

УДК 004.4 378:005.6  
DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.10>

**Олександр НЕСТЕРЕНКО**

доктор технічних наук, доцент, старший дослідник, завідувач кафедри інформаційних технологій, Міжнародний європейський університет, просп. Академіка Глушкова, 42, м. Київ, Україна, індекс 03127 (oleksandr\_nesterenko@ieu.edu.ua)

ORCID: 0000-0001-5329-889X

**Світлана ПРОСКУРА**

викладач кафедри інформаційних технологій, Міжнародний європейський університет, просп. Академіка Глушкова, 42, м. Київ, Україна, індекс 03127 (svitlana\_proskura@ieu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-9536-176X

**Oleksandr NESTERENKO**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Head of the Department of Information Technology, International European University, 42 Akademika Glushkova Avenue, Kyiv, Ukraine, postal code 03127 (oleksandr\_nesterenko@ieu.edu.ua)

**Svitlana PROSKURA**

Teacher at the Department of Information Technology, International European University, 42 Akademika Glushkova Avenue, Kyiv, Ukraine, postal code 03127 (svitlana\_proskura@ieu.edu.ua)

**Бібліографічний опис статті:** Нестеренко, О., Проскура, С. (2022). Порівняльний аналіз освітніх програм в галузі інженерії програмного забезпечення. *Інформаційні технології та суспільство*, 2 (4), 70–77. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.10>

**Bibliographic description of the article:** Nesterenko, O., Proskura, S. (2022). Porivnialnyi analiz osvitnikh prohram v haluzi inzhenerii prohramnoho zabezpechennia [Comparative analysis of educational programs in the field of software engineering]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information technology and society*, 2 (4), 70–77. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.2.10>

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ В ГАЛУЗІ ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**Предметом** статті є визначення інформаційно-методичного підходу до вдосконалення освітнього процесу в галузі програмної інженерії. Розгляд загальної проблеми показує, що не зважаючи на певний інтерес дослідників, на сьогоднішній день питання удосконалення освітніх процесів залишається важливим та до кінця не вирішеним, особливо що стосується підходів до оцінювання освітніх програм. **Мета роботи** – методологічна та інформаційна спрямованість на вирішенні актуальної проблеми підвищення якості освіти з програмної інженерії в новій реальності. В статті вирішуються такі **завдання**: провести аналіз освітніх програм з дисципліни «Інженерія програмного забезпечення», що реалізуються в провідних технічних університетах країни, розглянути результатів аналізу з точки зору пошуку шляхів вдосконалення освітніх програм. **Методологічною основою** дослідження є положення міжнародних керівництв щодо зводу знань з комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення, зокрема парадигми *Global Computing Education*, якій відповідає останній реліз серії звітів *Computing Curricula CC2020*, а також методи порівняльного аналізу. Проведено порівняння тридцяти освітніх програм першого рівня освіти (бакалавр), прийнятих у передових технічних університетах України, зокрема щодо складу обов'язкових освітніх компонентів професійного циклу. У якості основних показників вибрано кількість кожної компоненти у вибірці освітніх програм та відповідність компонентів професійній практиці програмної інженерії. Для виявлення компонентів з високим рівнем конгруентності побудовано «магічний квадрант» за моделлю компанії Gartner. При проведенні аналізу коваріації змінних вибірки з'ясовано, що зв'язок між ознаками можна визначити як помірний. Цей ефект проілюстровано й наведеними діаграмами. **Наукова новизна** полягає у визначенні одного з підходів щодо експертного аналізу статистичних даних з метою пошуку нового знання для вдосконалення освітніх програм. За результатами проведеного дослідження можна зробити **висновок**, що розроблений підхід дозволяє забезпечувати постійний моніторинг освітніх програм з метою оцінювання їх відносної відповідності сучасним тенденціям та згенерувати можливі рішення щодо удосконалення програм.

**Ключові слова:** освітня програма, програмна інженерія, аналіз даних, якість освіти, освітні компоненти.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF EDUCATIONAL PROGRAMS IN THE FIELD OF SOFTWARE ENGINEERING

**The subject** of the article is to determine the information and methodological approach to improving the educational process in the field of software engineering. Consideration of the general problem shows that despite some interest of researchers, today the issue of improving educational processes remains important and unresolved, especially with regard to approaches to evaluating educational programs. **The purpose of the work** is methodological and informational focus on solving the current problem of improving the quality of education in software engineering in the new reality. The article solves the following **tasks**: to analyze the educational programs in the discipline of "Software Engineering", implemented in the leading technical universities of the country, to consider the results of the analysis in terms of finding ways to improve educational programs. **The methodological basis** of the study is the provisions of international guidelines on body of knowledge of computer science and software engineering, including the paradigm of Global Computing Education, which corresponds to the latest release of the Computing Curricula CC2020, as well as comparative analysis methods. A comparison of thirty educational programs of the first level education (bachelor), which adopted in the advanced technical universities of Ukraine, in particular on the composition of compulsory educational components of the professional cycle. The main indicators are the number of each component in the sample of educational programs and components compliance with software engineering professional practice. To identify components with a high level of congruence, a "magic quadrant" was built on the model of Gartner. An analysis of the covariance of sample variables found that the relationship between traits could be defined as moderate. This effect is illustrated by the given diagrams. **Scientific novelty** is to define one of the approaches to expert analysis of statistical data in order to find new knowledge to improve educational programs. Based on the results of the study, it can be **concluded** that the developed approach allows for continuous monitoring of educational programs in order to assess their relative compliance with current trends and generate possible solutions for improving programs.

**Key words:** educational program, software engineering, data analysis, quality of education, educational components.

**Постановка проблеми.** На сьогодні актуальною й вкрай важливою для економічного та гуманітарного розвитку нації, для поступу країни в європейський простір є проблема якості вищої освіти. Визначення поняття якості освіти постійно змінюється, враховуючи різноманітність і швидкоплинність мінливого ринку праці. Особливо це стосується корекції концептуальних підходів до розвитку освіти в галузі інформаційних технологій (ІТ), й винятково для програмної інженерії, адже програмне забезпечення у наш час цифрових трансформацій є основою технологічного розвитку. У даному випадку система вищої освіти стає стратегічною сферою формування професійних компетентностей майбутніх фахівців-програмістів, а адаптація численних освітніх програм зі спеціальності «інженерія програмного забезпечення» відповідно до світових рекомендацій та моделей сучасної освіти в галузі ІТ втримується як гостра потреба.

Незважаючи на беззаперечність визнання того, що вимірювання якості вищої освіти є проблематичним, не ідеальним, але водночас й невідхильним процесом є оцінювання розмаїття освітніх програм, що у численних ЗВО готуються для різних сфер та ставлять перед собою різні освітні місії. За 2021 рік у галузі знань 12 «Інформаційні технології» на усіх рівнях вищої освіти були прийняті рішення Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти щодо акредитації 158 освітніх програм, серед яких акредитовано 125 програм і жодної зразкової [4]. При цьому актуальним є питання формування експертного середовища оцінювання якості вищої освіти у відповідності до європейської практики, спрямованої на консультативне оцінювання, а також сприяння удосконаленню освітньої програми [1].

Отже назрілим є експертне порівняння освітніх програм з метою отримання нового знання щодо підходів до оцінювання якості вищої освіти з програмної інженерії та стратегічних напрямів можливо реформування навчальної діяльності у цій сфері у напрямку оновлення змісту і методів навчання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показує, що на сьогодні напрацьовано досить незначну кількість наукових доробок вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячених розробці й удосконаленню освітніх процесів, зокрема в галузі ІІ. Виявлені роботи в основному приділяють уваги розробці окремих елементів чи вирішенню окремих питань вдосконалення ОП освітньої галузі ІТ в цілому та, іноді, зокрема ІІ. При цьому значна частина публікацій присвячується питанням аналізу існуючих програм з метою надання пропозицій щодо питань, на які слід акцентувати увагу в розвитку програм. Наприклад, в роботі [6] на основі систематичного оглядового дослідження виявлено топ-20 основних тем у навчальній програмі галузі програмної інженерії. У статті [2] на основі системного підходу розглянуто формування професійних компетентностей фахівців кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності «кібербезпека» на базі аналізованого переліку навчальних дисциплін. В роботі [12] проведено аналіз навчальних програм та системи знань з інформатики (зокрема тих, що стосуються інженерії програмного забезпечення), які пропонуються державними органами і стейкхолдерами та з'ясовано позиції кожної з вищезгаданих концепцій з точки зору вдосконалення освіти. В статті [5, с. 153], з посиланням на відповідні методичні рекомендації для експертів Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти, підкреслюється важливість формування обов'язкових компонентів програм: «результати навчання, що передбачені затвердженим стандартом вищої освіти, повинні забезпечуватись

вивченням обов'язкових дисциплін. ... Однак, якщо певні програмні результати забезпечуються суто за рахунок дисциплін вільного вибору здобувача вищої освіти, то це є недоліком одного з критеріїв оцінювання якості освітньої програми, а саме критерію щодо структури та змісту освітньої програми».

Низка статей приділяють увагу порівняльному підходу. У статті [3] наведено порівняльний аналіз окремих обов'язкових дисциплін освітньо-професійної програми «Інформатика» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» з дисциплінами ОПП того ж рівня та спеціальності інших закладів вищої освіти щодо забезпечуваних (досяжних) ними стандартних результатів навчання. У [7] порівнюються подібні навчальні програми, що існують у чотирьох державних університетах Боснії та Герцеговини. Результати порівняння використовуються для модифікації цих програм, щоб відповідати поточним і очікуваним майбутнім потребам промисловості.

У статті [8] представлено аналіз і порівняння двох пропозицій щодо отримання ступеня з інформатики. Аналіз базується на студентських стенограмах, зібраних з академічних систем двох закладів освіти.

У роботах [9; 11] розглянуті питання застосування автоматизованого інструментарію на основі хмарних технологій та Data Mining для вимірювання, збору, аналізу та звітності даних, пов'язаних з отриманими студентами компетенціями з програмної інженерії. У свою чергу метою статті [10] є спроба запропонувати підхід до онтологічного моделювання інформаційної підтримки освітніх процесів, зокрема щодо задач Software Engineering Management.

**Виділення невіршених раніше частин** загальної проблеми показує, що не зважаючи на певний інтерес дослідників, на сьогоднішній день питання удосконалення освітніх процесів та програм залишається важливим та до кінця невіршеним. Особливо це стосується підходів до оцінювання освітніх програм, зокрема на основі аналізу відповідних даних, які можна застосувати на практиці.

**Мета статті** – методологічна та інформаційна спрямованість на вирішенні актуальної проблеми підвищення якості освіти з програмної інженерії в новій реальності.

**Основні матеріали дослідження.** Стан освітніх програм (ОП) у вітчизняних ЗВО доцільно розглядати в контексті нових стандартів вищої освіти та міжнародних рекомендацій. У сфері підготовки ІТ-спеціалістів важливого значення набуває гібридна освіта, за якої підвищується вплив та вклад роботодавців галузі в навчальний процес. Ці підходи відповідають парадигмам Global Computing Education, наведеним в останньому релізі CC2020 серії звітів Computing Curricula від Association for Computing Machinery (ACM) та IEEE Computer Society (IEEE-CS). Після тривалої перерви з виходу SE 2014 (Software Engineering Curricular Volume) міжнародні організації повернулися до розгляду керівних принципів програм бакалаврству у комп'ютерних професіях, зокрема у ПІ, з позицій врахування освітніми програмами сучасних галузевих трендів та набуття соціо-психологічних навичок командної роботи.

Головними елементами ОП є освітні компоненти (ОК), від релевантності добору яких залежать компетентності й програмні результати навчання, що мають передбачати досягнення стандартів освіти. Розглянемо склад ОК освітніх програм «Інженерія програмного забезпечення» першого рівня освіти (бакалавр) ЗВО України. Для проведення порівняльного аналізу вказаних ОП будемо базуватись на вибірці освітніх програм, прийнятих у передових вітчизняних технічних університетах (за даними щорічного академічного рейтингу «Топ-200 Україна 2021», проведеного Центром міжнародних проектів «Євроосвіта»). У процесі дослідження вибрано 30 ОП, що реалізуються на відповідних факультетах цих вишів. Як виявилось у процесі аналізу, збільшення довжини вибірки не впливає суттєво на його результати.

Для проведення дослідження зосередимо увагу саме на обов'язкових ОК циклу професійної підготовки, враховуючи наведені вище парадигми. Вказаних ОК у вибірці ОП виявлено значне розмаїття, відчутна частина з яких розрізняються варіаціями назв, таких, наприклад, як «Бази даних» і «Організація баз даних», або «Організація комп'ютерних мереж» і «Основи мережеских технологій» і таке інше. В результаті проведеної можливої уніфікації назв сформувалась множина з 94 ОК.

Далі проведено підрахунок кількості кожної з цих ОК у вибраних ОП. Виявилось, що значна частка з них зустрічається усього один-два рази. Скоріше за все університети додавали їх передусім виходячи з власних переваг, можливостей і обмежень. Тому для проведення подальшого аналізу запропоновано вилучити такі ОК з розгляду. Врешті-решт після проведеного скорочення обсягу даних залишилося 43 дисципліни.

Програмна інженерія якісно відрізняється від інших інженерних дисциплін специфічністю вихідного продукту та процесів його виготовлення. За визначенням, наведеним у SE 2004 (Software Engineering Education Knowledge) «програмна інженерія – це інтегрування принципів математики, інформатики і комп'ютерних наук з інженерними підходами, розробленими для виробництва відчутних матеріаль-

них артефактів». Тому, окрім базової ознаки кількості кожної ОК в освітніх програмах, введемо до розгляду поняття ваги ОК, яке пов'язане зі зв'язаністю ОК безпосередньо з професійними компетенціями програмної інженерії. Рівень ваги визначено експертним шляхом, використовуючи бальні оцінки у діапазоні (1–30). В результаті отримано набір даних для подальшого аналізу (табл. 1).

Таблиця 1

**Набір даних щодо компонент освітніх програм**

№ ОК	Освітні компоненти	Кількість в ОП	Вага
1	2	3	4
1.	Алгоритми і структури даних	23	20
2.	Аналіз вимог до програмного забезпечення	20	30
3.	Архітектура комп'ютера (комп'ютерна схемотехніка)	20	15
4.	Архітектура та проектування програмного забезпечення	22	28
5.	Бази даних (організація, теорія, проектування, технології, організація даних в обчислювальних системах)	30	16
6.	Безпека життєдіяльності (основи охорони праці)	11	5
7.	Безпека програм та даних (захист даних, програмні технології захисту інформації, інформаційна безпека)	25	19
8.	Веб-технології (веб-дизайн, веб-програмування, розробка веб-сторінок)	13	24
9.	Вища математика	9	14
10.	Групова динаміка і комунікації (практикум з командної розробки)	12	27
11.	Дискретна математика (комп'ютерна дискретна математика)	24	14
12.	Дискретні структури (теорія, комп'ютерні методи аналізу дискретних об'єктів)	11	14
13.	Диференціальні рівняння	3	10
14.	Економіка програмного забезпечення (економіка ІТ-індустрії)	8	29
15.	Емпіричні методи програмної інженерії	14	28
16.	Комп'ютерна графіка та візуалізація (обробка зображень)	11	8
17.	Інтелектуальний аналіз даних (засоби інженерії даних)	8	9
18.	Інформаційні технології (вступ до ІТ, вступ до фаху, методи та засоби перетворення інформації, офісні технології, основи апаратного і програмного забезпечення персональний комп'ютера, інструментальні програмні засоби)	12	19
19.	Конструювання програмного забезпечення (проектування ПЗ)	20	26
20.	Лінійна алгебра та аналітична геометрія	12	12
21.	Людино-машинна взаємодія	17	20
22.	Математичний аналіз	13	14
23.	Менеджмент проектів програмного забезпечення (управління ІТ-проектами)	16	30
24.	Методи оптимізації та дослідження операцій	5	10
25.	Моделювання та аналіз програмного забезпечення (моделювання та проектування ПЗ, аналіз та рефакторинг коду)	20	27
26.	Об'єктно-орієнтоване програмування (об'єктно-орієнтоване конструювання програм, методи об'єктно-орієнтованого проектування програмних систем, об'єктно-орієнтоване проектування на мові UML)	30	24
27.	Операційні системи	24	19
28.	Організація комп'ютерних мереж (комп'ютерні інформаційні мережі та системи, технології глобальних мереж, основи мережевих технологій)	22	16
29.	Основи програмної інженерії	23	26
30.	Основи програмування (алгоритмізація та програмування, основи алгоритмізації)	28	24
31.	Програмування в Інтернет (програмування інтернет-застосувань, скриптові мови)	17	23
32.	Програмування мобільних платформ	4	22
33.	Програмування мовою Java	5	21
34.	Програмування систем з серверами баз даних, (СКБД, Му SQL, технологія доступу до баз даних ADO.NET, програмування баз даних та SQL)	4	21
35.	Професійна практика програмної інженерії	9	29
36.	Системний аналіз	4	7
37.	Системи штучного інтелекту (машинне навчання)	6	9

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4
38.	Теорія ймовірностей та математична статистика	17	14
39.	Теорія паралельних обчислень	5	10
40.	Теорія прийняття рішень (математичні методи прийняття рішень)	4	8
41.	Фізика (вибрані розділи, фізичні основи комп'ютерної електроніки, основи електроніки, цифрова обробка інформації)	19	15
42.	Чисельні методи (високопродуктивні обчислення)	8	10
43.	Якість програмного забезпечення та тестування	23	30

Після комплексного аналізу всіх ОК з урахуванням їх ваги стало очевидним, що можна визначити п'ять груп предметів (табл. 2). Їх співвідношення за кількістю ілюструє рис. 1.

Таблиця 2

Групи освітніх компонент у вибірці

Індекс групи	Група	Діапазон оцінок ваги	Кількість ОК в групі
A	Професійної підготовки з програмної інженерії	25-30	11
B	Програмування	20-24	9
C	Технології	15-19	6
D	Математичної підготовки	10-14	9
E	Інші	1-9	8

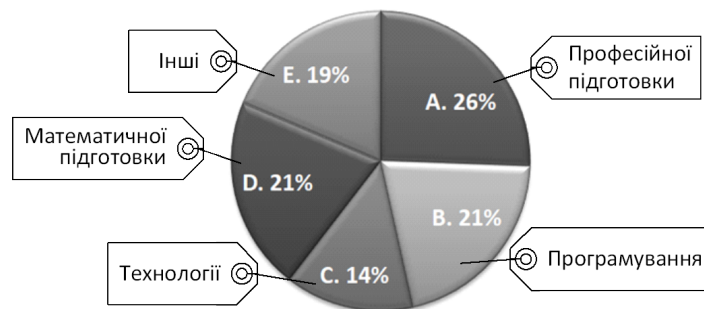


Рис. 1. Співвідношення груп освітніх компонент

Для виявлення ОК з високим рівнем конгруентності доцільно побудувати відомий «магічний квадрант» від провідної світової аналітичної компанії у сфері інформаційних технологій Gartner (рис. 2).

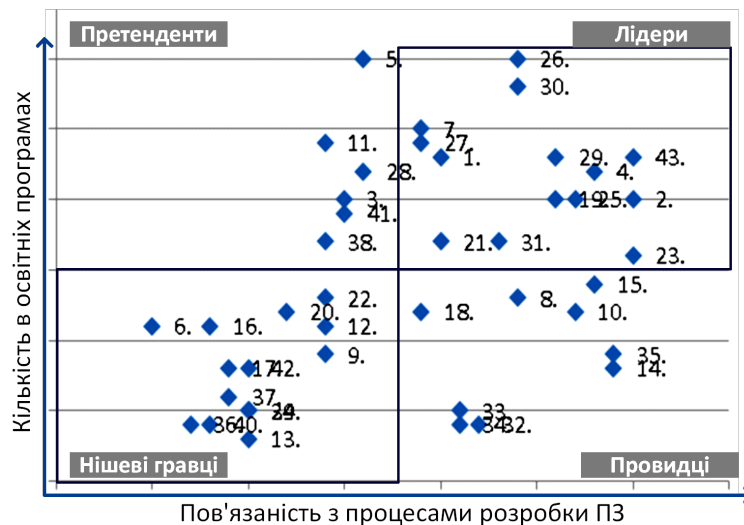


Рис. 2. «Магічний квадрант» груп освітніх компонент

У якості лінійної шкали «повнота бачення» (completeness of vision) використовуємо показник вагомості ОК, тобто рівень пов'язаності безпосередньо з процесами розробки ПЗ. У якості шкали «здатність до реалізації» (ability to execute) використовуємо показник кількості ОК в ОП, що досліджуються. Таким чином, кожна ОК опиняється, згідно з даною моделлю, в одному з чотирьох квадрантів площини. Як можна бачити, 14 ОК, що потрапили у квадрант «Лідери», такі як «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Основи програмування», «Основи програмної інженерії», «Якість програмного забезпечення та тестування» та інші мають безпосереднє відношення до професійної практики програмної інженерії.

У квадрант «провідці» потрапили ОК, що мають високі вагові оцінки (за «повнотою бачення»), а в квадранті «претенденти» опинилися ОК, що мають високі кількісні оцінки (за «здатністю до реалізації»). З аналізу цих квадрантів виникають слушні запитання, наприклад, чому таку ОК як «Емпіричні методи програмної інженерії» (№ 15), що безпосередньо відноситься до професійної діяльності у сфері ПІ, чимало розробників ОП не включили до своїх програм, водночас «Організація комп'ютерних мереж», що більш відноситься до «нішевих гравців», користується в них високою популярністю.

При проведенні аналізу двох випадкових змінних корисним є визначення коваріації як міри спільної мінливості цих змінних. Для слушності сприйняття цієї характеристики доцільно побудувати діаграми, які її ілюструють «з різних боків» (рис. 3, 4).

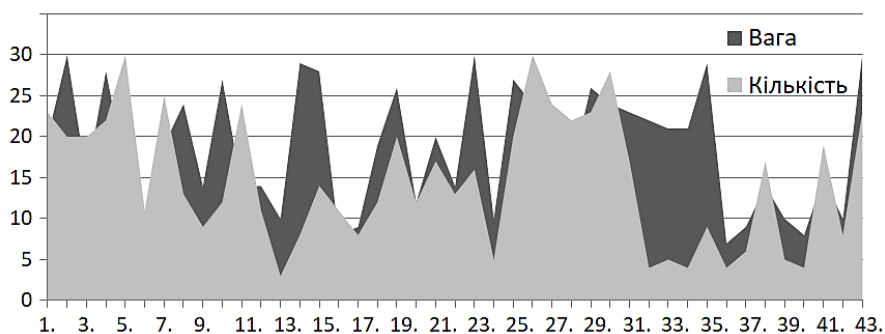


Рис. 3. Площинна діаграма спільної мінливості освітніх компонент

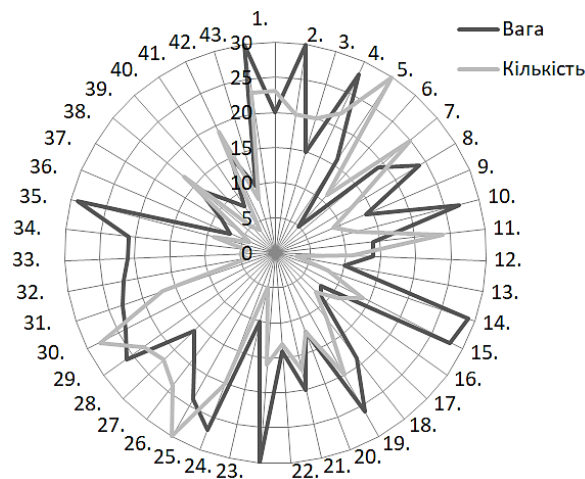


Рис. 4. Пелюсткова діаграма спільної мінливості освітніх компонент

Силу взаємозв'язку своєю величиною показує унормована версія коваріації – коефіцієнт кореляції. У даному випадку цей коефіцієнт дорівнює 0,417. За шкалою Чеддока (Chaddock scale) ця величина свідчить, що зв'язок між ознаками визначається як помірний. Цей ефект можна помітити й на вищенаведених діаграмах.

Ще одним засобом графічного представлення зв'язку двох змінних є діаграми розсіювання. Використаємо систему координат з осями, що відповідають змінним Кількість ОК (вісь  $x$ ) і Вага (вісь  $y$ ). Графік побудований на упорядкованих значеннях змінної Кількість (рис. 5). Дана діаграма показує, що низькі значення змінної Кількість не завжди відповідають низьким значенням змінної Вага, а високі значення змінної Кількість не завжди відповідають високим значенням змінної Вага, що демонструє наявність помірною зв'язку.

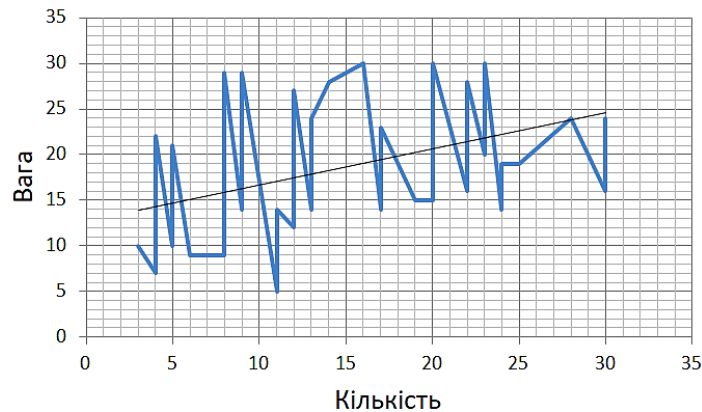


Рис. 5. Діаграма розсіювання спільної мінливості освітніх компонент

**Обговорення отриманих наукових результатів.** Проведений аналіз не претендує на повноту і узагальненість. Науковою новизною можна вважати визначення одного з підходів щодо аналізу статистичних даних з метою пошуку нового знання для вдосконалення освітніх програм. Наочним прикладом використання даних може бути визначення відповідності освітніх програм принципам відстеження сучасних галузевих трендів та набуття соціо-психологічних навичок командної роботи. Лише у дванадцяти програмах (40 %) передбачено дисципліну, що повинна, передусім, знайомити студентів з сучасним розвитком технологій (має різні варіації назв – методи та засоби комп'ютерних інформаційних технологій, інформаційні технології, вступ до ІТ, вступ до фаху, методи та засоби перетворення інформації, тощо). У свою чергу у вибірці, що аналізована, також лише у 40 % програм зазначається дисципліна «Групова динаміка і комунікації», а «Менеджмент проектів програмного забезпечення», або «Управління ІТ-проєктами», зустрічається тільки у 53 % програм.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Розроблений підхід дозволяє забезпечувати постійний моніторинг освітніх програм з метою оцінити їх відносну відповідність сучасним тенденціям та згенерувати можливі рішення щодо удосконалення програм. У подальшому доцільним є автоматизувати збирання даних, проведення аналізу, забезпечення постійного обміну інформацією та процесу оцінки, щоб допомогти розробникам програм здійснювати вибір критеріїв і проводити оцінку альтернативних варіантів розробки.

#### Список використаних джерел:

1. Длугопольський О. В. Розвиток експертного середовища для оцінювання якості вищої освіти України. Інноваційний університет і лідерство: проект і мікропроєкти-V / за ред. Т. Фінікова, Р. Сухарські. Варшава : Fundacja "Instytut Artes Liberales" UW, 2021. С. 267–276.
2. Матвійчук-Юдіна О. Аналіз зарубіжного досвіду формування робочих планів та освітніх програм підготовки фахівців інформаційних технологій спеціальності «кібербезпека». *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2017. № 7 (71). С. 3–14. <https://doi.org/10.24139/2312-5993/2017.07/003-014>
3. Омельчук Л. Л., Русіна Н. Г. Порівняння освітніх програм в розрізі досяжності компетентностей і результатів навчання обов'язковими освітніми компонентами. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: фізико-математичні науки*. 2021. Том 3. С. 129–136. <https://doi.org/10.17721/1812-5409.2021/3.25>
4. Річний звіт Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти за 2021 рік / За заг. ред. С. Квіта. К. : Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти, 2022. 232 с.
5. Федорова В. О., Шуляк М. Л. Критичний аналіз моделей реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувача вищої освіти. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки»*. 2020, випуск № 4. С. 152–157. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2020-4-152-157>
6. Acosta N. D., Garcia M. B., Romero J. B., Sevillano A. L., Paez N. F., Roa O. Educational trends in software engineering: a systematic review study. *International Congress of Innovation and Trends in Engineering (CONITI)*, October 02–04, 2019, Bogota, Colombia. 2019. <https://doi.org/10.1109/CONITI48476.2019.8960866>
7. Brdjanin D., Hajdar A., Kasapovic S. and al. Comparative Analysis of Computer Science Study Programs at Universities in Bosnia and Herzegovina. *International Conference on e-Education (ICeE'14)*. At: Mostar, BiH2014, 2014.
8. Finamore A. C., Jimenez H. G., Casanova M. A., Nunes B. P., Santos A. M., Pires A. P. A comparative analysis of two computer science degree offerings. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 2020, #26 (3). <https://doi.org/10.1186/s13173-020-00097-0>
9. Misnevs B., Puptsau A. Learning Analytics and Software Engineering Competences. *17th International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat)*, October 18–21, 2017. Riga, Latvia. Reliability and statistics in transportation and communication. Lecture Notes in Networks and Systems. 2018, vol. 36, p. 649–658. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74454-4\\_62](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74454-4_62)

10. Nesterenko O., Selin Yu. The Teams Information Model for Software Engineering Management. 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2021, vol. 1, p. 341–344. <https://doi.org/10.1109/CSIT52700.2021.9648737>

11. Sanchez J. A., Valle B. M., Nicolas J. and al. TI Cloud service as the driver for university's software engineering programs digital transformation. *3rd International Conference on Traffic Engineering in Transportation and Logistics (ICTE)*, April 08–10, 2018, Budapest, Hungary. P. 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.126>

12. Yoshida C. Consideration on criteria and educational theory regarding the informatics software engineering discipline in Japan edulearn. *11th international conference on education and new learning technologies*, July 01–03, 2019, Palma, Spain. P. 2166–2172. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019>

#### References:

1. Dluhopolskyi, O. V. (2021). Rozvytok ekspertnoho seredovyshcha dlia otsiniuvannya yakosti vyshchoi osvity Ukrainy. Innovatsiyni universytet i liderstvo: proekt i mikroproekty-V [Development of an expert environment for assessing the quality of higher education in Ukraine. Innovative University and Leadership: Project and Microprojects-V]. Editing T. Finikova, R. Sukharski. Varshava : Fundacija "Instytut Artes Liberales" UW. 267–276. [in Ukrainian]

2. Matviichuk-Yudina, O. (2017). Analiz zarubizhnogo dosvidu formuvannya robochykh planiv ta osvitynykh prohram pidhotovky fakhivtsiv informatsiynykh tekhnolohii spetsialnosti "kiberbezpeka" [Analysis of foreign experience in the formation of work plans and educational programs for training information technology specialists in "cybersecurity"], *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii – Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies*. 7 (71), 3–14. <https://doi.org/10.24139/2312-5993/2017.07/003-014> [in Ukrainian]

3. Omelchuk, L. L., and Rusina, N. H. (2021). Porivniannia osvitynykh prohram v rozrizi dosiazhnosti kompetentnosti i rezultativ navchannia oboviazkovykh osvitynykh komponentamy [Comparison of educational programs in terms of achievement of competencies and learning outcomes of compulsory educational components]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Serii: fizyko-matematychni nauky – Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: physical and mathematical sciences*. 3, 129–136. <https://doi.org/10.17721/1812-5409.2021/3.25> [in Ukrainian]

4. Richnyi zvit Natsionalnoho ahentstva iz zabezpechennia yakosti vyshchoi osvity za 2021 rik. [Annual report of the National Agency for Quality Assurance in Higher Education for 2021]. (2022). Ed. S. Kvit. Kyiv, Natsionalne ahentstvo iz zabezpechennia yakosti vyshchoi osvity – Kyiv, National Agency for Quality Assurance in Higher Education. Retrieved from: <https://naqa.gov.ua/wp-content/uploads/2022/02/3bit-2021.pdf> [in Ukrainian]

5. Fedorova, V. O., Shuliak, M. L. (2020). Krytychnyi analiz modelei realizatsii indyvidualnoi osvitynoyi traiektorii zdobuvacha vyshchoi osvity [Critical analysis of models for realization of individual educational trajectory of higher education seeker]. *Visnyk Cherkaskoho natsionalnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho. Serii "Pedahohichni nauky" – Bulletin of Cherkasy National Bohdan Khmelnytsky University. Series "Pedagogical Sciences"*, 4. 152–157. <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2020-4-152-157> [in Ukrainian]

6. Acosta, N. D., Garcia, M. B., Romero, J. B., Sevillano, A. L., Paez, N. F., and Roa, O. (2019). Educational trends in software engineering: a systematic review study. *International Congress of Innovation and Trends in Engineering (CONIITI)*, October 02–04, 2019, Bogota, Colombia. <https://doi.org/10.1109/CONIITI48476.2019.8960866>

7. Brdjanin, D., Hajdar, A., Kasapovic, S., and al. (2014). Comparative Analysis of Computer Science Study Programs at Universities in Bosnia and Herzegovina. *International Conference on e-Education (ICeE'14)*. At: Mostar, BiH2014.

8. Finamore, A. C., Jimenez, H. G., Casanova, M. A., Nunes, B. P., Santos, A. M., and Pires, A. P. (2020). A comparative analysis of two computer science degree offerings. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 26 (3). <https://doi.org/10.1186/s13173-020-00097-0>

9. Misnevs, B., and Puptsau, A. (2018). Learning Analytics and Software Engineering Competences. *17th International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat)*, October, 18–21, 2017, Riga, Latvia. Reliability and statistics in transportation and communication. Lecture Notes in Networks and Systems. 36, 649–658. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74454-4\\_62](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74454-4_62)

10. Nesterenko, O., and Selin, Yu. (2021). The Teams Information Model for Software Engineering Management. 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 1, 341–344. <https://doi.org/10.1109/CSIT52700.2021.9648737>

11. Sanchez, J. A., Valle, B. M., Nicolas, J., ..., and Estrada, M. A. R. (2018). TI Cloud service as the driver for university's software engineering programs digital transformation. *3rd International Conference on Traffic Engineering in Transportation and Logistics (ICTE)*, April, 08–10, 2018, Budapest, Hungary. 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.126>

12. Yoshida, C. Consideration on criteria and educational theory regarding the informatics software engineering discipline in Japan edulearn. *11th international conference on education and new learning technologies*, July, 01–03, 2019, Palma, Spain. 2166–2172. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019>