педагогічного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка за спеціальністю «Комп'ютерні технології». Підготовлені матеріали для проведення експертного опитування було запропоновано нами учасникам міжнародної конференції «Системний аналіз та

інформаційні технології SAIT-2011», що проходила 23–28 травня у Національному технічному університеті України «КПІ». Всього до обговорення було залучено 16 респондентів, що склали експертну групу.

Виконавши перших два етапи дослідження, розкриємо суть третього, шляхом застосування інтелектуальних технологій. Для цього побудуємо нечітку систему для визначення значимості теми (див. рис. 1). Нечітка система має три входи:  $KK$  — коефіцієнт компетентності групи експертів (діапазон змінної  $[0\ 1]$ );  $bal$  — величина присвоєного балу (діапазон змінної  $[1\ 10]$ ), що поставили експерти даній темі;  $KV$  — коефіцієнт варіації (діапазон змінної  $[0\ 1]$ ).

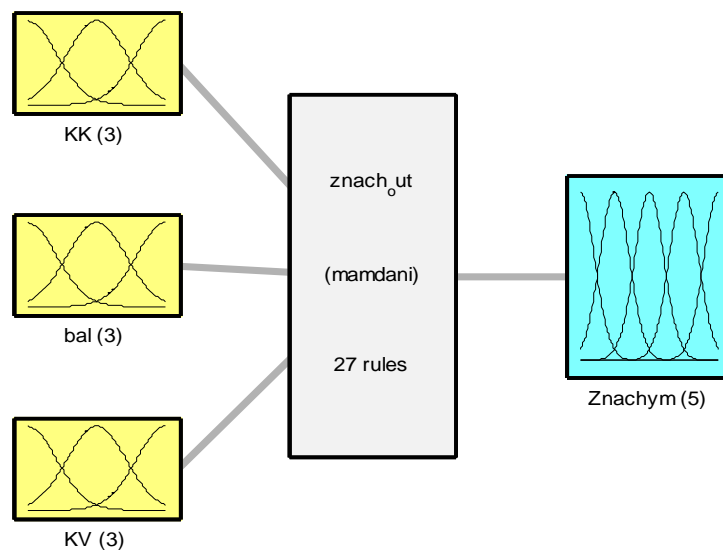


Рис. 1. Структура нечіткої системи

Створено нечітку систему логічного висновку типу Мамдані з такими основними параметрами:

1. Name	znach_out	12. InLabels	KK
2. Type	mamdani	13.	bal
3. Inputs/Outputs	[3 1]	14.	KV
4. NumInputMFs	[3 3 3]	15. OutLabels	Znachym
5. NumOutputMFs	5	16. InRange	[0 1]
6. NumRules	27	17.	[1 10]
7. AndMethod	min	18.	[0 1]
8. OrMethod	max	19. OutRange	[-1 12]
9. ImpMethod	min	20. InMFLabels	n
10. AggMethod	max	21.	s
11. DefuzzMethod	centroid	22.	v

23.	n	43. OutMFTypes	gausmf
24.	s	44.	gausmf
25.	v	45.	gausmf
26.	n	46.	gausmf
27.	s	47.	gausmf
28.	v	48. InMFParams	[0.2123 0 0 0]
29. OutMFLabels	dv	49.	[0.2123 0.5 0 0]
30.	v	50.	[0.2123 1 0 0]
31.	s	51.	[1.911 1 0 0]
32.	n	52.	[1.911 5.5 0 0]
33.	dn	53.	[1.911 10 0 0]
34. InMFTypes	gausmf	54.	[0.2123 0 0 0]
35.	gausmf	55.	[0.2123 0.5 0 0]
36.	gausmf	56.	[0.2123 1 0 0]
37.	gausmf	57. OutMFParams	[1.381 -1 0 0]
38.	gausmf	58.	[1.381 2.25 0 0]
39.	gausmf	59.	[1.381 5.5 0 0]
40.	gausmf	60.	[1.381 8.75 0 0]
41.	gausmf	61.	[1.381 12 0 0]
42.	gausmf		

На вхідні змінні задано по три терми. Тип функцій належності гаусівський. Назва термів: n — низько, s — середньо, v — високо. Коефіцієнти концентрації термів і їхні вершини містяться в змінній InMFParams, яку ми одержали разом з іншими змінними в результаті виконання команди `getfis`.

Діапазон вихідної лінгвістичної змінної «Znachum» (значимість) розбито на п'ять термів із функціями належності гаусівського типу. Коефіцієнти концентрації термів і їхні вершини містяться в змінній OutMFParams, поданій вище. Графіки функцій належності вихідної і вхідних нечітких змінних системи зображені на рис. 2.

Сформована база правил типу ЯКЩО–ТОДІ, і є сукупністю поєднаних нечітких значень вхідних лінгвістичних змінних, яке відповідає конкретній термножині вихідної лінгвістичної змінної. Якщо ми маємо 3 лінгвістичні змінні і кожна задана трьома терм-множинами, то загальна кількість правил (комбінацій сполучень

термів) складає  $3^3$ . Вага правил враховує коефіцієнт компетентності групи експертів, чим менший коефіцієнт, тим менша вага правил, тобто думка більш кваліфікованих експертів буде вагомішою, ніж думка експертів з низьким коефіцієнтом компетентності.

Згідно бази правил максимальну значимість (1) буде мати та тема, яка має найбільший бал (10), що їй надала група експертів з найвищим коефіцієнтом компетентності (1) і найнижчим коефіцієнтом варіації (0), що вказує на ступінь узгодженості групи.

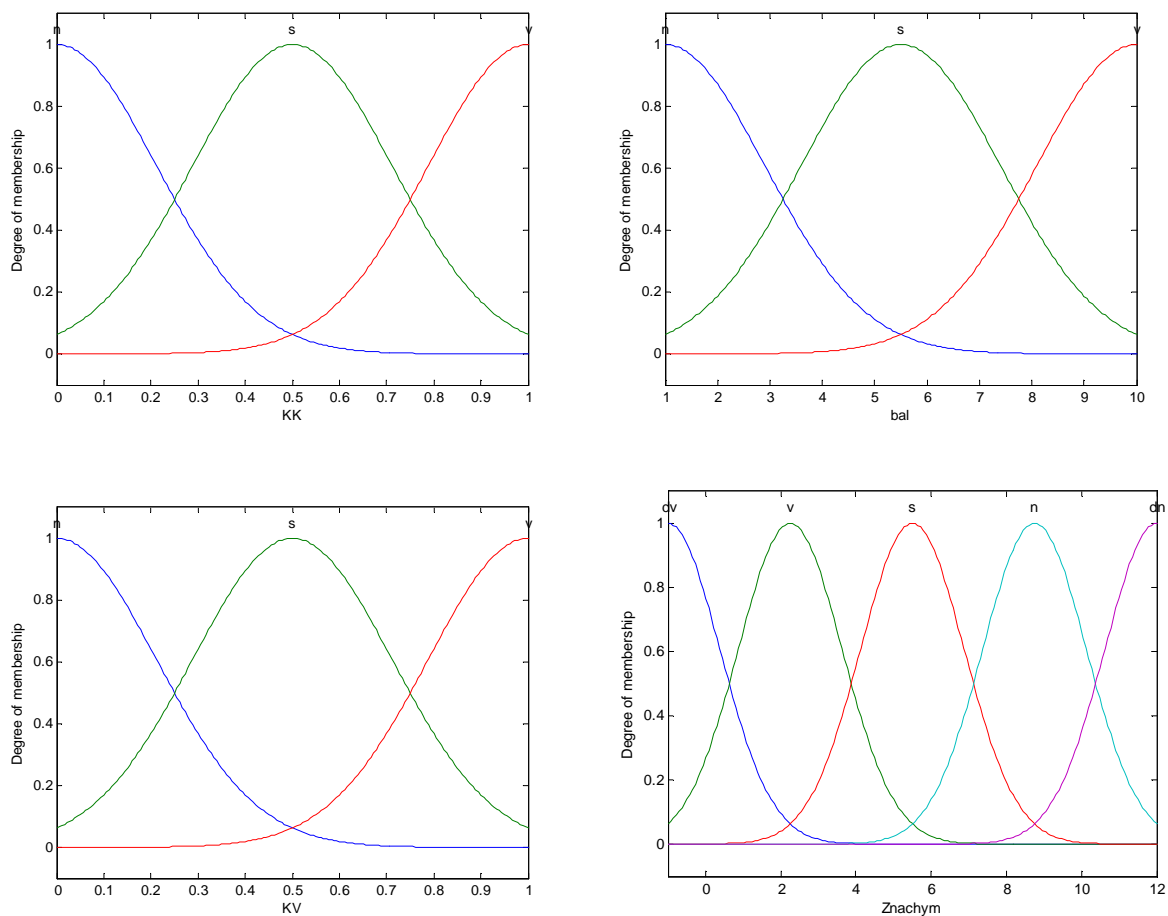


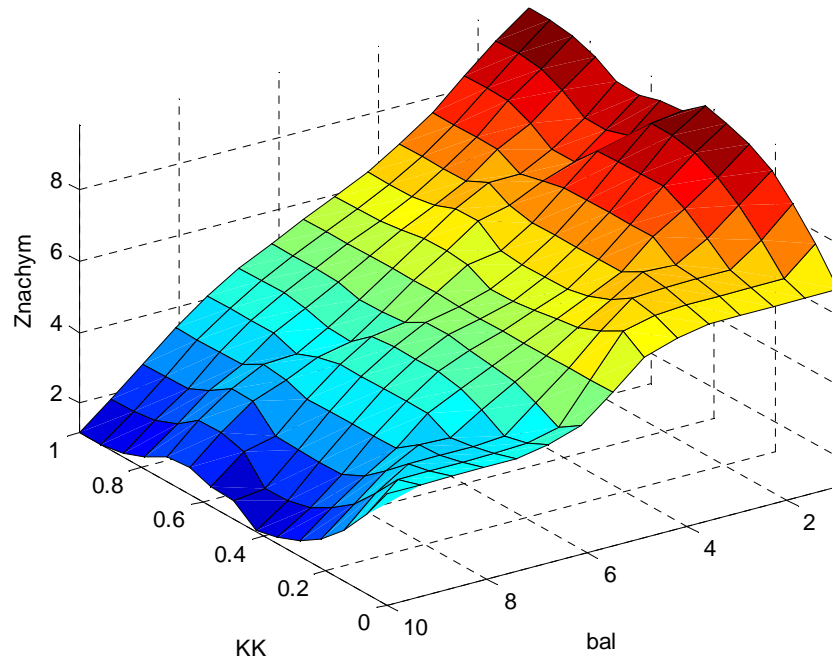
Рис. 2. Графіки функцій належності вихідної і вхідних змінних нечіткої системи

База правил:

1. If (KK is n) and (bal is n) and (KV is n) then (Znachym is dn) (0).
2. If (KK is n) and (bal is n) and (KV is s) then (Znachym is n) (0).
3. If (KK is n) and (bal is n) and (KV is v) then (Znachym is n) (0).
4. If (KK is n) and (bal is s) and (KV is n) then (Znachym is s) (0).

5. If (KK is n) and (bal is s) and (KV is s) then (Znachym is s) (0).
6. If (KK is n) and (bal is s) and (KV is v) then (Znachym is s) (0).
7. If (KK is n) and (bal is v) and (KV is n) then (Znachym is dv) (0).
8. If (KK is n) and (bal is v) and (KV is s) then (Znachym is v) (0).
9. If (KK is n) and (bal is v) and (KV is v) then (Znachym is v) (0).
10. If (KK is s) and (bal is n) and (KV is n) then (Znachym is dn) (0.5).
11. If (KK is s) and (bal is n) and (KV is s) then (Znachym is dn) (0.5).
12. If (KK is s) and (bal is n) and (KV is v) then (Znachym is n) (0.5).
13. If (KK is s) and (bal is s) and (KV is n) then (Znachym is s) (0.5).
14. If (KK is s) and (bal is s) and (KV is s) then (Znachym is s) (0.5).
15. If (KK is s) and (bal is s) and (KV is v) then (Znachym is s) (0.5).
16. If (KK is s) and (bal is v) and (KV is n) then (Znachym is dv) (0.5).
17. If (KK is s) and (bal is v) and (KV is s) then (Znachym is dv) (0.5).
18. If (KK is s) and (bal is v) and (KV is v) then (Znachym is v) (0.5).
19. If (KK is v) and (bal is n) and (KV is n) then (Znachym is dn) (1).
20. If (KK is v) and (bal is n) and (KV is s) then (Znachym is dn) (1).
21. If (KK is v) and (bal is n) and (KV is v) then (Znachym is n) (1).
22. If (KK is v) and (bal is s) and (KV is n) then (Znachym is s) (1).
23. If (KK is v) and (bal is s) and (KV is s) then (Znachym is s) (1).
24. If (KK is v) and (bal is s) and (KV is v) then (Znachym is s) (1).
25. If (KK is v) and (bal is v) and (KV is n) then (Znachym is dv) (1).
26. If (KK is v) and (bal is v) and (KV is s) then (Znachym is dv) (1).
27. If (KK is v) and (bal is v) and (KV is v) then (Znachym is v) (1).

За допомогою команди View/Surface FIS-редактора можна переглянути поверхню відгуку створеної системи (див. рис. 3), що відображає залежність оцінки значимості теми від коефіцієнта компетентності групи експертів і величини балу за сталого значення коефіцієнта варіації.



*Рис. 3. Поверхня відгуку нечіткої системи*

Отже, у побудованій нечіткій системі є три входи: коефіцієнт компетентності групи експертів; величина присвоєного балу, що поставили експерти даній темі; коефіцієнт варіації. Загальна модель прийняття рішень групою експертів відносно значимості теми в навчальній програмі дисципліни на базі ієрархічної системи зображена на рис. 4. Блок 1 — матриця балів анкетування експертів (бали з анкети кожного експерта задаються у вигляді вектора в блоці constant). Блок 2 — модель підсистеми нечіткого визначення коефіцієнта компетентності групи експертів (модель підсистеми, що міститься в блоці Subsystem зображена на рис. 5). Блок 3 — матриця оцінок тем (бали, які задали експерти за кожною з тем задаються у вигляді вектора в блоці constant). Блок 4 — підсистема визначення середнього балу за кожною з тем (модель підсистеми зображена на рис. 6.). Блок 5 — підсистема визначення коефіцієнта варіації (модель підсистеми зображена на рис. 7). Блок 6 — модель контролера на базі нечіткої системи визначення значимості кожної теми (див. рис. 1).



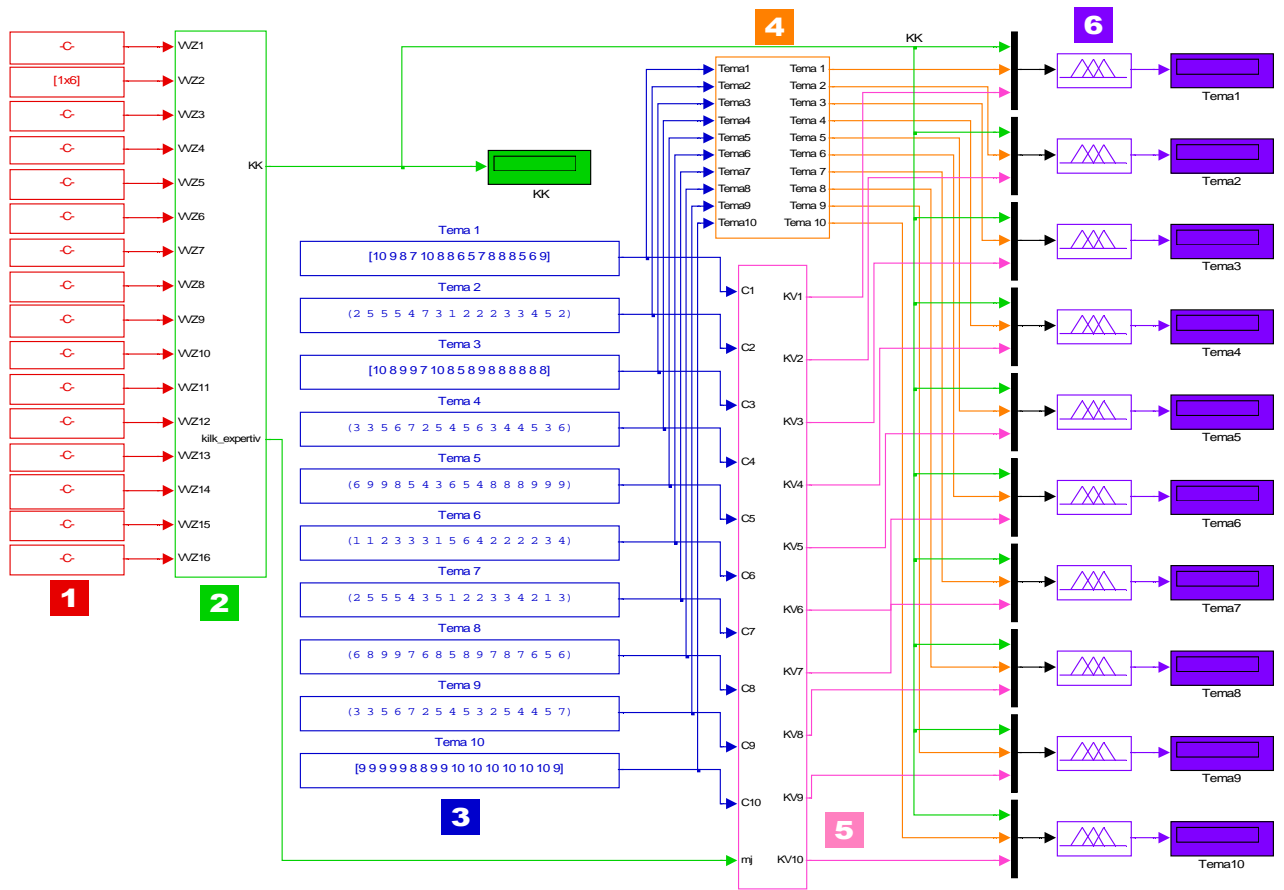


Рис. 4. Модель процесу прийняття рішень групою експертів

Підсистема визначення коефіцієнта компетентності групи експертів (див. рис. 5) функціонує так: блоки Fuzzy Logic Controller реалізують моделі контролерів на базі нечіткої системи для визначення коефіцієнта компетентності для кожного експерта; за допомогою блоку MATLAB Fcn визначається середнє значення вектора значень коефіцієнта компетентності експертів функцією mean; блоком MATLAB Fcn1 обчислюється довжина даного вектора функцією length, яка і буде вказувати на кількість експертів.

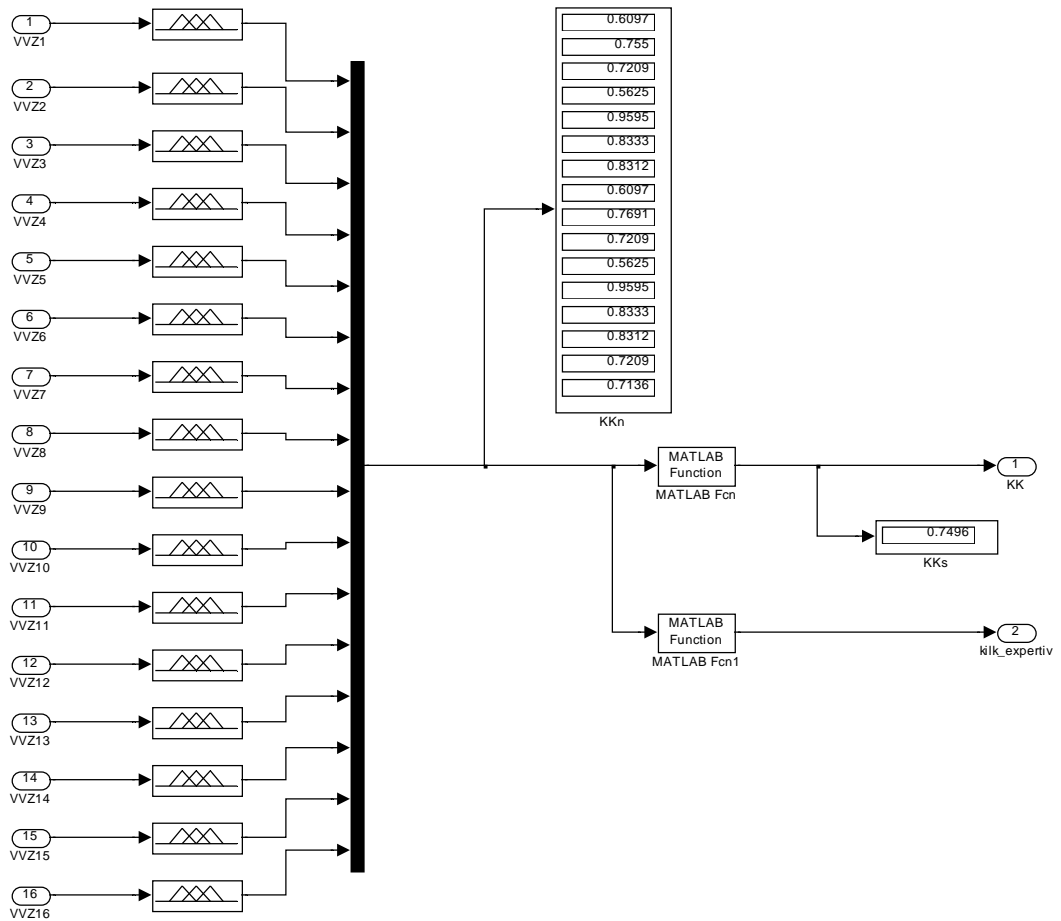


Рис. 5. Підсистема визначення коефіцієнта компетентності групи експертів

У блоках MATLAB Function задана функція mean для визначення середнього значення вектора оцінок за кожною з тем (рис. 6).

Модель підсистеми визначення коефіцієнта варіації (рис. 7) складається, у свою чергу, із підсистем, які реалізують формулу обчислення коефіцієнта варіації для кожної теми.

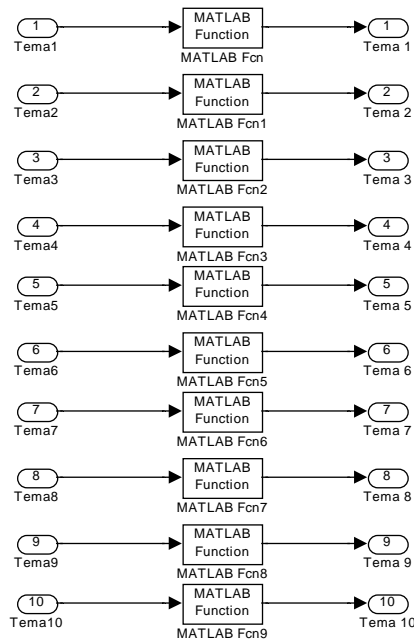


Рис. 6. Підсистема визначення середнього балу за кожною з тем

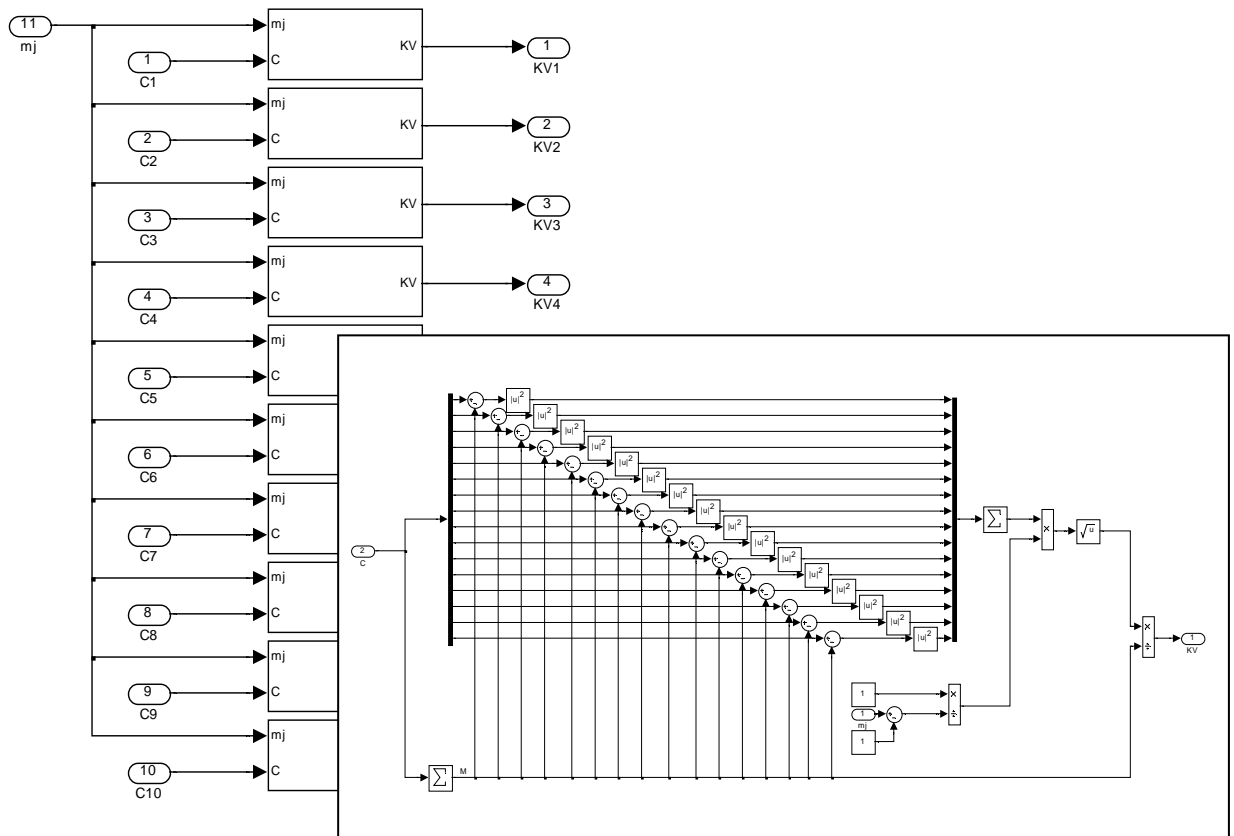


Рис. 7. Підсистема визначення коефіцієнта варіації

Алгоритм функціональності загальної моделі прийняття рішень групою експертів ґрунтується на методі Дельфі, що запропонований і описаний в [1]. Основу моделі формують дві системи, що поєднують в собі використання як нечітких, так і

стохастичних даних. Для визначення коефіцієнта компетентності групи експертів побудовано нечітку систему логічного висновку типу Сугено. Налаштування параметрів системи відбувалося на основі тренувальної вибірки за алгоритмом ANFIS. Входами в систему є 6 нечітких змінних, значення яких характеризують репрезентативність експерта. Для визначення значимості теми в навчальній програмі дисципліни побудовано нечітку типу Мамдані. Оптимізація параметрів даної системи відбувалася методом експертного налаштування за даними, що отримані внаслідок проведення нами експериментального дослідження. Задаючи у блоці 1 числові значення з відповідного питання анкети й бал, що присвоєний експертом із кожної теми у блоці 3, і запустивши модель (див. рис. 4) в роботу, у блоці 6 отримаємо прогностичну значимість кожної теми.

**Висновки.** Формалізація педагогічних явищ і процесів, яка досить таки складна а іноді й неможлива, особливо в умовах неповної або неточної інформації, є актуальною в умовах постійного накопичення знань. Наведена в такому, найбільш загальному вигляді, методика побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень з метою реалізації методів експертних оцінок, маючи на увазі завдання прогнозування змісту освіти дає можливість автоматизації процесу вирішення даного питання. Дослідження процедури створення і якості функціонування нечітких ієрархічних експертних систем типу Сугено та Мамдані показали високу їх ефективність, особливо з метою прогностичного відбору змісту освіти. Перспективи подальших наших розвідок у даному напрямку становитиме опрацювання отриманої прогностичної інформації, яка має бути подана у вигляді, зручному для прийняття рішень і розробки відповідних рекомендацій авторам навчально-програмної документації.

### Список використаних джерел

1. *Гершунский Б. С.* Прогнозирование содержания обучения в техникумах : учебно-метод. пособие / Б. С. Гершунский. — М. : Высш. школа, 1980. — 144 с.
2. *Дубовой В. М.* Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами : монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. — Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2008. — 185 с.
3. *Цідило І. М.* Нечіткість та невизначеність: опис, вимірювання і способи вирішення в моделюванні педагогічних явищ / І. М. Цідило // Інформаційні технології

і засоби навчання. — 2012. — № 5(31) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.journal.iitta.gov.ua>.

## **МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Цидыло Иван Николаевич**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры компьютерных технологий, докторант Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка, г. Тернополь, e-mail: [tsidylo@ukr.net](mailto:tsidylo@ukr.net)

### **Аннотация**

Рассмотрена проблема разработки экспертной системы прогнозирования содержания образования средствами нечеткой логики. Построена модель принятия решений группой экспертов относительно значимости темы в учебной программе дисциплины на базе иерархической системы, которая сочетает в себе использование как нечетких, так и стохастических данных. Описана структура нечеткой системы, функции и механизмы построения отдельных блоков модели. Поверхность отзыва нечеткой системы отображает зависимость оценки значимости темы от коэффициента компетентности группы экспертов и величины присвоенному баллу при постоянном значении коэффициента вариации. Проведенное тестирование контролера на тестовой выборке доводит функциональную пригодность разработанной модели.

**Ключевые слова:** прогнозирование содержания образования, экспертные системы, нечеткая логика, модель принятия решений, нечеткая система Мамдани и Сугено.

## **THE MODEL OF UNCLEAR EXPERT SYSTEM OF PROGNOSTICATION THE CONTENT OF EDUCATION**

**Ivan M. Tsidylo**, PhD (pedagogical sciences), associate professor of the Department of computer technologies, candidate for a doctor's degree of the Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk, Ternopil, e-mail: [tsidylo@ukr.net](mailto:tsidylo@ukr.net).

### **Resume**

The article deals with the problem of development of the expert system of prognostication of the educational content by means of fuzzy logic. It was the model of

making decision by the group of experts in accordance to meaningfulness of the theme in the educational programme on the base of the hierarchical system that combines in itself the use of both unclear and stochastic data. The structure of the unclear system, function and mechanisms of construction of separate blocks of the model are described. The surface of review of the unclear system represents dependence of estimation of the theme meaningfulness on the level of competence of group of experts and size to the point at the permanent value of level's variation. The testing of the controller on a test selection proves the functional fitness of the developed model.

**Keywords:** prognostication of the educational content, consulting models, fuzzy logic, model of decision making, Mamdani's and Sugeno fuzzy system.

Матеріал надійшов до редакції 12.12.2012 р.