

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

УДК 378.1

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ У ПРОЦЕСІ МОНІТОРИНГУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

© Л.Віткін¹, Г.Хімичева², 2005

¹Університет економіки і права “КРОК”,
вул. Лагерна, 30-32, 03113, Київ, Україна

²Київський національний університет технологій та дизайну,
вул. Немировича-Данченко, 2, 01011, Київ, Україна

Описано використання методів статистичного аналізу у системі управління якістю вищого навчального закладу

Описано использование методов статистического анализа в системе управления качеством высшего учебного заведения

Use of methods of the statistical analysis in a quality management system of a higher educational institution is described

У [1] наведено перелік статистичних методів, які мають стати у пригоді організації у ході розроблення, впровадження, підтримання та поліпшення системи менеджменту якості (СУЯ) відповідно до вимог ISO 9001 [2]. Залежно від виду діяльності організації рекомендовано використовувати такі методи:

- описова (наглядова) статистика, зокрема графічні методи (1);
- розроблення експериментів (2);
- випробування гіпотези (3);
- аналіз вимірювання (4);

- аналіз здатності процесів (5);
- регресійний аналіз (6);
- аналіз надійності (7);
- аналіз вибірки зразків (8);
- моделювання (9);
- статистичні діаграми управління процесом (контрольні карти Шухарта (SPC)) (10);
- статистична толерантність (вибір допусків для складного виробу) (11);
- аналіз часового ряду (12).

Таблиця 1

№ з/п	Вимоги ДСТУ ISO 9001:2001	Потреби у використанні числових даних	Статистичні методи згідно з нумерацією, наведеною вище	Доцільність використання у діяльності ВНЗ (позначається знаком «+»)
1	2	3	4	5
1.	5.6.2. Вхідні дані аналізування			
1.1.	а) результати аудитів	Збирання та оцінювання даних аудитів	(1), (8)	+
1.2.	б) зворотний зв'язок з замовником	Збирання та оцінювання даних про ступінь задоволеності замовників	(1), (8)	+
1.3.	в) функціонування процесів та відповідність продукції	Оцінювання функціонування процесів та відповідності продукції	(1), (5), (8), (10)	+
1.4.	г) стан запобіжних та коригувальних дій	Збирання та оцінювання даних про виконання запобіжних та коригувальних дій	(1)	+

Продовження табл.

2.	6.2.2. Компетентність, обізнаність та підготовка			
2.1.	6.2.3. в) оцінювання ефективності вжитих заходів	Оцінювання компетентності та ефективності навчання	(1), (8)	+
2.2.	6.4. Виробниче середовище	Моніторинг за виробничим середовищем	(1), (10)	За потреби, наприклад, під час наукових досліджень
3.	7. Випуск продукції			
3.1.	7.2.2. Аналізування вимог щодо продукції	Оцінювання здатності організації задовольнити визначені вимоги	(1), (4), (5), (8), (11)	За потреби, наприклад, під час наукових досліджень
3.2.	7.3.4. Вихідні дані проектування та розроблення	Перевірка відповідності вихідних даних проектування вхідним вимогам	(1), (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (12)	За потреби
3.3.	7.3.5. Перевірка проекту та розробки	Перевірка вихідних даних проектування на відповідність вхідним вимогам	(1), (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (12)	За потреби
3.4.	7.3.6. Затвердження проекту розробки	Забезпечення впевненості у тому, що продукція відповідає встановленим вимогам і потребам	(1), (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (12)	За потреби
3.5.	7.3.7. Управління змінами в проєкті та розробці	Аналіз, перевірка, затвердження змін, оцінювання ефекту від змін	(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9)	За потреби
3.6.	7.4 Закупівля 7.4.1. Процес закупівлі	Забезпечення відповідності закупленої продукції установленим закупівельним вимогам Оцінювання здатності постачальників задовольнити вимоги організації	(1), (3), (4), (5), (6), (7), (8) (1), (2), (5), (6), (8)	За потреби За потреби
3.7.	7.4.3. Перевірка закупленої продукції	Визначення та впровадження інспектування або інших заходів, необхідних для забезпечення впевненості у тому, що закуплена продукція задовольняє закупівельні вимоги	(1), (3), (4), (5), (7), (8)	За потреби
3.8.	7.5.1. Управління виробництвом і наданням послуг	Моніторинг та управління виробництвом та наданням послуг	(1), (4), (5), (6), (7), (8), (10), (12)	+
3.9.	7.5.2. Затвердження процесів виробництва	Затвердження, моніторинг та управління процесами, виходи яких неможливо перевірити за допомогою контролю та вимірювань	(1), (5), (6), (8), (10), (12)	За потреби
3.10.	7.5.4. Власність замовника	Перевірка, захист та охорона власності замовника	(1), (8)	За потреби
3.11.	7.5.5. Збереження продукції	Моніторинг за пакуванням, складуванням та захистом продукції	(1), (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (12)	За потреби
3.12.	7.6. Управління засобами моніторингу та вимірювальної техніки	Забезпечення моніторингу вимірювань та вимірювальної техніки, необхідних для доведення відповідності продукції встановленим вимогам	(1), (4), (5), (6), (8), (10), (11), (12)	За потреби
4.	8. Вимірювання, аналізування та поліпшення 8.2. Моніторинг та вимірювання			
4.1.	8.2.1. Задоволеність замовника	Моніторинг та аналіз інформації стосовно сприйняття замовником рівня задоволення організацією вимог	(1), (8)	+
4.2.	8.2.2. Внутрішній аудит	Планування і здійснення внутрішніх аудитів та звітування про результати аудитів	(1), (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (12)	+

Закінчення табл.

4.3.	8.2.3. Моніторинг та вимірювання процесів	Моніторинг та вимірювання процесів системи управління якістю для забезпечення спроможності процесів досягти запланованих результатів	(1), (2), (3), (4), (5), (8), (10), (12)	+
4.4.	8.2.4. Моніторинг та вимірювання продукції	Моніторинг та вимірювання характеристик продукції на відповідних етапах процесу випуску для доведення відповідності встановленим вимогам	(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (10), (12)	+
4.5.	8.3. Управління невідповідною продукцією	Ідентифікація продукції, яка не відповідає установленим до неї вимогам для запобігання її постачання Перевірка виправленої продукції стосовно відповідності вимогам	(1), (8) Див. п.4.4. (8.2.4.) цієї таблиці	+
4.6.	8.4. Аналізування даних	Визначення, збирання та аналізування даних для доведення результативності системи управління якістю з погляду на можливості постійного поліпшення. Аналізування даних повинно надавати інформацію щодо: а) задоволеності замовника; б) відповідності вимогам до продукції; в) характеристик і трендів процесів; г) постачальників.	Див. п. 4.1. (8.2.1.) цієї таблиці Див. п. 4.4. (8.2.4.) цієї таблиці Див. п. 4.3. (8.2.3.) цієї таблиці Див. п. 3.6. (7.4.1.) цієї таблиці	
8.5.	Поліпшення			
4.7.	8.5.1. Постійне поліпшення	Поліпшення процесів системи управління якістю через використання числових даних у таких напрямках, як: – проектування та розробка; – закупівля; – управління виробництвом та наданням послуг; – управління моніторингом та вимірювальною технікою.	Див. п. 3.2., 3.3, 3.4 (7.3.3., 7.3.5., 7.3.6.) цієї таблиці Див. п. 3.6., 3.7 (7.4.1., 7.4.3.) цієї таблиці Див. п. 3.8., 3.9, 3.11 (7.5.1., 7.5.2., 7.5.5.) цієї таблиці Див. п. 3.1.2. (7.6.) цієї таблиці	
4.8.	8.5.2. Коригувальні дії	Аналіз даних щодо невідповідностей для з'ясування причин їх появи	(1), (2), (3), (5), (6), (10), (12)	+
4.9.	8.5.3. Запобіжні дії	Аналіз даних щодо потенційних невідповідностей для запобігання їх виникненню	(1), (2), (3), (5), (6), (8), (10), (12)	+

Вивчення даних, наведених у табл. 1, дає змогу виділити найживаніші методи статистичного аналізу у ході функціонування та моніторингу СУЯ:

- описова статистика (1);
- аналіз вибірок зразків (8);
- аналіз здатності процесів (5);
- регресійний аналіз (6);
- статистичні діаграми управління процесом (10);
- аналіз часового ряду (12).

Застосування методів описової статистики може бути корисним майже в усіх сферах, де зібрано кількісні дані. Це може бути інформація про продукцію, процеси або інші аспекти СУЯ. Дані також можуть бути використані для аналізу керівництва. Приклади застосування можуть бути такі:

- підсумовування ключових вимірювальних характеристик продукції;
- представлення описання певного параметра процесу;
- характеристика часу доставки або надання послуги;
- підсумовування даних щодо ступеня задоволеності або незадоволення замовників;
- візуалізація даних вимірювання;
- показ розподілу характеристики процесу за допомогою гістограми відповідно до специфічних обмежень характеристики;
- оцінка можливої залежності між змінною процесу та діаграмою розкиду.

До методів описової статистики можна віднести такі сім інструментів контролю якості, як статистичний ряд, контрольний листок, гістограма, діаграма розкиду, метод стратифікації, діаграма Парето, причинно-наслідкова діаграма Ісікави, які описано у [3]. ВНЗ доцільно використовувати зазначені методи для аналізу успішності і відвідування студентами лекцій, якості викладання, якості тестових завдань, пошуку причин недоліків у навчальному і виховному процесах тощо.

Аналіз вибірок зразків найчастіше використовують у двох сферах:

- а) приймальний контроль матеріалів, комплектуючих, готових виробів, оцінювання відповідності матеріально-виробничих запасів встановленим вимогам;
- б) під час ринкового дослідження для оцінки частки споживачів, які можуть купити певний продукт.

Для отримання достовірних результатів дуже важливими є такі чинники, як обсяг вибірки, частота опиту, відбір типових зразків, неупереджений метод вибірки. Застосування цього методу описано у [4].

ВНЗ може використовувати ці методи, наприклад, для вибіркової перевірки залишкових знань студентів, оцінювання частки випускників, які можуть знайти роботу за спеціальністю тощо.

Аналіз здатності процесу дає змогу оцінити його спроможність виробляти результат, який відповідає дозволений амплітуді варіацій, а також оцінити очікувану кількість невідповідного продукту.

Широко використовують відповідні індекси, які характеризують мінливість даних у межах 6σ (шість сигм), тобто шести середньоквадратичних відхилень від нормального розподілу результатів процесу, зокрема, C_p як відношення повного допуску до 6σ .

Підприємства автомобільної, аерокосмічної, електронної, харчової, фармацевтичної та медичної промисловості часто використовують здатність процесу як основний критерій, за яким можна оцінити не тільки продукцію, але і постачальника. У сфері вищої освіти аналіз здатності процесів зазвичай не застосовується. Метод “6 сигм” описано у [5].

Досить широко застосовують в автомобільній, електронній, оборонній, машинобудівній промисловості статистичні діаграми управління процесом, або, як їх часто називають, контрольні карти Шухарта. Крім них, є ще інші форми карт, такі, що чутливі до малих змін параметрів процесу, а також ті, що згладжують короткотермінові варіації та виявляють стійкі тенденції.

Контрольні карти використовують для контролю над варіаціями процесу та оцінки його стабільності. У найпростішому випадку, якщо вимірюване значення параметра процесу виходить за встановлені межі регулювання, це є сигналом для пошуку причини виходу процесу за рамки управління та стабільності і вимагає певних регулювальних дій для входження параметра у встановлений діапазон значень. Контрольні карти використовують також для зниження непотрібного втручання у процес через розмежування варіації, властивої процесу, і варіації, якої потрібно позбутись. Детальніше цей метод описано у [3], [4].

ВНЗ може використати контрольні карти для контролю успішності і відвідуваності студентів, рівня складності тестових завдань, рівня якості викладання тощо.

Окреме місце серед статистичних методів займають методи прогнозування, до багатьох з яких належить аналіз часового ряду. Це пояснюється тим, що прогнозування є саме тим інструментом, який дає змогу запобігти виникненню невідповідності, а не усувати її. Такий підхід є основою ідеології TQM, яка орієнтує організацію на запобігання замість виправлення.

Відомі методи прогнозування зображено на рис. 1 і детально описано у [6].

Аналіз часового ряду застосовують для того, щоб спрогнозувати і вивчити поведінку моделі, параметра, характеристики у майбутньому через певний час, наприклад, проходження процесу, кількість скарг або рекламаций, невідповідностей, продуктивність, обсяги продажу, результати випробувань, потреби у матеріалах, комплектуючих, ресурсах тощо.

З аспекту процесного підходу аналіз часового ряду виявляється дуже корисним для розуміння функціонування процесу за умови точного визначення умов його проходження. Цей метод дає можливість спрогнозувати регульовальні впливи на процес у напрямку досягнення певного значення окремих найважливіших результатів процесу, а також зменшення його варіацій.

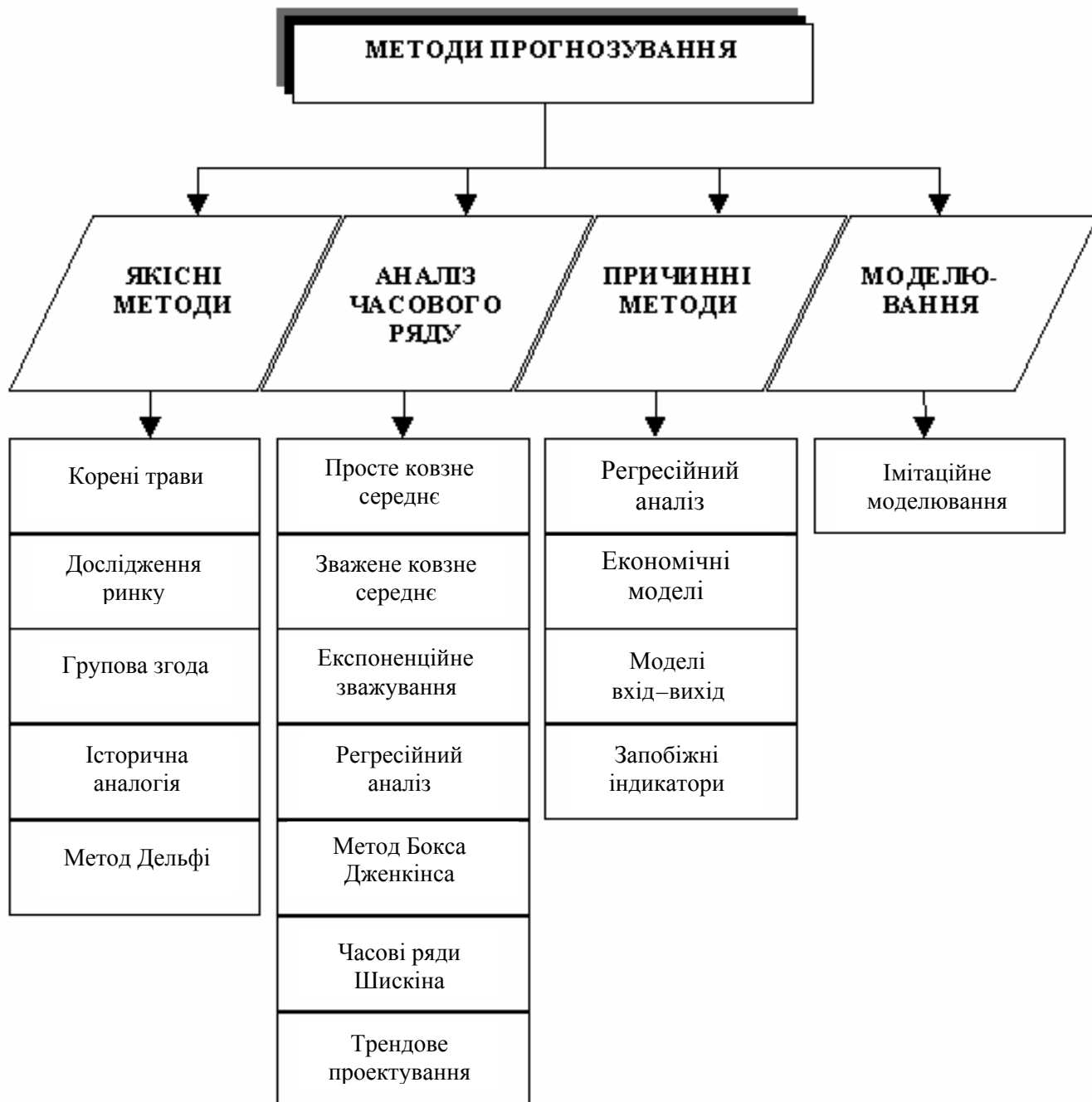


Рис. 1. Методи прогнозування

Серед якісних методів прогнозування набув популярності метод Дельфі, розроблений у п'ятдесяті роки минулого століття. Перевага методу щодо інших кількісних полягає у зменшенні впливу інших на думку окремого експерта, який бере участь у прогнозуванні. Керівник прогнозує групи готує опитувальну анкету і роздає її незалежним експертам, які не мають зв'язку між собою. Після аналізу отриманих прогнозів він готує нову анкету і розсилає її. Знову виконує аналіз і ставить додаткові нові питання. Цикл може повторюватись до отримання задовільних, на думку керівництва або замовників, прогнозу результатів. Метод Дельфі може бути використаний ВНЗ для оцінювання ключових процесів. Серед методів, що базуються на аналізі часового ряду, необхідно виділити метод лінійно-регресійного аналізу, який використовують для прогнозування значення одного параметра залежно від іншого.

Для застосування методу необхідно зібрати дані за попередні проміжки часу. За ними необхідно побудувати графік, щоб визначити, чи є залежність між параметрами лінійною.

Графік регресії можна описати рівнянням:

$$y = \alpha + \beta x, \quad (1)$$

де y – значення залежного параметра; α – відрізок, який відсікається по осі y ; β – кут нахилу прямої; x – незалежний змінний параметр, яким є поточний час.

Метод є корисним для довгострокового прогнозування на основі спосереджень за певний період. Розглянемо використання цього методу для прогнозування обсягів набору студентів на юридичний факультет ВНЗ на три найближчі роки на основі десяти попередніх років (табл. 2, рис. 2).

Таблиця 2

Рік	Обсяг набору	Рік	Обсяг набору	Рік	Обсяг набору
1	120	5	300	9	460
2	150	6	400	10	490
3	180	7	520		
4	250	8	480		

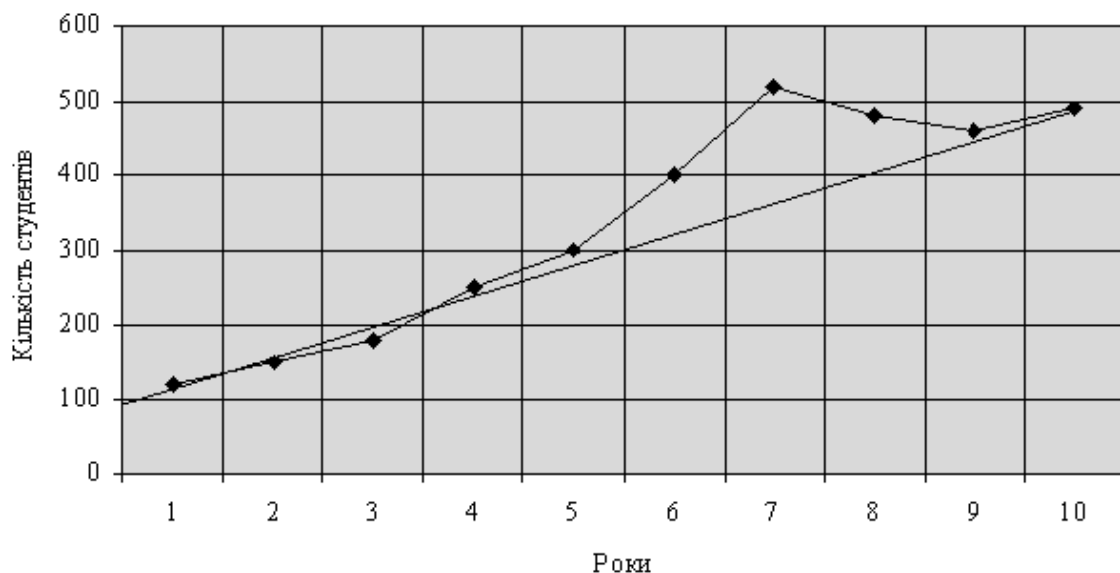


Рис. 2

Після нанесення даних на графік проводимо лінію, на якій розміщується найбільша кількість точок. Це лінія регресії. Відрізок, який відсікає лінія регресії на осі y , приблизно дорівнює $\alpha=40$. Коефіцієнт нахилу лінії регресії визначається як відношення проекцій відрізка лінії між 1 і 10 роками відповідно на осях y та x .

$$\beta = \frac{(490 - 120)}{(10 - 1)} = \frac{370}{9} = 41,1. \quad (2)$$

Тоді рівняння регресії буде мати вигляд

$$y = 40 + 41,1x \quad (3)$$

Прогнози набору студентів на юридичний факультет упродовж наступних трьох років наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Рік	Прогноз обсягу набору студентів
11	$40 + 45,5 \times 11 = 540$
12	$40 + 45,5 \times 12 = 586$
13	$40 + 45,5 \times 13 = 631$

Методи причинного прогнозування використовують, коли існує зв'язок між якимось фактором або подією, які спричиняють певні наслідки.

Наприклад, можна очікувати, що погіршення демографічної ситуації стане причиною зменшення обсягів набору у ВНЗ. Тобто якщо відома загальна кількість молодих людей певного року народження, які наступного року можуть стати студентами, то можна спрогнозувати обсяги набору у ВНЗ на наступний рік. Таку залежність можна з певними припущеннями вважати лінійною, тобто здійснити прогнозування за методикою, наведеною у попередньому випадку.

Складнішим причинним методом є багатофакторний регресійний аналіз, який розглядає вплив цілої низки незалежних змінних параметрів на досліджуваній об'єкт. Наприклад, на вибір окремого абітурієнта ВНЗ і відповідно на загальний обсяг набору впливає група чинників, таких, як здібності абітурієнта, власне бажання, думка батьків та товаришів, мода, потреба ринку у фахівцях цієї спеціальності, авторитет ВНЗ, реклама, конкурс, вартість навчання, складність та умови навчання, якість підготовки, наявність підготовчих курсів.

Таку залежність обсягу набору від зазначених факторів можна визначити рівнянням багатофакторної регресії:

$$\begin{aligned}
 K = & \alpha_1 K_{ПК} + \alpha_2 K_{ЗД} + \alpha_3 K_{ВБ} + \alpha_4 K_{БТ} + \\
 & + \alpha_5 K_M + \alpha_6 K_{ПР} + \alpha_7 K_{АВНЗ} + \\
 & + \alpha_8 K_P + \alpha_9 K_K + \alpha_{10} K_B + \\
 & \alpha_{11} K_{СУ} + \alpha_{12} K_Я + \alpha_{13} K_{ПП}, \quad (4)
 \end{aligned}$$

де K – загальна кількість прийнятих на навчання студентів; $K_{ПК}$ – кількість студентів на підготовчих курсах; $K_{ЗД}$ – кількість студентів з необхідними здібностями; $K_{ВБ}$ – кількість студентів, що прислухались до власного бажання; $K_{БТ}$ – кількість студентів, що прислухались до батьків та товаришів; K_M – кількість

студентів, на рішення яких впливає мода; $K_{ПР}$ – кількість студентів, орієнтованих на потреби ринку; $K_{АВНЗ}$ – кількість студентів, на яких вплинув авторитет ВНЗ; K_P – кількість студентів, що прийняли рішення під впливом реклами; K_K – кількість студентів, орієнтованих на рівень конкурсу, тобто складність вступу; K_B – кількість студентів, орієнтованих на певну вартість навчання; $K_{СУ}$ – кількість студентів, орієнтованих на комфортні умови навчання; $K_Я$ – кількість студентів, орієнтованих на високу якість підготовки; $K_{ПП}$ – кількість студентів, орієнтованих на працевлаштування за спеціальністю; $\alpha_1 - \alpha_{13}$ – вагові коефіцієнти впливу кожного з факторів на загальний обсяг набору.

Розв'язання наведеного рівняння багатофакторної регресії вимагає доволі складних математичних розрахунків, ускладнених невизначеністю вагових коефіцієнтів. У такому разі доцільно звернутись до ще одного методу прогнозування, яким є моделювання, зокрема імітаційне.

Розглянемо імітаційне моделювання дослідження впливу якості підготовки випускника ВНЗ на забезпечення стабільного обсягу ліцензованого набору за окремою спеціальністю.

Як зазначалось вище, обсяг набору залежить від кількості абітурієнтів, які подали заяви про вступ до ВНЗ, зробивши свій вибір під впливом цілої низки чинників. Тобто залежність між обсягом набору і кількістю поданих заяв, власне кажучи, є лінійною і вже розглядалась.

Головним у дослідженні є залежність кількості заяв про вступ від якості підготовки випускника.

На першому етапі імітаційного моделювання необхідно визначити, які фактори будуть змінюватись у ході моделювання, а які будуть фіксованими у вигляді параметрів. У такому разі змінним буде обсяг набору і якість підготовки, а параметрами інші показники, наведені у табл. 4.

Таблиця 4

№ з/п	Назва параметра	Рівень значення параметра		
		низький (н)	середній (с)	високий (в)
1	Здібності абітурієнта	н	с	в
2	Власне бажання	н	с	в
3	Вплив батьків і товаришів	н	с	в
4	Вплив моди	н	с	в
5	Потреби ринку	н	с	в
6	Авторитет ВНЗ	н	с	в
7	Вплив реклами	н	с	в
8	Складність вступу	н	с	в
9	Вартість навчання	н	с	в
10	Складність та умови навчання	н	с	в
11	Перспективи працевлаштування за спеціальністю	н	с	в

Другим етапом моделювання повинно стати формулювання правила прийняття рішень або визначення пріоритетів. У такому разі приймемо пріоритети у вигляді порядкового номера параметра (1 найвищий) для прийняття рішення абітурієнтом про вступ. Для реального моделювання потрібно детальніше сформулювати ці правила.

Третім етапом моделювання є визначення розподілу імовірності. Обсяг набору доволі точно може бути описаний нормальним математичним розподілом.

Четвертий етап – це визначення нарощування часу. Наприклад, через кожен рік упродовж десяти років.

П'ятим етапом є визначення початкових умов для змінних параметрів, зокрема, для якості підготовки можна задати як і для параметрів, три початкові значення: низький, середній та високий рівень.

Шостим етапом моделювання є визначення тривалості моделювання. У нас він визначений як заданий термін часу упродовж десяти років.

Сьомий етап полягає в оцінюванні результатів моделювання. Результат кожного окремого запуску моделі за певних значень параметрів може роз-

глядатись як окремий елемент вибірки (множини). А вся вибірка, своєю чергою, може бути проаналізована за допомогою відомих статистичних методів, які розглядались вище.

Закінчує імітаційне моделювання перевірка отриманих результатів. Найпростіше ввести у модель такі дані, для яких існують реальні результати і зіставляти отримані результати з фактичними. У нас досвід ВНЗ – лідерів у сфері освіти говорить про пряму залежність обсягів набору від якості підготовки випускників.

У [7] на прикладі визначення рейтингу факультетів ВНЗ показано використання статистичних методів як основи для прийняття обґрунтованих рішень щодо покращання ключових процесів діяльності навчального закладу. Невміння або формальне використання статистичних методів аналізу може призвести до втрати управління ключовими процесами, дестабілізації СУЯ ВНЗ та демотивації персоналу навчального закладу.

Висновки. Виконано аналіз відомих статистичних методів. Надано рекомендації щодо використання таких методів, як описова статистика, регресійний аналіз, імітаційне моделювання у ході моніторингу за

функціонуванням СУЯ ВНЗ. Результати статистичного аналізу використовують передовсім для запобігання виникненню невідповідностей, а не тільки виправлення виявлених. Запропоновані підходи до використання статистичних методів є універсальними і можуть бути застосовані організаціями різних сфер і напрямів діяльності, які впроваджують і підтримують у належному стані СУЯ.

1. *ISO/TR 10017 Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2000, ISO 2003 p. 26.* 2. *Стандарт ДСТУ ISO 9001-*

2001 Системи менеджменту якості – Вимоги. 3. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. *Всеобщее управление качеством. Total Quality Management (TQM).* – М., 2001. 4. Вардеман С.Б., Джоут Дж.М. *Статистичні методи забезпечення якості.* К., 2003. 5. Peach R., Peach B., Ritter O. *The six sigma, Memory Jogger II, GOAL/QPC,* 2000 p. 165 6. Чейз Р.Б., Эквилайн Н. Дж., Якобс Р.Ф. *Производственный и операционный менеджмент.* – М, СПб., К: 2001. 7. Соломин С. *Статистические методы как инструмент менеджмента в ВУЗе // Качество, инновации, образование,* 2002. – № 3. С. 17–33