

*Дубініна Оксана Миколаївна,  
кандидат технічних наук,  
доцент кафедри комп'ютерної  
математики та математичного моделювання  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

**Постановка проблеми.** Загальне протиріччя в галузі програмної інженерії полягає в дефіциті фахівців, стійко компетентних в цій області при одночасній інформаційній глобалізації суспільства. Тобто темпи розвитку дидактичних систем програмної інженерії повинні йти з дуже великою швидкістю. Що, звичайно, вимагає розвитку в тих же темпах теоретичних і практичних основ дидактики програмної інженерії. Тому питання дослідження учбового процесу вельми актуальні. Зважаючи на специфіку досліджуваного об'єкта викладачеві треба швидше орієнтуватися та реагувати на фактори, які впливають на процес навчання. Тому сьогодні вимагає від дослідника застосування аналітико-синтетичних (багатофакторних) методів в педагогічному експерименті.

В зв'язку з цим було вирішено провести дослідження для того, щоб з'ясувати на скільки корелюють навчальні досягнення студентів з математики та програмування з результатами зовнішнього незалежного оцінювання, тобто з попередньою математичною підготовкою.

**Об'єкт дослідження:** навчальний процес підготовки бакалаврів по напрямку «Програмна інженерія».

**Зв'язок проблеми з актуальними теоретичними і практичними питаннями** полягає в тому, що саме зараз держава Україна визнала першочерговість розвитку програмної інженерії в країні. Про це свідчить нещодавно прийнятий закон України «Про державну підтримку розвитку програмної інженерії». Цей Закон спрямований і на реалізацію науково-технічного потенціалу України. Зокрема в статті 5 закону про стимулювання розвитку системи управління в індустрії програмної продукції в пункті 7 наголошується про необхідність оцінки потреби індустрії програмної продукції у кваліфікованих кадрах і запровадження ефективних механізмів вирішення питань кадрового забезпечення. Закон узгоджується з Конституцією України, де в статті 54 йдеться про сприяння Держави розвитку науки, встановленню наукових зв'язків України зі світовим співтовариством. А в статті 43 гарантується створення умов Державою для реалізації програм професійно-технічного навчання, підготовки і перепідготовки кадрів відповідно до суспільних потреб.

Високий темп розвитку програмної інженерії підтримується високими темпами розвитку суміжних областей. Одночасно в дуже швидкому темпі змінюються основи, методи і технології, що використовують в програмній інженерії. Росте потреба у висококваліфікованих фахівцях, здатних створювати і підтримувати в актуальному стані програмні продукти, які все більш ускладнюються.

У зв'язку з цим актуальною на сьогодні проблемою слід назвати створення ефективної дидактичної системи, призначеної для масової підготовки фахівців, компетентних в області програмної інженерії, які здатні зберігати свою компетентність при швидких темпах розвитку цієї області.

Тому стає нагальною проблемою з'ясувати, що заважає при традиційному навчанні забезпечити за період підготовки фахівця у вищому навчальному закладі максимальний розвиток спеціальних здібностей за рішенням проблем в цій області діяльності. Звідси виникає необхідність більш детального дослідження учбового процесу, щоб в подальшому мати можливість створити умови для такої підготовки бакалаврів, яка дасть змогу стійко зберігати компетентність при високих темпах розвитку програмної інженерії.

В рекомендаціях по викладанню програмної інженерії і інформатики в університетах [1, с.77] наголошується, що для забезпечення професійної компетентності, що дозволяє розробляти програмне забезпечення високої якості, програмні інженери повинні мати тверді і глибокі базові знання в області інформатики та математики, особливо дискретної. Ці знання допоможуть їм зрозуміти межі застосовності комп'ютеринга, а також визначити технології, відповідні для цього програмного проекту. Цей принцип не вимагає, щоб знання програмного інженера в цій області були такі ж глибокі, як і у фахівців в області інформатики або математики. Проте ці знання і досвід мають бути достатні, щоб зробити правильний вибір серед існуючих технологій і правильно їх застосовувати. Програмний інженер повинен також мати достатнє розуміння складності і меж застосовності цих технологій, щоб при необхідності прийняти рішення про консультацію з відповідними фахівцями (наприклад, фахівцями з баз даних або математиків).

**Аналіз останніх досліджень та наукових публікацій з проблеми** підтверджує її актуальність. Різні підходи до формування змісту освіти і організації процесу навчання були розроблені провідними педагогами. Це передусім питання організації та проведення педагогічного експерименту з метою оптимізації процесу навчання (С.І. Архангельський, Ю.К. Бабанський, В.С. Ільїн, В.В. Краєвський, І.Ф. Ісаєв, В.О. Сластьонін, Є.М. Шиянов, М.І. Мешков, О.І. Піскунов, Н.Є. Садовнікова, Д.С. Смірнов, В.І. Михеев, В.І. Журавлев, В.І. Загвязинський); змісту навчальних курсів по різних напрямках з програмної інженерії (Г. Буч, С. Бобровський, А.М. Вендров, Дж. Рамбо, И. Одінцов, С.А. Орлов, С.В. Черемних, В.Ю. Пірогов, А. Якобсон, Д.В. Федосюк, А.Т. Ашерев, В.І. Шеховцова, Х. Саєдян, Д. Бегерт, Н. Мід); а також обробки педагогічного експерименту (Л.М. Шишляннікова, А. Бюль, П. Цюфель, В.В. Шпалінський, Т.В. Кожухова, Л.Г. Кайдалова).

**Постановка завдання. Мета** експерименту встановити дійсний стан зв'язку між дисциплінами, які формують компетентність в області програмної інженерії задля більш поглибленого аналізу навчального процесу по підготовці фахівців в вищезазначеній галузі.

**Виклад основного матеріалу.** Кількісний аналіз застосовується при вивченні різноманітних аспектів учбового процесу, але необхідною умовою його ефективності завжди є попередній якісний, змістовний аналіз явищ, що вивчаються. Як відмічав Гегель, "якість є безпосередня визначеність" і з неї слід починати [2, с.581]. Саме якісний аналіз визначає постановку завдання, вичленує предмет дослідження, вибирає способи і засоби дослідження, зокрема адекватні завданню кількісні методи, використання яких поглиблює, робить конкретнішим наше знання.

Кількісні методи можуть бути застосовані в дослідженні лише після того, як емпіричні дані перекладені мовою чисел. Передумовою і початком застосування кількісних методів в педагогічних дослідженнях є вимір.

Під виміром в даному випадку розуміють процедуру приписування чисел значенням ознаки.

Аксіоми арифметики тому так виправдані у фізичному світі, що створювалися в результаті відображення, нехай не завжди усвідомлюваного. Коли ж ми переходимо в область педагогіки, ситуація значно ускладнюється. Тут дослідник нерідко ризикує зробити таке арифметичне трактування своїх вимірів, яке виявилось б позбавленим всякого сенсу.

Педагогічна система бальних оцінок - є порядковою шкалою, оскільки ми не можемо сказати, на скільки знання студента, що отримав 4В, більше знань студента, що отримав 4С, на скільки знання останнього більше знань того, що отримав 3Д. Тому: шкали, побудовані за допомогою бальних оцінок, строго можна розглядати лише як порядкові, але не метричні, що досить часто не враховується.

У педагогіці часто виникає потреба аналізу зв'язку між змінними, які не можуть бути виміряні в інтервальній або реляційній шкалах, але вони піддаються впорядкуванню і можуть бути проранжовані по мірі спадання або зростання ознаки. Це, так звані, порядкові шкали. Ясно, що у разі порядкових шкал приписування чисел неоднозначне. Відмітимо, що ранги визначають відносну інтенсивність якості, але не "абсолютну" величину її. Цінність шкал цього типу в тому, що вони встановлюють порядок, а недолік в тому, що цей порядок не є метричним.

Для визначення тісноти зв'язку між ознаками, які виміряні в порядкових шкалах, застосовують методи рангової кореляції (лат. *correlatio* – співвідношення). До них відноситься і коефіцієнт конкордації, який встановлює статистичний зв'язок між декількома ознаками. Використання коефіцієнта лінійної кореляції Пірсона у разі, коли про закон розподілу і про тип вимірювальної шкали відсутня скільки-небудь надійна інформація, може привести до істотних помилок.

На базі Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» проведено дослідження по встановленню зв'язку між досягненнями студентів з математичного аналізу, основ програмування та профілюючого предмету при вступі по балах зовнішнього незалежного оцінювання, а саме математики. Статистичну обробку експерименту виконано за допомогою коефіцієнту згідності Кендалла.

Коефіцієнт конкордації ( середньовічне лат. *concordatia*, від лат. *concoro* – согласный ) Кендалла використовується у разі, коли сукупність об'єктів характеризується декількома послідовностями рангів, а дослідникові необхідно встановити статистичний зв'язок між цими послідовностями. Він визначається за формулою [3, с.23]:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n D_i^2}{m^2 \cdot (n^3 - n)}$$

де  $m$  - кількість рангових послідовностей (кількість порівнювальних предметів:  $m = 3$ );  $n$  - об'єм вибірки, в нашому випадку – це кількість студентів, які брали участь в експерименті ( $n = 29$ );  $D_i = d_i - \bar{d}$  - відхилення суми рангів  $i$ -го об'єкту від середньої суми рангів усіх об'єктів

$$d_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} \quad \bar{d}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

Середня сума рангів усіх об'єктів може бути вирахована за формулою:  $\bar{d}_i = \frac{1}{2} m \cdot (n + 1)$ , яка використовується для контролю.

Значення коефіцієнта конкордації, на відміну від коефіцієнту кореляції, знаходяться в інтервалі  $0 \leq W \leq 1$ . Коефіцієнт конкордації дорівнює одиниці при повному збігу усіх рангових послідовностей. Якщо навчальні досягнення (рангові послідовності) повністю протилежні, коефіцієнт конкордації дорівнює нулю.

В експерименті по віх трьох вибірках оцінок є однакові ранги, тому розрахункова формула для коефіцієнта конкордації набуває наступного вигляду

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n D_i^2}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot (T_x + T_y + T_z)}, \quad (1)$$

де в  $T_x = \frac{1}{12} \sum_s (T_{xs}^3 - T_{xs})$ ;  $T_y = \frac{1}{12} \sum_k (T_{yk}^3 - T_{yk})$ ;  $T_z = \frac{1}{12} \sum_l (T_{zl}^3 - T_{zl})$  - поправки для зв'язок (груп з однаковими значеннями) в рядах  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  відповідно;  $s$  - номери зв'язок по порядку для ознаки  $X$ ;  $T_{xs}$  - число однакових рангів в  $s$ -й зв'язці по  $X$ ;  $k$  - номери зв'язок по порядку для ознаки  $Y$ ;  $T_{yk}$  - число однакових рангів в  $k$ -й зв'язці по  $Y$ ;  $l$  - номери зв'язок по порядку для ознаки  $Z$ ;  $T_{zl}$  - число однакових рангів в  $l$ -й зв'язці по  $Z$ .

Використовуючи дані таблиці 1, отримано наступні поправки для зв'язок, які входять до формули (1):  $T_x = 1284$ ;  $T_y = 1596$ ;  $T_z = 120$ . А також дані для розрахунку коефіцієнту:  $\bar{d} = 45$ ;  $D_i^2 = 13305$ .

Коефіцієнт конкордації наразі є таким:  
 $W = 0,759418$

Таким чином, маємо дуже тісний зв'язок. Найголовніше те, що ми маємо його кількісне значення. А це дозволяє цілеспрямовано корегувати зусилля по удосконаленню навчального процесу.

Далі виконаємо перевірку гіпотези про відсутність зв'язку. Нехай гіпотеза  $h_0$  полягає в тому, що  $W = 0$ , тобто

навчальні досягнення учнів з математичного аналізу та програмування, а також з профілюючого предмету при вступі, не узгоджуються, тобто не впливають одне на одного. Задля цього висуваємо альтернативну гіпотезу  $h: W \neq 0$  про

те, що зв'язок існує. При відносно великій кількості об'єктів ( $n \geq 7$ ) перевірка проводиться за допомогою критерію Пірсона «хі-квадрат». Емпіричне значення  $\chi^2_{емп} = m \cdot (n - m) \cdot W$  порівнюємо з критичним  $\chi^2_{кр}(n - 1)$ ,

яке обчислене для кількості ступенів свободи  $df = n - 1$  та відповідних рівнів значущості  $\alpha$ . Коефіцієнт конкордації значимо відрізняється від нуля, якщо емпіричне значення потрапляє в критичну область:  $\chi^2_{емп} > \chi^2_{кр}(n - 1)$ . При обробці результатів педагогічного експерименту було встановлено наступні значення:

$df = 28$ ,  $\chi^2_{емп} = 63,791096$  за таблицею «Квантілі  $\chi^2$  - розподілу Пірсона  $\chi^2_p(f)$ » [5, с.567] отримуємо при  $\alpha = 0,005$ ,  $\chi^2_{\alpha}(28) = 50,99338$ , а при  $\alpha = 0,025$ ,  $\chi^2_{\alpha}(28) = 44,46079$ . Це свідчить про те що нульова гіпотеза про відсутність зв'язку відхиляється, причому на дуже суттєвому рівні значності.

Емпіричне значення  $\chi^2_{емп} = 63,791096$  потрапляє в критичну область (рис. 1), що дозволяє відкинути нульову гіпотезу. Коефіцієнт конкордації значимо відрізняється від нуля ( $p < 0,005$ ), отже є досить тісна узгодженість навчальних досягнень студентів, починаючи від профілюючої дисципліни при вступі в університет, тобто з математики, та математичного аналізу та програмування, які є складовими частинами професійної компетентності програмного інженера.

У системі підготовки фахівців інформаційних технологій, конкурентоздатних на ринку праці, значно зростає роль іноземної мови, володіння якою стає невід'ємною частиною професійної компетентності фахівців цього профілю. Цей факт підтверджується тим, що усі алгоритмічні мови програмування, що є засобом роботи програміста, ґрунтовані на лінгвограматичних конструкціях англійської мови.

Таблиця 1

#### Розрахунок коефіцієнту конкордації Кендалла

Студенти (n)	Навчальні досягнення студентів (m)						$d_i$	$D_i$	$D_i^2$
	$x_i$	$Rx_i$	$y_i$	$Ry_i$	$z_i$	$Rz_i$			
1	5A	28,5	4B	21	190	23,5	73	28	784
2	5B	23,5	5B	25	193	25	73,5	28,5	812,25
3	5B	23,5	5A	28,5	188,5	21	73	28	784
4	4C	11,5	4B	21	188,5	21	53,5	8,5	72,25
5	4C	11,5	4C	14	171,5	8	33,5	-11,5	132,25
6	4C	11,5	3E	4	183,5	14,5	30	-15	225
7	5B	23,5	5B	25	196,5	27	75,5	30,5	930,25
8	5B	23,5	5B	25	185	17	65,5	20,5	420,25
9	5A	28,5	5B	25	200	29	82,5	37,5	1406,25
10	5B	23,5	4C	14	197,5	28	65,5	20,5	420,25
11	5B	23,5	4C	14	190	23,5	61	16	256
12	4B	17,5	5A	28,5	195	26	72	27	729
13	5B	21	5B	25	186,5	18	66,5	21,5	462,25
14	3E	3,5	4C	14	188,5	21	38,5	-6,5	42,25
15	3D	7	4C	14	188	19	40	-5	25
16	4C	11,5	4C	14	174	10	35,5	-9,5	90,25
17	3E	3,5	3E	4	154	2	9,5	-35,5	1260,25
18	5B	23,5	3E	4	172,5	9	36,5	-8,5	72,25
19	4C	11,5	3E	4	152,5	1	16,5	-28,5	812,25
20	3E	3,5	4C	14	183,5	14,5	32	-13	169
21	4B	17,5	4B	21	180	11,5	50	5	25
22	4B	17,5	2F	1	165	5	23,5	-21,5	462,25
23	4B	17,5	4C	14	183,5	14,5	46	1	1
24	4C	11,5	4C	14	183,5	14,5	40	-5	25
25	3E	3,5	3D	7,5	160	3	14	-31	961
26	4C	11,5	4C	14	180	11,5	37	-8	64
27	3E	3,5	3D	7,5	165	5	16	-29	841
28	4C	11,5	3E	4	165	5	20,5	-24,5	600,25
29	3E	3,5	4C	14	166,5	7	24,5	-20,5	420,25
Суми для перевірки розрахунків		435		435		435	1305	0	13305

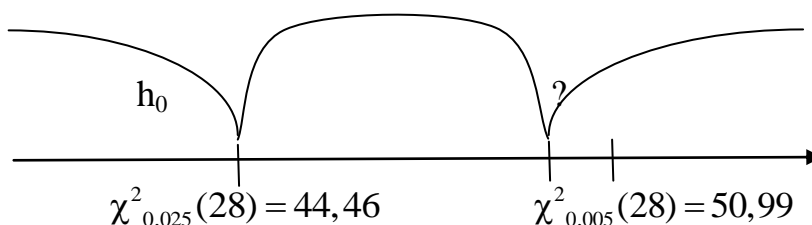


Рис.1 Вісь значущості

Від рівня володіння англійською залежить швидкість запам'ятовування і тлумачення конструкцій мов програмування. Окрім цього, у програміста, що володіє англійською мовою, покращується реакція спілкування з операційною системою в процесі інтерактивного діалогу, набагато швидше вирішується проблема компіляції та редагування програми і багато інших професійних аспектів діяльності інженера-програміста.

Сьогодні професія "програміст" виходить по рівню затребуваності на одне з перших місць в соціумі і готовність програміста до спілкування на іноземній мові не лише вітається, але і стає невід'ємним атрибутом професіоналізму останнього.

В експерименті було досліджено вибірку підсумкових оцінок з англійської мови:

$$X = \{4B, 5B, 5B, 4C, 5B, 5B, 4B, 5B, 4C, 5B, 5B, 5B, 5B, 4C, 5A, 4B, 3D, 5A, 5B, 5A, 4B, 5A, 5A, 5B, 5A, 5B, 5A, 5B\}$$

А потім було її проранжовано задля однозначно кількісної інтерпретації даних та подальшого статистичного аналізу, тобто визначимо степінь зв'язку із засвоєнням основ програмування:

$$Rx = \{6,5; 15,5; 15,5; 3; 15,5; 15,5; 6,5; 15,5; 3; 15,5; 15,5; 15,5; 15,5; 3; 26; 6,5; 1; 26; 15,5; 15,5; 26; 6,5; 26; 26; 15,5; 26; 15,5; 26; 15,5\}$$

На рис. 2 побудовано кругову діаграму, на якій зображено відносну величину кожного значення оцінки. На легенді справа вклад кожної оцінки позначено окремим кольором.

Побудуємо розподіл вибірки, як рекомендовано в [4], та наведемо його в таблиці 2.

Таблиця 2

Розподіл вибірки по результатах дослідження успішності з англійської мови

$i$	1	2	3	4	5
$X_i$	3D	4C	4B	5B	5A
$n_i$	1	3	4	14	7
$W_i = \frac{n_i}{n}$	0,04	0,1	0,14	0,48	0,24

$n_i$  - відповідні частоти інтервалів;  $W_i$  - відносні частоти.

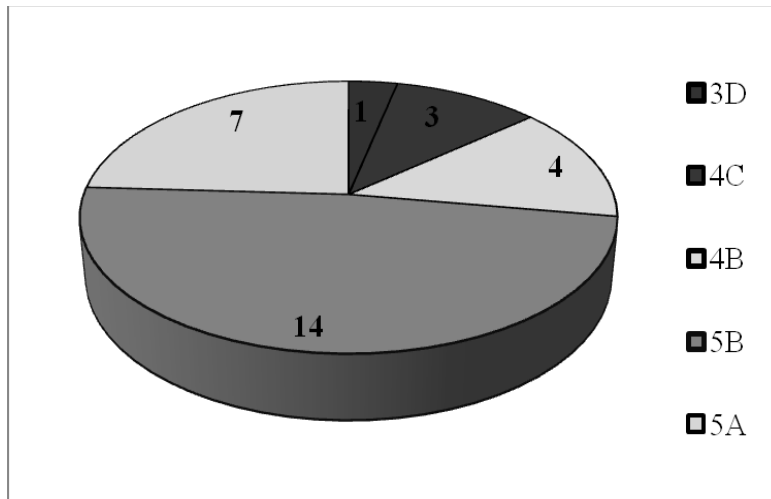


Рис.2 Діаграма розподілу оцінок з англійської мови в системі ECTS

Але провівши статистичне дослідження по з'ясуванню наявності зв'язку між навчальними досягненнями з англійської мови та основ програмування, які є складовими професійної компетентності, було отримано від'ємний

коефіцієнт кореляції Спірмена, а саме: для  $n = 29$ ,  $r_s = -0,134807$ . Результат по вище наведеним причинам не задовільний. Високі досягнення з англійської мови не корелюють з результатами по програмуванню. Це привід до вдосконалення учбового процесу, в якому повинні брати участь різні фахівці. Не дивлячись на високі успіхи з іноземної мови, цей факт майже не впливає на більш якісне засвоєння основ програмування, а такого з вище наведених причин не має бути.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Треба констатувати, що неймовірно швидкі темпи розвитку програмної інженерії в світі вимагають від дидактів усіх країн, в тому числі і України, приділити ретельнішу увагу до підготовки спеціалістів в цій галузі. Досліджений автором зв'язок між засвоєнням знань, набуттям умінь та навичок з

дисциплін по різних циклах підготовки програмних інженерів це підтверджує.

Кількісні показники коефіцієнтів конкордації Кендалла та кореляції Спірмена, отримані автором дослідження, вказують на подальші перспективи досліджень, що ретельно обґрунтовано в запропонованій роботі.

**Резюме.** Розглянуто проблему темпів розвитку дидактичних систем програмної інженерії. Це питання нерозривно пов'язане з протиріччям в галузі програмної інженерії, яке полягає в дефіциті фахівців, стійко компетентних в цій галузі. Охарактеризовано дисципліни, які формують базові знання програмного інженера. За допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла встановлено та проаналізовано кількісну міру зв'язку між базовими дисциплінами та профільним предметом при вступі. Досліджено можливості застосування кореляційного аналізу для обробки сучасного педагогічного експерименту. **Ключові слова:** вищі навчальні заклади, студенти, програмна інженерія, кореляційний аналіз, коефіцієнт конкордації Кендалла.

**Резюме.** Рассмотрена проблема темпов развития дидактических систем программной инженерии. Этот вопрос неразрывно связан с противоречием в области программной инженерии, которое состоит в дефиците специалистов, стойко компетентных в этой области. Охарактеризованы дисциплины, которые формируют базовые знания программиста. С помощью коэффициента конкордации Кендалла установлена и проанализирована количественная мера связи между базовыми дисциплинами и профильным предметом при поступлении. Исследована возможность корреляционного анализа для обработки современного педагогического эксперимента. **Ключевые слова:** высшие учебные заведения; студенты; программная инженерия; корреляционный анализ, коэффициент конкордации Кендалла.

**Summary.** The problem of the software engineering didactic systems progress rate was considered. This question is closely related to the contradiction in the area of software engineering, which is a deficit of stable competent specialists in this area. Disciplines that form the basic knowledge's of software engineering were characterized. With Kendall's concordance coefficient was found out and analyzed the quantitative relationship measure between basic disciplines and specialized course on admission. The possibility of the correlation analysis appliance for the processing of modern pedagogical experiment was researched. **Keywords:** higher education institutions, students, software engineering, correlation analysis, Kendall's concordance coefficient.

#### Література

1. Бойко Н.И. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах: Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering; Computing Curricula 2001 / Н.И. Бойко, М.Е. Зверинцева, С.А. Алпаев, Д.А. Маленко, И.В. Мозговая. - М.: Интернет - университет информационных технологий, 2007. – 462 с.
2. Гегель Г. В. Ф. Собрание сочинений в 14-ти томах. Наука логики. Том 5 / Г.В. Ф. Гегель. - М.: Полиграф-книга, 1937. – 814 с.
3. Харченко М.А. Корреляционный анализ / М.А. Харченко. – Воронеж: 2008. – 31 с.
4. Кожухова Т.В. Основи психолого-педагогічного дослідження / Т.В. Кожухова, Л.Г. Кайдалова, В.В. Шпалінський. – Харків: Видавництво НФаУ: Золоті сторінки, 2002. – 240 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1999.– 576 с.