

УДК 378.147

**О.В. СУХІН,**

*начальник факультету підготовки фахівців матеріально-технічного забезпечення  
Військової академії (м. Одеса)*

**Б.О. ДЕМ'ЯНЧУК,**

*доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Військової академії (м. Одеса)*

**В.М. КОСАРЕВ,**

*кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри економічної кібернетики  
та математичних методів в економіці  
Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля*

## **МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОБСЯГІВ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З БАЗОВОЮ І ПОВНОЮ ОСВІТОЮ**

Запропоновано методику визначення ймовірностей реалізації планових обсягів підготовки фахівців з базовою і повною вищою освітою гуманітарного і технічного профілей в умовах невизначеності випадкового типу і пересічення гіпотез про фактичні розподіли обсягів, що очікуються на етапі планування. Показано, що завдання доцільно вирішувати шляхом застосування методу перевірки статистичних гіпотез на основі стохастичної моделі. Методика сприятиме удосконаленню управління підготовкою фахівців регіону або країни в цілому.

*Ключові слова: обсяги підготовки фахівців, метод перевірки статистичних гіпотез, стохастична модель прогнозування явищ, достовірність реалізації планових обсягів.*

**Постановка проблеми.** Ефективному управлінню підготовкою фахівців різного профілю з базовою і повною вищою освітою перешкоджає, як відомо, не тільки традиційна розбіжність планових і фактичних, тобто реалізованих обсягів підготовки, перш за все, через систематичну неузгодженість наявних і потрібних ресурсів, але й через неефективне управління проектами в умовах невизначеності випадкового, а також антагоністичного типу. Управління підготовкою фахівців з урахуванням наявних ресурсів сил і засобів для цього включає завдання: планування обсягів підготовки фахівців за спеціальностями і рівнями їх підготовки; матеріально-технічного забезпечення підготовки; організації процесу підготовки; обґрунтованого розподілу ресурсів; контролю за цільовим їх використанням; виконання календарного плану реалізації вкладених ресурсів; науково обґрунтованого прогнозування реалізації рішень, прийнятих на етапі планування. Саме останнє завдання є предметом дослідження у даній статті.

**Аналіз останніх досягнень у дослідженнях і публікацій.** В Україні набуває актуальності питання удосконалення системи державного та муніципального управління підготовкою фахівців з метою узгодження наявних обсягів підготовки з потрібними обсягами. Існуючий зараз очевидний необмежений надлишок обсягів підготовки фахівців гуманітарного профілю і нестача обсягів підготовки фахівців технічного профілю не йде на користь ні країні, ні регіонам, прирікає країну на безперспективну роль аграрно-сировинної країни в умовах світової науково-технічної революції, що не зупиняється за часом. На сучасному етапі розвитку методів обґрунтування рішень та моделей прогнозування розвитку науково-педагогічних процесів суттєву роль відіграють праці українських вчених. Відомими є робо-

ти академіків НАН України В.С. Михалевича, І.В. Сергієнка та вчених Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України [1].

Фундаментальні праці відомих вчених, С.А. Саркісяна, П. Фішберна, Д. Марси, Г. Райфа, Е.С. Вентцель [2–6], присвячені проблемі об'єктивного обліку інформаційних ознак із сукупності вихідних даних та практичному застосуванню їх в задачах прийняття управлінських рішень і оцінки наслідків цих рішень.

Зокрема набувають актуальності задачі прогнозування реалізації планів і визначення оцінок достовірності прогнозування реалізації при одночасній реалізації декількох варіантів підготовки фахівців різного профілю і різного кваліфікаційного рівня за умов обмеженого числа ознак при пересічних гіпотезах про фактичні розподіли обсягів. На результати реалізації планів впливає безліч випадкових факторів. Вони впливають на навчальний процес будь-якого ВНЗ, ВНЗ будь-якого регіону і в цілому на сукупність ВНЗ державної та комерційної власності. В той же час, як показує аналіз, за умов, коли під час поєднання вихідні ознаки для наукового вирішення завдання збігаються не повністю, це дозволяє досягати методом перевірки статистичних гіпотез прийнятної для практики достовірності прогнозування наслідків вирішення складної науково-педагогічної задачі [2; 6].

Для оцінки ймовірностей реалізації обсягів підготовки бакалаврів і магістрів гуманітарного і технічного профілю в розпорядженні органів виконавчої влади, а також у відповідних головних управліннях статистики завжди є інформація про заплановані розподіли наявних або очікуваних обсягів підготовки цих фахівців, тобто деяка статистична інформація про ознаки, які є інформаційною основою для вирішення зазначеного завдання.

**Формулювання мети.** Метою статті є вирішення науково-педагогічної управлінської задачі прогнозування можливостей (тобто ймовірностей) реалізації кожного з обсягів (варіантів) підготовки фахівців з базовою і повною вищою освітою за допомогою методу перевірки статистичних гіпотез на основі стохастичної моделі для оцінки ймовірностей реалізації рішень, що прийняті на етапі планування та статистичної інформації про наявні розподіли цих обсягів підготовки.

Оцінки достовірності реалізації цих обсягів підготовки фахівців в умовах неточних даних про фактичний розподіл обсягів (який нерідко зустрічається в реальних умовах) виявляються особливо актуальними в умовах пересічення гіпотез [4; 6].

**Виклад основного матеріалу.** Побудова моделі для прогнозування реалізації варіантів підготовки фахівців, що є запланованими в умовах конкуруючих гіпотез про розрізнення за двома ознаками кожного, доцільно починати з визначення ознак, наприклад, коли маємо чотири запланованих варіанти обсягів підготовки фахівців. Нехай ознаки є у вигляді наявних обсягів, що перетинаються попарно. Визначимо на деякому варіанті ознаки, тобто намічувані обсяги підготовки фахівців.

Ознака  $P_1$  – обсяг підготовки бакалаврів і магістрів гуманітарного профілю.

Ознака  $P_2$  – обсяг підготовки бакалаврів і магістрів технічного профілю.

Варіанти реалізації підготовки обсягів бакалаврів і магістрів, що підлягають реалізації з урахуванням розподілу ознак  $P_1, P_2$ , подамо у вигляді такого переліку обсягів, що перетинаються попарно.

1. Малий обсяг підготовки фахівців і гуманітарного, і технічного профілю.
2. Малий обсяг підготовки фахівців гуманітарного і великий – технічного профілю.
3. Великий обсяг підготовки фахівців і гуманітарного, і технічного профілю.
4. Великий обсяг підготовки фахівців гуманітарного і малий обсяг – технічного профілю.

Із зазначених переліків випливає, що характеристики кожного з варіантів мають хоча б одну відмінність від характеристик будь-якого з варіантів. Кількісні відмінності всіх 4 варіантів є такими.

1. Малому обсягу підготовки фахівців гуманітарного профілю та малому обсягу підготовки фахівців технічного профілю відповідає малий рівень ознак  $P_1$  і  $P_2$ .

2. Малому обсягу підготовки фахівців гуманітарного профілю і великому обсягу підготовки фахівців технічного профілю відповідає малий рівень ознаки  $P_1$  і великий рівень ознаки  $P_2$ .

3. Великому обсягу підготовки фахівців гуманітарного профілю та великому обсягу підготовки фахівців технічного профілю відповідає великий рівень ознаки  $P_1$  і великий рівень ознаки  $P_2$ .

4. Великому обсягу підготовки фахівців гуманітарного профілю і малому обсягу підготовки фахівців технічного профілю відповідає великий рівень ознаки  $P_1$  і малий рівень ознаки  $P_2$ .

Задача зводиться до визначення ймовірностей реалізації та умовних ймовірностей помилок прогнозу реалізації саме кожного з 4 варіантів підготовки фахівців з урахуванням результатів реальної розмитості ознак, тобто результатів зазвичай неточних даних про фактичні обсяги в умовах впливу невизначеності випадкового типу.

З огляду на недостатню розрізняюваність варіантів за кожною з ознак, спостережуване значення ознаки  $P_1$  дозволяє висловити лише дві гіпотези:

- $A_1$  ( $P_1$  – малого рівня): реалізується варіант-1 (випадок 1.1) або варіант-2 (випадок 1.2);
- $A_2$  ( $P_1$  – великого рівня): реалізується варіант-3 (випадок 2.2) або варіант-4 (випадок 2.1).

Аналогічно спостережуване значення ознаки  $P_2$  дозволяє судити про справедливості однієї з двох таких гіпотез:

- $B_1$  ( $P_2$  – малого рівня): реалізується варіант-1 (випадок 1.1) або варіант-4 (випадок 2.1);
- $B_2$  ( $P_2$  – великого рівня): реалізується варіант-2 (випадок 1.2) або варіант-3 (випадок 2.2).

Умовні густини ймовірностей значень ознак через велику кількість випадкових факторів, які впливають на їх величину, при справедливості введених гіпотез будемо вважати відомими функціями. Для гіпотез  $A_1, A_2$  і  $B_1, B_2$  позначимо їх:

$$f_1(P_1/A_1), f_2(P_1/A_2); \varphi_1(P_2/B_1), \varphi_2(P_2/B_2).$$

Неважко переконатися, що ці густини ймовірностей мають вигляд розподілу Релея. Дійсно, з досвіду відомо зниження ймовірності прийняття неправильного рішення про реалізацію варіанта із зростанням абсолютного значення ознаки реалізованості в умовах факторів, що заважають прийняттю рішень. Кожна така залежність є експоненційною функцією виду:

$$F_i(P_1) = \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_i^2}\right], i=1,2; \quad \Phi_j(P_2) = \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j=1,2, \quad (1)$$

де  $1/(2a^2)$ ,  $1/(2\beta^2)$  – швидкості зниження ймовірностей прийняття неправильного рішення про реалізацію варіантів підготовки фахівців.

Отже, ймовірності прийняття правильних рішень, згідно з інтегральними розподілами (1) ймовірностей мають вигляд:

$$1 - F_i(P_1) = 1 - \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_i^2}\right], i=1,2; \quad 1 - \Phi_j(P_2) = 1 - \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j=1,2;$$

Звідси, в результаті диференціювання цих ймовірностей отримуємо диференціальні розподіли, тобто густини ймовірностей у вигляді розподілу Релея (рис. 1, 2):

$$\begin{aligned} f_i\left(\frac{P_1}{A_j}\right) &= \frac{P_1}{a_j^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2a_j^2}\right], i=1,2; \\ \varphi_j\left(\frac{P_2}{B_j}\right) &= \frac{P_2}{\beta_j^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j=1,2. \end{aligned} \quad (2)$$

Кожна з гіпотез  $A_i, B_j$ ,  $i=1,2; j=1,2$  є об'єднанням двох гіпотез, що обрані з такої сукупності гіпотез (випадків):

- $C_{11}$  – випадок 1.1 (рішення про реалізацію варіанта-1);
- $C_{12}$  – випадок 1.2 (рішення про реалізацію варіанта-2);
- $C_{21}$  – випадок 2.1 (рішення про реалізацію варіанта-4);
- $C_{22}$  – випадок 2.2 (рішення про реалізацію варіанта-3).

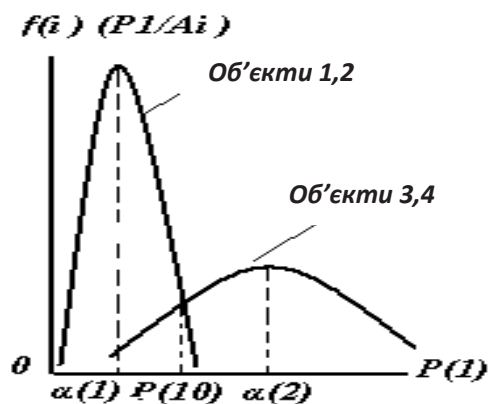


Рис. 1. Густини ймовірностей обсягів підготовки фахівців для 1-го, 2-го та 3-го, 4-го варіантів

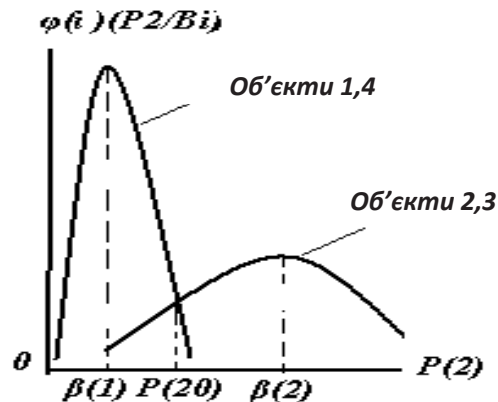


Рис. 2. Густини ймовірностей обсягів підготовки фахівців для 1-го, 4-го та 2-го, 3-го варіантів

При цьому мають місце такі об'єднання гіпотез про реалізовані варіанти підготовки фахівців у вигляді:

$$A_1 = C_{11} \cup C_{12}; A_2 = C_{21} \cup C_{22};$$

$$B_1 = C_{11} \cup C_{21}; B_2 = C_{12} \cup C_{22}.$$

Спостережувані значення ознак  $P_1, P_2$  вважаються статистично незалежними, що справедливо при слабкому впливі загальних випадкових факторів на спотворення результатів спостереження ознак.

З уведених чотирьох об'єднань гіпотез  $A_i, B_j$  ( $i = 1, 2; j = 1, 2$ ) можна отримати гіпотези  $C_{ij}$  як перетинання відповідних об'єднань гіпотез  $A_i, B_j$ , а саме:

$$C_{ij} = A_i \cap B_j, i = 1, 2; j = 1, 2$$

з двовимірними умовними густинами ймовірностей ознак  $P_1$  і  $P_2$  у вигляді:

$$\psi_{ij} \left( \frac{P_1}{A_i}, \frac{P_2}{B_j} \right) = f_i \left( \frac{P_1}{A_i} \right) \cdot \phi_j \left( \frac{P_2}{B_j} \right), i = 1, 2; j = 1, 2. \quad (3)$$

Достовірності прогнозування, тобто ймовірності реалізації кожного з варіантів підготовки фахівців, що досліджуються, неважко оцінити, обчислюючи ймовірності прийняття правильних рішень і помилок прийняття рішень при розгляді розподілу обсягів підготовки фахівців, що є намічуваними, за кожним з варіантів підготовки бакалаврів і магістрів і гуманітарної, і технічної спеціальностей. Для цього необхідно порівняти спостережувані значення ознак  $P_1$  і  $P_2$  з відповідними порогамі  $P_{10}$  і  $P_{20}$ , вибраними, наприклад, за критерієм «ідеального спостерігача».

Згідно з методом перевірки статистичних гіпотез, умовні ймовірності правильних і помилкових рішень про можливість реалізації кожного з чотирьох варіантів підготовки фахівців відповідного профілю утворюють матрицю достовірності прогнозування:

$$F = \begin{pmatrix} F_{11}^{11} & F_{12}^{11} & F_{21}^{11} & F_{22}^{11} \\ F_{11}^{12} & F_{12}^{12} & F_{21}^{12} & F_{22}^{12} \\ F_{11}^{21} & F_{12}^{21} & F_{21}^{21} & F_{22}^{21} \\ F_{11}^{22} & F_{12}^{22} & F_{21}^{22} & F_{22}^{22} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Її елементи є кількісною оцінкою умовних ймовірностей у вигляді:

$F_{11}^{11}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанта-1, яка чисельно дорівнює ймовірності спільної справедливості гіпотез  $A_1$  і  $B_1$ ;

$F_{12}^{11}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-1 через спільність гіпотези  $A_1$  як для варіанта-1, так і для варіанта-2, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $A_1$  і несправедливості гіпотези  $B_1$ ;

$F_{21}^{11}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-1 через спільність гіпотези  $B_1$  як для варіанта-1, так і для варіанта-4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $B_1$  і несправедливості гіпотези  $A_1$ ;

$F_{22}^{11}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-1, що дорівнює ймовірності спільної несправедливості і гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_1$ ; ця подія спільної несправедливості доповнює події, перелічені вище, до повної групи подій з гіпотезами  $A_1$  і  $B_1$ ;

$F_{11}^{12}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-2, яка дорівнює ймовірності спільної справедливості гіпотези  $A_1$  і несправедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{12}^{12}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанта-2, вона чисельно дорівнює ймовірності спільної справедливості і гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{21}^{12}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-2, що дорівнює ймовірності несправедливості і гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{22}^{12}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-2, яка дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези  $A_1$  і справедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{11}^{21}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $B_1$  і несправедливості гіпотези  $A_2$ ;

$F_{12}^{21}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-4, яка дорівнює ймовірності спільної несправедливості і гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_1$ ;

$F_{21}^{21}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанта-4, яка дорівнює ймовірності спільної справедливості і гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_1$ ;

$F_{22}^{21}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $A_2$  і несправедливості гіпотези  $B_1$ ;

$F_{11}^{22}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-3, яка дорівнює ймовірності несправедливості і гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{12}^{22}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта-3, яка дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези  $A_2$  і справедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{21}^{22}$  – ймовірність помилковості рішення про реалізацію варіанта-3, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $A_2$  і несправедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{22}^{22}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанта-3, яка дорівнює ймовірності спільної справедливості і гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_2$ .

При цьому, через незалежність реалізацій ознак  $P_1$  і  $P_2$ , кожен елемент матриці  $F$  має вигляд:

$$F_{kl}^{ij} = R_k^i \cdot N_l^j, i, j, k, l \in \{1, 2\}, \quad (5)$$

де  $R_1^1$  – ймовірність справедливості гіпотези  $A_1$ , дорівнює:

$$R_1^1 = \int_0^{P_0} f_1 \left( \frac{x}{A_1} \right) dx;$$

$N_1^1$  – ймовірність справедливості гіпотези  $B_1$ , дорівнює:

$$N_1^1 = \int_0^{P_0} \varphi_1 \left( \frac{y}{B_1} \right) dy;$$

$R_2^1$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $A_1$ , дорівнює:

$$R_2^1 = 1 - R_1^1;$$

$N_2^1$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $B_1$ , дорівнює:

$$N_2^1 = 1 - N_1^1;$$

$R_1^2$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $A_2$ , дорівнює:

$$R_1^2 = \int_0^{P_{10}} f_2 \left( \frac{x}{A_2} \right) dx;$$

$R_2^2$  – ймовірність справедливості гіпотези  $A_2$ , дорівнює:

$$R_2^2 = 1 - R_1^2;$$

$N_1^2$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $B_2$ , дорівнює:

$$N_1^2 = \int_0^{P_{20}} \varphi_2 \left( \frac{y}{B_2} \right) dy;$$

$N_2^2$  – ймовірність справедливості гіпотези  $B_2$ , дорівнює:

$$N_2^2 = 1 - N_1^2.$$

Отже, матрицю  $F$  можна подати в остаточному вигляді:

$$F = \begin{pmatrix} R_1^1 N_1^1 & R_1^1 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^1) N_1^1 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^1) \\ R_1^1 N_1^2 & R_1^1 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^1) N_1^2 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^2) \\ R_1^2 N_1^1 & R_1^2 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^2) N_1^1 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^1) \\ R_1^2 N_1^2 & R_1^2 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^2) N_1^2 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Видно, що матриця (6) (назвемо її більш повно *матрицею достовірності прогнозування реалізації* варіантів підготовки бакалаврів та магістрів і гуманітарної, і технічної спеціальностей в умовах невизначеності випадкового типу) є *стохастичною*; сума елементів кожного її рядка дорівнює одиниці, тобто відображає сукупність ймовірностей подій, що становлять повну групу випадкових подій під час підготовки фахівців.

Враховуючи конкретний вид (2) функцій  $f_i$  і  $\varphi_j$ , отримуємо умовні ймовірності в складі елементів матриці (6) у вигляді:

$$\begin{aligned} R_1^1 &= \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{a_1^2} \exp \left[ -\frac{P_1^2}{2a_1^2} \right] dP_1 = 1 - \exp \left[ -\frac{P_{10}^2}{2a_1^2} \right]; \quad R_2^1 = \exp \left[ -\frac{P_{10}^2}{2a_1^2} \right]; \\ N_1^1 &= \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_1^2} \exp \left[ -\frac{P_2^2}{2\beta_1^2} \right] dP_2 = 1 - \exp \left[ -\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2} \right]; \quad N_2^1 = \exp \left[ -\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2} \right]; \\ R_1^2 &= \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{a_2^2} \exp \left[ -\frac{P_1^2}{2a_2^2} \right] dP_1 = 1 - \exp \left[ -\frac{P_{10}^2}{2a_2^2} \right]; \quad R_2^2 = \exp \left[ -\frac{P_{10}^2}{2a_2^2} \right]; \\ N_1^2 &= \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_2^2} \exp \left[ -\frac{P_2^2}{2\beta_2^2} \right] dP_2 = 1 - \exp \left[ -\frac{P_{20}^2}{2\beta_2^2} \right]; \quad N_2^2 = \exp \left[ -\frac{P_{20}^2}{2\beta_2^2} \right]; \end{aligned} \quad (7)$$

За умов застосуванні критерію «ідеального спостерігача», значення порогів  $P_{10}$  і  $P_{20}$  можуть бути знайдені шляхом розв'язання рівнянь (див. рис. 1; 2):

$$f_1 \left( \frac{P_{10}}{A_1} \right) = f_2 \left( \frac{P_{10}}{A_2} \right); \quad \varphi_1 \left( \frac{P_{20}}{B_1} \right) = \varphi_2 \left( \frac{P_{20}}{B_2} \right).$$

Ці рішення, згідно з формулами (2) мають вигляд:

$$P_{10} = 2a_1 a_2 \left[ \frac{\ln a_1 - \ln a_2}{a_1^2 - a_2^2} \right]^{0,5}; \quad P_{20} = 2\beta_1 \beta_2 \left[ \frac{\ln \beta_1 - \ln \beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{0,5}. \quad (8)$$

Таким чином, якщо параметри розподілів  $f_i$  і  $\varphi_j$ ,  $i = 1, 2$ ;  $j = 1, 2$  відомі, то елементи матриці достовірності (7) теж відомі. Це дозволяє витягти з неї повну інформацію про ймовірності правильного прогнозування можливостей реалізації кожного з варіантів підготовки бакалаврів і магістрів і гуманітарної, і технічної спеціальностей в умовах впливу невизначеності, а також визначити всю інформацію про помилки прогнозування кожного з варіантів підготовки. Ймовірності правильного прогнозування реалізованості кожного з чотирьох варіантів підготовки фахівців за допомогою простих співвідношень, що розташовані на діагоналі матриці (6), такі:

1. Для варіанта-1 отримуємо  $R_1^1 N_1^1$ .
2. Для варіанта-2 виходить  $R_1^1 (1 - N_1^2)$ .
3. Для варіанта-3 отримаємо значення ймовірності, що дорівнює  $(1 - R_1^2)(1 - N_1^2)$ .
4. Для варіанта-4 знаходимо ймовірність правильного прогнозування його реалізації у вигляді  $(1 - R_1^2) N_1^1$ .

Безумовна ймовірність правильного прогнозування реалізації всіх варіантів підготовки бакалаврів і магістрів як гуманітарної, так і технічної спеціальності, дорівнює сумі діагональних елементів матриці достовірності (6) реалізації варіантів підготовки фахівців та, за умов рівних априорно можливостям планування цих варіантів, дорівнює:

$$D = \frac{1}{4} [R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2)(1 - N_1^2)], \quad (9)$$

а безумовна ймовірність загальної помилки прогнозування дорівнює:

$$Q = 1 - D. \quad (10)$$

Неважко переконатися, що достовірність прогнозування визначається лише двома факторами: ступенем перекривання густин ймовірності (див. рис. 1, 2), тобто дисперсіями ознак (розмитістю інформації про фактичні можливі обсяги підготовки фахівців і впливом різних випадкових факторів) та рівнем відмінності гіпотез, які перетинаються хоча б за однією ознакою, що, у свою чергу, залежить від кількісного співвідношення між числом варіантів, які підлягають реалізації, та числом  $n$  ознак, що забезпечують вирішення завдання достовірного прогнозування обсягів підготовки фахівців. У всякому разі, вимога розрізнення гіпотез, хоча б за однією ознакою з  $n$  використовуваних, що перетинаються, як можна в цьому переконатися, зазвичай виконується в тому випадку, якщо кількість  $K$  варіантів, що повинні бути розглянуті, не перевищує число  $2^n$ , тобто умова нормальної розрізняюваності варіантів при прогнозуванні їх реалізації в умовах гіпотез, що перетинаються, і розрізняюваності хоча б за однією ознакою, має вигляд:

$$K_{\max} \leq 2^n. \quad (11)$$

**Приклад.** Нехай встановлено, що найбільш ймовірні значення ознак, тобто очікуваних обсягів підготовки фахівців за кожним з варіантів, відомі і дорівнюють:

- для варіанта-1 і варіанта-2 середній очікуваний обсяг підготовки фахівців гуманітарної спеціальності запланований близьким до нульового рівня у вигляді  $\alpha_1 = 0,041$ ;
- для варіанта-3 і варіанта-4 середній очікуваний обсяг підготовки фахівців гуманітарної спеціальності запланований істотно більш високим у вигляді  $\alpha_2 = 0,653$ ;
- для варіанта-1 і варіанта-4 середній очікуваний обсяг підготовки фахівців технічної спеціальності запланований низьким і дорівнює  $\beta_1 = 0,301$ ;
- для варіанта-2 і варіанта-3 середній очікуваний обсяг підготовки фахівців технічної спеціальності запланований помітно більш високим і дорівнює  $\beta_2 = 0,778$ .

За результатами очікуваних розподілів обсягів підготовки фахівців за кожним з варіантів в умовах невизначеності, коли фактичне значення кожного очікуваного обсягу зазвичай має відхилення від очікуваного і розподілено за законом Релея, потрібно визначити:

- а) значення ймовірностей правильного прогнозування реалізації варіантів підготовки фахівців та умовні ймовірності помилкових рішень про реалізацію кожного з варіантів;
- б) елементи матриці достовірності, маючи на увазі реально можливий попарний збіг розподілів обсягів підготовки фахівців гуманітарної та технічної спеціальностей;
- в) значення умовних ймовірностей помилок прогнозування можливостей реалізації кожного варіанта підготовки фахівців;

г) значення безумовної ймовірності правильного прогнозування реалізації варіантів, якщо відомо, що апіорні ймовірності планування варіантів сумірні;

д) значення безумовної ймовірності помилкового прогнозування можливостей реалізації варіантів.

Розв'язання.

Згідно з (8), порогові значення розподілів обсягів підготовки фахівців дорівнюють:

$$P_{10} = 2a_1a_2 \left[ \frac{\ln a_1 - \ln a_2}{a_1^2 - a_2^2} \right]^{0,5} = 0,14;$$

$$P_{20} = 2\beta_1\beta_2 \left[ \frac{\ln \beta_1 - \ln \beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{0,5} = 0,7.$$

Одержимо потрібні рішення, згідно із заданими умовами прикладу. Відповідно до (7), ймовірності правильного прогнозування реалізації варіантів підготовки фахівців характеризуються такою сукупністю результатів.

$$1.R_1^1 N_1^1 = 0,889;$$

$$2.R_1^1 (1 - N_1^2) = 0,870;$$

$$3.(1 - R_1^2)(1 - N_1^2) = 0,855;$$

$$4.(1 - R_1^2)N_1^1 = 0,873.$$

Згідно з (6), з урахуванням (7), матриця  $F$  ймовірностей прогнозування реалізації варіантів, тобто достовірності прогнозування, має вигляд:

$$F = \begin{pmatrix} 0,889 & 0,107 & 0,003 & 0,001 \\ 0,126 & 0,870 & 0,001 & 0,003 \\ 0,019 & 0,003 & 0,873 & 0,105 \\ 0,002 & 0,019 & 0,123 & 0,855 \end{pmatrix}.$$

Відповідно до (9), враховуючи (7), знаходимо безумовну ймовірність правильного прогнозування реалізації всієї сукупності досліджуваних варіантів підготовки фахівців у вигляді:

$$D = \frac{1}{4} [R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2)(1 - N_1^2)] = 0,87.$$

Ймовірність помилкового прогнозування можливостей реалізації всієї сукупності варіантів підготовки фахівців, згідно з (10), дорівнює:

$$Q = 1 - D = 0,13.$$

Ймовірності помилкового прогнозування реалізації кожного з конкретних варіантів визначаються підсумовуванням ймовірностей помилок відповідного рядка матриці достовірності (6), а саме недиагональних елементів рядка. Отримуємо також безумовні ймовірності помилок прогнозування реалізації варіантів.

1. Для варіанта-1 знаходимо величину у вигляді:

$$Q_1 = F_{12}^{11} + F_{21}^{11} + F_{22}^{11} = 0,111.$$

2. Для варіанта-2 ця помилка (за умовами прикладу) дещо вища і дорівнює:

$$Q_2 = F_{11}^{12} + F_{21}^{12} + F_{22}^{12} = 0,130.$$

3. Для варіанта-4 помилка практично не відрізняється від попередньої:

$$Q_3 = F_{11}^{22} + F_{12}^{22} + F_{21}^{22} = 0,127.$$

4. Для варіанта-3 отримуємо безумовну ймовірність помилки у вигляді:

$$Q_4 = F_{11}^{21} + F_{12}^{21} + F_{22}^{21} = 0,145.$$

#### **Висновки та перспективи подальшого розвитку.**

1. Розглянута методика на основі методу перевірки статистичних гіпотез і моделі для стохастичного прогнозування реалізації варіантів підготовки фахівців в умовах невизначеності випадкового типу дозволяє отримати достатньо достовірну інформацію навіть при парній нерозрізненості очікуваних обсягів підготовки фахівців у конкуруючій сфері підготовки фахівців.

2. Важливою є вимога розрізнюваності варіантів використання інвестицій хоча б за однією з ознак (обсягів підготовки фахівців у конкуруючих сферах) для кожного з досліджуваних варіантів.

3. Створення і використання програмного продукту на основі пропонованого методу перевірки статистичних гіпотез за допомогою стохастичної моделі прогнозування може істотно спростити необхідні розрахунки та заощадити час на вирішення подібних завдань з метою удосконалення управління підготовкою фахівців для кожного ВНЗ, для сукупності ВНЗ регіонів і ВНЗ країни в цілому.

#### **Список використаних джерел**

1. Черняк О.І. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні моделі і методи прогнозування соціально-економічних процесів» (ПСЄП-2006). – 2006. [Електронний ресурс] / О.І. Черняк, Г.О. Черноус. – Режим доступу: <http://iee.org.ua/ru/publication/63/>
2. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений / С.А. Саркисян. – М.: Советское радио, 1977. – 355 с.
3. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Знание, 1978. – 290 с.
4. Марси Д. Стохастическая модель для прогнозирования технологических изменений / Д. Марси // Экономика промышленности. – 1980. – № 1. – С. 22–27.
5. Райфа Г. Анализ решений / Г. Райфа. – М.: Изд-во Московского университета, 1977. – 186 с.
6. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио. 1972. – 430 с.
7. Дем'янчук Б.О. Модель определения прогнозных оценок реализуемости вариантов вложения инвестиций в сферу производства / Б.О. Дем'янчук, В.М. Косарев // Європейський вектор економічного розвитку. Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля. – 2014. – 2(17). – С. 60–69.

#### **References**

1. Chernyak, O.I., Chornous, G.A. (2006). *Vseukrains'ka naukovo-praktychna konferentsiia «Suchasni modeli i metody prohnozuvannia sotsial'no-ekonomichnykh protsesiv» (PSEP-2006).* – 2006. [Proc. Ukrainian scientific-practical conference 'Modern methods of forecasting models and socio-economic processes (PSEP 2006)']. Access mode: <http://iee.org.ua/ru/publication/63/> (In Ukrainian).
2. Sarkisyan, S.A. (1977). *Teorija prognozirovaniia i prinjatija reshenij* [The theory of forecasting and decision-making]. Moscow, Sovetskoe radio, 355 p.
3. Fishbern, P. (1978). *Teorija poleznosti dlja prinjatija reshenij* [Utility theory for decision-making]. Moscow, Znanie, 290 p. (In Russian).
4. Marsi, D. (1980). *Stokhasticheskaja model' dlja prognozirovaniia tehnologicheskikh izmenenij* [Stochastic model for predicting technological change]. *Ekonomika promyshlennosti* [Industrial Economics], no.1, p. 22-27. (In Russian).
5. Raifa, G. (1977). *Analiz reshenii* [Decision Analysis], Moscow, MGU, 186 p. (In Russian).
6. Ventcel', E.S. (1972). *Issledovanie operacij* [Operations research]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 430 p. (In Russian).
7. Dem'janchuk, B.A., Kosarev, V.M. (2014). *Model' opredelenija prognoznyh ocenok realizuemosti variantov vlozhenija investicij v sferu proizvodstva* [Model prediction realizuyemosti

investment options in manufacturing], *Evropeiskii vector economichnogorozvytku* [European vector of economic development], no. 2(17), p. 60-69. (In Russian).

Предложена методика определения вероятностей реализации плановых объемов подготовки специалистов с базовым и полным высшим образованием гуманитарного и технического профилей в условиях неопределенности случайного типа и пересечения гипотез о фактических распределениях объемов, которые ожидаются на этапе планирования. Результаты получены с помощью стохастической модели и способствуют совершенствованию управления подготовкой специалистов региона или страны в целом.

*Ключевые слова:* объемы подготовки специалистов, метод проверки статистических гипотез, стохастическая модель прогнозирования событий, достоверность реализации плановых объемов.

The paper provides a method for determining probability-based planned volume of teaching and learning in humanitarian and technical basic and complete higher education under random uncertainties and intersection of hypotheses on the actual distribution of volume that is expected at the planning stage. As it is shown in the paper, the statistical hypothesis testing based on the stochastic modeling shall be used. The proposed methodology should contribute to the enhancement of teaching and learning in the region or in the country as a whole.

*Key words:* the volume of teaching and learning, the statistical hypothesis testing, forecasting using stochastic models, accuracy of distribution of volume at the planning stage.

Одержано 28.01.2016.