

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ НАВЧАННЯ

В.Ю. ХОХЛОВ

Розглянуто проблему розробки інструментарію бази знань для осіб, які приймають рішення у відкритому та дистанційному навчанні. Розроблено математичну модель вибору раціональних варіантів навчання відповідно до потреб суб'єкта. Модель базується на використанні підходу Белмана-Заде до вирішення задачі досягнення нечітко визначеної мети.

ВСТУП

Розвиток безперервної освіти, яка ґрунтується на концепції навчання протягом всього життя, є однією з основних тенденцій розвитку освіти сьогодення. Важливі складові безперервної освіти — це відкрите та дистанційне навчання (ВДН) [1, 2]. Відкрите навчання спрямоване на суб'єкта. Його характерні риси — гнучкість, урахування індивідуальних особливостей і ліквідація обмежень (бар'єрів). Дистанційне навчання — така форма навчання, у якій суб'єкт навчання та навчальні матеріали, засоби та/або викладацький персонал знаходяться на відстані один від одного, а саме навчання відбувається, як правило, за допомогою інформаційних телекомунікаційних технологій. Таке поєднання значно розширює спектр послуг навчання, які може обрати суб'єкт. Тому важливим практичним завданням є каталогізація та систематизація наявних послуг ВДН, а також розробка інструментарію підтримки прийняття рішень у цій галузі.

У жовтні 2002 р. у Києві під егідою ЮНЕСКО відбувся міжнародний семінар експертів у галузі ВДН з країн СНД та Балтії [3], на якому була обґрунтована актуальність задачі забезпечення осіб, що приймають рішення у галузі ВДН, відповідним інструментарієм підтримки прийняття рішень — базою знань «Open and Distance Learning Knowledge Base for Decision-Makers» (ODLKB). У рамках розв'язання даної проблеми було розпочато створення:

- бази даних нормативно-правових актів у сфері ВДН;
- інформаційно-аналітичного забезпечення ВДН;
- організації управління системами ВДН;
- наукового та методичного забезпечення ВДН;
- навчальних інформаційних ресурсів;
- бази даних фахівців у галузі ВДН.

Таким чином систематизуються нормативно-правові документи та створюється каталог ресурсів ВДН. Невирішеною залишається задача розробки інструментарію підтримки прийняття рішень. У даній статті пропонується математична модель пошуку раціонального варіанту навчання — складової частини цього інструментарію, який, у свою чергу, є складовою

частиною розробки бази знань для осіб, які приймають рішення у сфері ВДН. Модель ґрунтується на використанні створеного у рамках проекту ODLKB каталогу інформаційних ресурсів ВДН. Методологічною базою дослідження є системна методологія у галузі дистанційної освіти [4] та запропонований підхід пошуку раціонального компромісу цілей [5]. Враховуючи неформалізованість предметної галузі та нечіткість інформації, для побудови математичної моделі пропонується використовувати підхід Белмана-Заде до розв'язання задач прийняття рішень при нечіткій вихідній інформації [6,7].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Змістовна постановка задачі: нехай у суб'єкта навчання є освітні потреби, і їх він може описати у термінах напрямків, за якими він бажає навчатися; за допомогою ключових слів; у термінах позицій на ринку праці, що він планує обіймати після завершення навчання. Відома множина ресурсів ВДН, а також формалізований зміст навчання та вхідні вимоги по кожному ресурсу. Потрібно знайти серед них такі ресурси, які відповідали б потребам суб'єкта, та обрати з них рекомендований варіант навчання.

Додатковим ускладненням задачі може бути врахування поточного попиту на спеціалістів на ринку праці. Наприклад: відома кількість відкритих вакансій за позиціями на ринку праці, необхідно при виборі рекомендованого варіанту навчання обрати такий, який не тільки якнайкраще відповідав би потребам суб'єкта, але й забезпечував легкість працевлаштування.

Математичну постановку цієї задачі, враховуючи введені у [4] позначення, представляємо у такому вигляді:

Задані:

1) нечітка множина напрямків, за допомогою яких суб'єкт може приймати рішення по вибору свого напрямку навчання

$$\left\{ \langle s_{i_s}, \mu_s(s_{i_s}) \rangle \mid s_{i_s} \in S \right\}; \quad (1)$$

2) нечітка множина ключових слів

$$\left\{ \langle k_{i_k}, \mu_k(k_{i_k}) \rangle \mid k_{i_k} \in K \right\}; \quad (2)$$

3) нечітка множина позицій на ринку праці, які суб'єкт планує обіймати після завершення навчання

$$\left\{ \langle p_{i_p}, \mu_p(p_{i_p}) \rangle \mid p_{i_p} \in P \right\}; \quad (3)$$

4) вибіркові параметри випадкових величин $\xi(p_{i_p})$, які характеризують попит на спеціалістів за професіями $p_{i_p} \in P$;

5) множина ресурсів ВДН $C = \{c_{i_c}\}$ та функція приналежності нечіткого відношення між множинами C та X — $\nu(c_{i_c}, x_n)$, що описує повноту викладення галузі знань x_n під час навчання за послугою c_{i_c} ;

6) вхідні вимоги до рівня знань, вмінь та навичок, необхідних для успішного початку навчання за ресурсами ВДН — множина нечітких множин

$$\mathbf{R} = \{R(c_{i_c})\}, R(c_{i_c}) = \left\{ \langle x_j, \hat{\theta}_{i_c}(x_j) \rangle \mid j = \overline{1, n_{i_c}} \right\}, \quad (4)$$

де $c_{i_c} \in C$ — послуга навчання; $x_j \in X$ — галузь знань, за якою задана j -та вхідна вимога до послуги c_{i_c} ; $\hat{\theta}_{i_c}(x_j) \in [0; 1]$ — функція приналежності, що характеризує потрібний рівень знань; n_{i_c} — кількість вхідних вимог до послуги c_{i_c} ;

7) наявний рівень знань, вмінь та навичок суб'єкта за галузями знань $\left\{ \langle x_j, \theta(x_j) \rangle \mid x_j \in X \right\}$;

8) функції приналежності нечітких відносин між множинами S, K, P та X : $\nu(s_{i_s}, x_n), \nu(k_{i_k}, x_n), \nu(p_{i_p}, x_n)$, які задають зв'язки між відповідними елементами множин та галузями знань у вигляді числа від 0 до 1.

Потрібно знайти нечітку множину рекомендованих послуг навчання $\left\{ \langle c_m, \mu(c_m) \rangle \mid c_m \in C \right\}$ та обрати з них рекомендований суб'єкту варіант навчання c^* .

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

Математичну модель пошуку раціонального компромісу цілей пропонується будувати на основі підходу Белмана-Заде до розв'язання задачі досягнення нечітко визначеної цілі [7]. Фактори, які забезпечують досягнення мети — це потреби та інтереси суб'єкта навчання, задані у вигляді нечітких множин (1)–(3). Універсальна множина альтернатив — множина послуг навчання C .

Нехай задані напрямки навчання $\left\{ \langle s_{i_s}, \mu_S(s_{i_s}) \rangle \right\}$, що викликають зацікавлення суб'єкта. Оскільки множина напрямків пов'язана з множиною галузей знань нечітким відношенням $\nu(s_{i_s}, x_n)$, то можна визначити нечітку множину

$$X_S = \left\{ \langle x_n, \mu_{X_S}(x_n) \rangle \mid \mu_{X_S}(x_n) = \sum_{i_s=1}^{N_S} \mu_S(s_{i_s}) \nu(s_{i_s}, x_n) \right\}, \quad n = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Зміст множини X_S — це індукована відношенням $\nu(s_{i_s}, x_n)$ нечітка множина, яка містить галузі знань, що відповідають зацікавленням суб'єкта щодо напрямків навчання. Замість операції *мін* використовується операція добутку, тому що на значення функції приналежності галузі знань впливають обидва аргументи — і вагомість обраного напрямку навчання, і вагомість зв'язку між ним і галуззю знань. З таких самих міркувань замість операції *тах* використовується операція додавання — при *тах* на значення

$\mu(x_n)$ впливають не усі обрані напрямки навчання, а лише один, з максимальним значенням добутку $\mu_S(s_{i_s}) \nu(s_{i_s}, x_n)$.

По аналогії з (5) визначимо нечіткі множини

$$X_K = \left\{ \left\langle x_n, \mu_{X_K}(x_n) \right\rangle \left| \mu_{X_K}(x_n) = \sum_{i_s=1}^{N_k} \mu_K(k_{i_k}) \nu(k_{i_k}, x_n) \right. \right\}, \quad n = \overline{1, N}. \quad (6)$$

Вони містять галузі знань, що відповідають ключовим словам, за допомогою яких суб'єкт навчання описав свої потреби й інтереси, та

$$X_P = \left\{ \left\langle x_n, \mu_{X_P}(x_n) \right\rangle \left| \mu_{X_P}(x_n) = \sum_{i_p=1}^{N_p} \mu_P(p_{i_p}) \nu(p_{i_p}, x_n) \right. \right\}, \quad n = \overline{1, N}, \quad (7)$$

де є галузі знань, що відповідають позиціям на ринку праці, які він планує обіймати після завершення навчання.

Розглянемо опуклу комбінацію цих множин

$$X' = \rho_S X_S + \rho_K X_K + \rho_P X_P, \quad (8)$$

де ρ_S, ρ_K, ρ_P — коефіцієнти, що задають вагомість критеріїв відповідно (1)–(3), при цьому виконана умова $\rho_S + \rho_K + \rho_P = 1$.

Зміст множини (8) — нечітка множина галузей знань, які відповідають інтересам і потребам суб'єкта, тобто формалізоване уявлення освітніх потреб суб'єкта. Таким чином, цю множину можна використовувати як частину профайла студента.

Для того щоб врахувати поточний попит на спеціалістів на ринку праці, пропонується використовувати метод штрафних функцій. При цьому значення штрафу повинно бути тим більше, чим менше спеціалістів з даної професії потрібно зараз, тобто чим менше по цій позиції відкрито вакансій. Кількість відкритих вакансій за позиціями p_{i_p} можна оцінити статистично як вибіркове середнє випадкової величини $\xi(p_{i_p})$ — $E_{i_p}^P$.

Таким чином, корегуємо значення функції приналежності множини X' :

$$\mu_{X'}(x_n) = \mu_X(x_n) \frac{\sum_{i_p=1}^{N_p} \nu(p_{i_p}, x_n) [1 - \psi(E_{i_p}^P)]}{\sum_{i_p=1}^{N_p} \nu(p_{i_p}, x_n)}, \quad (9)$$

де μ_X — функція приналежності нечіткої множини (8); $\psi(E_{i_p}^P)$ — штрафна функція, яка повинна бути монотонно спадаючою за $E_{i_p}^P$.

Зміст добутку $\nu(p_{i_p}, x_n) \psi(E_{i_p}^P)$ полягає у тому, що штраф за малий попит на спеціалістів за професією p_{i_p} повинен залежати від зв'язку цієї про-

фесії з галуззю знань (якщо вони не пов'язані, то штраф не накладається, якщо цілком відповідають один одному — штраф застосовується повною мірою).

Розглянемо образ нечіткої множини X' на універсальній множині альтернатив C , який генерує нечітке відношення $\nu(c_{i_c}, x_n)$

$$C' = \left\{ \langle c_m, \mu(c_m) \rangle \mid \mu(c_m) = \sum_{n=1}^N \mu_{X'}(x_n) \nu(c, x_n) \right\}, \quad m = \overline{1, N_C}. \quad (10)$$

Це — множина можливих варіантів навчання, які відповідають заданим вхідним даним суб'єкта. Значення функції приналежності відповідає перевазі вибору тієї чи іншої послуги. Таким чином, множина C' — саме і є нечітким розв'язком задачі.

Для того щоб врахувати вхідні вимоги до рівня знань, вмінь та навичок суб'єкта навчання, можна застосувати штрафну функцію, яка буде корегувати значення функції приналежності (10)

$$\mu'(c_m) = \mu(c_m) \exp \left(- \sqrt{\sum_{x_i \in R(c_m)} [\max\{\hat{\theta}_m(x_i) - \theta(x_i), 0\}]^2} \right). \quad (11)$$

Сума у формулі (11) береться по усім галузям знань x_j , які входять до множини вхідних вимог $R(c_m)$. При цьому якщо рівень знань, вмінь та навичок суб'єкта вищий за вхідну вимогу, то штраф не накладається. В іншому випадку величина штрафу визначається квадратом різниці між потрібним та наявним рівнями знань.

Обрати єдине рішення з множини альтернатив можна, наприклад, максимізуючи альтернативу

$$c^* : \mu'(c^*) = \max_{c_m \in C} \{\mu'(c_m)\}.$$

ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ

Для ілюстрації застосування запропонованої моделі розглянемо задачу пошуку раціонального варіанта навчання серед чотирьох спеціальностей, які пропонуються в Інституті заочного та дистанційного навчання Національного авіаційного університету:

- 7.040201 «Психологія» (c_1);
- 7.050206 «Менеджмент зовнішньоекономічної діяльності» (c_2);
- 7.050103 «Міжнародна економіка» (c_3);
- 7.050201 «Менеджмент організацій» (c_4).

Для опису інтересів і потреб суб'єкта навчання у даному розрахунковому прикладі використовуються:

- напрямок навчання «Кадровий менеджмент» (s_1);
- ключове слово «Бізнес» (k_1);
- позиція на ринку праці «Керівник адміністративного персоналу» (p_1);
- позиція на ринку праці «Менеджер з персоналу» (p_2);

- позиція на ринку праці «Спеціаліст із зовнішньоекономічної діяльності» (p_3).

Зв'язки між напрямками навчання, ключовими словами, позиціями на ринку праці задаються шляхом встановлення значень функцій приналежності відповідних нечітких відносин $\nu(s_{i_s}, x_n)$, $\nu(k_{i_k}, x_n)$, $\nu(p_{i_p}, x_n)$, що одержані експертним оцінюванням (табл. 1).

Таблиця 1. Значення функцій приналежності нечітких відносин $\nu(s_{i_s}, x_n)$, $\nu(k_{i_k}, x_n)$, $\nu(p_{i_p}, x_n)$

№ п/п	Галузь знань x_n	Значення функції $\nu(\cdot, x_n)$				
		p_1	p_2	p_3	s_1	k_1
1	Управління документообігом	0,80	0,40	0,40		0,60
2	Управління адміністративним персоналом	1,00			0,65	0,50
3	Управління персоналом	0,80	1,00		0,85	0,70
4	Управління працею	0,60	0,80		0,60	
5	Управління підприємством		0,60	0,60		0,80
6	Психологія		0,80			
7	Економіка			0,70		0,70
8	Макроекономіка			0,70		
9	Зовнішньоекономічна діяльність			1,00		0,50
10	Кадровий менеджмент	0,70	0,80		1,00	
11	Мікроекономіка			0,50		0,90

Значення функцій приналежності нечітких відносин $\nu(c_{i_c}, x_n)$ між множиною галузей знань та множиною пропонованих послуг навчання наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Значення функцій приналежності нечітких відносин $\nu(c_{i_c}, x_n)$

№ п/п	Галузь знань x_n	Значення функції $\nu(c_{i_c}, x_n)$			
		c_1	c_2	c_3	c_4
1	Управління документообігом		0,30		0,50
2	Управління адміністративним персоналом	0,40	0,10		0,50
3	Управління персоналом	0,60	0,30		0,70
4	Управління працею				
5	Управління підприємством		0,50		0,70
6	Психологія	1,00	0,70		0,30
7	Економіка			0,70	
8	Макроекономіка		0,50	0,70	
9	Зовнішньоекономічна діяльність		0,90	1,00	0,35
10	Кадровий менеджмент	0,80	0,10		0,50
11	Мікроекономіка		0,50	0,50	0,60

Розглянемо такі варіанти вихідних даних — нечітких множин P, S, K :

1. $P = \{0,8 / p_1\}; S = \{0,6 / s_1\}; K = \{0,5 / k_1\}$, коефіцієнти $\rho_P = \rho_S = \rho_K = 1/3$.
2. $P = \{0,7 / p_1; 0,7 / p_2\}; S = \emptyset; K = \emptyset$ при $\psi(E_1^P) = \psi(E_3^P) = 0,5, \psi(E_2^P) = 0$.
3. Такі ж самі P, S, K при $\psi(E_1^P) = 0, \psi(E_2^P) = 0,1, \psi(E_3^P) = 0,2$.
4. $P = \{1,0 / p_3\}; K = \{0,6 / k_1\}$, коефіцієнти $\rho_P = 2/3; \rho_S = 0; \rho_K = 1/3$.

Проведення розрахунків за формулами (5)–(8) для варіантів 1, 4 та (5)–(9) для варіантів 2, 3 потребує обчислення функцій приналежності нечіткої множини $\{\{x_n, \mu_X(x_n)\}\}$, яка є формалізованим відображенням інтересів і потреб суб'єкта. Розраховані значення функції приналежності для варіантів 1–4 наведені у табл. 3.

Таблиця 3. Значення функцій приналежності $\mu(x_i), i = 1,11$

Варіант	$\mu(x_1)$	$\mu(x_2)$	$\mu(x_3)$	$\mu(x_4)$	$\mu(x_5)$	$\mu(x_6)$	$\mu(x_7)$	$\mu(x_8)$	$\mu(x_9)$	$\mu(x_{10})$	$\mu(x_{11})$
1	0,31	0,48	0,50	0,28	0,13	0	0,12	0	0,08	0,39	0,15
2	0,53	0,35	0,98	0,77	0,32	0,56	0	0	0	0,81	0
3	0,78	0,70	1,19	0,92	0,36	0,50	0	0	0	0,99	0
4	0,39	0,10	0,14	0	0,56	0	0,61	0,47	0,77	0	0,51

За формулою (10) розраховуємо значення функції приналежності нечіткої множини альтернатив $\{\{c_m, \mu(c_m)\}\}$ (табл. 4).

Таблиця 4. Значення функцій приналежності нечіткої множини альтернатив $\{\{c_m, \mu(c_m)\}\}$

Варіант	$\mu(c_1)$	$\mu(c_2)$	$\mu(c_3)$	$\mu(c_4)$	c^*
1	0,80	0,55	0,24	1,15	c_4 — Менеджмент організацій
2	1,93	1,12	0	1,91	c_1 — Психологія
3	2,29	1,29	0	2,47	c_4 — Менеджмент організацій
4	0,12	1,63	1,78	1,31	c_3 — Міжнародна економіка

Можна відзначити, що за варіантом 2 при високому попиті на менеджерів з персоналу майже рівні значення мають спеціальності «Психологія» та «Менеджмент організацій», але якщо зміниться попит на ринку праці і попит на цю професію впаде, а зросте попит на керівників адміністративного персоналу (варіант 3), то рекомендований варіант зміниться, більш раціональним буде вибір спеціальності «Менеджмент організацій».

ВИСНОВКИ

1. В статті на основі використання підходу Белмана-Заде до вирішення задачі досягнення нечітко визначеної цілі запропонована математична модель, яка дозволяє знаходити множину послуг ВДН, що можуть задовольнити освітні потреби суб'єкта навчання. Це дає змогу врахувати значну долю суб'єктивізму, яка є характерною рисою опису вихідної інформації — потреб, інтересів, цілей професійного позиціонування суб'єкта навчання.

2. Побудована модель є складовою частиною інструментарію підтримки прийняття рішень у бази знань для осіб, які приймають рішення у сфері ВДН. Для її практичного використання потрібен каталог ресурсів (послуг) ВДН, що створюється у рамках проекту ODLKB.

3. Напрямами подальших розробок щодо створення інструментарію підтримки прийняття рішень у галузі ВДН є розробка програмного забезпечення СППР, яке ґрунтується на використанні запропонованої моделі, а також створення нових моделей, що дозволятимуть оцінювати попит на освітні послуги та адекватність наявних послуг, знаходити спеціалістів, рівень знань, вмінь та навичок яких відповідатиме професійним вимогам для заповнення відкритих вакансій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lewis R. What is Open Learning? // Open Learning. — 1986. — 1, № 2. — P. 5–10.
2. Rumble G. Open Learning, Distance Learning and Misuse of Language // Open Learning. — 1989. — 4, № 2. — P. 32–40.
3. Міжнародний семінар ЮНЕСКО // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2002. — № 3. — С. 146–153.
4. Панкратова Н.Д., Хохлов В.Ю. Построение модели дистанционного образования на основе системной методологии // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2002. — № 3. — С. 85–98.
5. Панкратова Н.Д., Хохлов В.Ю. Рациональный компромисс целей субъектов дистанционного образования // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2003. — № 4. — С. 44–59.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 208 с.
7. Зайченко Ю.П. Исследование операций: нечеткая оптимизация: Учеб. пособие. — Киев: Вища шк., 1991. — 191 с.

Надійшла 12.05.2004