УДК 74.202

Л. А. Тарандушка, *к.т.н., доцент*
Черкаський державний технологічний університет,
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИЩИМ НАВЧАЛЬНИМ ЗАКЛАДОМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Запропонована дворівнева математична модель дозволяє визначати найбільш пріоритетні напрями підготовки студентів за дистанційною формою навчання, враховуючи місце розташування вищого навчального закладу, спеціалізацію та науковий рівень викладачів, економічність процесу проведення навчання, прибутковість проведеного навчання, термін навчання, трудомісткість навчання, можливість працевлаштування за обраним напрямом, психологію студента, доступність навчання. Ця модель базується на оцінюванні рівнів відносної важливості кожного критерію та вибору з повної множини альтернатив найбільш доцільного рішення.

Ключові слова: *математична модель, дистанційне навчання.*

Постановка проблеми. З виникненням нових інформаційних технологій пов’язується виникнення різних інноваційних форм навчання, а саме дистанційної освіти. Перехід на нові навчальні технології диктує новий підхід до організації та оптимізації дистанційної освіти.

Метою статті є розробка економіко-математичної моделі оптимізації процесу ведення навчання вищим навчальним закладом, що є другим рівнем дворівневої моделі, на базі якої будується і обґрунтовується найбільш доцільне рішення поставленої задачі.

Аналіз джерел. При математичному моделюванні процесів, для яких характерна багатокритеріальність, класичні методи точного кількісного аналізу завдань виявляються недостатніми через слабку структурованість і невизначеність їх параметрів. Вирішенням задач в умовах багатокритеріальності і невизначеності даних займались Алтунін А. Е., Чуклеєв С. Н., Семухин М. В., Крел Л. Д., Риков А. С., Кернс К. Вони пропонують концепцію дворівневого підходу в моделюванні таких процесів [1, 2]. Ця концепція полягає в такому:

1) розробка загальної схеми дворівневого моделювання і вибір чисельних методів її реалізації;

2) розробка моделі нижнього рівня, тобто моделювання початкових даних і параметрів задання на базі апарату інтервальної математики, теорії ймовірності та математичної статистики, а також фрактального аналізу [3]. Таким чином, на нижньому рівні здійснюється моделювання початкових даних для моделі верхнього рівня;

3) розробка моделі верхнього рівня, тобто формулювання і дослідження векторної задачі з нечіткими або інтервально заданими параметрами, які були отримані на нижньому рівні моделювання. Математична модель верхнього рівня – це модель теорії оптимізації, на базі якої будується і обґрунтовується найбільш доцільне рішення поставленої задачі.

Виклад основного матеріалу досліджень. В роботі [4] було визначено відносні оцінки важливості множини запропонованих критеріїв: K_1 – економічність процесу проведення навчання; K_2 – прибутковість проведеного навчання; K_3 – термін навчання; K_4 – трудомісткість навчання. C_1 – можливість працевлаштування за обраним напрямом; C_2 – майбутня заробітна плата; C_3 – психологія студента (схильність до напряму); C_4 – доступність навчання (оплата за навчання). Визначена матриця порівнянь критеріїв рівня якості виконання роботи викладачами колективів за критерієм «професіоналізм (F_1)» відбиває те, як колектив планує і організовує свою роботу, якими сучасними технологіями користується, як застосовуються технічні, наукові і професійні знання, а за критерієм «науковий рівень (F_2)» – такий показник, що відповідає певному відсотку викладачів з науковим ступенем у колективі. Таким чином, після закінчення моделювання на нижньому рівні було також розраховано показники якості роботи колективів Q_j; показники споживчої якості S_j напрямів L_j, j = 1…16; показники якості R_{jk} для навчання студентів за H_j напрямом у разі навчання за j-м напрямом з урахуванням колективу B_k, k = 1...4, який виконує навчання, що використовуються як вхідні дані для верхнього рівня моделювання.

На верхньому рівні моделювання розглядається економіко-математична модель оптимізації процесу ведення навчання вищим навчальним закладом. Об'єкти моделювання представлені у вигляді трьох множин:

B ={b} – множина колективів, сформованих на базі вищого навчального закладу для проведення навчання. Причому, колективи b_1, b_2 – спеціалізуються за спеціальностями h_1 та h_2, а b_3, b_4 – за спеціальностями h_3 та h_4. H = {h} – множина спеціальностей, на яких можуть навчатися студенти за допомогою дистанційного навчання у вищому навчальному закладі, де h_1 – автомобілі та автомобільне господарство h_2 – металорізальні верстати та системи, h_3– теплоенергетика, h_4 – обробка металів за спецтехнологіями; U = {u} – множина можливих регіонів, де може розташовуватися вищий навчальний заклад, де u_1 – столиця; u_2 – районний центр, u_3 – обласний центр; u_4 – автономна республіка Крим.

Сформулюємо таке завдання: колектив $b \in B$ призначити на проведення навчання зі спеціальності $h \in H$, враховуючи регіон розташування вищого навчального закладу $u \in U$. Результатом такого призначення повинне стати задоволення потреби майбутніх студентів у навчанні за спеціальностями з урахуванням розташування і можливостей вищого навчального закладу, тобто вищому навчальному закладу необхідно вибрати таку стратегію вибору та проведення навчання за спеціальностями, щоб максимально задовольнити як споживчу якість, так і якість реалізації і привабливості запропонованих спеціальностей для вищого навчального закладу. З погляду математичного моделювання це завдання є узагальненням відомої в теорії дискретної оптимізації задачі про призначення [5].

Математична постановка цієї задачі базується на 3-частковому 3-однорідному гіперграфі $G = (V_1, V_2, V_3, E)$, який визначається таким чином. Вершини першої частки $v \in V_1$ поставлені у взаємно однозначну відповідність до зазначеної вище множини колективів B. Кожна вершина другої частки $v \in V_2 V$ однозначно відповідає деякому елементу з множини H варіантів спеціальностей вищого навчального закладу. Вершини третьої частки $v \in V_3$ відображають можливі регіони розташування вищого навчального закладу. Для побудови множини ребер E = {e} розглянемо можливі трійки вершин (v_1, v_2, v_3) такі, що $v_1 \epsilon V_1$, $v_2 \epsilon V_2$, $v_3 \epsilon V_3$. Всяку трійку називаємо допустимою, якщо колектив v_1 може проводити навчання зі спеціальності v_2, враховуючи місце розташування вищого навчального закладу v_3. Множина всіх ребер E={e} визначається як множина всіх допустимих трійок (v_1, v_2, v_3), $v_i \epsilon V_i$, i = 1…3. Кожному ребру $e \epsilon E$ гіперграфа $G = (V_1,\ V_2,\ V_3, E)$ приписані дві ваги $w_v(e)$, v = 1, 2 , які означають таке: $w_1(e) = f_1(v_1, v_2, v_3)$ – показник споживчої якості спеціальності S_j, $w_2(e) = f_2(v_1, v_2, v_3)$ – показник якості реалізації навчання вищим навчальним закладом R_{jk}. Показники S_j, R_{jk} визначені на нижньому рівні моделювання і представлені в [4].

Допустимим розв'язком цієї задачі є досконале поєднання $x = (V,\ E_x)$, $E_x \subseteq E$ на гіперграфі $G = (V_1,\ V_2,\ V_3,\ E)$. За змістом здійснене поєднання представляє одну із стратегій проведення навчання за спеціальностями вищим навчальним закладом. Через $X = X$ (G) ={x} позначимо множину всіх допустимих рішень (МДР) задачі при досконалих поєднаннях на гіперграфі G. Змістовно МДР представляє для вищого навчального закладу множину всіляких стратегій проведення навчання.

Якість допустимих рішень задачі $x \in X$, що оцінюється за допомогою векторної цільової функції (ВЦФ) $F(x) = (F_1(x),\ F_2(x))$, складається з критеріїв виду *MAXSUM* і *MAXMIN* : $F_1(x) = \sum_{e \epsilon E_x} w_1(e) \rightarrow max$,

$$F_2(x) = \min_{e \epsilon E_x} w_2(e) \rightarrow max.$$

Критерій $F_1(x)$ означає сумарний показник споживчої якості даної стратегії навчання, критерій $F_2(x)$ – найнижчий показник якості реалізації процесу навчання у вибраній стратегії. ВЦФ $F(x)$ визначається в МДР як X паретівська множина (ПМ) $\tilde{X}$, що складається з паретівських оптимумів (ПО) $\tilde{x}$ [5]. У випадку, якщо однакові за значенням ВЦФ розв'язки $x', x'' \in X$ вважаються еквівалентними, то з ПМ $\tilde{X}$ виділяється повна множина альтернатив (ПМА) X^0. ПМА X^0 являє собою максимальну систему векторно-непорівнюваних ПО, що складається з $\tilde{X}$, $X^0 \subseteq \tilde{X}$. Найбільш доцільне рішення вибирається з ПМА за допомогою процедур теорії вибору та прийняття рішень [6].

Для представленої задачі множину ребер $E = \{e\}$ гіперграфа $G = (V_1, V_2, V_3, E)$ і ваги ребер $w_v(e)$, $v = 1, 2$ з урахуванням розрахунків показників споживчої якості S_j напрямів L_j та показників якості R_{jk} для навчання студентів за H_j напрямом колективом B_k [4] подано в табл. 1.

Таблиця 1

Ребра гіперграфа *G*

Ребра	Вершини	w_1	w_2
e_1	1,5,9	0,117	0,115
e_2	1,5,11	0,064	0,115
e_3	1,5,12	0,350	0,115
e_4	1,6,9	0,116	0,118
e_5	1,6,11	0,063	0,118
e_6	2,5,9	0,117	0,092
e_7	2,5,11	0,064	0,092
e_8	2,5,12	0,350	0,092
e_9	2,6,9	0,116	0,075
e_{10}	2,6,11	0,063	0,075
e_{11}	3,7,9	0,134	0,048
e_{12}	3,7,10	0,039	0,048
e_{13}	3,7,11	0,075	0,048
e_{14}	3,7,12	0,047	0,048
e_{15}	3,8,9	0,093	0,029
e_{16}	3,8,11	0,062	0,029
e_{17}	4,7,9	0,134	0,020
e_{18}	4,7,10	0,039	0,020
e_{19}	4,7,11	0,075	0,020
e_{20}	4,7,12	0,047	0,020
e_{21}	4,8,9	0,093	0,012
e_{22}	4,8,11	0,062	0,012

Знаходимо МДР $X = \{x\}$ досконалі поєднання в гіперграфі. МДР $X = \{x\}$ і значення критеріїв $F_1(x)$ і $F_2(x)$ для кожного розв'язку та заносимо в табл. 2.

Таблиця 2

Множина допустимих рішень

x	Ребра	$F_1(x)$	$F_2(x)$
x_1	$\{e_1, e_9, e_{12}, e_{22}\}$	0,334	0,012
x_2	$\{e_3, e_{10}, e_{12}, e_{21}\}$	0,545	0,012
x_3	$\{e_3, e_9, e_{16}, e_{18}\}$	0,567	0,020
x_4	$\{e_3, e_{10}, e_{15}, e_{18}\}$	0,545	0,020
x_5	$\{e_4, e_8, e_{12}, e_{22}\}$	0,567	0,012
x_6	$\{e_5, e_8, e_{12}, e_{21}\}$	0,545	0,012
x_7	$\{e_4, e_8, e_{16}, e_{18}\}$	0,567	0,020
x_8	$\{e_5, e_8, e_{15}, e_{18}\}$	0,545	0,020

Використовуючи табл. 2, знаходимо рішення представленої задачі.

Розв'язком задачі є ПМ і ПМА $\tilde{X} = X^0 = \{x_3, x_7\}$.

На рис. 1 зображено один із альтернативних розв'язків x_3, який відображає таку стратегію проведення навчання: 1-й колектив проводить навчання за спеціальністю «автомобілі та автомобільне господарство», якщо вищий навчальний заклад розташований в Автономній Республіці Крим, 2-й колектив проводить навчання за спеціальністю «металорізальні верстати та системи», якщо вищий навчальний заклад розташований у столиці, 3-й колектив проводить навчання за спеціальністю «обробка металів за спецтехнологіями», якщо вищий навчальний заклад розташований в обласному центрі, 4-й колектив проводить навчання за спеціальністю «металорізальні верстати та системи», якщо вищий навчальний заклад розташований у районному центрі. Інше альтернативне рішення x_7 відповідає такій стратегії проведення навчання вищим навчальним закладом: 1-й колектив проводить навчання за спеціальністю «металорізальні верстати та системи», якщо вищий навчальний заклад розташований у столиці, 2-й колектив проводить навчання за спеціальністю «автомобілі та автомобільне господарство», якщо вищий навчальний заклад розташований в Автономній Республіці Крим, 3-й колектив проводить навчання за спеціальністю «обробка металів за спецтехнологіями», якщо вищий навчальний заклад розташований в обласному центрі, а 4-й колектив проводить навчання за спеціальністю «теплоенергетика», якщо вищий навчальний заклад розташований у районному центрі. Рішення x_7 зображено на рис. 2.

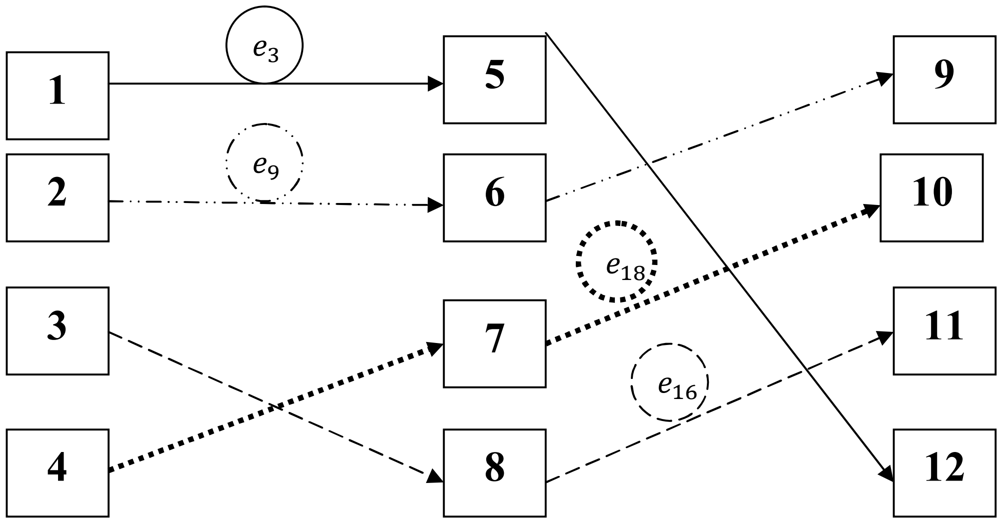

Рис. 1. Одне з альтернативних рішень x_3

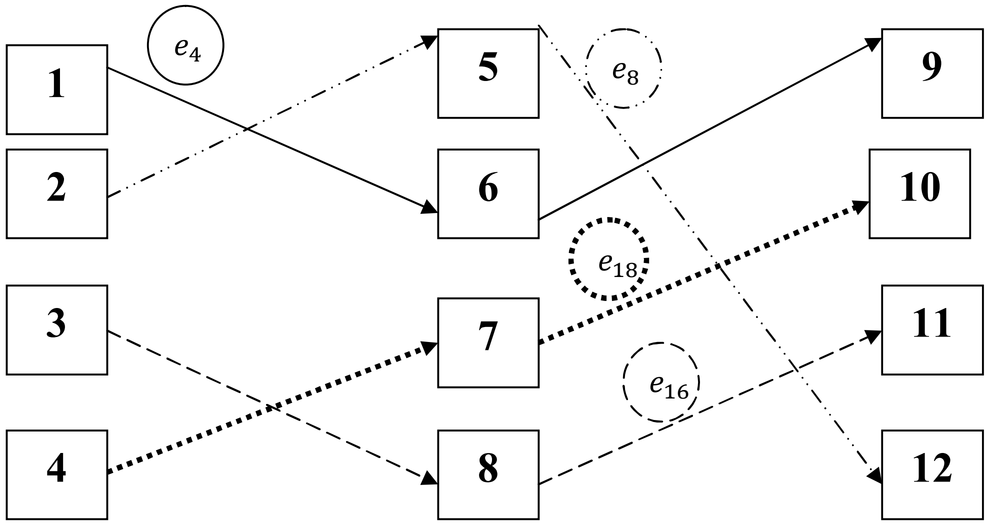

Рис. 2. Одне з альтернативних рішень x_7

Запропонована дворівнева математична модель дозволяє визначати найбільш пріоритетні напрями підготовки студентів за дистанційною формою навчання, враховуючи місце розташування вищого навчального закладу (тому що дистанційне навчання все одно передбачає поїздки студента до навчального закладу для ідентифікації особи, що навчається), спеціалізацію та науковий рівень викладачів, економічність процесу проведення навчання, прибутковість проведеного навчання, термін навчання, трудомісткість навчання, можливість працевлаштування за обраним напрямом, психологію студента (схильність до запропонованих напрямів), доступність навчання. Ця модель базується на оцінюванні рівнів відносної важливості кожного критерію та вибору з повної множини альтернатив найбільш доцільного рішення.

Список літератури

1. Рыков А. С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации / А. С. Рыков. – М. : Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.
2. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991.
3. Савельєва В. С. Організаційна поведінка : навч. посіб. для вищої школи / В. С. Савельєва. – К. : Центр учбової літератури, 2012. – 240 с.
4. Тарандушка Л. А. Математична модель стратегії вибору напрямів підготовки студентів на дистанційній формі навчання / Л. А. Тарандушка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2013. – № 4. – С. 98–106.
5. Емеличев В. А. Сложность дискретных многокритериальных задач / В. А. Емеличев, В. А. Перепелица // Дискретная математика. – 1994. – Т. 6, № 1. – С. 3–8.
6. Василенко В. А. Теорія і практика розробки управлінських рішень : навч. посіб. / В. А. Василенко. – К. : ЦУЛ, 2003. – 420 с.

References

1. Rykov, A. S. (2009) System analysis: models and methods of decision-making and search optimization. Moscow: Izdatel’skyi Dom MISiS, 608 p. [in Russian].
2. Saaty, T. and Kerns, K. (1991) Analytical planning. Organization of systems. Moscow: Radio i svyaz’ [in Russian].
3. Savelyeva, V. S. (2012) Organizational behavior. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 240 p. [in Ukrainian].
4. Tarandushka, L. A. (2013) A mathematical model for the strategy of the choice of directions of students training in distance learning. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu,* (4), pp. 98-106 [in Ukrainian].
5. Emelychev, V. A. and Perepelitsa, V. A. (1994) The complexity of discrete multicriteria problems. *Discrete Mathematics,* V. 6, № 1, pp. 3-8 [in Russian].
6. Vasilenko, V. A. (2003) Theory and practice of the development of management decisions. Kyiv: TSUL, 420 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 15.01.2014.

L. A. Tarandushka, *Ph.D., associate professor*
Cherkasy State Technological University
Schevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF THE OPTIMIZATION OF DISTANCE LEARNING PROCESS BY HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENT

In the developed mathematical model of the optimization of distance learning process by higher educational establishment the following problem is formulated: to appoint the team of teachers for educating in one of the offered specialities taking into account the location of the university. The result of this appointment is the satisfaction of future students' needs in the education in specialities considering the location of the university, its capabilities, therefore higher educational establishment must chose the strategy, which can satisfy both the quality of education and the quality of offered specialties for higher educational establishment.

The offered two-level mathematical model allows to determine the most priority directions of training students after distance learning, including the location of higher educational establishment, the specialization and scientific level of teachers, the efficiency of training process, its profitability, the period of education, labour intensity of training, employment opportunities after the selected direction, student’s psychology and the access to learning. This model is based on estimates of relative importance levels of each criterion and the choice of the most expedient solution from the whole set of alternatives.

Key words: *mathematical model, distance learning.*