

DOI 10.32342/2522-41-5-2018-0-15-186-194

УДК 378.1:519.87

**О.В. СУХІН,**

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

**Б.О. ДЕМ'ЯНЧУК,**

*доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри технічного забезпечення  
Військової академії (м. Одеса)*

**В.М. КОСАРЕВ,**

*кандидат технічних наук, доцент,  
професор кафедри економіки та моделювання бізнес-процесів  
Університету імені Альфреда Нобеля (м. Дніпро)*

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИЖИВАННЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ В УМОВАХ КОНКУРЕНЦІЇ**

Запропоновано математичну модель прогнозування виживання вищих навчальних закладів в умовах конкуренції. Показано, що завдання доцільно вирішувати шляхом застосування методу перевірки статистичних гіпотез на основі стохастичної моделі. Результати сприяють удосконаленню діяльності ВНЗ.

**Ключові слова:** виживання вищих навчальних закладів, метод перевірки статистичних гіпотез, стохастична модель прогнозування явищ, достовірність реалізації прийнятих рішень.

**Постановка проблеми.** При раціоналізації стратегії розвитку таких складних систем, як сучасні вищі навчальні заклади (ВНЗ), необхідно прогнозувати наслідки кожного з варіантів їх розвитку. Важливо також враховувати взаємний вплив основних складових діяльності ВНЗ: управлінського ресурсу керівництва, навчального потенціалу, науково-дослідної діяльності, адміністративно-господарчої та соціальної складових, капітального будівництва. Кількість подібних факторів вимірюється десятками, а в ряді навчальних закладів – сотнями. Жорсткість конкуренції на ринку освітніх послуг, яка відбувається в міру його розвитку й прискорення інтеграційних процесів, посилення впливу демографічного фактора, приводить до підвищення невизначеностей випадкового та антагоністичного характеру, які впливають на результат вирішення завдань «виживання» ВНЗ в сучасних умовах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В Україні набуває актуальності питання прогнозування успішності бізнес-проектів і навчальних закладів. Ця проблема у цілому виявляється дуже значущою, оскільки в сучасних економічних реаліях нашої держави ціна помилок у сфері менеджменту вищої освіти зростає у геометричній прогресії. На сучасному етапі розвитку методів обґрунтування рішень та моделей прогнозування розвитку науково-педагогічних процесів суттєву роль відіграють праці українських вчених. Відомими є дослідження 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. Саркіяна, 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 завдання прогнозування реалізації планів і визначення оці

нок їх достовірності. На результати реалізації планів впливає безліч випадкових факторів. Вони впливають на навчальний процес будь-якого навчального закладу, будь-якого регіону і в цілому на сукупність ВНЗ державної та приватної власності. У той же час, як показує аналіз, за умов, коли при поєднанні вихідні ознаки для наукового вирішення завдання збігаються не повністю, досягати результату дозволяє метод перевірки статистичних гіпотез прийнятної для практики достовірності прогнозування наслідків вирішення складної науково-педагогічної задачі [2; 6].

**Формулювання мети.** Метою статті є вирішення науково-педагогічної управлінської задачі прогнозування стійкості (ймовірності «виживання») ВНЗ, діяльність якого диверсифікована між удосконаленням освітньої діяльності й розвитком матеріально-технічної бази в умовах конкурентної боротьби.

**Виклад основного матеріалу.** Побудову моделі для прогнозування ймовірності «виживання» навчального закладу доцільно починати з визначення ознак, наприклад, коли маємо чотири приблизно однакових вищих навчальних заклади-конкуренти з різними економічними стратегіями за двома конкретними ознаками. Нехай ознаки є у вигляді наявних обсягів, що перетинаються попарно. Визначимо на деякому варіанті такі ознаки.

Перша ознака ( $C_{нб}$ ) являє собою кошти, які ВНЗ спрямовує щорічно на розвиток освітньої діяльності (на утримання викладачів, допоміжного персоналу та навчально-лабораторної бази);

Друга ознака ( $C_{рін}$ ) являє собою кошти, які спрямовує щорічно на розвиток ВНЗ (матеріально-технічну базу, інформаційне забезпечення, науково-дослідну роботу).

Така кількісна конкретизація помітно не порушить спільності одержуваних результатів і висновків, однак значно поліпшить наочність ілюстрації фізичної сутності й особливостей ефективних прийомів, що дозволяють з високою вірогідністю давати прогноз навіть тоді, коли ситуація здається заплутаною.

Відомо, що в умовах конкуренції, наприклад чотирьох приблизно однакових ВНЗ, виживаність кожного залежить від безлічі різних факторів і від умов, у яких кожен з них опинився до моменту аналізу. У той же час відомо, що одним із найбільш важливих моментів у цій справі є оперативність, обсяг і доцільність щорічного вкладення наявних на рахунок підприємства фінансових коштів у той або інший вид діяльності, наприклад у розширення масштабів освітньої діяльності або в розвиток закладу.

Будемо думати, що події відбуваються в нормальному цивілізованому суспільстві, з нормальним податковим регулюванням підприємницької діяльності, коли для кожного конкуруючого ВНЗ вигідно (з погляду живучості, прибутковості) своє, лише йому властиве поєднання масштабів вкладення коштів в освітню діяльність або в розвиток закладу.

Нехай у розглянутому прикладі склалися такі умови для діяльності кожного з ВНЗ, що найбільш вигідним, раціональним, є такий напрям інвестицій. Припустимо, що:

– для першого ВНЗ найбільш прибутково робити інвестиції малих приблизно однакових розмірів як в освітню діяльність, так і в розвиток закладу,  $C_{нб} \approx C_{рін}$ ;

– для другого ВНЗ, що має більший фінансовий потенціал, найбільш вигідно більшу частину інвестицій спрямовувати в розвиток закладу й істотно меншу – в освітню діяльність,  $C_{нб} \leq C_{рін}$ ;

– нехай для третього ВНЗ раціональним є приблизно однаково велике інвестування як першого, так і другого виду діяльності,  $C_{нб} \approx C_{рін}$ ;

– для четвертого ВНЗ, наприклад, умови виявилися такими, що через специфіку його попередньої діяльності йому вигідніше на певному етапі більшу частину наявних коштів вкладати в розвиток освітньої діяльності, а меншу – у розвиток закладу,  $C_{нб} \geq C_{рін}$ .

Варіанти вдатків за стратегіями першого та другого ВНЗ порівнянні й мають малу дисперсію, а третього і четвертого – порівнянні, але мають більшу дисперсію. Джерелом дисперсії є апріорна невизначеність у систематичному фінансуванні.

Оскільки спостережувані значення кожної пари ознак  $C_{нб}$ ,  $C_{рін}$ , що характеризують потенціал виживаності кожного з ВНЗ, можуть помітно відрізнитися від раціональних для кожного із закладів, то прогнозування ймовірностей виживання цих ВНЗ, вважається, на перший погляд, досить невдячною справою, що потребує серйозного аналізу.

Все-таки будемо вважати, що завдання зводиться до визначення значень ймовірностей виживання кожного з підприємств-конкурентів, а також до визначення ймовірностей помилки стохастичного прогнозу, за результатами спостереження значень пар – ознак виживаності.

Перейдемо до вирішення цього завдання прогнозування. З огляду на недостатню подільність номерів ВНЗ за кожною з ознак виживаності, спостережуване значення ознаки виживаності  $C_{пб}$ , тобто спостережуване реальне значення інвестицій в освітню діяльність кожним із підприємств, дозволяє висловити лише дві гіпотези (рис 1, 2):

$A_1$  – має більше шансів вижити 1-й (випадок 1.1) або 2-й (випадок 1.2) вищий навчальний заклад;  $A_2$  – найбільше шансів виживання у 3-го (випадок 2.2) або 4-го (випадок 2.1) ВНЗ.

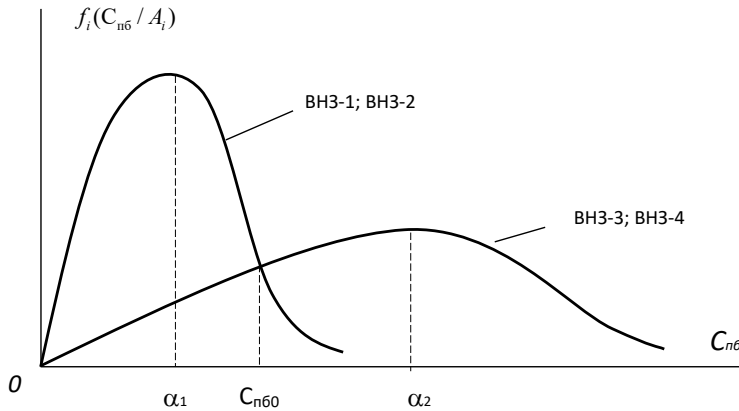


Рис. 1. Густина ймовірностей інвестицій у розвиток освітньої діяльності вищого навчального закладу

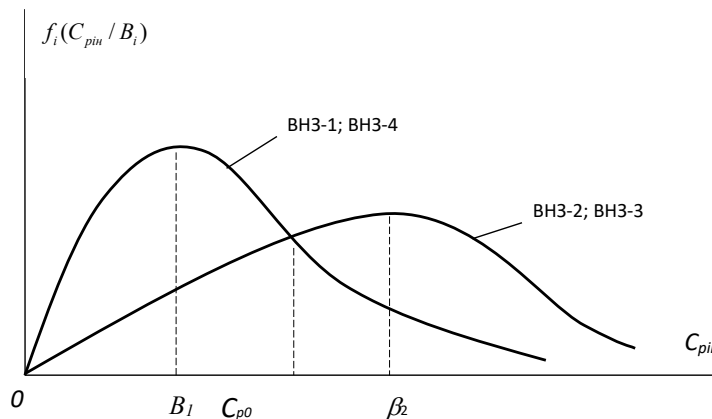


Рис. 2. Густина ймовірностей інвестицій у розвиток вищого навчального закладу

Аналогічно за значенням ознаки  $C_{рін}$ , тобто за спостережуваним реальним значенням інвестицій у виробничу сферу кожним із ВНЗ можна судити про справедливість однієї з двох гіпотез:  $B_1$  – найбільші шанси вижити в 1-го (випадок 1.1) або 4-го (випадок 2.1) вищого навчального закладу;

$B_2$  – швидше за все, виживе 2-й (випадок 1.2) або 3-й (випадок 2.2) ВНЗ.

Умовні густини ймовірностей значень ознак при справедливості введених гіпотез будемо вважати відомими функціями, які позначимо:

$$f_1(C_{пб} / A_1), f_2(C_{пб} / A_2), \phi_1(C_{рін} / B_1), \phi_2(C_{рін} / B_2),$$

для гіпотез  $A_1, A_2, B_1, B_2$  відповідно.

Попередній аналіз тенденцій зміни ймовірностей виживання вищих навчальних закладів залежно від масштабів їхніх інвестицій показує, що ці функції можуть бути описані розподілами Релея.

Дійсно, опираючись на досвід, можна констатувати, що ймовірність руйнування ВНЗ звичайно тим менша, чим більше зароблені кошти спрямовуються на розвиток перспективної для нього вигідної діяльності. Причому швидкість зміни (зниження) ймовірності (руйнування при занадто малих інвестиціях дуже мала (позначається розпорошеність коштів – антисинергичний ефект). Потім швидкість бурхливо зростає (фактори розвитку вигідної справи та зростання попиту діють у тому самому сприятливому напрямі). Нарешті, настає насичення ринку (істотні додаткові інвестиції не дають настільки ж помітного зростання попиту на випускників навчального закладу або його освітні послуги). Цікаво, що, як показує досвід, ця залежність зниження ймовірності руйнування зі зростанням значення ознаки виживання має експонентний характер у вигляді:

$$F_i(C_{пб}) = e^{-\frac{C_{пб}^2}{2\alpha_i^2}}, i=1, 2; \quad \Phi_j(C_{рпн}) = e^{-\frac{C_{рпн}^2}{2\beta_j^2}}, j=1, 2,$$

де –  $a = \frac{1}{2\alpha^2}$ ;  $b = \frac{1}{2\beta^2}$  швидкість зниження ймовірностей неправильного рішення.

Тоді ймовірності виживання неважко визначити у вигляді:

$$F_i = 1 - F_i(C_{пб}) = 1 - e^{-\frac{C_{пб}^2}{2\alpha_i^2}}; \quad \mathcal{J}_j(C_{рпн}) = 1 - \Phi_j(C_{рпн}) = 1 - e^{-\frac{C_{рпн}^2}{2\beta_j^2}} \quad (1)$$

Звідси одержуємо густини цих ймовірностей (розподілу Релея):

$$f_i(C_{пб} / A_i) = \frac{C_{пб}}{2\alpha_i^2} e^{-\frac{C_{пб}^2}{2\alpha_i^2}}, i=1, 2 \quad \varphi_j(C_{рпн} / B_j) = \frac{C_{рпн}}{2\beta_j^2} e^{-\frac{C_{рпн}^2}{2\beta_j^2}}, j=1, 2. \quad (2)$$

Що й було потрібно показати.

Кожна з гіпотез  $A_i, B_j \quad \forall i=\overline{1,2}; \quad \forall j=\overline{1,2}$  є об'єднанням двох гіпотез, обраних з наступної безлічі гіпотез (станів, випадків):

$C_{11}$  – випадок 1.1 (шанси вижити має перший ВНЗ);

$C_{12}$  – випадок 1.2 (шанси вижити має другий ВНЗ);

$C_{21}$  – випадок 2.1 (шанси вижити має четвертий ВНЗ);

$C_{22}$  – випадок 2.2 (шанси вижити має третій ВНЗ).

При цьому мають місце такі об'єднання

$$\begin{aligned} A_1 &= C_{11} \cup C_{12}; & A_2 &= C_{21} \cup C_{22}; \\ B_1 &= C_{11} \cup C_{21}; & B_2 &= C_{12} \cup C_{22}. \end{aligned}$$

З огляду на ці залежності, а також вважаючи спостережувані значення інвестицій  $C_{пб}$  і  $C_{рпн}$  статистично незалежними, що справедливо, наприклад, при слабкому впливі випадкових загальних спотворюючих помилок на результати спостереження (визначення значень) ознак-інвестицій, з введених чотирьох гіпотез  $A_i, B_j$  ( $i = 1, 2; j = 1, 2$ ) можна отримати гіпотези  $C_{ij}$  (прогнозовані стани) як перетинання відповідних гіпотез  $A_i, B_j$ , а саме:

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

з двовимірними умовними густинами ймовірностей ознак  $C_{пб}$  і  $C_{рпн}$  у вигляді

$$\psi_{ij} = (C_{пб} / A_i, C_{рпн} / B_j) = f_i(C_{пб} / A_i) \varphi_j(C_{рпн} / B_j), i = 1, 2; j = 1, 2.$$

Якщо прогнозування виживаності вищих навчальних закладів за кожним з видів фактичних інвестицій здійснюється шляхом порівняння спостережуваного значення інвестицій  $C_{пб}$  ( $C_{рпн}$ ) з одним порогом  $C_{пб0}$  ( $C_{рпн0}$ ), обраним, наприклад, за критерієм «ідеального спостерігача», то неважко обчислити показники якості прогнозування станів кожного з розглянутих ВНЗ.

Умовні ймовірності помилок прогнозування станів разом з умовними ймовірностями правильних прогнозів у розглянутому прикладі утворюють матрицю:

$$F = \begin{pmatrix} F_{11}^{11} & F_{12}^{11} & F_{21}^{11} & F_{22}^{11} \\ F_{11}^{12} & F_{12}^{12} & F_{21}^{12} & F_{22}^{12} \\ F_{11}^{21} & F_{12}^{21} & F_{21}^{21} & F_{22}^{21} \\ F_{11}^{22} & F_{12}^{22} & F_{21}^{22} & F_{22}^{22} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де  $F_{11}^{11}$  – ймовірність правильного прогнозу виживання 1-го ВНЗ, чисельно рівна ймовірності спільної справедливості гіпотез  $A_1$  і  $B_1$ ;

$F_{12}^{11}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 1-го ВНЗ через спільність гіпотези  $A_1$  і для 1-го, і для 2-го ВНЗ, рівна ймовірності справедливості гіпотези  $A_1$  і несправедливості гіпотези  $B_1$ ;

$F_{21}^{11}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 1-го ВНЗ через спільність гіпотези  $B_1$  і для 1-го, і для 4-го ВНЗ, рівна ймовірності справедливості гіпотези  $B_1$  і несправедливості гіпотези  $A_1$ ;

$F_{22}^{11}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 1-го ВНЗ, рівна ймовірності спільної несправедливості й гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_1$ . Ця подія несправедливості й  $A_1$ , і  $B_1$  доповнює події, перелічені перед цим, до повної групи подій з гіпотезами  $A_1$  і  $B_1$ ;

$F_{11}^{12}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 2-го ВНЗ, рівна спільній справедливості гіпотези  $A_1$  і несправедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{12}^{12}$  – ймовірність правильного прогнозу виживання 2-го ВНЗ, рівна ймовірності спільної справедливості й гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{21}^{12}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 2-го ВНЗ, рівна ймовірності несправедливості й гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{22}^{12}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 2-го ВНЗ, рівна ймовірності несправедливості гіпотези  $A_1$  і справедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{11}^{21}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 4-го ВНЗ, рівна ймовірності справедливості гіпотези  $B_1$  і несправедливості гіпотези  $A_2$ ;

$F_{12}^{21}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 4-го ВНЗ, рівна ймовірності спільної несправедливості й гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_1$ ;

$F_{21}^{21}$  – ймовірність правильного прогнозу виживання 4-го ВНЗ, рівна ймовірності спільної справедливості й гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_1$ ;

$F_{22}^{21}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 4-го ВНЗ, рівна ймовірності справедливості гіпотези  $A_2$ , і несправедливості гіпотези  $B_1$ ;

$F_{11}^{22}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 3-го ВНЗ, рівна ймовірності несправедливості й гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{12}^{22}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 3-го ВНЗ, рівна ймовірності несправедливості гіпотези  $A_2$  і справедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{21}^{22}$  – ймовірність помилки прогнозу виживання 3-го ВНЗ, рівна ймовірності справедливості гіпотези  $A_2$  і несправедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{22}^{22}$  – ймовірність правильного прогнозу виживання 4-го ВНЗ, рівна ймовірності спільної справедливості й гіпотези  $A_2$ , і гіпотези  $B_2$ .

При цьому через незалежність реалізації ознак  $C_{пб}$  і  $C_{рпн}$  кожний елемент матриці  $F$  являє собою добуток ймовірностей у вигляді

$$F_{kl}^{ij} = R_k^i N_l^j, \quad i, j, k, l \in \{1, 2\}, \quad (4)$$

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

$$R_1^1 = \int_0^{P_{10}} f_1(X / A_1) dX;$$

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

$$N_1^1 = \int_0^{P_{20}} \varphi(Y / B_1) dY;$$

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

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

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

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

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

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

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

$$R_1^2 = \int_0^{\beta_0} f_2(X / A_2) dX;$$

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

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

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

$$N_1^2 = \int_0^{\beta_0} \varphi(Y / B_2) dY.$$

Отже, матрицю F можна подати у вигляді:

$$F = \begin{pmatrix} R_1^1 N_1^1 & R_1^1 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^1) N_1^1 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^1) \\ R_1^1 N_1^2 & R_1^1 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^1) N_1^2 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^2) \\ R_1^2 N_1^1 & R_1^2 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^2) N_1^1 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^1) \\ R_2^2 N_1^2 & R_1^2 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^2) N_1^2 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Видно, що матриця F (назвемо її матрицею вірогідності прогнозування) є стохастичною, сума елементів кожного її рядка дорівнює одиниці.

З огляду на конкретний вид функцій  $f_1$  й  $\varphi$ , одержуємо значення умовних ймовірностей у вигляді:

$$\begin{aligned} R_1^1 &= \int_0^{C_{п60}} \frac{1}{\alpha_1} e^{-\frac{C_{п60}^2}{2\alpha_1^2}} dC_{п60} = 1 - e^{-\frac{C_{п60}^2}{2\alpha_1^2}}; & R_2^1 &= e^{-\frac{PC_{п60}^2}{2\alpha_1^2}}; \\ R_1^2 &= \int_0^{C_{п60}} \frac{1}{\alpha_2} e^{-\frac{C_{п60}^2}{2\alpha_2^2}} dC_{п60} = 1 - e^{-\frac{C_{п60}^2}{2\alpha_2^2}}; & R_2^2 &= e^{-\frac{C_{п60}^2}{2\alpha_2^2}}; \\ N_1^1 &= \int_0^{C_{п10}} \frac{1}{\beta_1} e^{-\frac{C_{п10}^2}{2\beta_1^2}} dC_{п10} = 1 - e^{-\frac{C_{п10}^2}{2\beta_1^2}}; & N_2^1 &= e^{-\frac{C_{п10}^2}{2\beta_1^2}}; \\ N_1^2 &= \int_0^{C_{п10}} \frac{1}{\beta_2} e^{-\frac{C_{п10}^2}{2\beta_2^2}} dC_{п10} = 1 - e^{-\frac{C_{п10}^2}{2\beta_2^2}}; & N_2^2 &= e^{-\frac{C_{п10}^2}{2\beta_2^2}}. \end{aligned} \quad (6)$$

При застосуванні критерію «ідеального спостерігача» значення порогів  $C_{п60}$  і  $C_{п10}$  можуть бути отримані шляхом розв'язання рівнянь:

$$f_1(C_{п60} / A_1) = f_2(C_{п60} / A_2); \quad \varphi_1(C_{п10} / B_1) = \varphi_2(C_{п10} / B_2).$$

Ці розв'язки мають вигляд:

$$C_{п60} = 2\alpha_1\alpha_2 \left[ \frac{\ln \alpha_1 - \ln \alpha_2}{\alpha_1^2 - \alpha_2^2} \right]^{\frac{1}{2}}; \quad C_{п10} = 2\beta_1\beta_2 \left[ \frac{\ln \beta_1 - \ln \beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (7)$$

Таким чином, якщо параметри розподілів  $f_i$  й  $\phi_j$ ,  $i = 1, 2$ ;  $j = 1, 2$  відомі, то елементи матриці вірогідності теж відомі, що дозволяє витягти з неї повну інформацію про ймовірність правильного прогнозування та помилки прогнозу.

Так, ймовірність правильного прогнозування виживаності дорівнює: першого конкурента –  $R_1^1 N_1^1$ , другого –  $R_1^1 (1 - N_1^2)$ , третього –  $(1 - R_1^2) N_1^1$ , четвертого –  $(1 - R_1^2) (1 - N_1^2)$ .

Вихідні дані (моделі прогнозування) у такому разі мають вигляд  $F_i$ ,  $i = 1, 4$ , тобто:

$$F_1 = F_{11}^{11} = R_1^1 N_1^1 = \left[ 1 - e^{-\frac{(C_{nb}^0)^2}{2\alpha_1^2}} \right] \left[ 1 - e^{-\frac{(C_{pnn}^0)^2}{2\beta_1^2}} \right];$$

$$F_2 = F_{12}^{12} = R_1^1 (1 - N_1^2) = \left[ 1 - e^{-\frac{(C_{nb}^0)^2}{2\alpha_1^2}} \right] \left[ e^{-\frac{(C_{pnn}^0)^2}{2\beta_2^2}} \right];$$

$$F_3 = F_{22}^{22} = (1 - R_1^2) N_1^1 = \left[ e^{-\frac{(C_{nb}^0)^2}{2\alpha_2^2}} \right] \left[ 1 - e^{-\frac{(C_{pnn}^0)^2}{2\beta_1^2}} \right];$$

$$F_4 = F_{21}^{21} = (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) = \left[ e^{-\frac{(C_{nb}^0)^2}{2\alpha_2^2}} \right] \left[ e^{-\frac{(C_{pnn}^0)^2}{2\beta_2^2}} \right],$$

де  $C^0$  – це граничні значення  $C_{nb}$  та  $C_{pnn}$ , розставлені за критерієм ідеального спостерігача.

$F_i$  – ймовірність правильного вибору  $i$ -го варіанта витрат ВНЗ на освітню діяльність і на розвиток закладу.

Процедура вибору включає два етапи:

а) спочатку з чотирьох значень  $F$  обирається найбільше значення за алгоритмом

$$F^* = \max [F_i (C_{nb}^*, C_{pnn}^*)] = F [C_{nb}^*, C_{pnn}^*]$$

$$i = \overline{1, 4}$$

б) потім значення  $C_{nb}$  та  $C_{pnn}$  зрівнюється зі значеннями  $C_{nb}^*$  і  $C_{pnn}^*$ , отриманими в результаті експертного опитування досвідчених фахівців. Якщо одержуємо, що  $C_{nb}^* \approx C_{nb}^E$ ,  $C_{pnn}^* \approx C_{pnn}^E$ , то вважаємо, що вибір зроблений і значення (найкращі)  $C_{nb}$  і  $C_{pnn}$  знайдені, а процедура вибору варіанта витрат завершена. Якщо цієї рівності не вдалося досягти, тоді процедура повторюється при нових допущеннях щодо вихідної інформації о  $C_{nb}$  і  $C_{pnn}$  в складі загальних витрат вищого навчального закладу ( $R$ ) у складі:

$$R = C_a + C_n + C_{nb} + C_{pnn},$$

де  $C_a$  – витрати на зміст адміністрації;

$C_n$  – податкові відрахування ВНЗ.

Безумовна ймовірність правильного прогнозу пропорційна сумі діагональних елементів матриці вірогідності, і при рівно ймовірних апіорних шансах конкурентів вона дорівнює:

$$D = \frac{1}{4} [R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2) (1 - N_1^2)], \quad (8)$$

а безумовна ймовірність помилки прогнозу має вигляд:

$$Q = 1 - D. \quad (9)$$

Неважко переконатися, що подібне досить достовірне прогнозування виживаності конкуруючих ВНЗ визначається лише двома факторами:

а) ступенем перекриття густин ймовірностей, тобто дисперсіями ознак прогнозування;

б) розрізненням пересічних гіпотез хоча б за однією ознакою, що, у свою чергу, залежить від кількісного співвідношення між числом конкурентів, виживаність яких підлягає прогнозуванню, і числом ознак, що забезпечують рішення завдання одержання достовірного прогнозу. У всякому разі, вимога розрізнення пересічних гіпотез хоча б по одному з  $n$  використовуваних ознак звичайно виконується в тому випадку, якщо число конкурентів  $N$  не перевищує  $2^n$ . Так, якщо  $n = 2$ , а  $N = 4$ , як у розглянутому прикладі, те навіть при більших дисперсіях ознак прогнозування вірогідність прогнозу виходить досить високої. При трьох ознаках ( $n = 3$ ) кількість конкурентів, що беруть участь, не повинне перевищувати  $N_{\max} = 2^3 = 8$ ; при  $n = 4, \leq N 16$  та ін.

#### **Висновки і перспективи подальших досліджень**

1. Наведена методика показує досить широкі можливості пропонованого методу вирішення завдань прогнозування виживаності ВНЗ в умовах конкуренції. Більше того, при цьому можна одержати достовірну вихідну інформацію навіть у випадку обмеженої за обсягом і якістю вхідної, у тому числі і при незадовільній подільності ознак, що характеризують діяльність конкурентів. А саме:

а) дати прогноз виживаності кожного конкурента, якщо фактичне (реалізоване) значення інвестицій кожного звичайно має відхилення від намічуваного і за досвідом розподілене за законом Релея;

б) визначити елементи матриці вірогідності прогнозу, маючи на увазі, що намічувані найбільш ймовірні значення інвестицій є для кожного найбільш вигідними (прибутковими) саме в умовах конкуренції;

в) визначити безумовну ймовірність правильного прогнозу, якщо апіорно відомо, що шанси ВНЗ-конкурентів порівнянні;

г) визначити безумовну ймовірність помилкового прогнозу виживаності всіх ВНЗ-конкурентів;

д) визначити ймовірності помилки прогнозу виживаності кожного з ВНЗ-конкурентів.

2. Важлива вимога методу – подільність учасників конкуренції хоча б за однією характерною для них ознакою, що неважко забезпечити, якщо число конкурентів при аналізі не перевищує  $2^n$ , де  $n$  – число ознак, використовуваних при прогнозуванні.

3. Результати прогнозування доцільно використовувати при формуванні стратегії розвитку навчального закладу.

#### **Список використаних джерел**

1. Черняк О.І. Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні моделі і методи прогнозування соціально-економічних процесів» (ПСЄП-2006). [Електронний ресурс] / О.І. Черняк, Г.О. Черноус. – 2006. – 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.

#### **References**

1. Chernyak, O.I., Chornous G.A. (2006). Ukrainian scientific-practical conference *Modern methods of forecasting models and socio-economic processes* [Modern methods of forecasting models and socio-economic processes] (PSEP 2006). Access mode: <http://iee.org.ua/ru/publication/63/>

2. Sarkisyan, S.A. (1977) *The theory of forecasting and decision-making* [The theory of forecasting and decision-making]. Moscow, Sovetskoe radio, 1977, 355 p.



3. Fishbern, P. (1978) *Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniya* [Utility theory for decision making]. Moscow, Znanie, 1978, 290 p.
4. Marsi, D. (1980). *Stokhasticheskaya model dlya prognozirovaniya tehnologicheskikh izmenenii* [Stochastic model for predicting technological change]. Ref. sbornic. *Ekonomika promyshlennosti* [Industrial Economics], no.1, pp. 22-27.
5. Raifa, G. (1977). *Analiz reshenii* [Decision Analysis], Moscow, MGU, 186 p.
6. Ventcel, E.S. (1972). *Issledovanie operacii* [Operations research]. Moscow, Sovetskoe radio, 430 p.

Предложена математическая модель прогнозирования выживания высших учебных заведений в условиях конкуренции. Результаты получены с помощью метода проверки статистических гипотез на основе стохастической модели и способствуют совершенствованию деятельности вузов.

**Ключевые слова:** выживание высших учебных заведений, метод проверки статистических гипотез, стохастическая модель прогнозирования событий, достоверность реализации принятых решений.

A mathematical model is suggested for predicting the survival of higher education institutions in competitive environment. The results are obtained using the method of testing statistical hypotheses on the basis of a stochastic model and contribute to the improvement of the activity of higher education institutions.

**Key words:** the survival of higher education institutions, the method of checking statistical hypotheses, the stochastic model of forecasting events, the reliability of the implementation of decisions taken.

Одержано 3.01.2018.