

5. Levkovets P.R., Zerkalov D.V., Melnichenko O.I., Kazachenko O.H. Upravlinnia avtomobilnym transportom, navch. posib, Kyiv, Aristei Publ., 2006. 416 p. [in Ukrainian].
6. Savenko V.Ya., Haidukevych V.A. Transport i shliakhy spoluchennia, Kyiv, Aristei, 2006. 256 p. [in Ukrainian].
7. Smyrnov I.H., Kosareva T.V. Transportna lohistyka, Kyiv, 2008. 224 p. [in Ukrainian].
8. Sokur I.M., Sokur L.M., Herasymchuk V.V. Transportna lohistyka, Kyiv, 2009. 222 p. [in Ukrainian].

Отримано 05.12.2016

УДК 338.242.2; 378.141.4; 519.156

Костянтин ЗЕЛЕНСЬКИЙ; Ігор ЛУЦІВ

ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ НА ОСНОВІ ГРАФО-КОМБІНАТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна

Резюме. Однією із складових стандарту вищої освіти вищого навчального закладу є навчальний план. Конкурентоспроможний навчальний план забезпечує підвищення конкурентоспроможності вищого навчального закладу. У статті досліджено вплив управлінських факторів на структуру навчального плану. Наведено приклади моделювання структури навчальних планів із застосуванням графо-комбінаторних підходів. Побудовано математичну модель обчислення множини проєктованих навчальних планів. Для підвищення конкурентоспроможності навчального плану пропонується: збільшувати число поетапних застосовувань управлінських факторів; об'єднувати навчальні кредити у групи за навчальними дисциплінами; довільно розміщувати початкові дисципліни у семестрі; зменшувати кількість навчальних семестрів.

Ключові слова: навчальний план, управлінський фактор, навчальний кредит, граф, множина, конкурентоспроможний.

Kostyantyn ZELENSKYI; Igor LUTSIV

CURRICULUM COMPETITIVENESS INCREASE ON THE BASIS OF GRAPH-COMBINATORIAL MODELING

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Summary. The university curriculum is one of the components of higher education standards. Competitive curriculum enhances the competitiveness of higher education. This paper examines the influence effect of managerial factors on the curriculum structure. These managerial factors can be assessed as follows: 1) division a set of few weeks in training subsets - semesters; 2) selection of the educational credits set according to the semesters; 3) arbitrary order of studying credits per semester arrangement. Mathematical model calculations of designed curriculum set have been developed. The techniques for curriculum structure graph-combinatorial modeling are proposed. The calculation examples of curriculum set structure and design are given. The way of the curriculum structure varying based on: 1) the number of semesters; 2) the number of academic weeks in the semester. It was found that: 1) a set of planned curriculum is proportional to the set of possible educational credits arrangement; 2) the number of managerial factors increase reduces the set of possible educational credits arrangement. The competitiveness of the curriculum improving can be reached at: 1) increase in the number of managerial factors stage by stage applications; 2) combining educational credits into groups in regard to the academic disciplines; 3) random allocation of academic subjects per semester; 4) reducing the number of semesters. It is proposed to use as managerial factors in a complex way the following: Ministry recommendations;

other higher educational establishments practice; home institution requirements; graduate department regulations; the curriculum designer experience.

Key words: *curriculum, managerial factor, educational credit, graph, set, competitive.*

Постановка проблеми. Однією зі складових стандартів вищої освіти вищих навчальних закладів (ВНЗ) є навчальні плани (НП), які складаються на підставі освітньо-професійної програми (ОПП) та структурно-логічної схеми (СЛС) підготовки і визначають графік навчального процесу, перелік, послідовність та час вивчення навчальних дисциплін [1].

На практиці два однакові НП за однією спеціальністю у різних ВНЗ практично зустріти неможливо. Різноманіття НП, з одного боку, дозволяє ВНЗ, кафедри демонструвати свої особливості, доводити кращі показники якості підготовки фахівців і, таким чином, конкурувати на ринку освітніх послуг.

З іншого боку, різноманіття НП, як складової стандарту вищої освіти, за однією спеціальністю у різних ВНЗ ставить під сумнів розуміння самого слова «стандарт» у вищій освіті як: «єдиної типової форми організації, проведення, здійснення чого-небудь» [7]. Крім того, в рамках одного ВНЗ ефективним вважається об'єднувати подібні дисципліни на різних спеціальностях для спільного вчитування лекційних занять [5, 6, 13]. Чим більше таких об'єднань, тим ефективнішими є організація навчального процесу у ВНЗ, використання кадрів, енергетичних та матеріальних ресурсів. Навчальний план, який забезпечує підвищення показників економічної ефективності ВНЗ, його конкурентоспроможності на ринку освітніх послуг вважається конкурентоспроможним НП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методичні рекомендації (МР) від міністерства [2, 3] пропонують узагальнені норми і вимоги до складання НП, які, фактично, повинні охопити всю сукупність спеціальностей, та освітньо-кваліфікаційних рівнів, за якими здійснюється підготовка фахівців в Україні.

На основі МР [2, 3] ВНЗ упроваджують власні МР для складання НП [4 – 6]. Дані МР ВНЗ враховують особливості навчального закладу, його попередній практичний досвід при складанні НП, перелік спеціальностей підготовки, якість кадрового складу, рекомендації роботодавців і багато інших факторів. Разом з тим, навіть в одному ВНЗ, за наявності затверджених МР, два різні викладачі при незалежному складанні НП запропонують різні структури НП за однією і тією ж спеціальністю [5, 6, 11]. Тобто суб'єктивізм авторів-розробників НП, як фактор, також впливає на структуру проектного НП.

Вибір єдиного варіанта конкурентоспроможного НП зі всієї множини спроектованих НП досягається поетапною оптимізацією [12], коли на кожному етапі застосовується окремий фактор обмеження, який дозволяє скоротити множину НП для досліджень на наступних етапах. У такому випадку реалізується стільки етапів оптимізації і застосовується факторів обмеження, поки не залишиться один НП, який і приймається як конкурентоспроможний (оптимальний).

Метою статті є дослідження впливу управлінських факторів та етапів їх застосування на підвищення конкурентоспроможності навчального плану на основі підходів графо-комбінаторного моделювання.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо приклад складання НП підготовки бакалаврів за напрямом 6.050101 «Комп'ютерні науки» [10]. Термін навчання становить 4 роки. Освітньо-професійна програма (ОПП) складається із 40 навчальних дисциплін із загальним обсягом навчального часу 160 національних кредитів.

Практика складання НП показує, що одному навчальному тижню НП відповідає обсяг навчального часу одного національного кредиту. Відповідно загальна кількість навчальних тижнів НП повинна дорівнювати загальній кількості національних кредитів

ОПП. У нашому прикладі – 160-и національним кредитам відповідає НП із 160-и навчальних тижнів.

Кінцевим результатом складання НП є, фактично, присвоєння того чи іншого національного кредиту конкретному навчальному тижню НП.

Навчальний план вважатимемо складеним, якщо всім навчальним тижням НП будуть присвоєні всі національні кредити ОПП, тобто

$$X \subseteq Y, \tag{1}$$

де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множина x_i елементів національних кредитів ОПП ($i = 1, \dots, n$, де n – число національних кредитів, $n = 160$).

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ – множина y_j елементів навчальних тижнів НП ($j = 1, \dots, k$, де k – число навчальних тижнів НП).

Позначимо схематично навчальний тиждень квадратною коміркою (рис. 1). В якості управлінських факторів, для прикладу, прийємо: 1) всі тижні НП розділимо на 8 семестрів (по 2 семестри на навчальний рік); 2) перші семестри в навчальних роках r_1, r_3, r_5, r_7 складаються по 18 тижнів, а другі семестри r_2, r_4, r_6, r_8 – по 22 тижні.

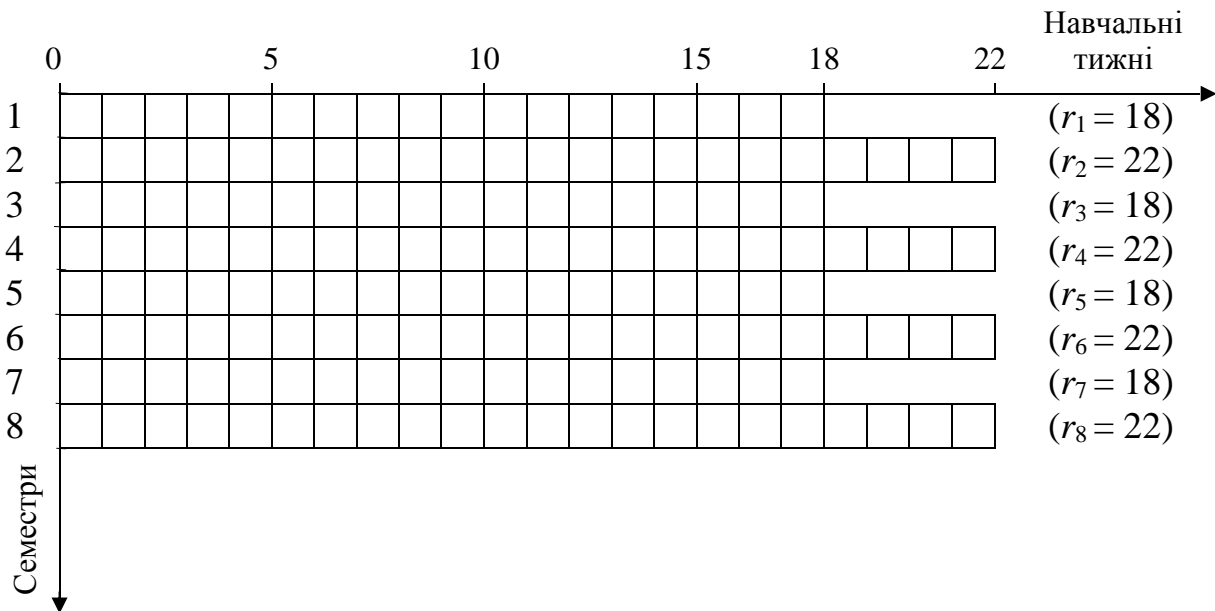


Рисунок 1. Множина навчальних тижнів Y у вигляді квадратних комірок

Figure 1. A set of educational weeks in the type of square cells

Розглянемо можливі випадки складання НП.

1. Загальний випадок. Вплив управлінських факторів відсутній.

На розміщення навчальних кредитів за навчальними тижнями НП не накладаються жодні вимоги.

Тоді порядок присвоєння елементів множини X елементам множини Y не є суттєвим. Перший довільний варіант такого присвоєння, наприклад:

$$NP_1 = \{y_i = x_i, i = 1, \dots, n\} \tag{2}$$

і буде результатом складання НП (NP_1).

1.1. Переприсвоєння одного елемента множин X іншому елементу множини Y визначатиме інший НП (NP_2):

$$NP_2 = \{y_r = x_p; y_p = x_r; y_i = x_i; i \neq r \neq p; i = 1, \dots, n; r = 1, \dots, n; p = 1, \dots, n\}. \quad (3)$$

Загальна кількість різноманітних НП (позначимо A_n) визначатиметься числом усіх можливих перестановок елементів множини X (переприсвоєнь елементам множини Y) за формулою (3.9) [8]: $A_n = n!$

У нашому прикладі при $n = 160$, $A_{160} = 160!$ Тобто, в загальному випадку, отримаємо 160! різних НП.

Для представлення величини даного числа обчислимо наближено значення 160! за допомогою головного члена формули Стірлінга [9]:

$$n! = 160! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n \approx \sqrt{2\pi \cdot 160} \left(\frac{160}{e}\right)^{160} \approx 4,712 \cdot 10^{284}. \quad (4)$$

Обчислене значення 160! (4) показує загальну кількість різних НП, що їх можна побудувати, застосовуючи комбінаторну процедуру присвоєння національного кредиту x_i навчальному тижню y_i НП.

Вибір конкурентоспроможного НП із всієї множини НП (4) для умов конкретного ВНЗ потребуватиме великого обсягу часу через громіздкість і складність формалізування такої задачі.

2. Розглянемо випадок проектування НП при такій **множині управлінських факторів**: 1) уся множина навчальних тижнів Y ділиться на кілька підмножин навчальних тижнів, що об'єднуються у навчальні семестри; 2) важливим є порядок вибору кредитів з множини X , які присвоюються навчальним тижням конкретного навчального семестру; 3) порядок присвоєння вибраних кредитів множини X навчальним тижням у межах навчального семестру не є суттєвим.

Визначимо загальну кількість відмінних розміщень начальних кредитів i , відповідно, кількість відмінних НП.

На першому етапі кожному тижню 1-го навчального семестру ($r_1 = 18$, рис. 1) присвоюється 18 національних кредитів. Припустимо, що підібрано 18 кредитів (зі 160-и), які пропонується присвоїти 18-и тижням 1-го семестру. Це означає, що визначено один варіант розміщення 18 кредитів у 1-у семестрі. При цьому не важливо, який з кредитів у якому тижні 1-го семестру розміщений. Також не важливі варіанти комбінацій розміщення 18 кредитів у 1-у семестрі (всіх таких варіантів за формулою (3.9) [8] є $A_{18} = 18!$). Отже, задане єдине розміщення 18-и кредитів у 1-у семестрі.

Далі, якщо один із 18-и кредитів 1-го семестру замінити на будь-який наступний від 19-го по 160-й, то отримаємо другий варіант розміщення 18-и кредитів у 1-у семестрі. Загальна кількість таких різних розміщень у 1-у семестрі визначається за формулою (3.15) [8]

$$A_1 = A_n^{r_1} = A_{160}^{18} = \frac{n!}{r_1!(n-r_1)!} = \frac{160!}{18!(160-18)!} \ll A_{160} = 160! \quad (5)$$

На другому етапі визначимо загальну кількість кредитів, які можуть бути розміщені у 22-х тижнях ($r_2 = 22$, рис. 1) 2-го семестру (за винятком 18-и у 1-у семестрі) – ($n_2 = n - r_1$), а кількість різних розміщень за формулою (3.15) [8] у 2-у семестрі відповідно становитиме

$$A_2 = A_{n-r_1}^{r_2} = \frac{n_2!}{r_2!(n_2 - r_2)!} = \frac{(n - r_1)!}{r_2!((n - r_1) - r_2)!}. \quad (6)$$

Поєднуючи розміщення у 1-у та 2-у семестрах, бачимо, що при одному варіанті розміщення кредитів у 1-у семестрі існує вся множина відмінних розміщень n_2 кредитів у 2-у семестрі, що обчислюється за (6). Для другого варіанта розміщення кредитів у 1-у семестрі існуватиме все та ж множина розміщень n_2 кредитів у 2-у семестрі. Отже, загальна кількість розміщень у обох семестрах визначатиметься добутком числа розміщень 1-го семестру $A_n^{r_1}$ на число розміщень 2-го семестру $A_{n-r_1}^{r_2}$

$$A_{1,2} = A_n^{r_1} \cdot A_{n-r_1}^{r_2}. \quad (7)$$

Число розміщень у кожному з 8-и наступних семестрів у загальному вигляді, враховуючи міркування до формул (5), (6), визначатиметься як

$${}^p A_i = \frac{\left(n - \sum_{i=0}^{i-1} r_i \right)!}{r_i! \left[\left(n - \sum_{i=0}^{i-1} r_i \right) - r_i \right]!}, \quad (8)$$

де: p – кількість семестрів ($p = 8$, рис. 1);

r_i – кількість навчальних тижнів в i -тому семестрі ($i = 1, \dots, p$);

для знаків суми (Σ): на першому етапі (формула (5)) задамо для $i = 0$, $r_i = r_0 = 0$; для решти етапів $i = 1, \dots, p$ при $r_1 = r_3 = r_5 = r_7 = 18$, $r_2 = r_4 = r_6 = r_8 = 22$.

Загальна кількість розміщень навчальних кредитів серед тижнів усіх семестрів НП разом визначатиметься добутком усіх посеместрових розміщень A_i , визначених за формулою (8)

$${}^p A_n = \prod_{i=1}^p A_i. \quad (9)$$

Розглянемо приклади застосувань формул (8, 9).

Прийmemo число кредитів $n = 4$ і позначимо $k_1 = 1$, $k_2 = 2$, $k_3 = 3$, $k_4 = 4$.

2.1. Нехай НП складається із 2-х семестрів ($p = 2$).

2.1.1. Задамо $r_1 = 2$ навчальні тижні. Відповідно $r_2 = n - r_1 = 2$. Згідно з (8) кількість всіх розміщень кредитів $k_1 - k_4$ у 2-х тижнях 1-го семестру

$${}^2 A_1 = \frac{(4 - 0)!}{2![(4 - 0) - 2]!} = 6, \text{ та решту кредитів (крім розміщених у 1-у семестрі) у 2-х}$$

$$\text{тижнях другого семестру } {}^2 A_2 = \frac{(4 - 2)!}{2![(4 - 2) - 2]!} = 1.$$

Згідно з (9) загальна кількість усіх відмінних розміщень кредитів, а, відповідно, і відмінних НП: ${}^2A_n = {}^2A_1 \cdot {}^2A_2 = 6$.

Побудуємо множину НП послідовно. Спочатку запишемо відмінні комбінації кредитів ($k_1 - k_4$) за тижнями у I-у семестрі, а потім решту кредитів, що залишилися, розмістимо у II-у семестрі:

$$NP_{1234} = \left\{ \begin{array}{l} \left(\begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 2 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|} \hline 3 & 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 3 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|} \hline 2 & 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|} \hline 2 & 3 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|} \hline 2 & 3 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|} \hline 2 & 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 3 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|} \hline 3 & 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 2 \\ \hline \end{array} \right) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 1234 \\ 1324 \\ 1423 \\ 2314 \\ 2413 \\ 3412 \end{array} \right\}, \quad (10)$$

I сем. II сем.

З (10) бачимо, що визначальними є відмінні розміщення кредитів $k_1 - k_4$ саме у I-у семестрі. У II-у семестрі розміщується єдиний варіант із решти з $k_1 - k_4$ кредитів, що не потрапили у I-й семестр. Порядок розміщення кредитів за тижнями у семестрах не є важливим.

2.1.2. Задамо $r_1 = 1, r_2 = 3$. Далі, аналогічно послідовності дій п. 2.1.1, визначимо:

$${}^2A_1 = \frac{4!}{1![4-1]!} = 4; \quad {}^2A_2 = \frac{3!}{3![3-3]!} = 1; \quad {}^2A_n = 4 \cdot 1 = 4.$$

Побудуємо множину НП посеместрово:

$$NP_{1234} = \left\{ \begin{array}{l} \left(\begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 3 & 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 3 & 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|} \hline 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline \end{array} \right) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 1234 \\ 2134 \\ 3124 \\ 4123 \end{array} \right\}. \quad (11)$$

I сем II сем.

2.1.3. Для $r_1 = 3, r_2 = 1$, відповідно:

$${}^2A_1 = \frac{4!}{3![4-3]!} = 4; \quad {}^2A_2 = \frac{1!}{1![1-1]!} = 1; \quad {}^2A_n = 4 \cdot 1 = 4; \text{ множина НП}$$

посеместрово:

$$NP_{1234} = \left\{ \begin{array}{l} \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline 4 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 3 & 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array} \right) \\ \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 3 & 4 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array} \right) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 1234 \\ 1243 \\ 1342 \\ 2341 \end{array} \right\}. \quad (12)$$

I сем. II сем.

2.2. Побудуємо множини НП для 3-х семестрів ($p = 3$).

2.2.1. Задамо: $r_1 = 2, r_2 = 1, r_3 = 1$. Згідно з (8) визначимо кількості розміщень за семестрами відповідно:

$${}^3A_1 = \frac{4!}{2![4-2]!} = 6; \quad {}^3A_2 = \frac{(4-2)!}{1![(4-2)-1]!} = 2; \quad {}^3A_3 = \frac{(4-(2+1))!}{1![(4-(2+1))-1]!} = 1.$$

Згідно з (9) кількість всіх розміщень разом і, відповідно кількість відмінних НП:
 ${}^3A_n = {}^3A_1 \cdot {}^3A_2 \cdot {}^3A_3 = 6 \cdot 2 \cdot 1 = 12.$

Побудуємо множину НП. З ${}^3A_1 = 6$ випливає, що у 2-х тижнях I-го семестру може бути шість відмінних розміщень кредитів $k_1 - k_4$. Побудуємо їх (рис. 2а) за аналогією розміщень кредитів у I-у семестрі прикладу 2.1.1. (10). У II-у семестрі (рис. 2а), який складається з одного тижня ($r_2 = 1$) з ${}^3A_2 = 2$ випливає можливість двох варіантів розміщення кредитів з числа тих, що залишилися, за винятком кредитів, розміщених у I-у семестрі. У III-у семестрі (рис. 2а) для $r_3 = 1, {}^3A_3 = 1$ можливий лише один варіант розміщення того кредиту, що залишився після розміщення попередніх кредитів у I-у та II-у семестрах.

Вся множина з ${}^3A_n = 12$ НП наведена на рис. 2б.

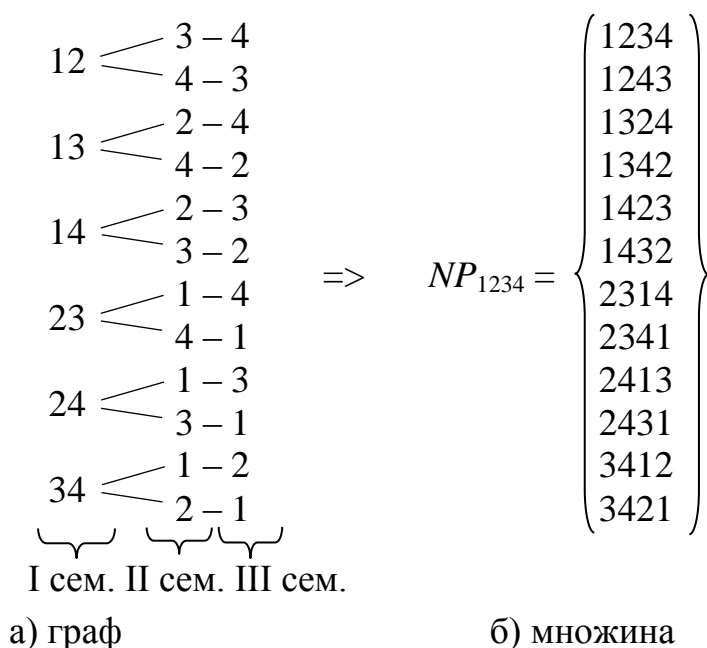


Рисунок 2. Побудова множини НП для $n = 4, r_1 = 2, r_2 = 1, r_3 = 1$

Figure 2. A set curriculum development for $n = 4, r_1 = 2, r_2 = 1, r_3 = 1$ a) graph; b) set

2.2.2. Для: $r_1 = 1, r_2 = 2, r_3 = 1$ побудуємо множину НП (рис. 3) у послідовності дій, аналогічній прикладу 2.2.1:

$${}^3A_1 = \frac{4!}{1![4-1]!} = 4; \quad {}^3A_2 = \frac{(4-1)!}{2![(4-1)-2]!} = 3; \quad {}^3A_3 = \frac{(4-(1+2))!}{1![(4-(1+2))-1]!} = 1;$$

$${}^3A_n = 4 \cdot 3 \cdot 1 = 12.$$

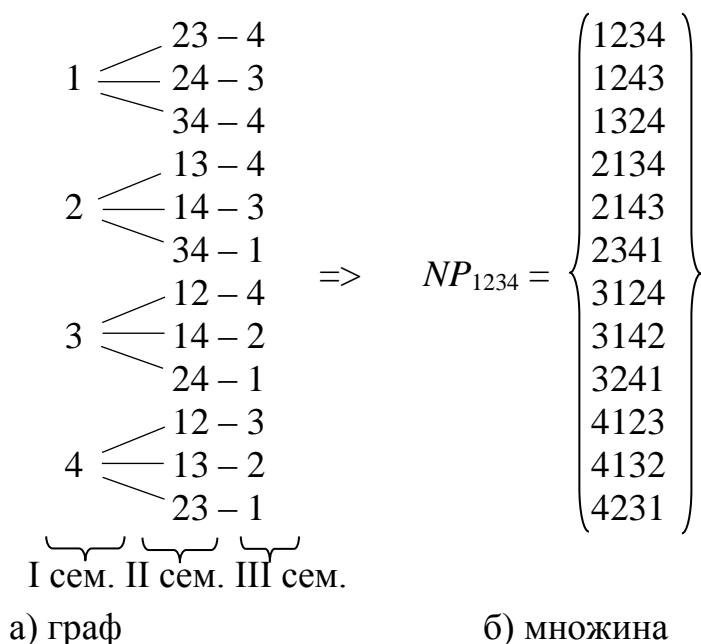


Рисунок 3. Побудова множини НП для $n = 4, r_1 = 1, r_2 = 2, r_3 = 1$

Figure 3. A set curriculum development for $n = 4, r_1 = 1, r_2 = 2, r_3 = 1$ graph; b) set

2.2.3. Для $r_1 = 1, r_2 = 1, r_3 = 2$ побудуємо множину НП (рис. 4):

$${}^3A_1 = \frac{4!}{1![(4-1)!]} = 4; \quad {}^3A_2 = \frac{(4-1)!}{1![(4-1)-1)!]} = 3; \quad {}^3A_3 = \frac{(4-(1+1))!}{2![(4-(1+1))-2)!]} = 1; \quad {}^3A_n = 4 \cdot 3 \cdot 1 = 12.$$

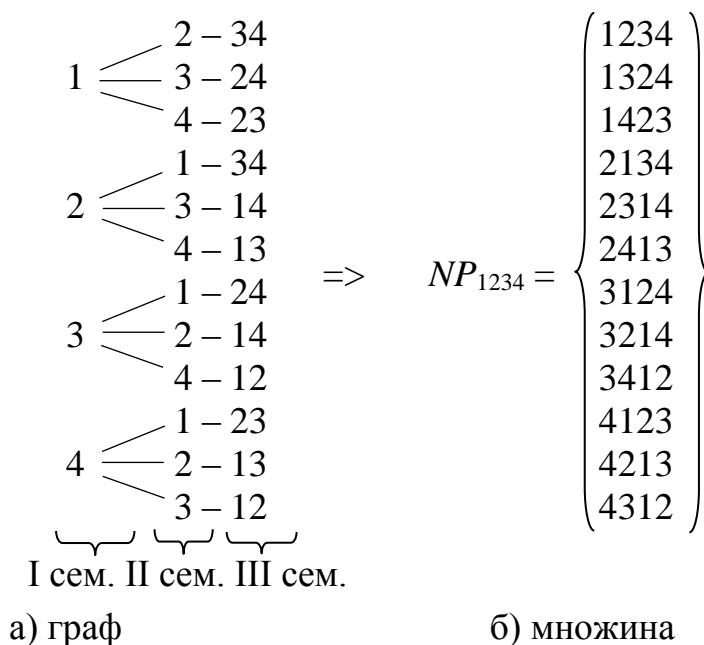


Рисунок 4. Побудова множини НП для $n = 4, r_1 = 1, r_2 = 1, r_3 = 2$

Figure 4. A set curriculum development for $n = 4, r_1 = 1, r_2 = 1, r_3 = 2$ a) graph; b) set

2.3. Побудуємо множину НП для 4-х семестрів ($p = 4$). Відповідно $r_1 = 1, r_2 = 1, r_3 = 1, r_4 = 1$. Згідно з (8) кількість розміщень за семестрами

$${}^4A_1 = \frac{4!}{1![(4-1)]!} = 4; \quad {}^4A_2 = \frac{(4-1)!}{1![(4-1)-1]!} = 3; \quad {}^4A_3 = \frac{(4-(1+1))!}{1![(4-(1+1))-1]!} = 2;$$

$${}^4A_4 = \frac{(4-(1+1+1))!}{1![(4-(1+1+1))-1]!} = 1.$$

Згідно з (9): ${}^4A_n = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 24$ різних НП.

При побудові множини НП (рис. 5а) бачимо, що у I-му семестрі при $r_1 = 1$ можливі ${}^4A_1 = 4$ варіанти розміщення кредитів $k_1 - k_4$; у II-у семестрі при $r_2 = 1$ можливі ${}^4A_2 = 3$ варіанти розміщення з числа кредитів, що залишилися після розміщених у I-у семестрі; у III-у семестрі при $r_3 = 1$ можливі ${}^4A_3 = 2$ варіанти розміщення з числа кредитів, що залишилися після розміщених у I-у та у II-у семестрах; у IV-у семестрі при $r_4 = 1$ можливий тільки ${}^4A_4 = 1$ варіант розміщення кредиту, що залишився вільним.

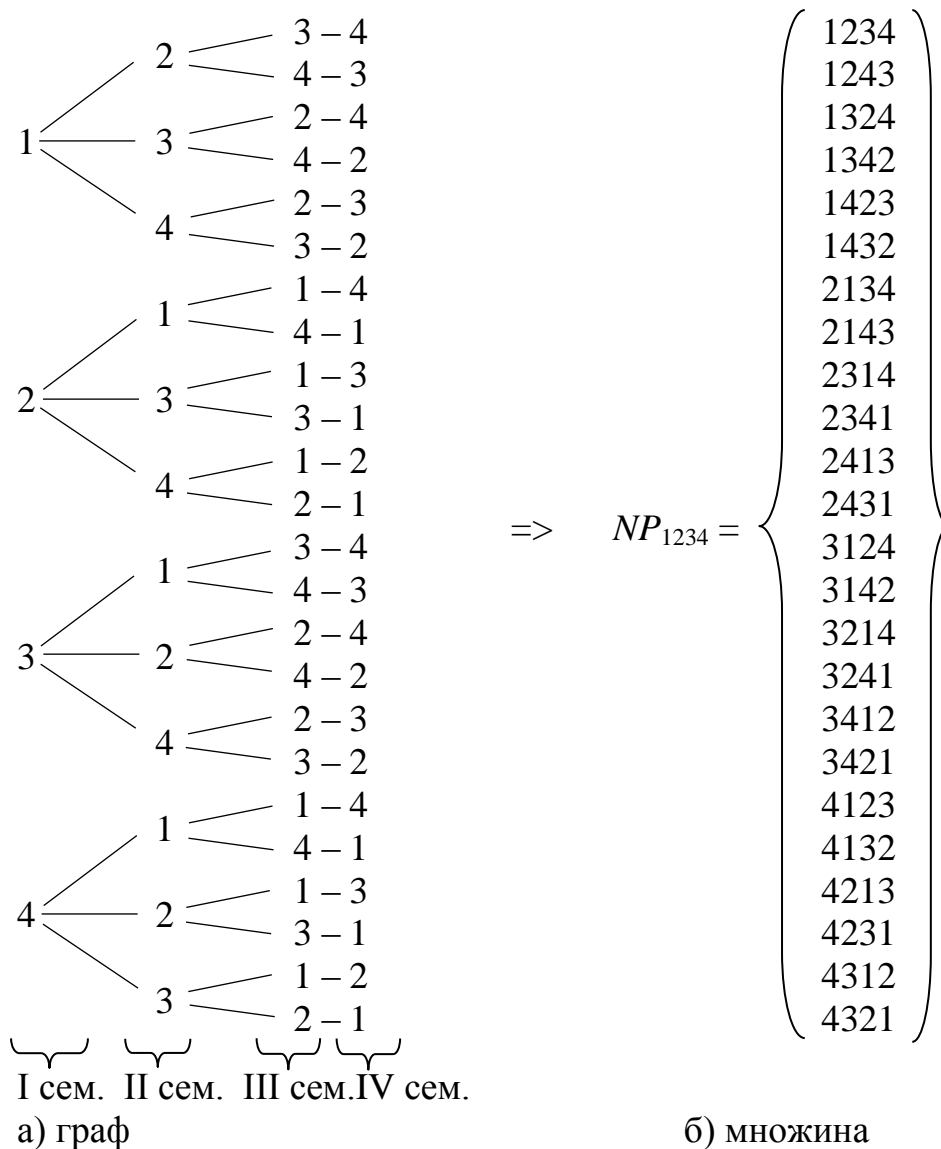


Рисунок 5. Побудова множини НП для $n = 4, r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 1$

Figure 5. A set curriculum development for $n = 4, r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 1$ a) graph; b) set

2.4. Розглянемо ще один приклад, коли НП складається з 1-го семестру ($p = 1$). Відповідно (при $n = 4$) $r_1 = 4$ навчальні тижні. Згідно з (8) ${}^1A_1 = \frac{4!}{4![4-4]!} = 1$; і згідно з

(9): ${}^1A_n = {}^1A_1 = 1$. Тобто існує лише єдиний варіант розміщення кредитів серед навчальних тижнів НП і множина з одного НП матиме вигляд

$$NP_{1234} = \{1234\}. \quad (13)$$

Причому порядок розміщення кредитів у НП (13) не є важливим.

Як бачимо з прикладів 2.1 – 2.4 при збільшенні числа навчальних семестрів від $p = 1$ до $p = n$ зростає множина можливих варіантів розміщення кредитів у НП. Причому при $p = n$ вираз (9) перетворюється у вираз (3.9 [8]): $A_n = n!$

При зменшенні числа навчальних семестрів (приклад 2.1) множина можливих варіантів розміщення кредитів у НП суттєво зменшується. Причому наявність у навчальному році одного семестру з більшою кількістю навчальних тижнів ніж у другому семестрі ($r_1 < r_2$ або $r_1 > r_2$, приклади 2.1.2, 2.1.3) забезпечує більше зменшення множини результуючих НП у порівнянні з навчальним роком, у якого в обох семестрах число навчальних тижнів дорівнює ($r_1 = r_2$, приклад 2.1.1). Тобто для реального НП (рис. 1) наявність більшого числа тижнів у других семестрах ($r_i = 22$) в порівнянні з числом тижнів у перших семестрах ($r_i = 18$) забезпечує (згідно з (9)) суттєвіше зменшення множини результуючих НП, ніж у випадку, коли б число тижнів у обох семестрах дорівнювало, наприклад, по $r_i = 20$ тижнів.

Також згідно з (9) можна помітити, що застосування такого прийому, як об'єднання двох навчальних семестрів в один (наприклад, $r_1 = r_1 + r_2$, $r_{II} = r_3 + r_4$, $r_{III} = r_5 + r_6$, $r_{IV} = r_7 + r_8$) призведе, на практиці, до розміщення кредитів не за семестрами, а за навчальними роками і забезпечить суттєве зменшення множини результуючих НП у порівнянні із НП (рис. 1).

Зменшення числа навчальних семестрів до значення ($p = 1$), згідно з (9) зменшує множину результуючих НП до величини ($A_n = 1$).

Висновки. Наведені дослідження показують, наскільки ефективними є застосування управлінських факторів при проектуванні конкурентоспроможного НП. Поетапне застосування того чи іншого управлінського фактора скорочує множину досліджуваних НП на наступних етапах. Побудовані математичні моделі обчислюють множину проєктованих НП. Приклади графо-комбінаторного моделювання показують, як змінюється структура НП залежно від кількості семестрів та кількості навчальних тижнів у семестрі.

Підвищення конкурентоспроможності НП досягається при: 1) збільшенні числа поетапних застосувань управлінських факторів; 2) об'єднанні навчальних кредитів у групи за навчальними дисциплінами; 3) довільному порядку розміщення навчальних дисциплін у семестрі; 4) зменшенні кількості навчальних семестрів.

Пропонується в якості управлінських факторів комплексно застосовувати: рекомендації міністерства; досвід інших вищих навчальних закладів; вимоги конкретного вищого навчального закладу; вимоги випускової кафедри; досвід проєктанта-розробника навчального плану.

Conclusions. The paper presents how effective is the application of managerial factors at planning of competitive curriculum. Stage-by-stage application of certain managerial factor decreases the great number of the investigated curricula on the next stages. Developed mathematical models calculate the great number of the designed curricula. The examples of

graph-combinatorial modeling show the structure of curriculum changes depending on the number of semesters and number of academic weeks in a semester.

The competitiveness of the curriculum can be reached at: 1) increasing in the number of managerial factors stage by stage applications; 2) combining educational credits into groups regarding the academic disciplines; 3) random allocation of academic subjects per semester; 4) reducing the number of semesters.

It is proposed to apply in a complex way managerial factors (such as Ministry recommendations; other higher educational establishments practice; home institution requirements; graduate department regulations; the curriculum designer experience).

Використана література

1. Наказ Міністерства освіти України від 02.06.1993 р. № 161 «Про затвердження Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0173-93>.
2. Методичні рекомендації до складання навчального плану вищих навчальних закладів II, III і IV рівнів акредитації. МОНМСУ, Інститут інноваційних технологій і змісту освіти. – К.: 2011. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vzvo.gov.ua/guidelines/220-guidelines-for-drafting-the-curriculum-of-higher-education-levels-of-accreditation-2011.html>.
3. Лист Міністерства освіти і науки України № 1/9-192 від 13.04.2004 р. Методичні рекомендації щодо розробки інтегрованих навчальних планів підготовки кваліфікованих робітників та молодших спеціалістів у ВПУ і центрах ПТО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uazakon.com/document/fpart74/idx74282.htm> – Заголовок з екрану.
4. Положення про розробку основних документів з організації навчального процесу в університеті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <http://www.khnu.km.ua/root/dept/nmv/res/2.pdf>
5. Рекомендації щодо підготовки навчальних планів фахівців за ОКР «бакалавр» (дена форма навчання) в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – http://nmc.univ.kiev.ua/docs/recomend_06-04-2010.doc – Заголовок з екрана.
6. Рекомендації щодо розробки навчальних та робочих планів за новими напрямками підготовки бакалаврів [Текст] / Уклад. В.П. Головенкін, А.Д. Лемешко. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2007. – 24 с.
7. Словник української мови: в 11 томах. – Том 9, 1978. – С. 644 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sum.in.ua/s/standart> – Заголовок з екрана.
8. Асеев, Г.Г. Дискретная математика: учебник [Текст] / Г.Г. Асеев, О.М. Абрамов, Д.Э. Ситников. – К.: Кондор, 2008. – 162с.
9. Факторіал. Формула Стірлінга [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Факторіал> – Заголовок з екрана.
10. Галузевий стандарт вищої освіти України з напрямку підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»: Збірник нормативних документів вищої освіти [Текст] – К.: Видавнича група ВНУ, 2011. – 84 с.
11. Зеленський К.В. Лекційна форма занять у вищих навчальних закладах I – II рівнів акредитації [Текст] / К.В. Зеленський, С.І. Тхорик, Т.А. Зеленська // Проблеми освіти. Наук.-метод. зб. – К.: НМЦ ВО, 2002. Випуск 27. – С. 84. – 88.
12. Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 62081. Стаття «Моделювання структури навчального плану» [Текст] / К.В. Зеленський, І.В. Луців. Дата реєстрації 13.10.2015. – 22 с.

References

1. Nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 02.06.1993, No 161 "Pro zatverdzhennia Polozhennia pro orhanizatsiiu navchalnogo protsesu u vyshchykh navchalnykh zakladakh." Ministry of Education and Science of Ukraine of 02.06.1993, No 161 "On approval of the organization of educational process in the higher educational institutions". Available at: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0173-93>. [in Ukrainian].
2. Metodychni rekomendatsii do skladannia navchalnogo planu vyshchykh navchalnykh zakladiv II, III i IV rivniv akredytatsii. The guidelines for drawing up the curriculum of higher education institutions of the II, III and IV levels of accreditation. Kyiv: Institute of Innovative Technology and Education. Available at: <http://vzvo.gov.ua/guidelines/220-guidelines-for-drafting-the-curriculum-of-higher-education-levels-of-accreditation-2011.html>. [in Ukrainian].
3. Lyst Ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 13.04.2004 No 1/9-192 "Metodychni rekomendatsii shchodo rozrobky intehrovanykh nachalnykh planiv pidhotovky kvalifikovanykh robitnykiv ta molodshykh spetsialistiv u VPU i sentrakh PTO." Ministry of Education and Science of Ukraine of 13.04.2004 No 1/9-

- 192 “The guidelines for the development of integrated curricula of training skilled workers and young professionals in HVS and centers VTE.” Available at: <http://www.uazakon.com/document/fpart74/idx74282.htm>. [in Ukrainian].
4. Polozhennia pro rozrobku osnovnykh dokumentiv z orhanizatsii navchalnoho protsesu v universyteti Regulation on the development of key documents of the educational process at the university. Available at: www.khnu.km.ua. Retrived from http://www.khnu.km.ua/root/dept/nmv/res/2.pdf_ [in Ukrainian].
 5. Rekomendatsii shchodo pidhotovky navchalnykh planiv fakhivtsiv za OKR “bakalavr” (denna forma navchannia) v Kyivskomu natsionalnomu universyteti imeni Tarasa SHenchenka. The recommendations on the development curriculum specialists by educational level “bachelor” (full-time education) in Kyiv National University named after Taras Shevchenko. Available at: http://nmc.univ.kiev.ua/docs/recomend_06-04-2010.doc. [in Ukrainian].
 6. Golovenkin V.P., Lemeshko A.D. The recommendations for the development of the educational and work plans for new directions of training bachelors. IBTs Publisher “Polytechnic.” Kyiv, 24 p. [in Ukrainian].
 7. Standart. Dictionary of Ukrainian language, in 11 volumes. Vol. 9, p. 644. Available at: <http://sum.in.ua/s/standart>. [in Ukrainian].
 8. Aseev G.G., Abramov O.M., & Sytnikov D.E. Discrete Mathematics: Textbook. Kyiv, Condor, 162 p. [in Russian].
 9. Faktorial. Formula Stirlinga. Factorial. Stirling formula. Available at: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Факторіал>. [in Ukrainian].
 10. Haluzevyi standart vyshchoi osvity Ukrainy z napriamku pidhotovky 6.050101 “Kompiuterni nauky.” Industry Standard of Higher Education of Ukraine training direction 6.050101 “Computer Science.” BHV Publishing Group, Kyiv, 84 p. [in Ukrainian].
 11. Zelenskyi K. The lecture form in the higher educational institutions of the I – II levels of accreditation. Problems of Education. Kyiv, pp. 84 – 88. [in Ukrainian].
 12. Zelenskyi K.V., Lutsiv I.V. Certificate of registration of copyright No 62081. The article “Modeling the structure of the curriculum”. Registration date 13.10.2015, 22 [in Ukraine].

Отримано 17.10.2016

УДК 519.866

Оксана ЗЕЛІНСЬКА; Катерина МАКСИМЧУК

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКО-ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна

Резюме. Досліджено поняття економіко-виробничої системи, визначено її склад, властивості та особливості функціонування. Визначено складові управління та моделювання економіко-виробничими системами.

Ключові слова: економіко-виробнича система, моделювання, виробнича функція.

Oksana ZELINSKA; Kateryna MAKSYMCHUK

APPLICATION FOR SIMULATION OF EFFECTIVE ECONOMIC AND PRODUCTION

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

Summary. The article is devoted to economic and productive systems. The notion of economic and productive system is studied, its components as well as features and peculiarities of functioning are determined. Components of management and modeling of economic-productive systems are defined.

Key words: economic and productive system, modeling, productive function.