

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повна назва у складі вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

**Математичне та програмне забезпечення  
автоматизованої системи підбору команди розробників**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи СІм-62

спеціальності (напрямку підготовки) 123

**«Комп'ютерна інженерія»**

(номер і назва спеціальності (напрямку підготовки))

  
(підпис)

Джинджиристий А.З.

(прізвище та ім'я)

Керівник

  
(підпис)

Паламар М. І.

(прізвище та ім'я)

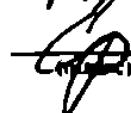
Нормоконтроль

  
(підпис)

Тиш Є. В.

(прізвище та ім'я)

Рецензент

  
(підпис)

Баран І.О.

(прізвище та ім'я)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(колишній Львівський національний технічний університет)

Факультет ФІС  
Кафедра Комп'ютерних систем і мереж  
Освітній ступінь Магістр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри КС  
Сергієнко Г.М.  
« 30 » 09 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Дослідження алгоритму роботи команд розробників  
(примітка, п. 1, по бета-версії)

1. Тема роботи Математично та програмне забезпечення автоматизованої системи підбору команди розробників

Керівник роботи Пашаєв Михайло Іванович, д.т.н., проф.  
(примітка, п. 1, по бета-версії, науковий ступінь, місце роботи)

Затверджені наказом по університету від «24» 09 2019 року №48-853

2. Термін подання студентом роботи 24.12.19

3. Вихідні дані до роботи Критерії підбору персоналу та моделювання команди розробників систем, навички та вміння розробників

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Аналіз сучасного стану досліджень при формуванні команди розробників комп'ютерних систем. Структурна матриця та побудова моделі автоматизованої підбору команди розробників комп'ютерних систем. Вибір програмного забезпечення автоматизованої підбору команди розробників комп'ютерних систем. Структурна економічна ефективність системи праці та безпека в умовах табличних електронних таблиць.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Визначення методів і засобів дослідження з точки зору методів програмування, аналізу навичок і практичних навичок студентів з аналізу ринку програмного забезпечення та структури програми дослідження програми КС. Вибір та формування команди розробників; побудова команди розробників КС. 4, 5. Метод підбору команди розробників. Структурна економічна ефективність підбору команди розробників КС. 10. Висновки.



## АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: “Математичне та програмне забезпечення автоматизованої системи підбору команди розробників”. // Дипломна робота // Джинджиристий Андрій Зіновійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІм-62 // Тернопіль, 2019 // с. – 131, рис. – 54 , табл. – 21 , аркушів А1 – 10 , додат. – 1 , бібліогр. – 26 .

Ключові слова: МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПІДБІР, КОМАНДА, РОЗРОБНИК.

Основними завданнями дипломної роботи є аналіз наукових публікацій щодо побудови систем автоматизованого підбору персоналу при реалізації комп’ютерних систем. Обґрунтування та формалізація критеріїв оптимальності при підборі команди розробників та методів штучного інтелекту, розробка системи збору та аналізу даних щодо вмінь розробників комп’ютерних систем. Побудова імітаційної моделі та розробка засобу підбору персоналу для реалізації комп’ютерних систем і апробація одержаних результатів щодо застосування в системах управління персоналу.

У першому розділі дипломної роботи проведено аналіз сучасного стану досліджень у сфері автоматизованого підбору персоналу, зокрема фахівців з комп’ютерної інженерії, факторів, що впливають на формування знань і вмінь розробників комп’ютерних систем, аналіз потреб ринку у фахівцях і т.п. Проаналізовано статистичні дані щодо потреб ІТ компаній відносно знань і вмінь розробників комп’ютерних систем з точки зору технологій проектування апаратного і програмного забезпечення, а також відгуків фахівців щодо здобутих під час навчання знань і навиків. Проведено аналіз методів щодо можливості інтелектуального підбору команди розробників комп’ютерних систем і встановлено, що ефективним є застосування методів колаборативної фільтрації при визначенні подібності між навиками розробників та вимогами ІТ компаній.

У другому розділі дипломної роботи обґрунтовано застосування методів колаборативної фільтрації для розв'язку задачі формування команди розробників комп'ютерних систем, що дало змогу формалізувати предметну область у вигляді матриці крос-табуляції між навиками та вміннями розробників і технологіями проектування комп'ютерних систем, проаналізовано метрики подібності об'єктів, які можуть бути використані при колаборативній фільтрації, що дало змогу обґрунтувати метрику «косинус кута» для встановлення подібності між знаннями і навиками розробників та необхідними технологіями при реалізації проектів комп'ютерних систем. Запропоновано та формалізовано модель опису властивостей об'єктів, необхідних при формуванні команди розробників комп'ютерних систем та розроблено метод формування рекомендацій щодо підбору розробників комп'ютерних систем, який враховує, окрім навиків і вмінь технологічного стеку, критерії рейтингу закладів освіти, досвіду розробки та географічного розташування компанії і фахівця з комп'ютерної інженерії.

У третьому розділі на основі аналізу предметної області щодо розробки програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем та з врахуванням особливостей запропонованої моделі і методу визначено ролі користувачів та їхні основні функціональні можливості. Спроектовано архітектуру програмного засобу із застосуванням підходу шарів Фаулера, що дало змогу здійснити декомпозицію та реалізувати його засобами мови C#, технології ASP.NET MVC та СКБД MS SQL Server. Експериментально доведено ефективність застосування запропонованих моделі, методу і засобу при автоматизованому підборі команди розробників комп'ютерних систем, що забезпечують точність на рівні 84,65%.

У четвертому розділі обґрунтовано доцільність проведення дослідження математичного та програмного забезпечення системи автоматизованого підбору команди розробників і встановлено, що собівартість методу і засобу становить 41897,39 грн., а термін їхньої окупності – 2,27 року, що дозволяє говорити про економічну доцільність та ефективність впровадження.

У п'ятому розділі проведено аналіз вимог з охорони праці і техніки безпеки при використанні програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем, а також проаналізовано методи запобігання забрудненню повітря виробничих приміщень НХР, допустимі значення для основних речовин-забруднювачів, їх характеристика та засоби захисту, а також розглянуто питання розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту працюючих і службовців у виробничій діяльності об'єкту в умовах радіоактивного забруднення місцевості.

У шостому розділі розглянуто питання кореляційних зв'язків в екології і методів екологічної статистики.

## ABSTRACT

The theme of the thesis: “Mathematical support and software of automated system of developers’ team selection” // Master thesis// Dzhyndzhyrystyi Andrii Zinoviyovych// Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of computer information systems and software engineering, group CIm -62 // Ternopil, 2019// p. - 131, fig. – 54, table. – 21, Sheets A1 - 10, Add. - 1, Ref. - 26.

**KEYWORDS:** MATHEMATICAL SUPPORT, SOFTWARE, SELECTION, TEAM, DEVELOPER

The main objectives of the thesis is to analyze scientific publications on the construction of automated recruitment systems for the implementation of computer systems. Substantiation and formalization of optimality criteria in the selection of the development team and methods of artificial intelligence, development of a system for collecting and analyzing data on the skills of computer system developers. Building a simulation model and developing a recruitment tool for the implementation of computer systems and validating the results obtained for use in personnel management systems.

The first chapter of the diploma paper analyzes the current state of research in the field of automated recruitment, including computer engineering specialists, factors affecting the knowledge and skills of computer system developers, analysis of market needs for specialists, etc. Statistics on IT companies 'needs for computer system developers' knowledge and skills are analyzed in terms of hardware and software design technologies, as well as specialist feedback on their knowledge and skills acquired. The methods of intelligent selection of the computer system development team have been analyzed and found to be effective in applying collaborative filtering methods to determine the similarities between the development skills and requirements of IT companies.

The second chapter of the thesis justifies the use of collaborative filtering methods to solve the problem of forming a team of computer system developers, which allowed us to formalize the subject area in the form of a cross-tabulation matrix between the skills and abilities of developers and technologies of computer systems design, analyzed the metrics the similarities of objects that can be used in collaborative filtering, which made it possible to substantiate the cosine angle metric to establish the similarity between knowledge and the ykamy developers and necessary technologies in projects of computer systems. A model for describing the properties of objects required in the formation of a computer system development team is proposed and formalized, and a method for forming recommendations for the selection of computer system developers is developed, which takes into account, in addition to the skills and abilities of the technological stack, criteria for rating educational institutions, development experience and geographical location of the company and computer engineering specialist.

In the third chapter, based on the analysis of the subject area for the development of computer-aided computer software development team, and considering the features of the proposed model and method, the roles of users and their basic functionality are determined. The software architecture was designed using the Fowler layer approach, which made it possible to decompose and implement it using C #, ASP.NET MVC and MS SQL Server DBMS. The efficiency of the application of the proposed model, method and tool in the automated selection of the computer system development team providing 84.65% accuracy was experimentally demonstrated. The fourth section substantiates the feasibility of conducting a study of the mathematical and software system of automated selection of the development team and found that the cost of the method and the tool is UAH 41897,39, and their payback period - 2,27 years, which allows to speak about the economic feasibility and efficiency of implementation.

The fifth chapter analyzes the requirements for occupational safety and health when using the software for automated selection of a team of computer system developers, as well as methods for preventing air pollution in the production facilities



of the NHR, the permissible values for the main pollutants, their characteristics and means protection, and also considered the development and implementation of radiation protection modes for employees and employees in the production activity of the facility under conditions of radioactive location contamination.

The sixth chapter deals with the issues of correlation relations in ecology and methods of environmental statistics.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ .....	12
ВСТУП .....	13
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ФОРМУВАННІ КОМАНД РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ .....	17
1.1. Аналіз факторів, що впливають на формування знань і вмінь розробників комп'ютерних систем .....	17
1.2. Аналіз потреб ринку у фахівцях з комп'ютерної інженерії та визначення взаємозв'язку із навчальними закладами .....	24
1.3. Аналіз підходів щодо формування команди розробників комп'ютерних систем .....	33
1.4. Висновки до розділу .....	36
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТРИК ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДБОРУ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ.....	38
2.1. Побудова формалізованих моделей предметних областей при використанні методів колаборативної фільтрації.....	38
2.2. Метрики у методах колаборативної фільтрації .....	44
2.2.1. Метрика Jaccard.....	46
2.2.2. Метрика «косинус кута».....	47
2.2.3. Метрика Пірсона (центрований косинус).....	49
2.3. Побудова моделі і розробка методу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем .....	50
2.3.1. Модель представлення об'єктів при підборі команди розробників комп'ютерних систем .....	52
2.3.2. Метод підбору команди розробників комп'ютерних систем на основі метрик подібності.....	55

2.4. Метод колаборативної фільтрації на основі подібності елементів з регуляризаторами .....	58
2.5. Висновки до розділу .....	64
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДБОРУ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>66</b>
3.1. Визначення функціональних вимог до засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем.....	66
3.2. Розробка бази даних програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем.....	70
3.3. Проектування архітектури програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем.....	84
3.4. Результати апробації запропонованого методу і засобу.....	87
3.5. Висновки до розділу .....	90
<b>РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....</b>	<b>92</b>
4.1. Визначення етапів процесу і загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт.....	92
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи..	94
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію .....	97
4.4. Розрахунок витрат на матеріали.....	98
4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	98
4.6. Обчислення накладних витрат.....	99
4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт.....	100
4.8. Розрахунок ціни науково-дослідних робіт .....	100
4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	101
<b>РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>104</b>
5.1. Охорона праці.....	104

5.2. Запобігання забрудненню повітря виробничих приміщень НХР, допустимі значення для основних речовин-забруднювачів, їх характеристика та засоби захисту .....	108
5.3. Розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту працюючих і службовців у виробничій діяльності об'єкту в умовах радіоактивного забруднення місцевості.....	110
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ.....	115
6.1. Кореляційний аналіз зв'язків в екології .....	115
6.2. Метод екологічної статистики.....	117
ВИСНОВКИ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	123
Додаток А Текст наукових публікацій дипломної роботи магістра .....	126

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,  
СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

БД	База Даних
ЖЦ	Життєвий Цикл
НХР	Небезпечні Хімічні Речовини
ПС	Програмні Системи
CASE	Computer Aided Software Engineering
SQL	Structured Query Language
UML	Unified Modeling Language
XML	Extended Markup Language

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Складність і багатогранність сучасних технологій розробки комп'ютерних систем вимагає від розробників постійного вдосконалення існуючих навиків та здобуття нових знань і вмінь для забезпечення конкурентоспроможності на ринку праці. З іншого боку, компанії-розробники намагаються сформувати штат високо-професійних фахівців для реалізації різнопланових проектів комп'ютерних систем, які б дали змогу максимізувати доходи та мінімізувати витрати на розробку.

Досягнення компромісу між розробниками з однієї сторони, та компаніями, з іншої, є доволі складною та нетривіальною задачею. На сучасному етапі розвитку ІТ-ринку, у штаті будь-якої компанії важливу роль відіграють менеджери з підбору персоналу (Human Recruiter), при цьому їх кількість невпинно зростає. Основне їхнє завдання полягає у пошуку резюме фахівців у спеціалізованих соціальних мережах та пропозицією працевлаштування. Оскільки, кількість резюме розробників налічує тисячі, а інколи десятки тисяч, обрати оптимальних розробників для реалізації проекту комп'ютерних систем доволі складно.

Тому актуальною задачею, з одного боку, є розробка методів та інтелектуальних засобів підбору персоналу компаніями-розробниками, а з іншого – вибір оптимальної компанії для працевлаштування розробника.

Для проектування інтелектуальних засобів підбору персоналу, систем машинного навчання та інших «smart» систем важливим є вибір та побудова математичних методів і засобів, що є фундаментальним аспектом ефективності алгоритмів опрацювання даних та одержання точних і достовірних результатів.

Дослідженню методів штучного інтелекту та машинного навчання присвячено багато наукових і практичних робіт як українських, так і закордонних вчених. Серед українських вчених та вчених СНД потрібно відмітити праці Різника О.М., Клименка В.П., Мучника І.Б., Загоруйко М.Г.,

Плескача В.Л., Воронцова К.В. та багатьох інших. Серед закордонних – G. Karupis, Дж. Мак-Кіна, Г. Болла, У. Уільямсона, J. Ben Shafer, Г. Ланса.

Побудова автоматизованих систем підбору команди розробників, або окремих фахівців, є актуальною задачею практично для будь-якої сфери діяльності, зокрема для ІТ галузі, оскільки цей ринок дуже динамічно розвивається, а кадровий «голод» все більше себе проявляє.

**Метою роботи** є дослідження, обґрунтування та розробка інтелектуальних методів і засобів підбору команди розробників для реалізації комп'ютерних систем.

Для досягнення вказаної мети, в роботі поставлено та розв'язано наступні **задачі**:

- аналіз наукових публікацій щодо побудови систем автоматизованого підбору персоналу при реалізації комп'ютерних систем;
- обґрунтування та формалізація критеріїв оптимальності при підборі команди розробників;
- обґрунтування методів штучного інтелекту та вибір оптимальних для пошуку розробників комп'ютерних систем;
- розробка системи збору та аналізу даних щодо вмінь розробників комп'ютерних систем;
- побудова імітаційної моделі та розробка засобу підбору персоналу для реалізації комп'ютерних систем;
- апробація одержаних результатів щодо застосування в системах управління персоналу.

**Об'єкт дослідження:** процеси формування рекомендацій щодо підбору персоналу з розробки комп'ютерних систем.

**Предмет дослідження:** критерії, моделі, методи і засоби інтелектуального підбору команди розробників комп'ютерних систем.

**Методи дослідження:** Для вирішення поставлених задач використано наступні методи: аналіз та узагальнення – при проведенні аналізу існуючих

моделей і методів побудови систем автоматизованого підбору команди розробників; формалізації – при дослідженні критеріїв оптимальності та розробці методу формування рекомендацій при підборі команди розробників; проектування та програмування – при розробці програмного засобу формування рекомендацій; експеримент та вимірювання – для апробації розробленого методу та засобу.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Наукова новизна полягає у вирішенні науково-практичної задачі автоматизованого підбору команди фахівців з комп'ютерної інженерії, при цьому одержано наступні результати:

– уперше запропоновано та формалізовано модель опису властивостей об'єктів, необхідних при формуванні команди розробників комп'ютерних систем, що дало змогу більш повно, в порівнянні з іншими моделями, представити фактори, які впливають на точність створення рекомендацій щодо участі розробника у команді та автоматизувати такий процес.

– уперше розроблено метод формування рекомендацій щодо підбору розробників комп'ютерних систем, який враховує, окрім навиків і вмінь технологічного стеку, критерії рейтингу закладів освіти, досвіду розробки та географічного розташування компанії і фахівця з комп'ютерної інженерії, що дає змогу більш ефективно формувати ранжований список потенційних розробників та приймати рішення щодо залучення його до проекту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Застосування розробленого методу і засобу дає змогу автоматизувати процес підбору розробників комп'ютерних систем і значно скоротити часові та фінансові витрати фірм, шляхом підвищення ефективності роботи менеджерів з підбору персоналу.

**Публікації.** Результати дослідження апробовано на VIII міжнародній науково - технічній конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на VII науково-технічній



конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (11-12 грудня 2019 року) у вигляді тез конференцій:

1. Паламар М.І., Джинджиристий А.З. Застосування метрики косинуса кута при підборі команди розробників комп'ютерних систем. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27 – 28 листопада 2019 р.). Тернопіль:ТНТУ. 2019. с. 29.

2. Джинджиристий А., Паламар М. Аналіз методів колаборативної фільтрації при підборі команди розробників комп'ютерних систем. Матеріали VII науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (11-12 грудня 2019 року). Тернопіль: ТНТУ. 2019. с. 119.

**Структура роботи.** Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 131 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ФОРМУВАННІ КОМАНД РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

1.1. Аналіз факторів, що впливають на формування знань і вмінь розробників комп'ютерних систем

Формування вмінь і навиків розробників комп'ютерних систем відбувається у вищих навчальних закладах різних рівнів акредитації. В якості прикладу, розглянемо підготовку фахівців з комп'ютерної інженерії у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя та визначимо основні фахові компетенції і знання, які вони одержують після закінчення навчання.

Підготовку фахівців з комп'ютерної інженерії забезпечує кафедра комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Студенти, для одержання знань за спеціальністю, можуть навчатись на очній, заочній та заочно-дистанційній формі навчання. При провадженні освітнього процесу використовуються традиційні аудиторні заняття, які включають лекції, лабораторні та практичні заняття та заняття з використанням системи дистанційного навчання Atutor. Дистанційне навчання є одним із способів реалізації віддаленого електронного навчання та сприяє розширенню знань і навиків студентів. Розглянемо особливості навчальних планів підготовки фахівців з комп'ютерної інженерії в контексті фундаментальної та професійно-орієнтованої підготовки бакалаврів. У табл. 1.1 наведено перелік дисциплін та відповідну кількість годин лекційного і практичного матеріалу за циклом загальної підготовки.

Таблиця 1.1

## Дисципліни загального спрямування

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
1	Алгоритми та методи обчислень	150	80	32	48	0	-	70
2	Дискретна математика	135	72	36	0	36		63
3	Іноземна мова професійного спрямування	150	84	0	0	84		66
4	Історія та культура України	150	84	50	0	34		66
5	Комп'ютерна електроніка	195	90	36	54	0		105
6	Лінійна алгебра та аналітична геометрія	120	64	32	0	32		56
7	Математичний аналіз	180	90	36	0	54		90
8	Теорія електричних та магнітних кіл	150	80	32	48	0		70
9	Українська мова (за професійним спрямуванням)	150	82	50	0	32		68
10	Фізика	255	136	52	50	34		119

Продовж. табл. 1.1

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
11	Фізичне виховання*	68	68	0	0	68		0
12	Філософія	120	48	32	0	16		72

Аналізуючи табл. 1.1, пропонується прибрати дисципліни, які не є важливими в контексті фахової підготовки спеціалістів з комп'ютерної інженерії, зокрема «Історія та культура України», «Філософія» та «Фізичне виховання\*». У результаті одержимо перелік з 9 дисциплін, які прямо впливатимуть на фахові навички бакалаврів комп'ютерної інженерії. «Українська мова (за професійним спрямуванням)» та «Іноземна мова професійного спрямування» є важливими з точки зору майбутніх працедавців.

У табл. 1.2 наведено перелік дисциплін професійної підготовки фахівців за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Таблиця 1.2

### Дисципліни за циклом професійного спрямування

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
1	Архітектура комп'ютерів	315	152	68	84	0		163
2	Інженерія програмного забезпечення	150	70	28	28	14		80

Продовж. табл. 1.2

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
3	Комп'ютерна графіка	120	64	32	32	0		56
4	Комп'ютерна логіка	315	170	68	84	18		145
5	Комп'ютерна схемотехніка	180	96	32	48	16		84
6	Комп'ютерні мережі	300	152	68	84	0		148
7	Комп'ютерні системи	195	90	36	54	0		105
8	Організація баз даних	135	80	32	48	0		55
9	Основи комп'ютерної інженерії	180	80	32	48	0		100
10	Паралельні та розподілені обчислення	135	72	36	36	0		63
11	Програмування	240	118	50	68	0		122
12	Системне програмне забезпечення	195	84	42	42	0		111
13	Системне програмування	150	72	36	36	0		78

Продовж. табл. 1.2

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
14	Технології проектування комп'ютерних систем	195	96	48	48	0		99

Усі дисципліни, наведені в табл. 1.2 орієнтовані на професійну підготовку фахівців та формування у них компетентностей у галузі комп'ютерної інженерії. Окрім, цього студенти мають можливість обирати дисципліни для поглиблення знань у тих областях, які їх цікавлять більше. Перелік таких дисциплін наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

### Перелік дисциплін вибору студента

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
15	Іноземна мова професійно-ділового спрямування	195	128	0	0	128		67
16	Основи маркетингу	105	54	36	0	18		51
17	Політологія	90	32	16	0	16		58

Продовж. табл. 1.3

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
18	БЖД, основи охорони праці	120	48	16	16	16		72
19	Веб-технології	135	72	36	36	0		63
20	Захист інформації у комп'ютерних системах	120	64	32	32	0		56
21	Методи та системи імітаційного моделювання інформаційних сигналів та систем	150	72	36	36	0		78
22	Надійність, контроль, діагностика та експлуатація ЕОМ	105	56	28	28	0		49
23	Основи вимірювальної техніки та інформаційно-вимірювальних систем	150	72	36	36	0		78

Продовж. табл. 1.3

№ з/п	Назва дисципліни	Загальна кількість годин	Ауд., год.	Лекції, год.	Л.Р., год.	П.Р., год.	К.Р., КП (+, -)	Самостійна робота, год.
24	Основи побудови систем штучного інтелекту	120	64	32	32	0		56
25	Програмування мовою Java	105	56	28	28	0		49
26	Спеціалізовані комп'ютерні системи	105	56	28	28	0		49
27	Теорія інформації та кодування	165	90	36	54	0		75
28	Цифрове опрацювання сигналів	180	96	48	48	0		84

На професійну компетентність фахівців з комп'ютерної інженерії впливають усі дисципліни, наведені у табл. 1.3, окрім «Основ маркетингу».

Дані, наведені у табл. 1.1 – табл.1.3 дають змогу визначити потенційний час самостійної роботи студента із застосуванням інших форм навчання таких, як масові онлайн курси та дистанційне навчання у ВУЗі або за його межами, що дають змогу підвищити ефективність здобуття знань і вмінь в галузі комп'ютерної інженерії.

Проаналізувавши цикли підготовки бакалаврів з комп'ютерної інженерії, одержано ядро дисциплін, які формують знання і вміння майбутніх комп'ютерних інженерів. На ефективність підготовки фахівців впливають ряд факторів, основними з яких є:



- мотивація студента;
- якість навчальних матеріалів;
- якість систем онлайн навчання;
- фаховий рівень викладачів.

Це є важливим при формуванні команди розробників комп'ютерних систем у випадку доступності даних про їх навчання.

## 1.2. Аналіз потреб ринку у фахівцях з комп'ютерної інженерії та визначення взаємозв'язку із навчальними закладами

Ще одним фактором при підборі команди розробників комп'ютерних систем є рейтинг ВУЗу, який обчислюється на основі відгуків студентів, які вже завершили навчання.

При формуванні такого рейтингу ресурс DoU використав фактор щодо рекомендації кафедри випускником, як потенційного місця навчання [1].

Даний фактор у меншій мірі впливає на суб'єктивність відповіді випускника того чи іншого ВНЗ, тому його доцільно використовувати при формуванні статистичної вибірки. Оскільки відгук буде корисний для майбутніх абітурієнтів та учасників ІТ ринку, то окрім навиків і вмінь, набутих при навчанні, випускник використовує і неявні фактори, наприклад здатність влаштуватись на роботу використовуючи власний досвід. У результаті можна одержати більш об'єктивну оцінку [1].

При проведенні опитування, кількість респондентів становила 2169 осіб, які працюють в ІТ. На рис. 1.1 показано розподіл респондентів за посадами.

Як видно з розподілу, наведеного на рис. 1.1, більшість випускників працюють розробниками в сфері програмного та апаратного забезпечення, а такі посади як системні адміністратори, інтегратори і DevOps становлять близько п'ятої частини всіх опитаних. Тестувальники і менеджери проекту становлять менше 10% відсотків опитаних [1].

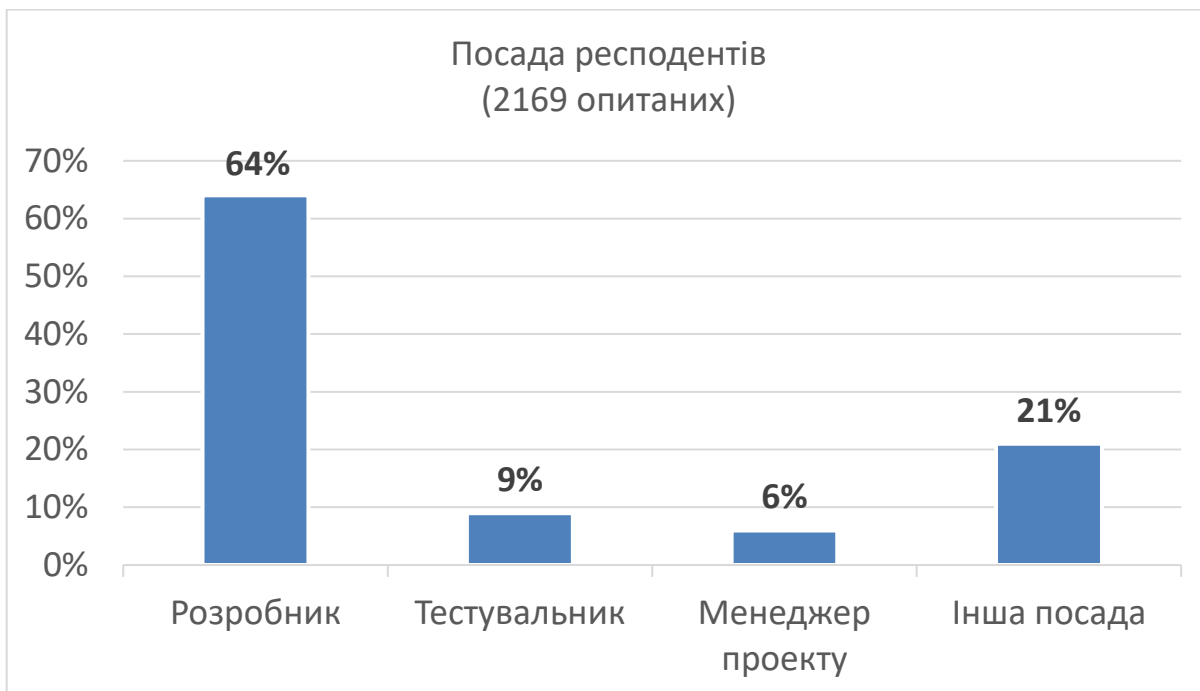


Рис. 1.1. Розподіл респондентів за посадами в ІТ

Для визначення ефективності навчання і форм навчання респонденти давали відповідь на питання про ступінь, який одержали навчаючись у закладах різного рівня акредитації. На рис. 1.2 наведено результати опитування.

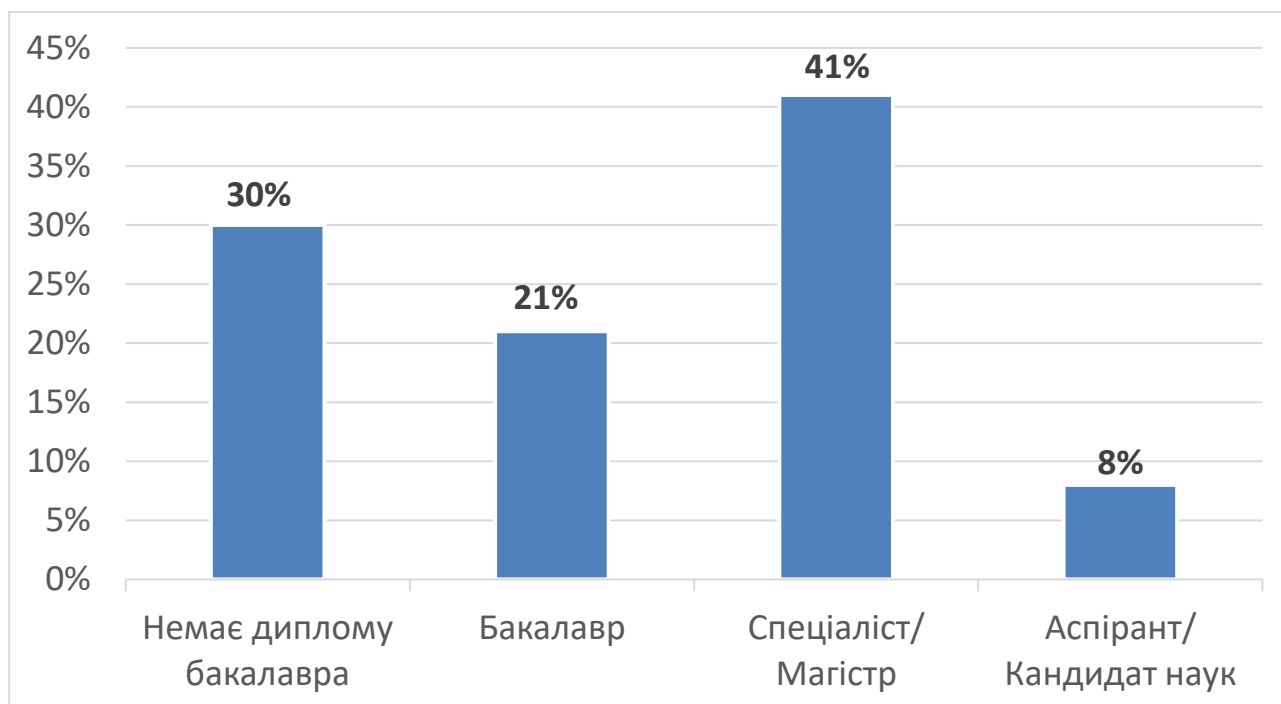


Рис. 1.2. Освітній рівень респондентів

Аналізуючи рис. 1.2 левову частку опитаних респондентів становлять фахівці, які отримали освітній ступінь спеціаліста або магістра. Серед усіх опитаних третина немає неповної вищої освіти, тобто отримали дипломи молодшого спеціаліста після закінчення коледжів. П'яту частину опитаних респондентів становлять особи, які здобули освітній рівень бакалавра, а лише близько 10% становлять кандидати наук та аспіранти [20].

Участь в опитуванні брали участь випускники ВУЗів України, які працюють в сегменті ІТ. Розподіл учасників за ВУЗами наведено на рис. 1.3.

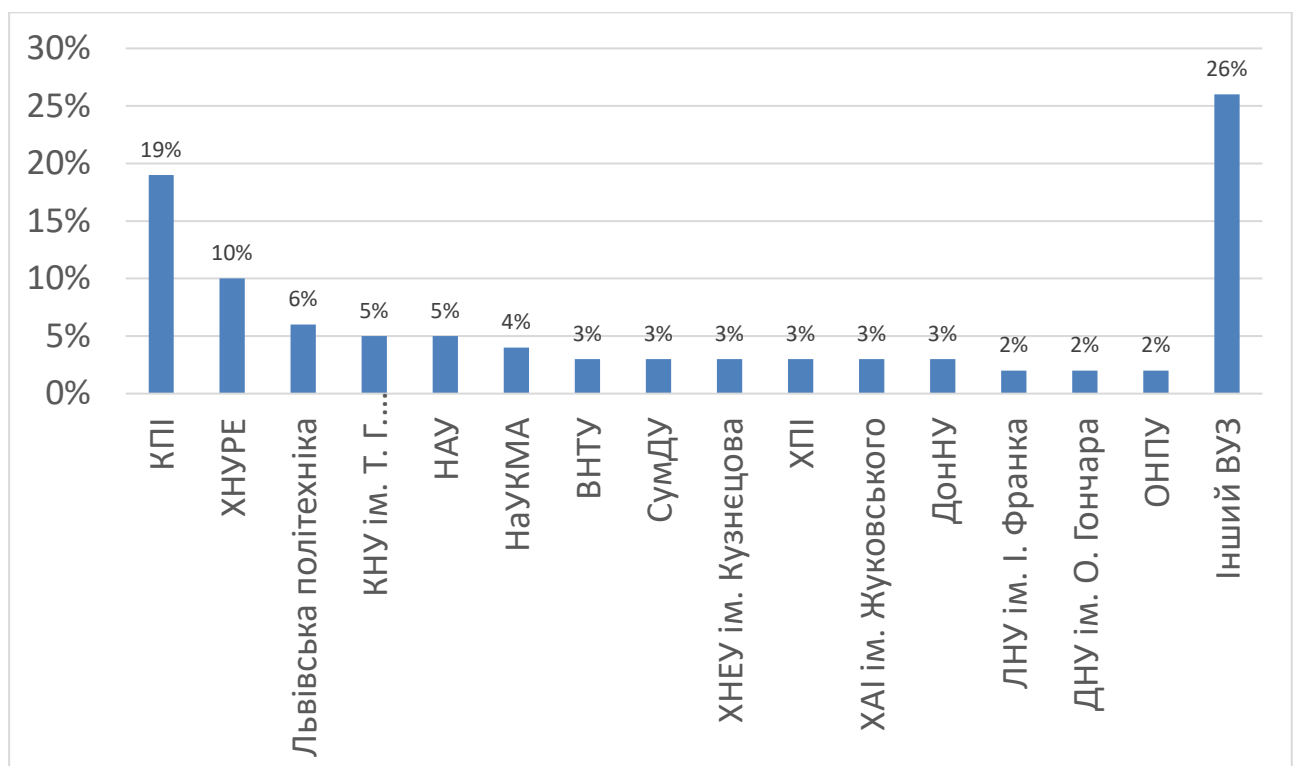


Рис. 1.3. Розподіл респондентів за ВУЗами

Для оцінювання ефективності навчання та ВУЗів запропоновано скористатись шкалою від 0 до 10 за атрибутами, які наведені у табл. 1.4 та візуалізовано на рис. 1.4.

Таблиця 1.4

## Атрибути зворотного зв'язку випускників

Атрибути зворотного зв'язку з випускниками	Оцінка
Престижність факультету	6,4
Доступ до навчальних матеріалів	6,3
Викладачі: вміння пояснювати	6,1
Адміністрація: орієнтація на інтереси студентів	6
Група/потік: рівень знань і мотивація	6
Технологічні можливості для навчання	5,9
Адміністрація: організація навчального процесу	5,7
Технічний стан (ремонт і т.д.)	5,6
Вчитися цікаво	5,6
Корисні для професії зв'язки	5,6
Вчитися складно	5,3
Знання корисні для ІТ	5,3
Викладачі: практичний досвід	5,3
Строгість до списування/плагіату	5
Фінансова ефективність	4,5
Знання актуальні	4,4
Спільнота випускників: допомога ВУЗу, загальні цінності	4,2

Невеликій кількості ВУЗів респонденти поставили досить високі оцінки, однак узагальнена оцінка сукупності ВУЗів є середньою. Математичне сподівання щодо можливості рекомендувати закінчений заклад освіти за десятибальною шкалою складає приблизно 6.

Деякі аспекти навчального процесу, дисциплін та інших факторів, які наведені у табл. 1.4, одержали значення оцінки на рівні від 4 до 6. Найвищим оціненим значенням щодо престижності не перевищує – 6,5 за десятибальною

шкалою. З наведених у табл. 1.4 даних, видно значну кореляцію між престижністю ВНЗ та можливістю його рекомендації для майбутніх абітурієнтів [1].



Рис. 1.4. Результати опитування випускників

На готовність рекомендувати ВУЗ для одержання вищої освіти впливають ще такі фактори, як актуальність одержаних знань і вмінь, а також здатність застосування їх на практиці і процес навчання. Такі фактори респонденти оцінили відповідно значеннями 5,3 і 5,6.

Важливим критерієм, що позначається на адаптованості випускника чи фахівця в галузі ІТ на ринку праці є оцінка практичного досвіду викладачів, їхнього вміння пояснити принципи застосування знань на практиці. У результаті опитування, середнє значення цього фактору відповідає оцінці 5,3, що говорить про те, що викладачі не в повній мірі забезпечують необхідні знання і вміння, які вимагає ІТ сфера.

Однак важливість одержання фахових навиків і вмій для випускників ВНЗ є основою для працевлаштування і дає змогу оцінити ефективність навчального процесу та викладачів у тому чи іншому закладі освіти [1].

Як показують дослідження, основною метою вступу до ВУЗів, якою керувалися респонденти було навчитися здобувати знання. Так на рис. 1.5 наведено результати цілей, які стимулювали навчатись випускників ВУЗів, які працюють в ІТ.

На початку навчання студенти вважали основною ціллю навчитися правильно здобувати знання, враховуючи популяризацію та проведення агітаційних заходів за конкретними спеціальностями викладачами чи адміністрацією ВНЗ. При цьому, така можливість є безкоштовною в Україні. Близько 80% респондентів навчались на бюджетній формі протягом усього часу перебування у ВНЗ, а лише 15% оплачували декілька курсів навчання.

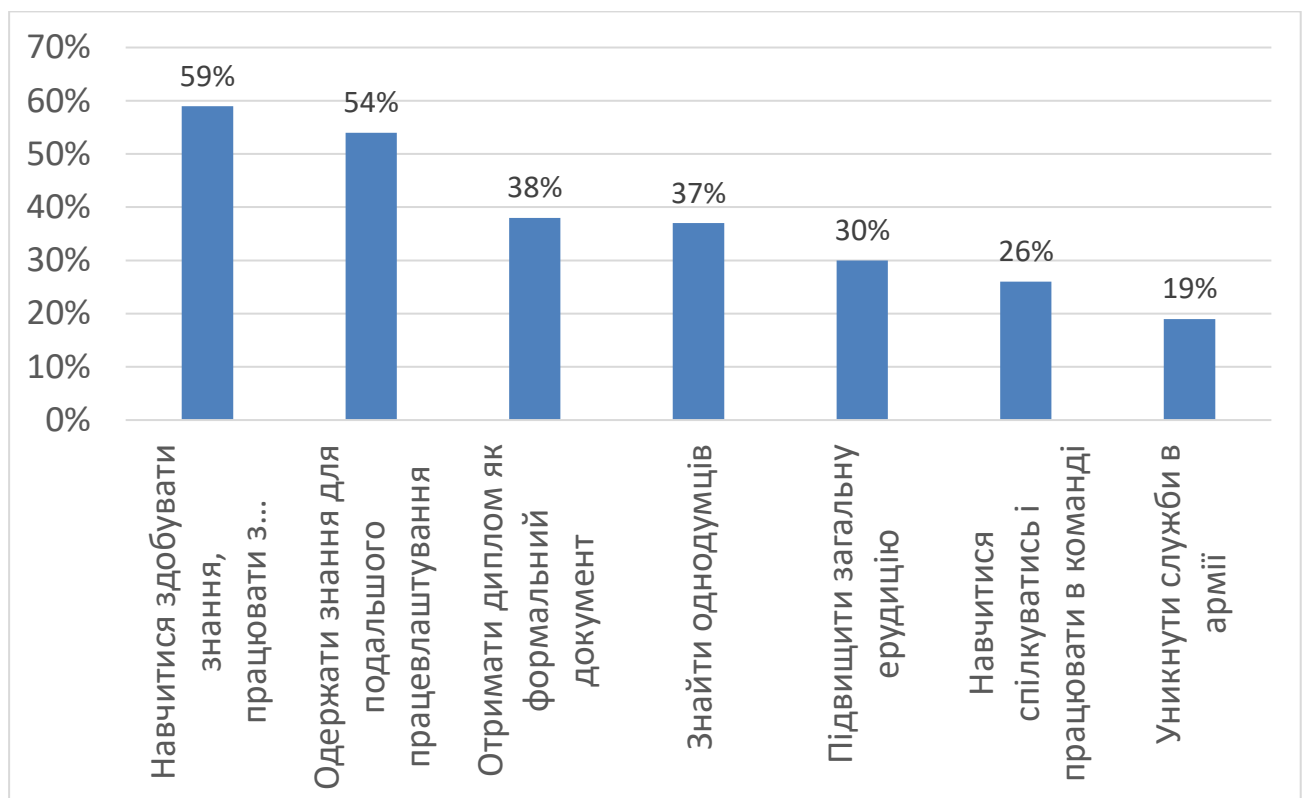


Рис. 1.5. Результати опитування щодо мети здобуття вищої освіти

Якщо припустити, що той, хто не інвестує у свою освіту, не очікує і повернення на такі інвестиції, то «навчитися вчитися» може бути більш популярно для студентів бюджетної форми [1]. Студенти контрактної форми навчання мали б бути орієнтованими на одержання фахових знань і вмінь для подальшого повернення вкладених в освіту коштів. Статистика проведеного опитування не в повній мірі підтверджує такі гіпотези, зокрема, для 61% студента-бюджетника пріоритетом є дійсно навчитись здобувати знання, на противагу до студента-контрактника – 49%. Проте одержання фахових навиків і вмінь є однаковими незалежно від форми навчання.

Цікаві дані на цю тему отримані Pew Research в США, де вища освіта в основному платна. Відповідаючи на питання про основну мету навчання в коледжі (практичні знання для роботи vs приватний і інтелектуальний розвиток), випускники коледжів вибирають розвиток, а не знання (52% vs 35%), а ті хто не навчався в коледжі, навпаки, вважають пріоритетом здобуття практичних навиків (51% vs 34%).

У ВУЗах при вивченні ІТ технологій найбільш часто використовують технології і мови програмування C / C++ , а також вивчають проектування баз даних і знань. Решту технологій вивчали не більше половини опитаних.

Бажаючі уникнути служби армії і отримати «диплом» є незадоволеними, отже, користь отриманих у ВУЗі знань для роботи в ІТ оцінена середньо, і при цьому отримання таких знань – одна з основних цілей навчання.

Можна припустити, що ті, хто йшов до ВУЗу за такими знаннями, незадоволені, оскільки їх мета не досягнута. Але насправді вони як раз вище оцінюють і користь отриманих знань, і ВУЗ в цілому.

У той же час ті, чиєю метою було уникнути служби в армії і отримати формальний документ про освіту, менш схильні рекомендувати свій ВУЗ. Знову ж таки, можна припустити, що самі по собі вони задоволені навчанням (їх мета досягнута), але не рекомендують ВУЗ тим, хто хоче потім працювати в ІТ (тобто тим, у кого мета інша – отримати знання). Однак і це припущення не підтверджується: респонденти, які мали на меті отримати «диплом» або

уникнути служби в армії, частіше говорять, що поміняли б місце навчання, якщо б у них така можливість. Цікаво, що вони в цьому випадку частіше за інших вибирають закордонні вузи.

Мета навчання визначає і ВУЗ: бажаючі уникнути служби в армії і отримати «диплом» частіше за інших вчилися у ВНТУ, НАУ і КПІ. А ті, хто хотів отримати знання для працевлаштування - в ДонНУ, НаУКМА, ХАІ, ХНУРЕ і ХНЕУ. На рис. 1.6 наведено результати щодо технологій, які вивчаються у ВУЗах.

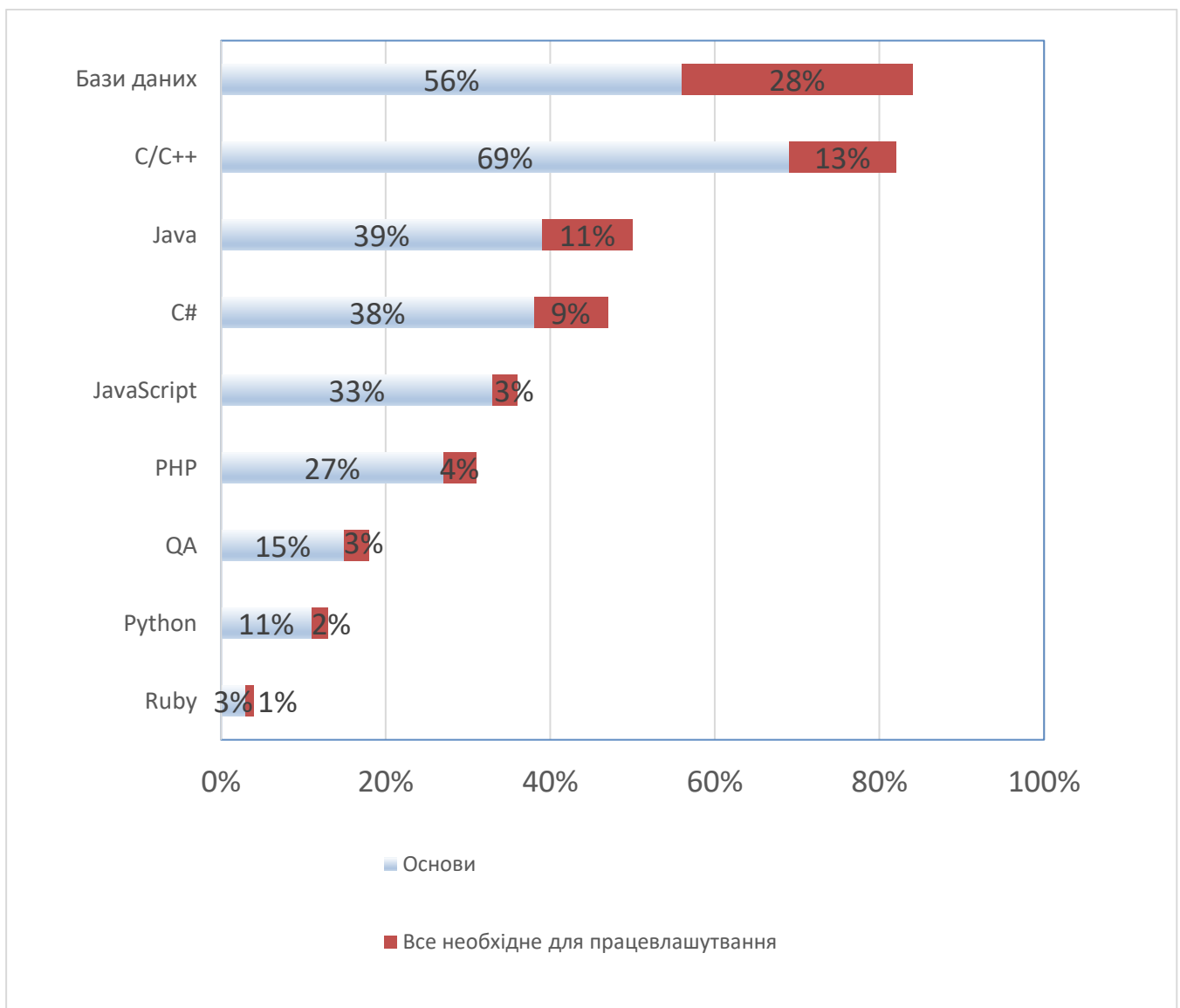


Рис. 1.6. Технології та предмети, які викладались у ВУЗах



Аналізуючи гістограму, наведену на рис. 1.6, можна зробити висновок, що у ВУЗах предмети фахового спрямування викладались на рівні основ, а для одержання роботи ВУЗи забезпечили лише невелику кількість студентів.

Тому, більшість з тих, хто працює в ІТ і є випускниками відповідних спеціальностей здобували знання і вміння використовуючи інші ресурси, зокрема платформи електронного навчання, які пропонуються закордонними ВУЗами.

Станом на сьогодні, вищі навчальні заклади активно запроваджують комунікацію з компаніями ІТ сфери, зокрема трохи більше 40% респондентів відповіли, що заклади освіти, де вони навчались, намагаються долучати практиків до викладання навчальних предметів, і ще 40% вищих навчальних закладів інтенсивно взаємодіють з ІТ-компаніями при працевлаштуванні випускників.

На рис. 1.7 наведено статистику співпраці вищих навчальних закладів з фірмами сфери інформаційних технологій, а на рис. 1.8 – статистика співпраці підрозділів ВНЗ.

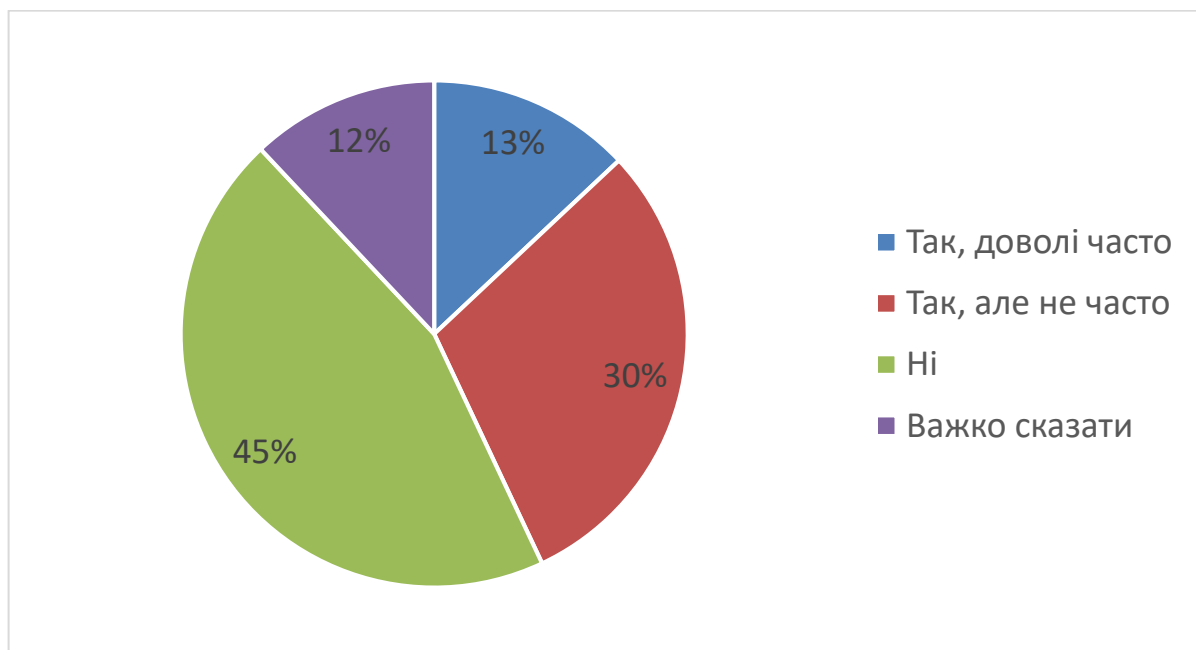


Рис. 1.7. Статистика співпраці ВУЗів та ІТ компаній щодо залучення практиків у навчальний процес

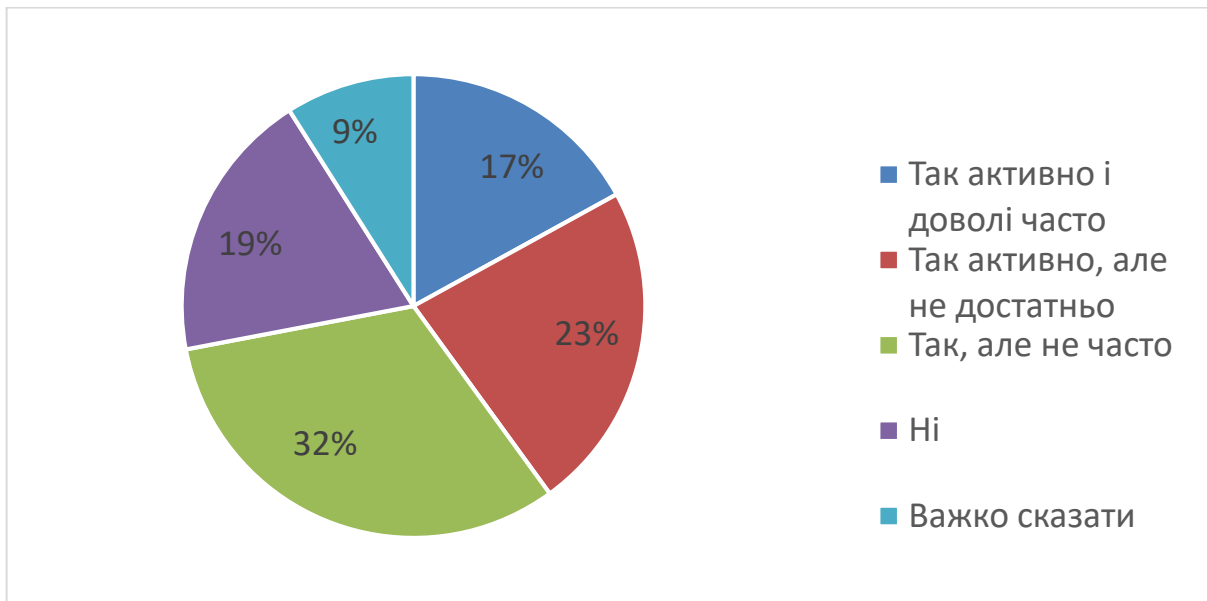


Рис. 1.8. Статистика співпраці ВУЗів та компаній при працевлаштуванні випускників

Таким чином, аналіз [1] показує, що при виборі фахівців з розробки комп'ютерних систем необхідно враховувати аспекти та характеристики навчального процесу і рейтингу закладів вищої освіти.

### 1.3. Аналіз підходів щодо формування команди розробників комп'ютерних систем

Рекомендаційні системи є підкласом систем фільтрації інформації, що здійснюють пошук прогнозованого значення при формуванні рейтингових списків або побажань користувачів відносно товару. У даному випадку, в якості користувачів виступають компанії з розробки комп'ютерних систем, а в якості товару – персонал з реалізації комп'ютерних систем, зокрема, знання і вміння, якими володіє розробник комп'ютерних систем. Класично, задачу побудови рекомендацій можна представити, як показано на рис. 1.9.



Рис. 1.9. Візуалізація класичної задачі формування рекомендацій

Умовно рекомендаційні системи можна розділити на три груп:

- рекомендаційні системи, побудовані на основі методу колаборативної фільтрації;
- рекомендаційні системи на основі аналізу контенту;
- гібридні рекомендаційні системи, що базується на концепції двох попередніх.

При побудові рекомендаційних систем найбільш застосовуваними є два підходи: аналіз контенту і колаборативна фільтрація.

При формуванні рекомендацій на основі контенту створюються профілі користувачів та об'єктів.

Профілі користувачів зазвичай містять інформацію про знання і вміння розробників, вік, географічне розташування користувача та ін..

Профілі об'єктів містять інформацію про необхідні навички і вміння, зокрема, технології, на базі яких буде реалізована комп'ютерна система, тривалість проекту, технічні або інші важливі атрибути, якими описується комп'ютерна система.

У випадку застосування підходу колаборативної фільтрації враховуються історичні дані про розробників – наприклад, рейтинг ВУЗу, де він здобував фахову освіту, інформація про участь у попередніх проектах чи його оцінки іншими користувачами. Для методів колаборативної фільтрації не важливим є категорія об’єктів, однак складність застосування такого підходу полягає у визначенні прихованих властивостей об’єктів, які не задані у явній формі. Найбільш проблематичним для таких методів колаборативної фільтрації є так званий «холодний старт». За відсутності або недостатності даних про розробників комп’ютерних систем, їх навиків і вміння чи інші властивості, складно знайти подібні об’єкти, які тільки потрапили у базу даних.

На рис. 1.10 представлено методи і їх різновиди при побудові рекомендаційних систем.

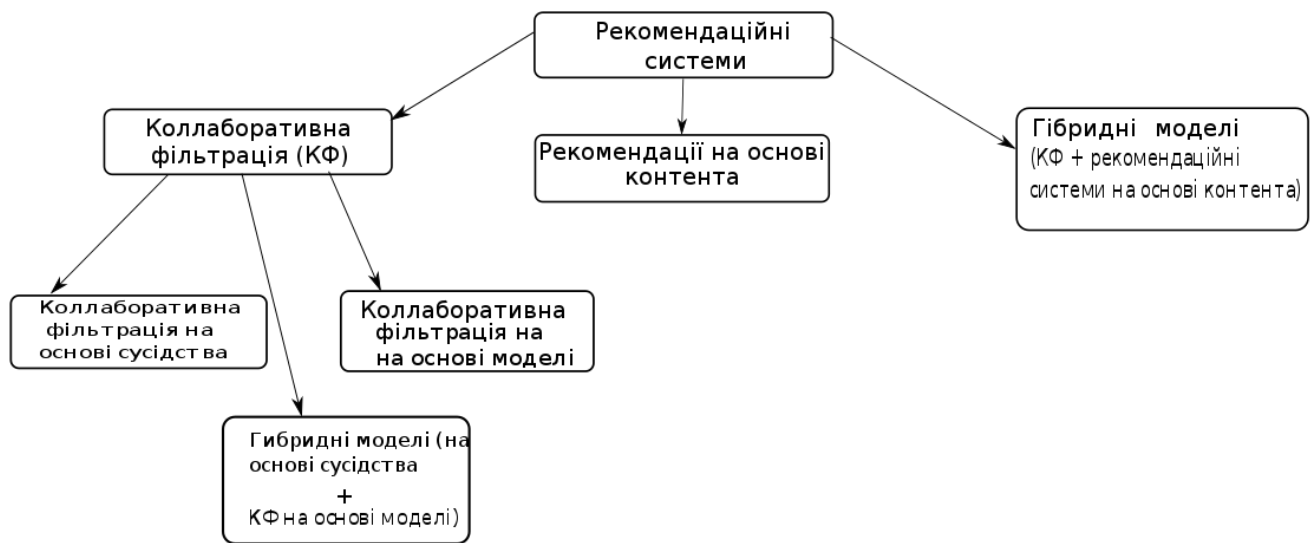


Рис. 1.10. Методи побудови рекомендаційних систем

Одними з ефективним методів при формуванні рекомендацій є методи колаборативної фільтрації. До методів колаборативної фільтрації входять методи, базовані на підході k-найближчих сусідів, колаборативної фільтрації на основі статистичних моделей і гібридні методи, які враховують концепції двох попередніх.

У результаті функціонування системи формування рекомендацій виконується збір даних про розробників за допомогою явних та неявних методів збору.

До явного збору інформації про розробників комп'ютерних систем можуть належати наступні:

- розробник оцінює іншого розробника за шкалою;
- менеджер з підбору персоналу виконує ранжування розробників за рівнем вмінь і знань;
- компанія обирає альтернативу кращу за сукупністю ознак;
- компанії формують ранжований список розробників за визначеними критеріями.
- До неявного збору інформації про розробників відноситься:
  - спостереження за поведінкою розробника при виборі компанії і поданні резюме;
  - логування часу і переходів між веб-сторінками, які описують поведінку розробника онлайн;
  - відстеження вмісту комп'ютера розробника.

Принцип роботи рекомендаційних сервісів полягає у формуванні пропозицій на основі подібності товарів, послуг чи, у випадку формування команди розробників, пропозицій роботодавців щодо відповідності визначеним вимогам. У результаті визначення подібних об'єктів, формується ранжований список із застосуванням певних метрик.

#### 1.4. Висновки до розділу

1. Проведено аналіз факторів, що впливають на формування знань і вмінь розробників комп'ютерних систем на основі навчального плану підготовки бакалаврів у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, що дало змогу виявити компетенції фахівців після завершення

навчання, можливості їх подальшого працевлаштування і визначити фактори, які необхідно врахувати при побудові автоматизованих систем підбору команди розробників комп'ютерних систем.

2. Проаналізовано статистичні дані щодо потреб ІТ компаній відносно знань і вмінь розробників комп'ютерних систем з точки зору технологій проектування апаратного і програмного забезпечення, а також відгуків фахівців щодо здобутих під час навчання знань і навиків, що дало змогу визначити необхідність врахування популярності технологій розробки і рейтингу ВУЗів при автоматизованому підборі команди розробників комп'ютерних систем.

3. Проведено аналіз методів щодо можливості інтелектуального підбору команди розробників комп'ютерних систем і встановлено, що ефективним є застосування методів колаборативної фільтрації при визначенні подібності між навиками розробників та вимогами ІТ компаній.

РОЗДІЛ 2  
 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТРИК ТА ПОБУДОВА МОДЕЛІ  
 АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДБОРУ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ  
 КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

2.1. Побудова формалізованих моделей предметних областей при використанні методів колаборативної фільтрації

Проведемо аналіз області застосування методів колаборативної фільтрації та проведемо їх формалізацію.

Для ефективного застосування методів колаборативної фільтрації необхідно сформувавши матрицю, як наведено на рис. 2.1. Для цього необхідно мати наступні дані:

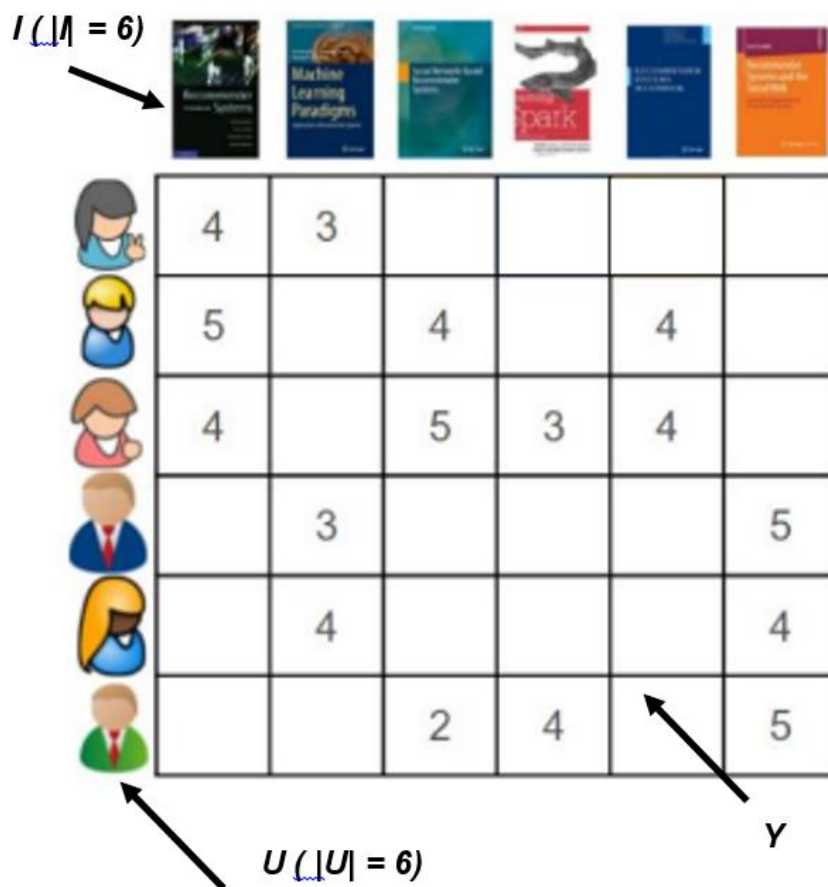


Рис. 2.1. Формалізація задачі колаборативної фільтрації

$U$  – множина користувачів;

$I$  – множина товарів (послуг);

$Y$  – простір транзакцій, що визначає кількість купленого товару, оцінку фільму і т.п.;

$R = \{ r_{ui} \}$  – матриця крос-табуляції, розмір матриці –  $|U| \times |I|$

$r_{ui} = \text{aggr} \{ (u_t, i_t, y_t) \in D \mid u_t = u, i_t = i \}$  – функція агрегації для визначення корзини користувача (кортежів «користувач-товар»).

Сфера застосування методів колаборативної фільтрації стосується формування рекомендацій у багатьох сферах, зокрема на рис. 2.2 і 2.3 наведено можливі приклади застосування колаборативної фільтрації при формуванні рекомендації щодо читачів і книг, а також спортсменів та відповідного харчування.

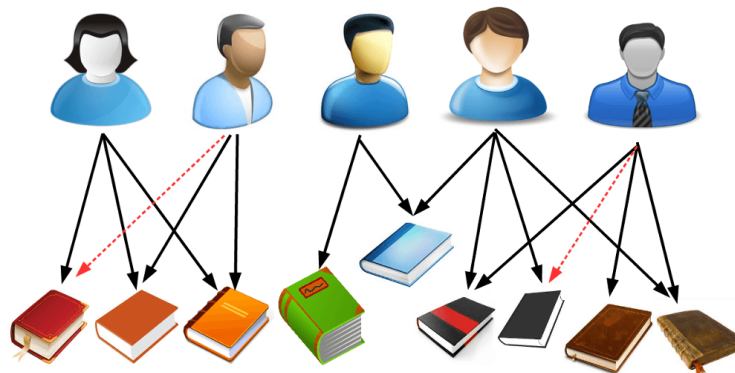


Рис. 2.2. Задачі формування рекомендацій для читачів

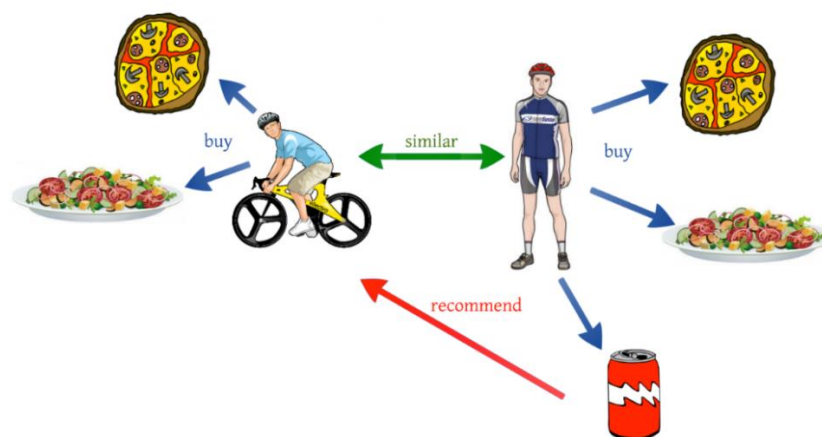


Рис. 2.3. Задачі формування рекомендацій для спортсменів



Сформулюємо та формалізуємо задачу побудови рекомендацій на основі методів колаборативної фільтрації для підбору персоналу при реалізації комп'ютерних систем. Його можна порівняти з купівлею товарів споживачами. На рис. 2.4 наведено матрицю крос-табуляції для товарів і споживачів.

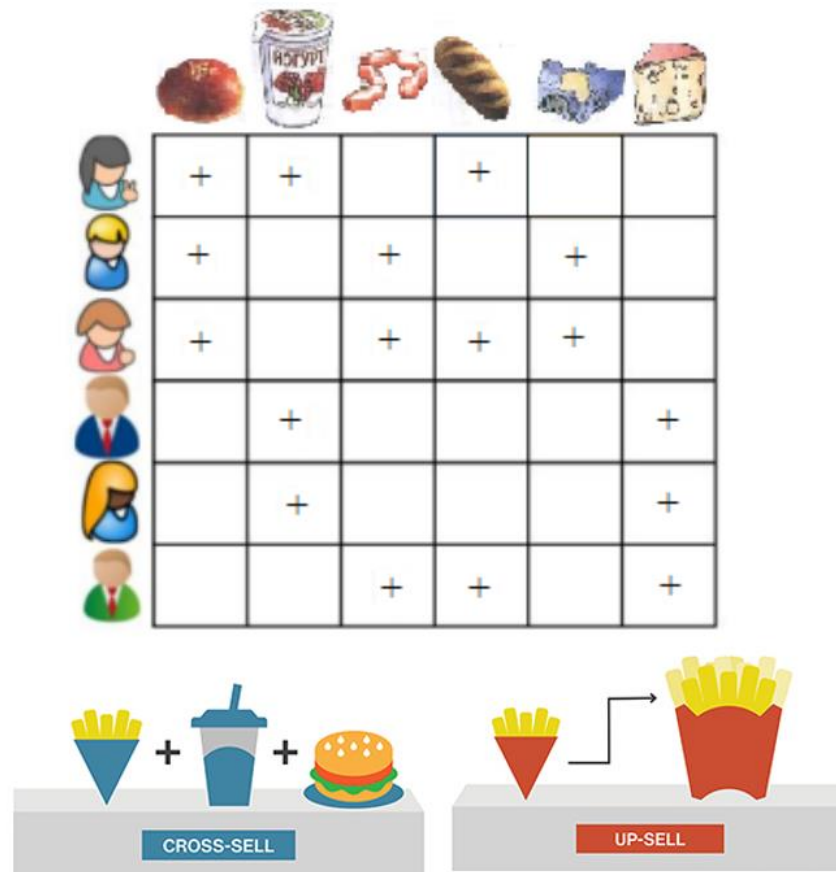


Рис. 2.4. Матриця крос-табуляції

Формально постановку задачі побудови рекомендацій при підборі кадрів для реалізації комп'ютерних систем можна описати:

$U$  – розробники комп'ютерних систем;

$I$  – знання, вміння і навички;

$r_{ui} = [розробник\ u\ володіє\ навиком\ i]$

При такому описі, методи колаборативної фільтрації дають змогу визначити розробників з подібними навичками – up-selling, а також сформулювати пропозиції по дотичних технологіях, якими володіють розробники – cross-selling.

Прикладні задачі, які вирішують за допомогою колаборативної фільтрації полягають в наступному:

- оцінка навиків розробника і для розробника  $u$ ;
- визначення списку рекомендованих навиків для розробника  $u$ ;
- визначення дотичних навиків і технологій розробників;
- інформування розробника про нові навикки і знання (up-selling);
- сегментація користувачів.

Основна мета, якої досягають за допомогою методів колаборативної фільтрації полягає у стимулюванні продаж, що дає змогу збільшити доходи електронного магазину та задовольнити потреби кінцевих користувачів.

Інше застосування методів колаборативної фільтрації полягає в оцінюванні та прогнозуванні думок користувачі у web-просторі (web usage mining). На рис. 2.5 наведено приклад оцінювання технологій розробки програмного забезпечення представниками різних ІТ компаній.

				
	<b>4.5</b>	<b>4.0</b>	<b>1.5</b>	<b>4.5</b>
	<b>3.0</b>	<b>1.0</b>	<b>4.0</b>	<b>2.0</b>
	<b>4.5</b>		<b>2.0</b>	<b>5.0</b>

Рис. 2.5. Колаборативна фільтрація у сфері Web usage mining

Задача, яка вирішується за допомогою колаборативної фільтрації у даному випадку, полягає у прогнозуванні оцінки щодо технології Spark представником компанії Google. Формально таку задачу можна описати наступним чином:

$U$  – користувачі;

$I$  – сторінки (сайти, документи, новини та ін.);

$r_{ui} = [користувач\ u\ відвідав\ сторінку\ i]$

Web Usage Mining – відвідування користувачами сторінок сайтів, описують їхні інтереси, вподобання, можливості та ін.

Серед задач, які можна вирішувати у сфері Web Usage Mining можна виділити наступні:

Для користувача  $u$ :

- отримання оцінки для сторінки  $i$ ;
- отримання ранжованого списку рекомендованих сторінок;

Для сторінки  $i$ : визначення подібних сторінок.

Ще одна сфера застосування методів колаборативної фільтрації – фільтрація текстової інформації у процесі їх аналізу. Вигляд матриці крос-табуляції при фільтрації текстової інформації має вигляд, як показано на рис. 2.6.

Формалізацію задачі фільтрації текстової інформації виконаємо наступним чином:

$U$  – текстові документи (статті, новини і т.п.);

$I$  – ключові слова або фрази;

$r_{ui} = [частота\ слова\ i\ у\ тексті\ u]$

Задачі тематичного моделювання є головними задачами колаборативної фільтрації при аналізі тексту. Прикладами задач застосування колаборативної фільтрації при пошуку наукової інформації є:

- пошук тексту за темою;
- визначення теми за текстом.
- визначення тенденцій наукових досліджень;
- експертний пошук;

– аналіз та агрегація потоків новин.







	'TV'	'IoT'	'PHP'	'.NET'	'BDD'	'CMS'
	4	3		5		
	5		4		4	
	4		5	3	4	
		3				5
		4				4
			2	4		5

Рис. 2.6. Матриця крос-табуляції при фільтрації текстової інформації

Застосування методу колаборативної фільтрації не враховує семантичного навантаження у тексті, а лише обчислює частоту слів у документі. Тому ефективність застосування цього методу при аналізі тексту дає досить низькі результати точності прогнозування рекомендацій.

Ще однією сферою застосування методів колаборативної фільтрації є формування рекомендацій у соціальних мережах. Вигляд та структура матриці крос-табуляції для формування рекомендацій користувачам соціальних мереж наведено на рис. 2.7.

Формально, задача формування пропозицій у соціальних мережах пропонується описати наступним чином:

$U$  – користувачі (користувачі соціальних мереж);

$D$  – текстові документи (блоги, пости);

$W$  – ключі (ключові слова або фрази);

$r_{ud} = [користувач\ u\ читає/пише\ текст\ d]$

$g_{ud} = [\text{частота ключа } w \text{ у тексті } d]$

$h_{uv} = [\text{користувач } u \text{ і товариш користувача } v]$


























					
A					
B					
C					
D					
E					

Рис. 2.7. Матриця крос-табуляції для побудови рекомендацій у соціальних мережах

Деякі задачі аналізу соціальних мереж:

- формування рекомендацій щодо блогів визначеним користувачам;
- опис інтересів користувача за допомогою ключів;
- пошук блогів подібних до обраного.
- побудова ієрархій тем у блозі.

## 2.2. Метрики у методах колаборативної фільтрації

Провівши аналіз та формалізацію сфер застосування методів колаборативної фільтрації, ключова задача у всіх випадках зводиться до визначення міри подібності об'єктів.

Проаналізуємо та обґрунтуємо можливі метрики для підбору потенційних розробників щодо реалізації проектів комп'ютерних систем. Для простоти сприйняття, в якості прикладу, сформуємо матрицю «користувач-навики» (рис. 2.8), простір транзакцій якої заповнений оцінками користувачів. У випадку підбору персоналу, користувачі А, В, С, D представляють певного конкретного розробника, а за стовпцями представлено навиків і вміння, які необхідні для реалізації комп'ютерної системи.












							
A 	4			5	1		
B 	5	5	4				
C 				2	4	5	
D 		3					3

Рис. 2.8. Приклад матриці «розробник-технологія»

Побудувавши матрицю крос-табуляції (рис. 2.8), для кожного розробника формуємо вектори технологій розробки комп'ютерних систем –  $r_i$ . Розглянемо конкретний приклад для визначення міри подібності між розробниками А і В, а також А і С. Для цього:

- визначаємо розробників  $x$  і  $y$  з відповідними векторами  $r_x$  and  $r_y$ ;
- необхідно визначити метрики подібності між розробниками  $sim(x,y)$ ;
- з рис. 2.8 інтуїтивно видно, що  $sim(A,B) > sim(A,C)$ ;

Проведемо аналіз та обґрунтуємо метрики подібності для визначення подібності розробників.

### 2.2.1. Метрика Jaccard

В інформатиці, коефіцієнт Жаккара двох множин  $A$  та  $B$  дорівнює відношенню кількості елементів перетину множин до кількості елементів їхнього об'єднання:

$$\text{sim}(A, B) = |r_A \cap r_B| / |r_A \cup r_B| \quad (2.1)$$

Коефіцієнт Жаккара та алгоритм шинглів використовують для пошуку схожих текстів у великому корпусі документів, а також для виявлення плагіату. Для ефективного обчислення оцінки значення коефіцієнта Жаккара використовують алгоритм MinHash. На рис. 2.9 наведено організацію даних при використанні даної метрики.

	ORACLE	CISCO	Microsoft	MySQL	jQuery	php	JS
A	4			5	1		
B	5	5	4				
C				2	4	5	
D		3					3

Рис. 2.9. Метрика подібності Жаккара

З рис. 2.9 видно, що міра подібності розробників  $A$  і  $B$  становить –  $\text{sim}(A, B) = 1/5$ , а  $\text{sim}(A, C) = 2/4$ . Звідси випливає, що  $\text{sim}(A, B) < \text{sim}(A, C)$ .

Недоліком такої міри подібності є те, що вона не враховує значення у просторі транзакцій, тобто значень оцінок щодо володіння технологіями. Однак,

застосування даної метрики можливе при «холодному старті», тобто, коли інформації про навички розробників відсутні.

### 2.2.2. Метрика «косинус кута»

Оскільки, оцінки знань і вмінь розробників формують вектор у  $n$ -вимірному просторі, то для визначення подібності між розробниками чи технологіями проектування комп'ютерних систем доцільно використати міру косинуса кута (рис. 2.10)

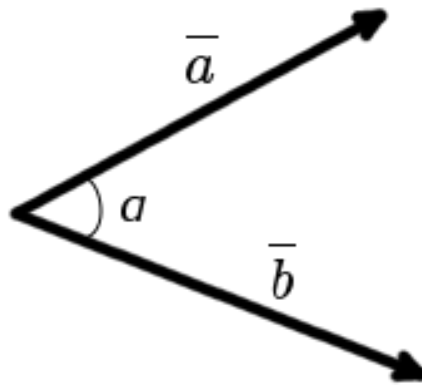


Рис. 2.10. Кут між векторами

Для знаходження косинуса кута між двома векторами застосовується формула:

$$\cos(\alpha) \equiv \frac{\bar{a} \cdot \bar{b}}{|\bar{a}| \cdot |\bar{b}|} \quad (2.2)$$

Матрицю крос-табуляції «розробник-технологія» доповнимо нулями у не визначених комірках, як показано на рис. 2.11.














							
A 	4	0	0	5	1	0	0
B 	5	5	4	0	0	0	0
C 	0	0	0	2	4	5	0
D 	0	3	0	0	0	0	3

Рис.2.11. Матриця крос-табуляції при застосуванні метрики косинуса кута

Розрахуємо косинуси кута для векторів  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$  і  $\bar{c}$ :

$$\bar{a} = (4, 0, 0, 5, 1, 0, 0);$$

$$\bar{b} = (5, 5, 4, 0, 0, 0, 0);$$

$$\bar{c} = (0, 0, 0, 2, 4, 5, 0);$$

$$|\bar{a}| = \sqrt{4^2 + 5^2 + 1^2} = \sqrt{20};$$

$$|\bar{b}| = \sqrt{5^2 + 5^2 + 4^2} = \sqrt{66};$$

$$|\bar{c}| = \sqrt{2^2 + 4^2 + 5^2} = \sqrt{45};$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} = (4 \cdot 5 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 4 + 5 \cdot 0 + 0 \cdot 1) = 20;$$

$$\bar{a} \cdot \bar{c} = (4 \cdot 0 + 5 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 5) = 14;$$

$$\text{sim}(A, B) = \frac{20}{\sqrt{42 \cdot 66}} = 0,38;$$

$$\text{sim}(A, C) = \frac{14}{\sqrt{42 \cdot 45}} = 0,32.$$

У результаті одержимо, що  $\text{sim}(A, B) = 0,38 > \text{sim}(A, C) = 0,32$

Недоліком метрики косинуса кута є те, що існує загроза втрати інформації у незаповнених комірках.

### 2.2.3. Метрика Пірсона (центрований косинус)

Для уникнення недоліків метрики косинус кута, пропонується розглянути метрику Пірсона, або метрику центрованого косинуса. Для цього скористаємось формулою коефіцієнта (метрики) Пірсона:

$$\text{sim}(u, u') = \frac{\sum_{i \in I(u, u')} (r_{ui} - \bar{r}_u) \cdot (r_{u'i} - \bar{r}_{u'})}{\sqrt{\sum_{i \in I(u, u')} (r_{ui} - \bar{r}_u)^2 \cdot \sum_{i \in I(u, u')} (r_{u'i} - \bar{r}_{u'})^2}} \quad (2.3)$$

Для візуалізації процесу використання метрики центрований косинус скористаємось матрицею, як наведено на рис. 2.11.

Далі необхідно знайти середнє значення оцінок по кожному з користувачів матриці:

$$\text{Avg}(A) = (4 + 5 + 1) / 3 = 10 / 3;$$

$$\text{Avg}(B) = (5 + 5 + 4) / 3 = 14 / 3;$$

$$\text{Avg}(C) = (2 + 4 + 5) / 3 = 11 / 3;$$

$$\text{Avg}(D) = (3 + 3) / 2 = 3.$$

Далі матриця, зображена на рис. 2.11, трансформується у матрицю, що наведена на рис. 2.12 шляхом віднімання від значення оцінки середнього значення по конкретному розробнику.

Наступний крок полягає в обчисленні косинуса кута за значенням, які одержано у матриці, що наведена на рис. 2.12., тобто за формулою (2.3). У результаті одержимо:

$$\text{sim}(A, B) = \cos(r_A, r_B) = 0,09;$$

$$\text{sim}(A, C) = \cos(r_A, r_C) = -0,56$$

$$\text{sim}(A, B) > \text{sim}(A, C)$$

Отже, в даному випадку, застосування метрики Пірсона є найбільш ефективним і відповідає очікуванням користувачів. Однак в залежності від

вхідних даних, розрідженості матриці крос-табуляції залежить ефективність метрик подібності об'єктів.




							
A 	2/3			5/3	-7/3		
B 	-2/3	1/3	-2/3				
C 				-5/3	1/3	4/3	
D 		0					0

Рис. 2.12. Трансформована матриця крос-табуляції «розробник-технологія»

Отже, провівши аналіз та обґрунтувавши метрики подібності об'єктів, можна перейти безпосередньо до формалізації задачі прогнозування значення оцінок та формування рекомендацій користувачам на основі методів колаборативної фільтрації.

2.3. Побудова моделі і розробка методу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем

Для реалізації процедури підбору команди розробників комп'ютерних систем необхідно провести детальний аналіз предметної області і визначити фактори, які найбільше впливають на прийняття рішення щодо підбору кожного конкретного розробника щодо участі у проекті. Також варто врахувати фактори, які відображають вимоги до фахівців зі сторони компанії, яка реалізує проект.

У загальному випадку структуру процесу щодо прийняття бізнес-рішення щодо створення проекту комп'ютерної системи можна представити, як показано на рис. 2.13.

Замовник комп'ютерної системи

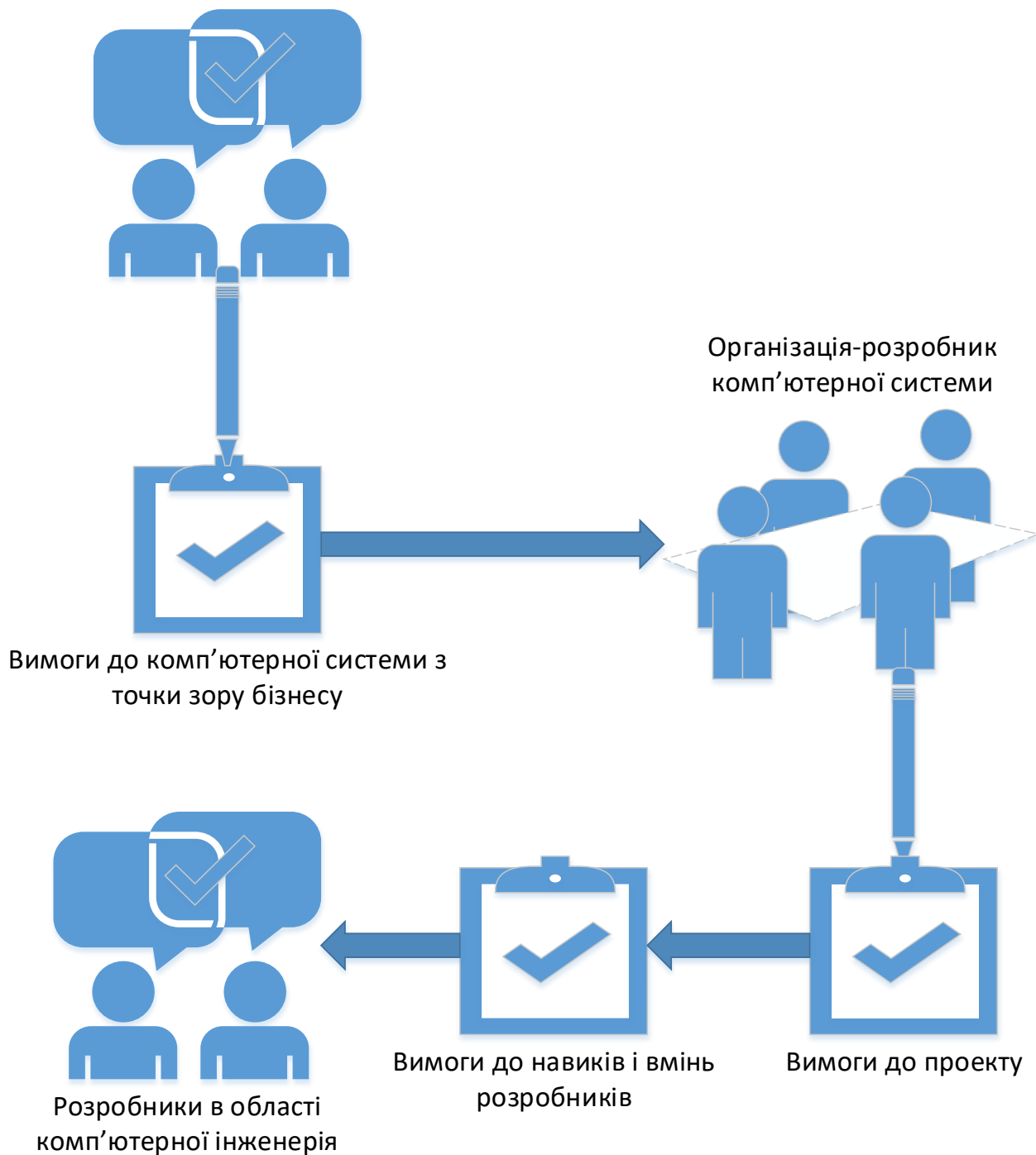


Рис. 2.13. Структура процесу замовлення проекту комп'ютерної системи

Основними факторами, які описують розробника комп'ютерних систем є:

- навички програмування – сукупність мов програмування, якими володіє розробник;

- навик роботи з технологіями проектування апаратного забезпечення – множина підходів і технологій проектування комп'ютерних систем;
- базові освіта – спеціальність та навчальний заклад, який закінчив розробник;
- досвід роботи – час, протягом якого розробник працює з технологіями і мовами програмування
- місце проживання – необхідний фактор для визначення можливості щодо релокації розробника.

Для кожного з визначених факторів необхідно встановити коефіцієнт пріоритету, для того, щоб в подальшому одержувати ранжовану множину потенційних розробників при формуванні команди.

При описі компанії та вимог до проекту комп'ютерної системи можна використати наступні властивості:

- рейтинг компанії – враховує такі фактори, як час роботи компанії на ринку інформаційних технологій і репутація компанії;
- географічне розташування – країна і місто, де знаходиться офіс компанії, що займається розробкою конкретної комп'ютерної системи;
- проект – описує сукупність технічних і технологічних вимог при реалізації комп'ютерної системи, орієнтовний термін виконання проекту.

Визначивши основні сутності та атрибути, які є важливими з точки зору підбору команди розробників, необхідно описати у формалізованому вигляді модель представлення процесу підбору кадрів.

### 2.3.1. Модель представлення об'єктів при підборі команди розробників комп'ютерних систем

Для представлення сутностей і атрибутів предметної області при вирішенні задачі підбору персоналу найбільш простими та ефективними засобами є теорія множин, зокрема теорія реляційної алгебри.

Формалізований опис розробника комп'ютерних систем, як комплексної сутності, матиме наступний вигляд

$$Dev = \{SSkills, HSkills, Education, Exp\}, \quad (2.4)$$

де *SSkills* – знання і навички використання мов програмування, фреймворків, систем керування базами даних та ін.;

*HSkills* – знання і навички розробника, які стосуються створення апаратного забезпечення комп'ютерних систем;

*Education* – відомості про здобуту освіту, заклад та спеціальність;

*Exp* – досвід використання технологій розробки комп'ютерних систем.

Множину знань і вмінь фахівця в області розробки програмного забезпечення можна представити у вигляді множини:

$$SSkills = \{PL, FR\}, \quad (2.5)$$

де *PL* – множина елементів  $\{pl_i\}$ , що представляє стек мов програмування, якими володіє розробник,  $i = 1..P$ , *P* – кількість мов програмування;

*FR* – набір елементів  $\{fr_i\}$ , який описує фреймворки, освоєні розробником комп'ютерних систем,  $i = 1..F$ , *F* – кількість технологій.

Оскільки, комп'ютерні системи включають в себе і апаратне забезпечення, то вони формують множину

$$HSkills = \{Techn, Env\} \quad (2.6)$$

де *Techn* – множина технологій  $\{techn_i\}$  проектування апаратного забезпечення комп'ютерних систем,  $i = 1..T$ , *T* – кількість технологій.

$Env$  – набір елементів  $\{env_i\}$ , який описує фреймворки, освоєні розробником комп'ютерних систем,  $i=1..E$ ,  $E$  – кількість середовищ проектування комп'ютерних систем.

Для врахування історичних даних, які впливають на підбір команди розробників, є освіта розробника, тобто властивості, які пропонується представити у вигляді

$$Education = \{College, Region, Rejting\} \quad (2.7)$$

де  $College$  – множина елементів  $\{college_i\}$ , що вказує на назву навчального закладу, або курси, які завершив або пройшов розробник,  $i=1..C$ ,  $C$  – кількість навчальних закладів, або пройдених курсів;

$Region$  – сукупність елементів  $\{region_i\}$ , що вказують на локацію, де перебуває розробник,  $i=1..L$ ,  $L$  – кількість регіонів;

$Rejting$  – множина елементів  $\{rejting_i\}$ , що кількісно виражає рейтинг навчального закладу, або пройдених курсів,  $i=1..R$ ,  $R$  – кількість оцінок.

У формулі (2.4) визначено також компонент  $Exp$ , який представляє динамічну змінну, що описує термін використання технологій розробником комп'ютерних систем.

Таким чином, для опису навиків конкретного розробника комп'ютерних систем формується множина елементів, які можна представити у вигляді

$$dev_i = \{pl_{ij}, fr_{ij}, techn_{ij}, env_{ij}, college_{ij}, region_i, rejting_i, Exp_i\} \quad (2.8)$$

Формалізоване представлення компанії, що здійснює підбір команди розробників комп'ютерних систем можна також представити у вигляді множини

$$Comp = \{CName, Crøjting, Loc\} \quad (2.9)$$

де  $CName$  – назва компанії, що здійснює підбір персоналу;

$Creyting$  – рейтинг компанії на ринку;

$Loc$  – локація компанії-розробника.

$Region$  – сукупність елементів  $\{region_i\}$ , що вказують на локацію, де перебуває розробник,  $i = 1..L$ ,  $L$  – кількість регіонів;

При підборі команди розробників визначальними є вимоги до технологій реалізації комп'ютерних систем, тому проект можна представити у вигляді

$$Project = \{PName, PLFR, Techn, Env, Dur\} \quad (2.10)$$

де  $PName$  – назва проекту;

$Dur$  – тривалість проекту;

$PL, FR, Techn, Env$  – множини, які представляються формулами (2.5) і (2.6).

У результаті формалізовано основні сутності процесу підбору команди розробників для реалізації комп'ютерних систем. Далі необхідно розробити метод для визначення подібності між знаннями і вміння розробників та вимог щодо технологій реалізації проекту.

2.3.2. Метод підбору команди розробників комп'ютерних систем на основі метрик подібності

У п.2.2 обгрунтовано застосування метрик подібності при використанні методів колаборативної фільтрації. Для визначення міри подібності навиків розробників комп'ютерних систем і необхідних вмінь при реалізації проектів пропонується скористатись метрикою косинус кута. У формулах (2.11) - (2.14) наведено принцип виявлення подібності між мовами програмування, фреймворками, технологіями і середовищами проектування комп'ютерних



системи, якими володіє розробників та вимогами, необхідними для реалізації проекту комп'ютерної системи

$$\text{sim}(dpl_i, ppl_j) = \cos(dpl_i, ppl_j) \quad (2.11)$$

де  $dpl_i$  – множина, що формує вектор мов програмування, якими володіє розробник;

$ppl_j$  – множина, що формує вектор мов програмування, які необхідні для реалізації проекту комп'ютерної системи.

$$\text{sim}(dfr_i, pfr_j) = \cos(dfr_i, pfr_j) \quad (2.12)$$

де  $dfr_i$  – множина, що формує вектор мов програмування, якими володіє розробник;

$pfr_j$  – множина, що формує вектор мов програмування, які необхідні для реалізації проекту комп'ютерної системи.

$$\text{sim}(dtech_i, ptechn_j) = \cos(dtech_i, ptechn_j) \quad (2.13)$$

де  $dtech_i$  – множина, що формує вектор технологій проектування комп'ютерних систем, якими володіє розробник;

$ptechn_j$  – множина, що формує вектор технологій проектування, які необхідні для реалізації проекту комп'ютерної системи.

$$\text{sim}(denv_i, penv_j) = \cos(denv_i, penv_j) \quad (2.14)$$

де  $denv_i$  – множина, що визначає вектор середовищ проектування комп'ютерних систем, якими володіє розробник;

$penv_j$  – множина, що формує вектор середовище проектування, які необхідні для реалізації проекту комп'ютерної системи.

У результаті визначення міри подібності, що наведено у формулах (2.11)-(2.14), одержуємо вектор, який містять чотири координати

$$\vec{S} = ( \text{sim}( dpl_i, ppl_j ), \text{sim}( dfr_i, pfr_j ), \text{sim}( dtechn_i, ptechn_j ), \text{sim}( denv_i, penv_j ) ) \quad (2.15)$$

Для того, щоб врахувати рейтинг навчального закладу або пройдених курсів, які також впливають на прийняття рішення щодо відбору розробника комп'ютерних систем у команду, пропонується скористатись наступним виразом

$$Rt = \frac{Reyting_i}{Reyting_{max}} \quad (2.16)$$

де  $Rt$  – нормована оцінка рейтингу навчального закладу;

$Reyting_i$  – значення оцінки рейтингу навчального закладу;

$Reyting_{max}$  – максимально можлива оцінка рейтингу навчального закладу.

Географічне розташування офісу компанії та розробника комп'ютерних систем також є важливим фактором, який необхідно врахувати при підборі команди, тому його можна оцінити наступним чином

$$Location = \frac{1}{Loc - Region} \quad (2.17)$$

де  $Location$  – оцінка географічного розташування офісу компанії та розробника;

$Region$  – географічні координати місця перебування розробника;

$Loc$  – географічні координати розташування офісу компанії.

У кінцевому випадку, визначення подібності факторів при підборі команди розробників комп'ютерної системи пропонується визначати за формулою

$$sim(Dev, Project) = Location(Exp / \vec{S} / + Rt) \quad (2.18)$$

де  $Location$  – оцінка географічного розташування офісу компанії та розробника;

$Exp$  – досвід розробника;

$Rt$  – нормована оцінка рейтингу навчального закладу;

$\vec{S}$  – довжина вектора, що описує подібність вмінь і навиків розробника.

У більш повному вигляді формулу (2.18) можна представити у вигляді

$$sim(Dev, Project) = \left( \frac{1}{Loc - Region} \right) (Exp / \vec{S} / + \frac{Reyting_i}{Reyting_{max}}) \quad (2.19)$$

У результаті проведеного дослідження запропоновано модель і метод для вирішення задачі підбору розробників комп'ютерних систем, який можна використовувати як всередині компанії, так і при залученні фахівців ззовні.

2.4. Метод колаборативної фільтрації на основі подібності елементів з регуляризаторами

Колаборативна фільтрація у задачі підбору команди розробників комп'ютерних систем використовує подібність навиків і вмінь та вимог щодо технології реалізації проектів з досить високою точністю. Однак процедура обчислення вимагає значних ресурсів пам'яті і є доволі складною, що позначається на обчислювальних ресурсах.

При застосуванні методу колаборативної фільтрації виникає необхідність зберігання таблиці даних, зокрема щодо мов програмування, фреймворків, технологій і середовищ проектування комп'ютерних систем, які в якості значень можуть використовувати ідентифікатори наведених вище сутностей. З цим пов'язана складність прогнозування значень при появі нових властивостей розробників, для яких ще не визначені оцінки.

Для підвищення ефективності використання апаратних ресурсів немає потреби використовувати надлишкову матрицю опису технологій і розробників комп'ютерних систем. Для цього можна визначити та згрупувати розробників і технології з подібними ознаками на кластери, що забезпечує зниження розмірності таблиць.

Перевагою кластерних моделей є їхня масштабованість та здатність перевіряти властивості розробника не з усією базою даних, а з певним конкретним розробником, який належить до кластеру, а розподіл за кластерами може проводитись в оффлайн режимі.

Для вирішення задачі кластерного аналізу використовується багато підходів, наприклад [10, 11, 17], однак звернемо особливу увагу на метод подібності елементів з нормалізацією даних.

У даному випадку, предметну область формують розробники, які володіють певними навиками та вміннями і технології проектування комп'ютерних систем. Значення оцінки технології проектування або користувача можна визначити у вигляді кортежу з трьох елементів – користувач-технологія – оцінка. Інтерпретація оцінок залежить від типу рекомендаційної системи та предметної області. Наприклад, при підборі команди розробників зі сторони компанії виникає задача формування рекомендації щодо участі розробника у конкретному проекті, або навпаки – розробник шукає компанію для працевлаштування на основі своїх вмінь, знань і вподобань.

При формуванні оцінок можуть використовуватись різні типи шкал, наприклад, при оцінюванні товару чи послуги, зазвичай, застосовують цілочисельну шкалу з діапазон від 0 до 5. Однак, деякі значення матриці можуть

бути невідомими, тобто розробник володіє технологію, однак на неналежному рівні і не відображає цього.

Застосування методів колаборативної фільтрації вимагає вирішення двох основних задач:

– прогнозування значень оцінок щодо володіння технологіями розробки комп'ютерних систем, у результаті чого встановлюється значення оцінки, яку не описав розробник;

– формування рекомендацій – створення ранжованого списку розробників для виконання задач з проектування та реалізації комп'ютерної системи.

Матриця, при використанні методів колаборативної фільтрації, включає множину розробників  $U$  і набір технологій розробки комп'ютерних систем  $I$ .

$I_u$  – множина технологій, якими володіє розробник  $u$ ;

$U_i$  – множина розробників, які мають навик роботи з технологією  $i$ ;

$r_{u,i}$  – оцінка розробника  $u$  технології  $i$ ;

$r_u$  – вектор оцінок розробника  $u$ ;

$r_i$  – вектор оцінок технології  $i$ ;

$\bar{r}_u$  і  $\bar{r}_i$  – середнє значення оцінок розробника  $u$  і технології проектування комп'ютерних систем  $i$ ;

$\hat{r}_i$  – рекомендація для технології  $i$ .

Для формування рекомендації необхідно виконати три операції.

Операція 1: для кожної технології проектування комп'ютерних систем  $j$  визначити міру подібності до технології  $i$ . При цьому, можна скористатись метриками, які наведені у п.2.2, наприклад метрика центрованого косинуса кута

$$s_{i,j} = \frac{\sum_{u \in U} (r_{u,i} - \bar{r}_i)(r_{u,i} - \bar{r}_j)}{\sqrt{\sum_{u \in U} (r_{u,i} - \bar{r}_i)^2 (r_{u,i} - \bar{r}_j)^2}} \quad (2.20)$$

де  $U \in U_i \cup U_j$  – множина розробників, які володіють навиками технологій проектування комп'ютерних систем  $i$  та  $j$ .

Операція 2: визначаємо сукупність технологій  $S$ , які є найбільш близькими до технології  $i$ . Експериментально встановлено, зокрема у [12], що прийнятні результати одержують у випадку, коли кількість технологій становить 30. Однак, ця кількість може відрізнятись в залежності від предметної області.

Операція 3: формування прогнозу розробника або технології проектування комп'ютерних систем на основі оцінок подібних об'єктів.

$$\hat{r}_{u,i} = \frac{\sum_{j \in S} s_{i,j} \cdot r_{u,i}}{\sum_{j \in S} |s_{i,j}|} \quad (2.21)$$

Така процедура представляє теоретичний базис методу колаборативної фільтрації, однак при практичній реалізації необхідно враховувати ряд додаткових факторів та правильної інтерпретації сутностей і їх властивостей у предметній області. Зазвичай, дуже багато оцінок у матриці крос-табуляції є невідомими, що породжує суб'єктивність оцінок та генерує велику розрідженість даних. Зокрема, існують розробники-оптимісти, які переоцінюють свої вміння і навика, а є інший тип – розробники – оптимісти, які вважають, що вони у недостатній мірі володіють технологіями проектування комп'ютерних систем. При цьому оцінки щодо володіння технологіями не завжди відображають реальний стан на основі якого можна приймати рішення щодо включення розробника у команду.

Для зниження рівня розрідженості даних щодо оцінок володіння технологіями розробки комп'ютерних систем можна використовувати параметри-регуляризатори. При введенні таких параметрів, моделі дають змогу зменшити імовірність того, що при описі предметної області з'являться випадкові зв'язки, які некоректно представляють зв'язки між розробниками і

технологіями проектування. Регуляризація виконується за допомогою констант  $\lambda_1, \lambda_2, \dots$

Для визначення точних значень параметрів-регуляризаторів виконується перехресна валідація, яка ускладнюється по мірі зростання кількості параметрів і їх значень. З метою забезпечення високої продуктивності формування рекомендацій проводиться нормалізація оцінок у матриці крос-табуляції перед тим, як буде проведено визначення міри подібності між об'єктами. Як варіант, можна використати інтеграцію відхилень розробника і технології проектування комп'ютерних систем при визначенні базового прогнозу. Набір розробник-технологія  $(u, i)$  з відомими значеннями оцінок  $r_{u,i}$  утворюють сукупність  $K$ . Прогнозування невизначених або невідомих оцінок  $b_{u,i}$  можна визначити наступним чином

$$b_{u,i} = \mu + b_u + b_i \quad (2.22)$$

де  $\mu$  – усереднена загальна оцінка;

$b_u, b_i$  – критерії, що відображають похибку від середнього значення розробника  $u$  і технології проектування  $i$  відповідно.

Оскільки, критерії у формулі (2.22) є взаємопов'язаними, то для їх визначення потрібно розв'язати задачу найменших квадратів

$$\min \sum_{(u,i) \in K} (r_{u,i} - \mu - b_u - b_i)^2 + \lambda_1 \left( \sum_u b_u^2 + \sum_i b_i^2 \right) \quad (2.23)$$

У даному випадку,  $\sum_{(u,i) \in K} (r_{u,i} - \mu - b_u - b_i)^2$  дає змогу обчислити  $b_u$  і  $b_i$ , які інтерпретують відповідні оцінки. Регуляризація, представлена у вигляді  $\lambda_1 \left( \sum_u b_u^2 + \sum_i b_i^2 \right)$ , забезпечує застосування штрафних санкцій при виникненні ситуації з так званою «підгонкою» даних.

Включення регуляризаторів при визначенні подібності об'єктів на основі колаборативної фільтрації відображається наступним чином: міра подібності об'єктів обчислюється за формулою

$$s_{i,j} = \frac{n}{n + \lambda_2} \cdot p_{i,j} \quad (2.24)$$

де  $n$  – кількість розробників, які володіють двома технологіями  $i$  та  $j$ ;

$\lambda_2$  – регуляризатор;

$p_{i,j}$  – центрований косинус кута.

Прогнозоване значення  $\hat{r}_{u,i}$  обчислюється за формулами

$$\hat{r}_{u,i} = b_{u,i} + \frac{\sum_{j \in S} s_{i,j} \cdot (r_{u,j} - b_{u,j})}{\sum_{j \in S} |s_{i,j}|} \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} \min \sum_{(u,i) \in K} \left( r_{u,i} - \mu - b_u - b_i - \frac{\sum_{j \in S} s_{i,j} \cdot (r_{u,j} - b_{u,j})}{\sum_{j \in S} |s_{i,j}|} \right) + \\ + \lambda_3 \left( \sum_u b_u^2 + \sum_i b_i^2 + \sum_{j \in K} s_{i,j}^2 \right) \end{aligned} \quad (2.26)$$

$$b_u \leftarrow b_u + \gamma_1 \cdot (e_{i,j} - \lambda_1 \cdot b_u) \quad (2.27)$$

$$b_i \leftarrow b_i + \gamma_1 \cdot (e_{i,j} - \lambda_1 \cdot b_i) \quad (2.28)$$

$$e_{i,j} = r_{i,j} - \hat{r}_{i,j} \quad (2.29)$$

де  $\gamma_1$  – регуляризатор.



При використанні даного методу, ефективність формування рекомендацій обчислюється за допомогою середньоквадратичного відхилення

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{u,i} (\hat{r}_{u,i} - r_{u,i})^2} \quad (2.30)$$

де  $r_{u,i}$  – значення оцінки розробника  $u$  щодо володіння технологією  $i$ ;

$\hat{r}_{u,i}$  – значення прогнозованої оцінки.

При експериментальних дослідженнях значення регуляризаторів прийнято на рівні  $\gamma_1 = 0,001$  та  $\lambda_1 = 0,005$ .

Таким чином, запропоновано модель і методи формування команди розробників комп'ютерних систем на основі підходу колаборативної фільтрації із застосуванням регуляризаторів, що дозволяє одержувати ранжовані списки розробників для виконання проекту конкретної комп'ютерної системи.

## 2.5. Висновки до розділу

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. Обґрунтовано застосування методів колаборативної фільтрації для розв'язку задачі формування команди розробників комп'ютерних систем, що дало змогу формалізувати предметну область у вигляді матриці крос-табуляції між навиками та вміннями розробників і технологіями проектування комп'ютерних систем і в подальшому визначати рівень відповідності між ними.

2. Проаналізовано метрики подібності об'єктів, які можуть бути використані при колаборативній фільтрації, що дало змогу обґрунтувати метрику «косинус кута» для встановлення подібності між знаннями і навиками розробників та необхідними технологіями при реалізації проектів комп'ютерних систем.

3. Запропоновано та формалізовано модель опису властивостей об'єктів, необхідних при формуванні команди розробників комп'ютерних систем, що дало змогу більш повно, в порівнянні з іншими моделями, представити фактори, які впливають на точність створення рекомендацій щодо участі розробника у команді та автоматизувати такий процес.

4. Розроблено метод формування рекомендацій щодо підбору розробників комп'ютерних систем, який враховує, окрім навиків і вмінь технологічного стеку, критерії рейтингу закладів освіти, досвіду розробки та географічного розташування компанії і фахівця з комп'ютерної інженерії, що дає змогу більш ефективно формувати ранжований список потенційних розробників та приймати рішення щодо залучення його до проекту.

5. Обгрунтовано застосування моделей формування рекомендацій з врахуванням констант-регуляризаторів, що дало змогу враховувати відхилення оцінок у матриці крос-табуляції «розробник-технологія» і забезпечити вищу достовірність результатів в порівнянні із застосуванням моделей без регуляризаторів.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПІДБОРУ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

3.1. Визначення функціональних вимог до засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем

При аналізі предметної області та з врахуванням особливостей запропонованої моделі і методів автоматизованого підбору команди розробників на основі методів колаборативної фільтрації необхідно, перш за все, визначити функціональні вимоги. Функціональні вимоги дають змогу встановити основні функції засобу підтримки при побудові моделі, здійснити їх детальний опис та визначити користувачів системи. Для виявлення та опису функціональних вимог пропонується використати діаграми, що відображають сценарії поведінки, а саме діаграми варіантів використання та мову об'єктно-орієнтованого моделювання UML.

Для представлення функціональних вимог, які реалізують функції розробників комп'ютерних систем побудовано діаграму, яка наведена на рис. 3.1.

До основних вимог, згідно рис. 3.1, належать:

- реєстрація розробника;
- пошук компаній;
- створення списку вмінь і навиків розробника;
- надсилання запиту до компанії, що пропонує вакансію розробника комп'ютерних систем.

Реєстрація розробника у системі передбачає обов'язкове заповнення даними таких полів як:

- прізвище та ім'я;
- логін та пароль користувача системи;
- регіон, у якому перебуває розробник;

- заклад освіти, у якому навчався розробник;
- досвід роботи в ІТ;
- попереднє місце роботи (компанія).

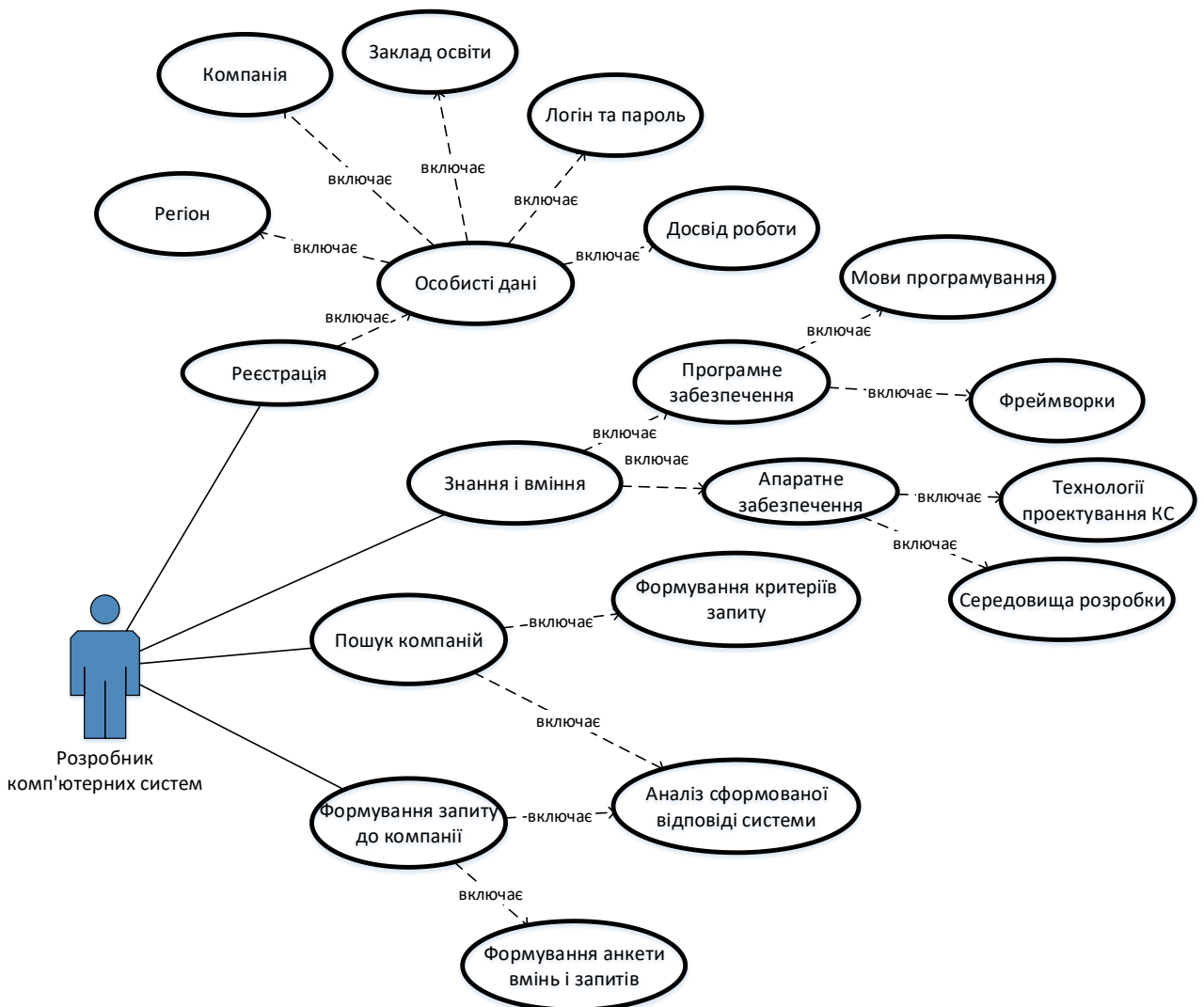


Рис. 3.1. Діаграма варіантів використання «Функціональні можливості розробників комп'ютерних систем»

Знання і вміння розробника поділені на дві групи:

- володіння інструментарієм щодо створення програмного забезпечення;
- навички проектування апаратного забезпечення комп'ютерних систем.

Зазвичай, навички розробки програмного забезпечення передбачають знання і вміння використовувати на практиці мови програмування, фреймворки

і бази даних, а навички проектування апаратного забезпечення – технології проектування комп'ютерних систем і середовища розробки.

Пошук компанії може здійснюватися за багатьма критеріями, зокрема за вакансіями вмінь і знань, проектами, назвою компанії та ін. У результаті пошуку, розробник одержує список компаній, які відповідають заданим критеріям і він може надіслати своє резюме обраній організації.

На рис. 3.2 наведено діаграму варіантів використання у випадку, коли розроблюваним програмним засобом буде користуватись представник компанії, відповідальний за підбір кадрів.

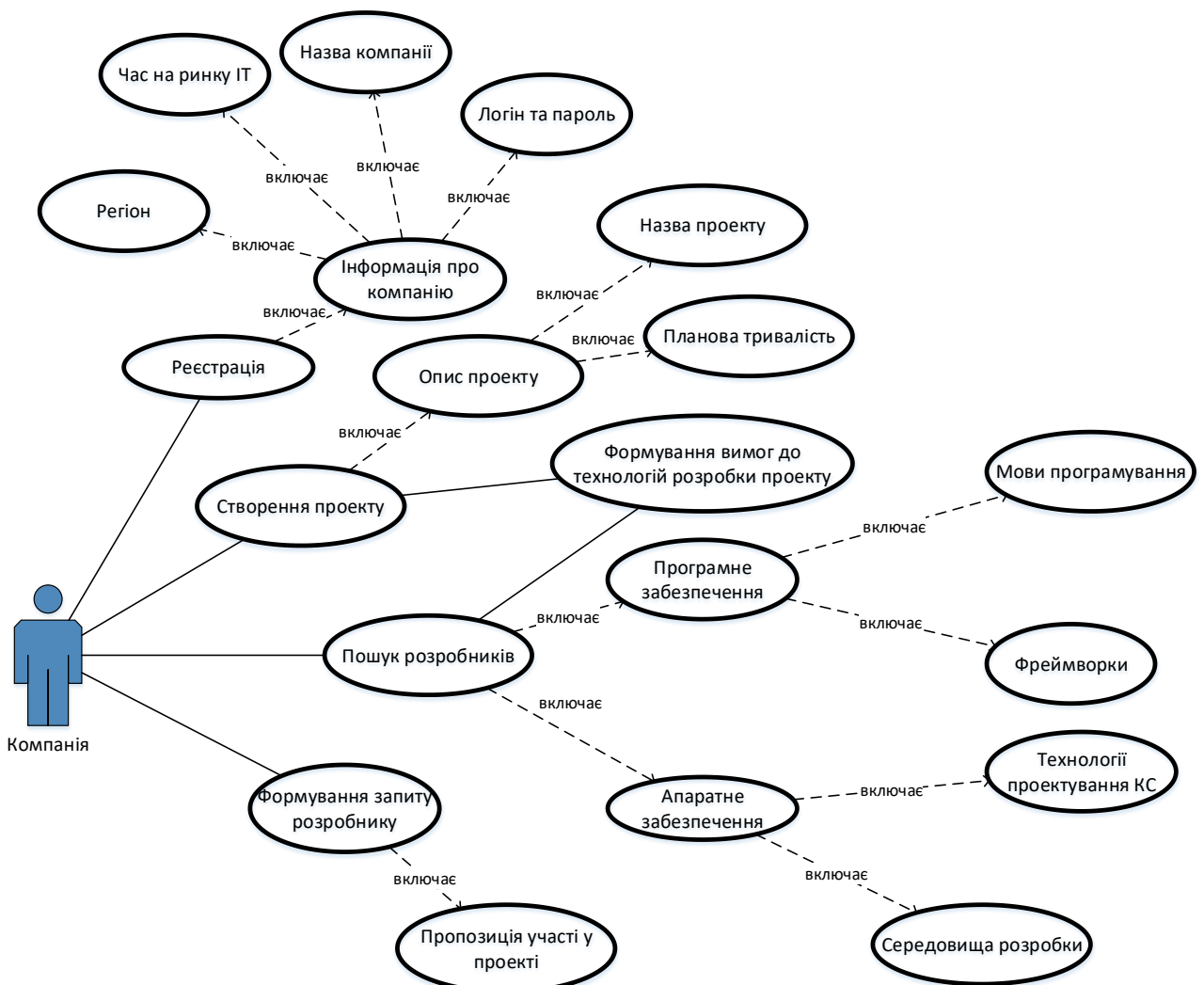


Рис. 3.2. Діаграма варіантів використання «Функціональні вимоги представника компанії»

Основні функціональні можливості представника компанії, який виконує підбір персоналу, полягає у виконання таких основних функцій:

- реєстрація;
- опис проекту;
- опис вакансії;
- пошук розробників;
- формування запиту розробнику.

При реєстрації компанії обов'язковим є заповнення наступної інформації:

- назва компанії;
- регіон;
- логін та пароль представника компанії;
- тривалість роботи на IT-ринку;
- спосіб комунікації (e-mail, skype, viber і т.п.).

Оскільки, розробники комп'ютерних систем підбираються для реалізації певного конкретного проекту, то представник компанії повинен здійснити його опис з обов'язковим вказання назви проекту, його тривалості і необхідних вмінь та навиків щодо технологій реалізації.

Пошук розробників зі сторони компаній реалізується на основі значень з довідників технологій проектування апаратного забезпечення та створення програмного забезпечення.

Після реєстрації компанії і формування опису проекту, представник компанії може здійснити пошук розробників за необхідними критеріями і сформулювати пропозицію працевлаштування, враховуючи релевантність результатів запиту.

Таким чином, основними акторами або користувачами програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем є самі розробники КС та компанії, яким необхідні кадри для реалізації конкретного проекту. Визначивши та проаналізувавши функціональні вимоги обох сторін, далі необхідно розробити базу даних для зберігання та маніпулювання даними.

### 3.2. Розробка бази даних програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем

Аналізуючи предметну область та функціональні вимоги до програмного засобу автоматизованого підбору розробників комп'ютерних систем, визначено сутності та атрибути, які в подальшому перетворено у реляційну структуру бази даних. До основних сутностей належать:

- розробник комп'ютерної системи;
- компанія, що виконує проектування комп'ютерної системи;
- мови програмування;
- фреймворки;
- технології проектування комп'ютерних систем;
- середовища проектування апаратного забезпечення;
- заклади освіти;
- властивості проекту комп'ютерної системи.

Серед наведених сутностей, деякі відображають базові довідники – мови програмування, фреймворки, технології проектування, середовища розробки, заклади освіти.

Однак між сутностями існують і додаткові зв'язки, які буде показано при побудові ER-діаграми і при її нормалізації.

У табл. 3.1. описано сутність «Мови програмування» та визначено її властивості

*Таблиця 3.1*

#### **Сутність «Мови програмування» (ProgrammingLanguage)**

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_PL	int	PK
PLName	varchar(100)	
Description	varchar(max)	

Оскільки, при проектуванні бази даних використовується реляційний підхід, то доцільно використати мову SQL та середовище Microsoft SQL Management Studio, як одну з найбільш відповідних стандарту T-SQL.

SQL запит створення таблиці «Мови програмування» наведено на рис. 3.3, а результат виконання на рис. 3.4.

```
CREATE TABLE ProgrammingLanguage (
  ID_PL int primary key identity (1,1),
  PLName varchar (100),
  [Description] varchar(max)
)
```

Рис. 3.3. SQL-запит створення таблиці «Мови програмування»

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
🔑	ID_PL	int	<input type="checkbox"/>
	PLName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.4. Результат виконання запити (рис. 3.3)

У табл. 3.2 наведено сутність «Фреймворки» (Frameworks) та її властивості з точки зору реляційного відношення.

Таблиця 3.2

### Сутність «Фреймворк» (Frameworks)

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_FR	int	PK
FrName	varchar(100)	
Description	varchar(max)	

Скрипт генерації таблиці «Фреймворк» наведено на рис. 3.5. виконання на



```
CREATE TABLE Frameworks (
  ID_FR int primary key identity (1,1),
  FrName varchar (100),
  [Description] varchar(max)
)
```

Рис. 3.5. Скрипт генерації таблиці «Фреймворк» (Frameworks)

Результат виконання скрипта, наведеного на рис. 3.5, представлено на рис. 3.6.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
🔑	ID_FR	int	<input type="checkbox"/>
	FrName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.6. Результат виконання запити (рис. 3.5)

Сутність «Технології проектування комп'ютерних систем» (Technologies) і її властивості представлено у вигляді табл. 3.3.

Таблиця 3.3

### Сутність «Технології проектування комп'ютерних систем» (Technologies)

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_T	int	PK
TName	varchar(100)	
Description	varchar(max)	

На рис. 3.7 наведено скрипт генерації таблиці «Технології проектування комп'ютерних систем» (Technologies), а на рис. 3.8 – результат виконання скрипта.

```
CREATE TABLE Technologies (
  ID_T int primary key identity (1,1),
  TName varchar (100),
  [Description] varchar(max)
)
```

Рис. 3.7. Скрипт генерації таблиці «Technologies»

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_T	int	<input type="checkbox"/>
	TName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.8. Результат створення таблиці «Technologies»

Для опису сутності «Середовища проектування комп'ютерних систем» (Environments) скористаємось представленням, наведеним у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

#### Сутність «Технології проектування комп'ютерних систем» (Technologies)

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_En	int	PK
EnName	varchar(100)	
Description	varchar(max)	

SQL-запит створення таблиці «Environments» наведено на рис. 3.9, а результат його виконання на рис. 3.10.

```
CREATE TABLE Environments (
  ID_En int primary key identity (1,1),
  EnName varchar (100),
  [Description] varchar(max)
)
```

Рис. 3.9. SQL-запит створення таблиці «Environments»

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_En	int	<input type="checkbox"/>
	EnName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.10. Результат виконання запиту (рис. 3.9)

Між мовами програмування і фреймворками, а також технологіями проектування і середовищами існує залежність багато-до-багатьох, тому для нормалізації відношень пропонується створення відповідно проміжних таблиць PrLanguage\_Frameworks (табл. 3.5) та Tecnologies\_Environments (табл. 3.6).

Таблиця 3.5

**«PrLanguage\_Frameworks»**

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_PL_FR	int	PK
ID_PL	int	FK
ID_FR	int	FK
Description	varchar(max)	

Таблиця 3.6

**«Tecnologies\_Environments»**

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_T_En	int	PK
ID_T	int	FK
ID_En	int	FK
Description	varchar(max)	

Скрипти генерації таблиць PrLanguage\_Frameworks та Tecnologies\_Environments наведено на рис. 3.11.

```

CREATE TABLE PrLanguage_Frameworks (
  ID_PL_FR int primary key identity (1,1),
  ID_PL int foreign key references ProgrammingLanguage(ID_PL),
  ID_FR int foreign key references Frameworks(ID_FR),
  [Description] varchar(max)
)
CREATE TABLE Tecnologies_Environments (
  ID_T_En int primary key identity (1,1),
  ID_T int foreign key references Technologies(ID_T),
  ID_En int foreign key references Environments(ID_En),
  [Description] varchar(max)
)

```

Рис. 3.11. Скрипти генерації таблиць «PrLanguage\_Frameworks» і «Tecnologies\_Environments»

Результат створеної таблиці PrLanguage\_Frameworks наведено на рис. 3.12.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_PL_FR	int	<input type="checkbox"/>
	ID_PL	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_FR	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.12. Результат створення таблиці «PrLanguage\_Frameworks»

На рис. 3.13 представлено вигляд таблиці Tecnologies\_Environments у режимі дизайну.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_T_En	int	<input type="checkbox"/>
	ID_T	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_En	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.13. Результат створення таблиці «Tecnologies\_Environments»

Сутність «Заклад освіти» (School) описується властивостями, які наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7

**«Заклад освіти» (School)**

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_Sch	int	PK
SchName	varchar (100)	
Location	varchar (150)	
Reyting	int	
Description	varchar(max)	

Для генерації таблиці «School» реалізовано скрипт, який наведено на рис. 3.13.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Sch	int	<input type="checkbox"/>
	SchName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Location	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Reyting	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.13. Скрипт генерації таблиці «School»

На рис. 3.14 представлено створену таблицю «School» у режимі дизайну

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Sch	int	<input type="checkbox"/>
	SchName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Location	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Reyting	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.14. Результат генерації таблиці «School»

Для опису компанії, яка планує виконання проекту щодо створення комп'ютерної системи, визначено сутність «Компанія» (Company), яка представлена у вигляді табл. 3.8.

Таблиця 3.8

## «Компанія» (Company)

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_Sch	int	PK
SchName	varchar (100)	
Location	varchar (150)	
Reyting	int	
Description	varchar(max)	

Запит для створення таблиці «Компанія» наведено на рис. 3.15, а результат його виконання – на рис. 3.16.

```
CREATE TABLE Company (
  ID_Company int primary key identity (1,1),
  CompanyName varchar (100),
  Location varchar (150),
  [Description] varchar(max),
)
```

Рис. 3.15. Скрипт створення таблиці «Компанія»

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
PK	ID_Company	int	<input type="checkbox"/>
	CompanyName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Location	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.16. Результат реалізації таблиці «Компанія»

Коли у програмному засобі автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем існує інформація про компанію, то необхідно забезпечити можливість створення проекту системи. Для цього визначимо її структуру, як наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

**«Проект» (Project)**

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_Project	int	PK
ID_Company	Int	FK
ProjectName	varchar (100)	
Duration	Int	
Description	varchar(max)	

При створенні таблиці «Проект» використано SQL-запит, який наведено на рис. 3.17, а результат виконання – на рис. 3.18.

```

CREATE TABLE Project (
  ID_Project int primary key identity (1,1),
  ID_Company int foreign key references Company(ID_Company),
  CompanyName varchar (100),
  Location varchar (150),
  [Description] varchar(max),
)

```

Рис. 3.17. Запит створення таблиці «Проект»

ID_Project	int	<input type="checkbox"/>
ID_Company	int	<input checked="" type="checkbox"/>
ProjectName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
Duration	varchar(150)	<input checked="" type="checkbox"/>
Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.18. Результат виконання запити, наведеного на рис. 3.17

Для опису технологій та інструментальних засобів, які будуть використовуватись при реалізації комп'ютерної системи необхідно визначити сутність «Опис проекту». У табл. 3.10 наведено властивості даної сутності.

Таблиця 3.10

## «Опис проект» (ProjectRequirements)

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_ProjReq	int	PK
ID_Proj	int	FK
ID_PL	int	FK
ID_FR	int	FK
ID_T	int	FK
ID_En	int	FK
ID_T_En	int	FK
ID_PL_En	int	FK
Description	varchar(max)	

Скрипт створення таблиці «ProjectRequirements» наведено на рис. 3.19, а результат на рис. 3.20 відповідно.

```
CREATE TABLE ProjectRequirements (
  ID_ProjReq int primary key identity (1,1),
  ID_Proj int foreign key references Project(ID_Project),
  ID_PL int foreign key references ProgrammingLanguage(ID_PL),
  ID_FR int foreign key references Frameworks(ID_Fr),
  ID_T int foreign key references Technologies(ID_T),
  ID_En int foreign key references Environments(ID_En),
  ID_PL_FR int foreign key references PrLanguage_Frameworks(ID_PL_FR),
  ID_T_En int foreign key references Tecnologies_Environments(ID_T_En),
  [Description] varchar(max),
)
```

Рис. 3.19. Скрипт генерування таблиці «ProjectRequirements»



	Column Name	Data Type	Allow Nulls
🔑	ID_ProjReq	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Proj	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_PL	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_FR	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_T	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_En	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_PL_FR	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_T_En	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.20. Результат створення таблиці ProjectRequirements

Для зберігання даних про розробників комп'ютерних систем, зокрема їхніх персональних даних без знань і вмінь в ІТ галузі, створено таблицю «Розробник» (Developer), яка наведена у вигляді табл. 3.11.

Таблиця 3.11

**«Розробник» (Developer)**

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_Dev	int	PK
FirstName	varchar(100)	
LastName	varchar(100)	
Login	varchar(50)	
Password	varchar(50)	
Experience	int	
Company_ID	int	FK
School_ID	int	FK
Location	varchar(100)	
Description	varchar(max)	

На рис. 3.21 наведено скрипт створення таблиці «Розробник».

```

CREATE TABLE Developer (
  ID_Dev int primary key identity (1,1),
  FirstName varchar (100),
  LastName varchar (100),
  [Login] varchar (50),
  [Password] varchar (50),
  Experience int,
  Company_ID int foreign key references Company(ID_Company),
  School_ID int foreign key references School(ID_Sch),
  Location varchar (100),
  [Description] varchar(max)
)

```

Рис. 3.21. Скрипт створення таблиці «Розробник»

На рис. 3.22 представлено результат виконання запити, наведеного на рис. 3.21.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	ID_Dev	int	<input type="checkbox"/>
	FirstName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	LastName	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Login	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Password	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Experience	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Company_ID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	School_ID	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Location	varchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.22. Створена у середовищі SQL Management Studio таблиця «Developer»

Остання таблиця бази даних описує зв'язок між розробником комп'ютерних систем і його вміннями та навиками. Так, у табл. 3.12 представлено сутність «Вміння розробника» і його атрибути.

Таблиця 3.12

## «Вміння розробника» (DeveloperRequirements)

Назва атрибуту	Тип	Примітка
ID_DevReq	int	PK
ID_Dev	int	FK
ID_PL	int	FK
ID_FR	int	FK
ID_T	int	FK
ID_En	int	FK
ID_T_En	int	FK
ID_PL_En	int	FK
Description	varchar(max)	

На рис. 3.23 наведено SQL-запит створення таблиці «Вміння розробника», а на рис. 3.24 – результат виконання.

```
CREATE TABLE DeveloperRequirements (
  ID_DevReq int primary key identity (1,1),
  ID_Dev int foreign key references Project(ID_Project),
  ID_PL int foreign key references ProgrammingLanguage(ID_PL),
  ID_FR int foreign key references Frameworks(ID_Fr),
  ID_T int foreign key references Technologies(ID_T),
  ID_En int foreign key references Environments(ID_En),
  ID_PL_FR int foreign key references PrLanguage_Frameworks(ID_PL_FR),
  ID_T_En int foreign key references Tecnologies_Environments(ID_T_En),
  [Description] varchar(max),
)
```

Рис. 3.23. SQL-запит створення таблиці «DeveloperRequirements»

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
PK	ID_DevReq	int	<input type="checkbox"/>
	ID_Dev	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_PL	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_FR	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_T	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_En	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_PL_FR	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	ID_T_En	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Description	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.24. Результат виконання запити, наведеного на рис. 3.23

Створивши таблиці бази даних, середовище SQL Management Studio дає змогу згенерувати ER-діаграму, що представляю усі сутності та зв'язки між ними у предметній області. На рис. 3.25 наведено ER-діаграму базу даних програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників.

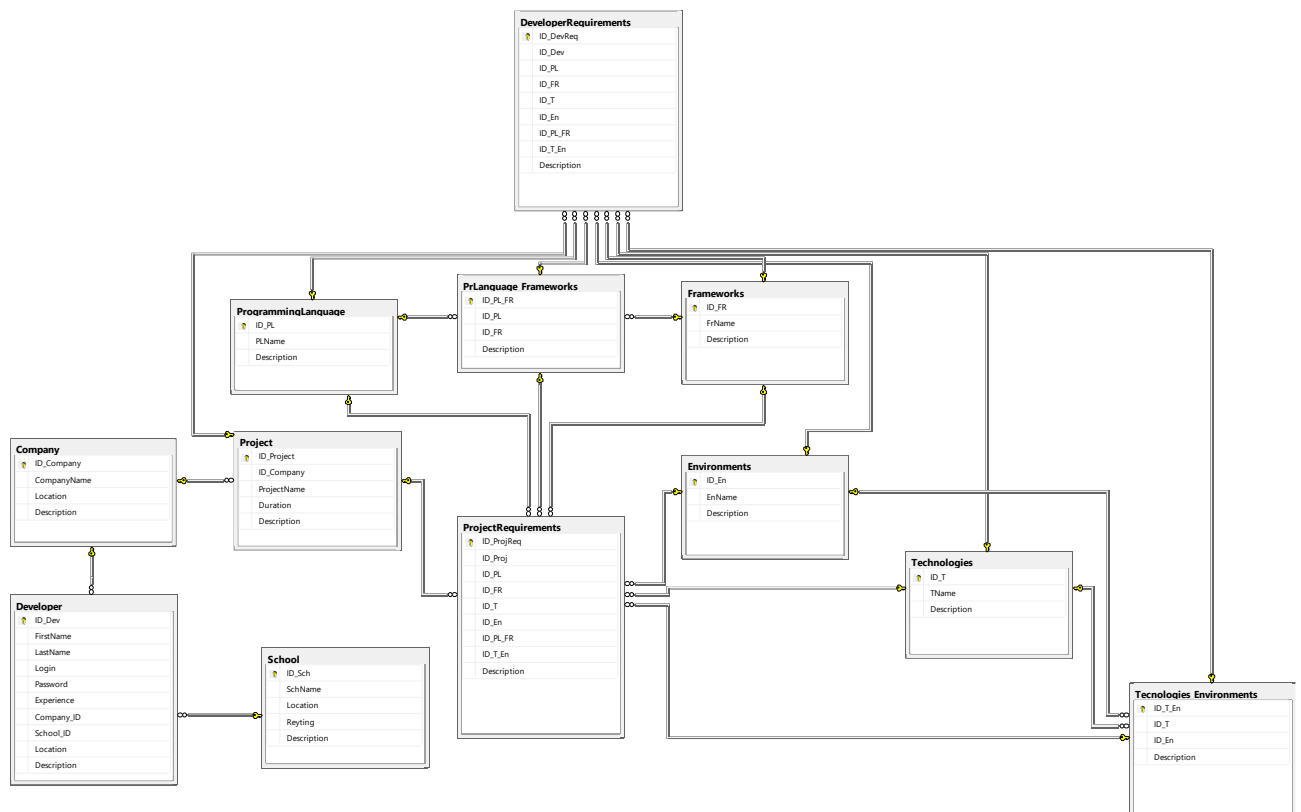


Рис. 3.25. ER-діаграма бази даних програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем

Таким чином, у результаті аналізу предметної області, визначених функціональних вимог до програмного засобу, особливостей моделі і методу встановлення подібності вмінь і навиків розробників відносно вимог до технологій проектування систем, створено схему базу даних, з врахуванням вимог забезпечення цілісності та нормалізації. Наступний крок полягає у проектуванні архітектури програмного засобу та розробки алгоритмів його роботи.

### 3.3. Проектування архітектури програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем

Архітектура програмного забезпечення представляє собою модель, яка показує структурні компоненти системи і зв'язки між ними. Існує багато способів її зображення, наприклад:

- діаграма класів;
- діаграма пакетів класів;
- діаграма компонентів;
- діаграма шарів Фаулера.

Діаграма класів використовується для представлення архітектури на рівні програмних модулів із вказанням змінних, методів і вхідних параметрів, що дає змогу розробникам зрозуміти принцип реалізації елементарних функціональних вимог.

Діаграма пакетів класів дозволяє представити каркас архітектури на більш абстрактному рівні і є узагальненням визначеного набору класів. Такий вид діаграми забезпечує відображення структури програмного забезпечення і може бути використаний при інтеграції та оптимізації компонентів на етапі проектування програмного забезпечення і на етапі інтеграційного тестування.

Діаграма компонентів дає змогу зобразити структуру програмного забезпечення на рівні підсистем і при детальному аналізі може включати діаграми пакетів класів і діаграми класів. Такий вид діаграм використовується на найбільш абстрактному рівні на початку проектування архітектури, або при системному тестуванні, коли необхідно одержати комплексні показники ефективності архітектури.

Архітектура за шарами Фаулера передбачає побудову компонентів програмного забезпечення на трьох базових рівнях:

- рівень представлення;
- рівень бізнес-логіки;

– рівень бази даних.

Рівень представлення, зазвичай, презентує компоненти системи, які відповідають за інтерфейс кінцевих користувачів.

Рівень бізнес-логіки забезпечує виконання основних функціональних можливостей програмного засобу і є шаром, якому відомо про модулі рівня відображення, зв'язок між компонентами всередині шару та зв'язок з базою даних.

Рівень даних представляє собою компоненти доступу до бази даних і саму базу даних. Таке представлення архітектури програмного засобу дає змогу більш адекватно і повно зрозуміти функціональність і структуру системи, тому використаємо поєднання архітектури за шарами Фаулера та діаграми пакетів класу для зображення архітектури програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників. На рис. 3.26 наведено архітектуру за шарами Фаулера для системи, що розробляється.

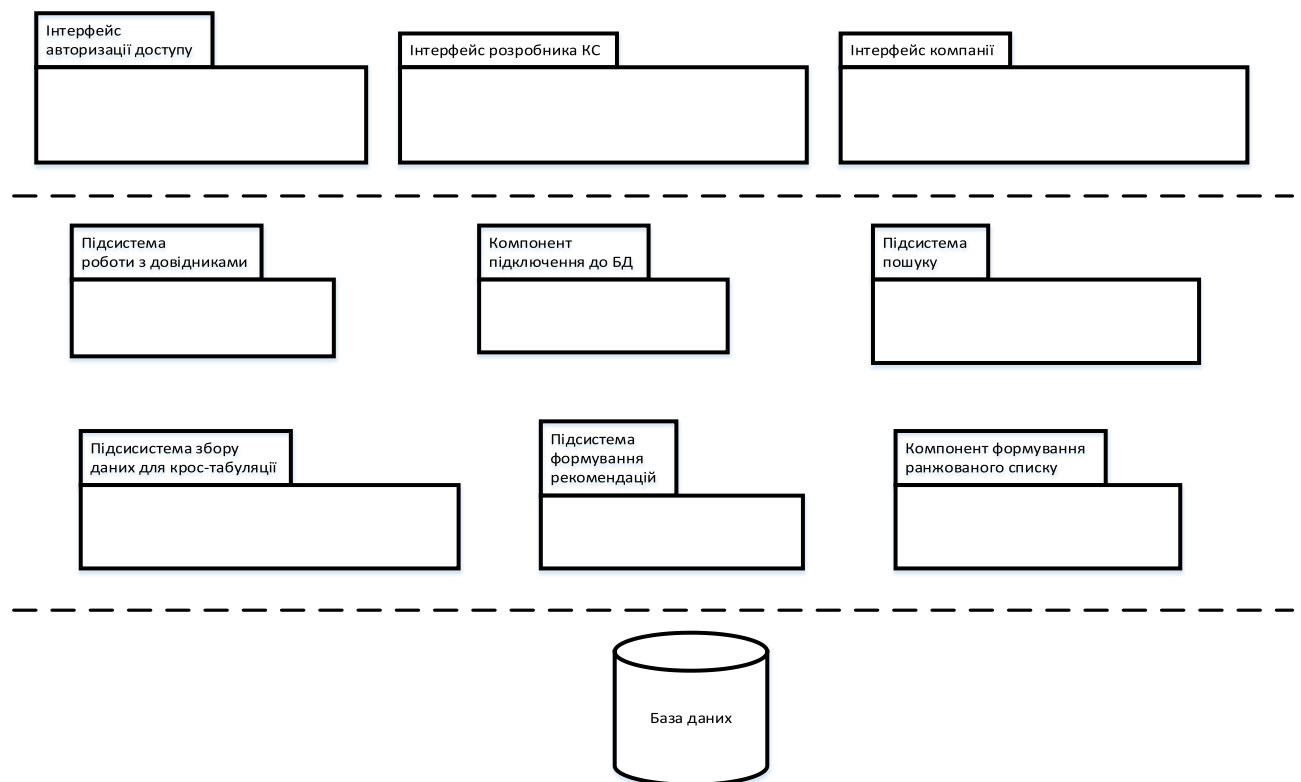


Рис. 3.26. Архітектура програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем

Як видно з рис. 3.26, на рівні представлення наявні три пакети класів:

- інтерфейс авторизації доступу;
- інтерфейс розробника комп'ютерних систем;
- інтерфейс представника компанії.

Інтерфейс авторизації є спільним компонентом для усіх користувачів розроблюваного програмного засобу і дозволяє спочатку пройти реєстрацію, а після цього – авторизацію у системі, шляхом вводу значень логіну і паролю.

Інтерфейс розробника забезпечує використання системи розробником комп'ютерних систем і відображає функціональні можливості, наведені на рис. 3.1.

Інтерфейс компанії забезпечує доступ до виконання основних функціональних вимог, які наведені на рис. 3.2.

На рівні бізнес-логіки, при проектуванні програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників, визначено наступні компоненти:

- підсистема роботи з довідниками;
- компонент підключення до бази даних;
- підсистема пошуку;
- підсистема збору даних для крос-табуляції;
- підсистема формування рекомендацій;
- компонент формування ранжованого списку.

Підсистема роботи з довідниками забезпечує логіку роботи програмного засобу шляхом отримання даних з рівня інтерфейсів і подальшого запису у базу даних. Даний компонент формує записи у таблиці щодо мов програмування, фреймворків, технологій проектування комп'ютерних систем, середовищ розробки комп'ютерних систем та ін.

Компонент підключення до бази даних виконує роль служби щодо моніторингу зв'язку з базою даних і відповідно формує повідомлення про стан, у якому вона перебуває та забезпечує логування сесій користувачів.

Підсистема пошуку забезпечує зв'язок компонентів на рівні представлення даних, зокрема інтерфейсів розробника та компаній і надає засоби пошуку даних за визначеними критеріями. Критерії пошуку, які може використовувати розробник комп'ютерних систем і компанії, наведено на рис. 3.1 і рис. 3.2.

Підсистема збору даних для крос-табуляції забезпечує роботу з базою даних і дозволяє формувати значення та атрибути таблиць для подальшого визначення подібності вмінь і навиків розробників і вимог технологій щодо реалізації проекту.

Підсистема формування рекомендацій працює безпосередньо при визначенні подібності мов програмування, платформ, технологій і т.п., для формування векторів і обчислення відповідності навиків і вмінь розробників до потреб, які виникають у процесі розробки комп'ютерних систем.

Компонент формування ранжованого списку одержує дані від підсистеми формування рекомендацій, опрацьовує їх для представлення кінцевому користувача і передає в один з компонентів інтерфейсу розробника або компанії.

У результаті проектування архітектури програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем визначено основні модулі та їх функціональність, проведено конструювання системи та реалізовано повноцінний програмний сервіс засобами мови C#, технології ASP.NET MVC та системи керування базами даних MS SQL Server.

#### 3.4. Результати апробації запропонованого методу і засобу

Для візуалізації ефективності результатів підбору команди розробників комп'ютерних систем використано утиліту GraphLab Canvas. На рис. 3.27 показано генерацію даних з двох фреймів даних – `item_sim_recomm` та `popularity_recomm`.



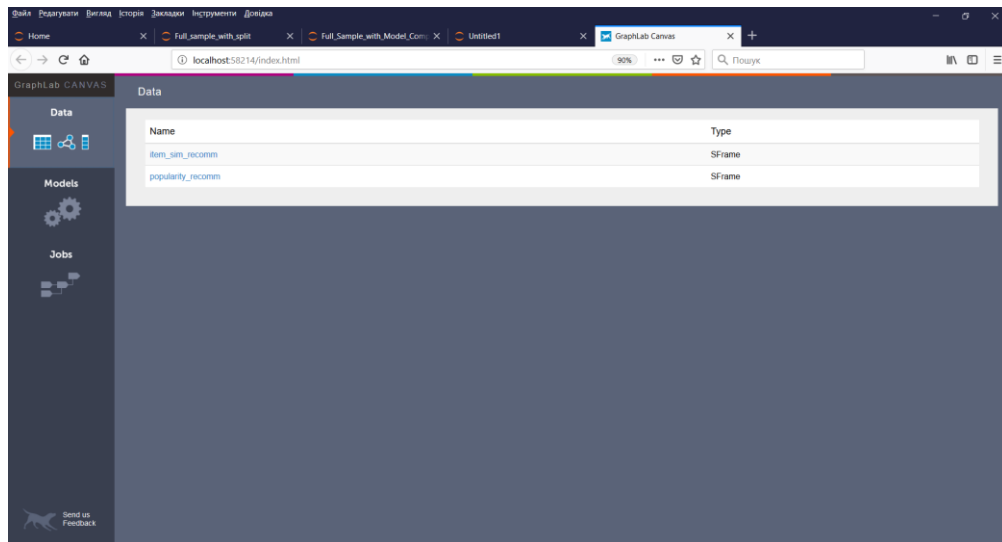


Рис. 3.27. Генерація даних у GraphLab Canvas

Утиліта GraphLab Canvas дає змогу проаналізувати загальну інформацію про дані у вибраному фреймі. На рис. 3.28 наведено загальну статистику по фрейму даних `item_sim_recomm`.

Дана статистика містить дані про розробників комп'ютерних систем за їхніх ідентифікаторами, зокрема кількість унікальних розробників, максимальне значення ідентифікатора, середнє значення, а також розподіл даних у фреймі.

Аналогічна інформація виводиться і по технологіях розробки, які наявні у фреймі даних. Окрім цього, візуалізовані найбільш часто повторюванні мови програмування, фреймаворки і т.п.. На вкладці Summary міститься інформація про найбільш популярні технології та їхній рейтинг.

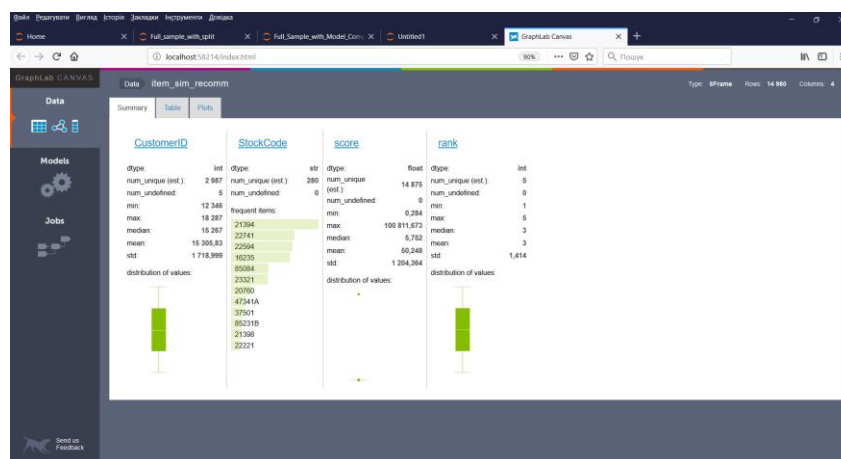
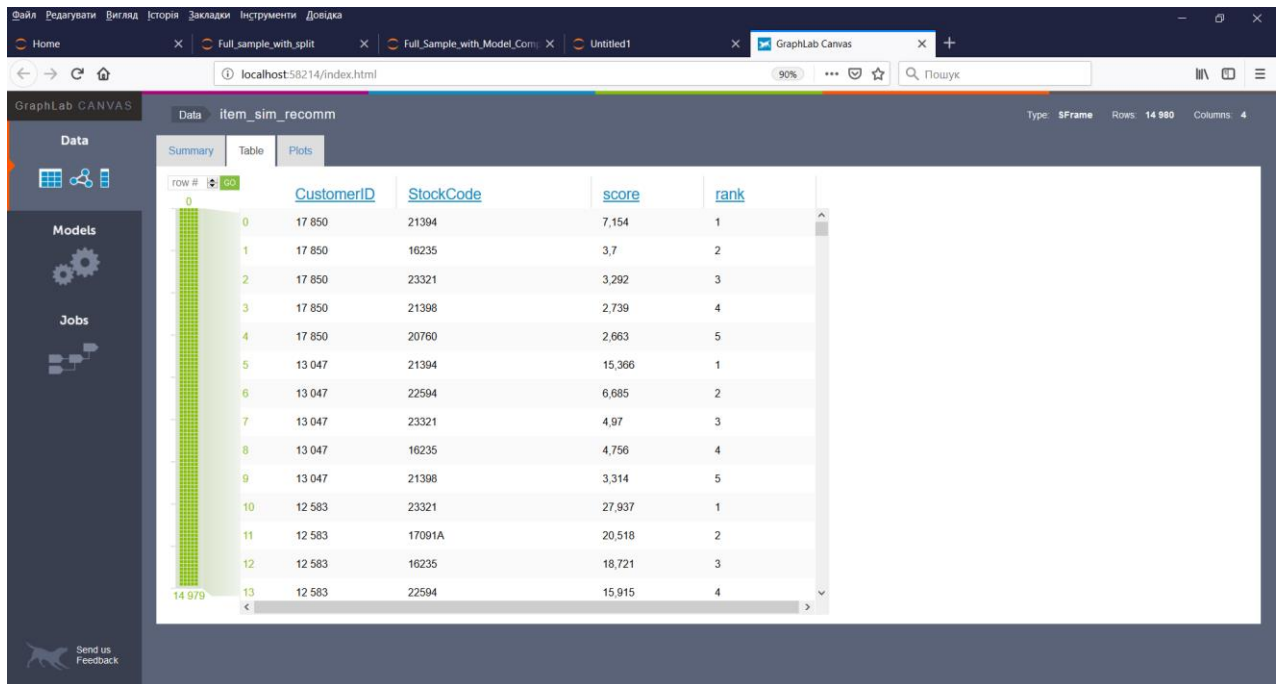


Рис. 3.28. Загальна статистика у фреймі даних `item_sim_recomm`

Табличний вигляд статистичних даних фрейму `item_sim_recomm` наведено на рис. 3.29



row #	CustomerID	StockCode	score	rank
0	17 850	21304	7,154	1
1	17 850	16235	3,7	2
2	17 850	23321	3,292	3
3	17 850	21398	2,739	4
4	17 850	20760	2,663	5
5	13 047	21394	15,366	1
6	13 047	22594	6,685	2
7	13 047	23321	4,97	3
8	13 047	16235	4,756	4
9	13 047	21398	3,314	5
10	12 583	23321	27,937	1
11	12 583	17091A	20,518	2
12	12 583	16235	18,721	3
13	12 583	22594	15,915	4

Рис. 3.29. Табличний вигляд фрейму даних «Item\_sim\_recomm»

Графічне відображення подібності між технологіями проектування комп'ютерних систем на основі їх кількості у фреймі даних наведено на рис. 3.30.

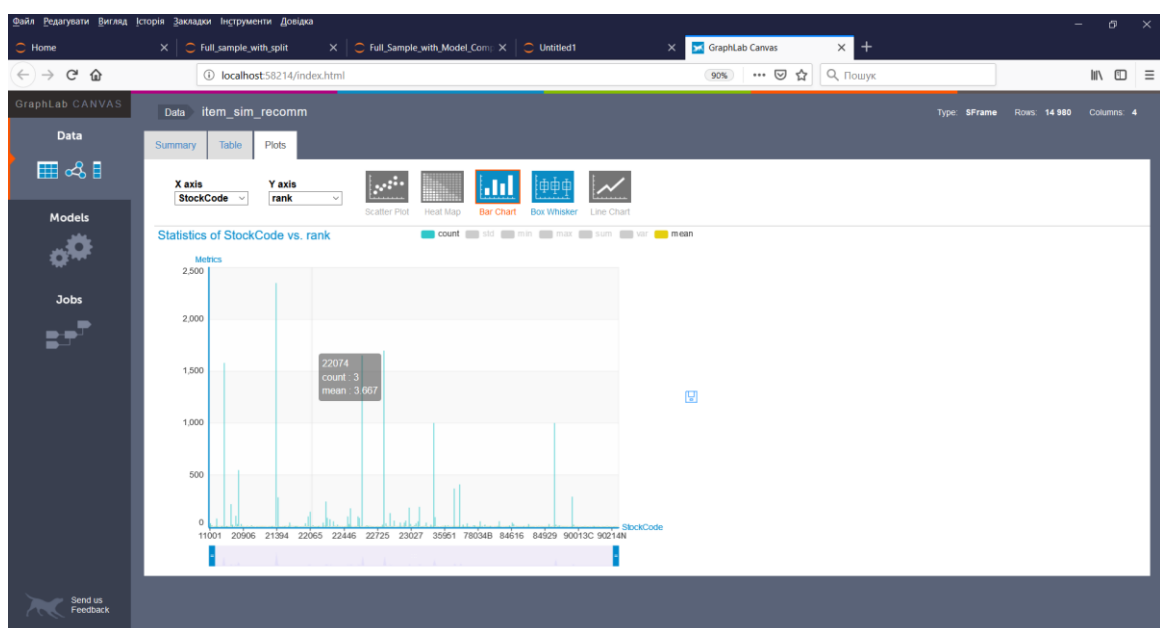


Рис. 3.30. Графік подібності елементів у фреймі «Item\_sim\_recomm»

Статистичні дані та опис моделі «Popularity\_model» наведено на рис. 3.31.

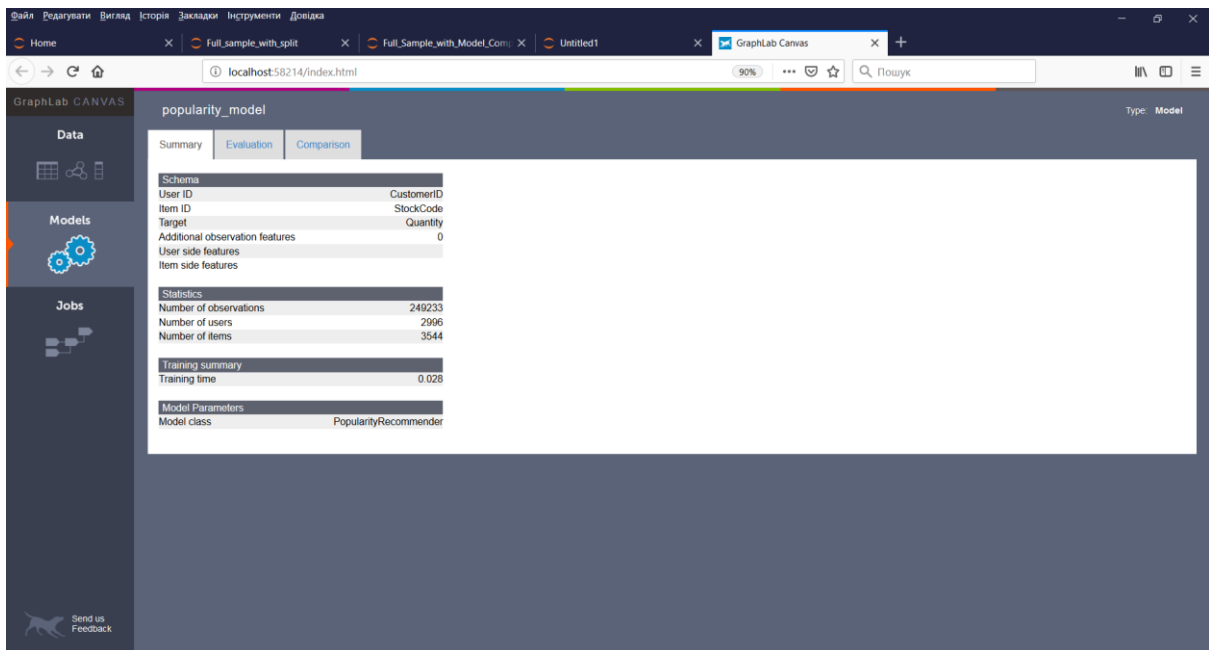


Рис. 3.31. Статистичні дані про модель «Popularity\_model»

На основі проведених експериментів встановлено, що точність формування рекомендацій згідно запропонованої моделі і методу становить 84,65%, що є прийнятним показником ефективності запропонованого методу і моделі.

### 3.5. Висновки до розділу

У даному розділі одержано наступні практичні результати:

1. Проведено аналіз предметної області щодо розробки програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем з врахуванням особливостей запропонованої моделі і методу, що дало змогу визначити ролі користувачів системи та їхні основні функціональні можливості.

2. На основі реляційного підходу із застосування засобів MS SQL Server спроектовано схему бази даних для зберігання та маніпулювання даними, що дало змогу забезпечити актуальність і цілісність бази даних при визначенні

подібності навиків і вмінь розробників комп'ютерних систем відносно вимог до технологій проектування комп'ютерних систем.

3. Спроектовано архітектуру програмного засобу із застосуванням підходу шарів Фаулера, що дало змогу здійснити декомпозицію та реалізувати його засобами мови C#, технології ASP.NET MVC та СКБД MS SQL Server.

4. Експериментально доведено ефективність застосування запропонованих моделі, методу і засобу при автоматизованому підборі команди розробників комп'ютерних систем, що забезпечують точність на рівні 84,65%.

## РОЗДІЛ 4

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Встановлення економічної доцільності щодо проведення досліджень математичного та програмного забезпечення автоматизованої системи підбору команди розробників є основною метою виконання розділу обґрунтування економічної ефективності дипломної роботи магістра.

4.1. Визначення етапів процесу і загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт

Основні етапи виконання НДР можна визначити наступним чином:

- визначення актуальності теми ДР магістра;
- обґрунтування факторів впливу на процес підбору команди розробників комп'ютерних систем;
- проведення аналізу існуючих інтелектуальних методів визначення подібності і класифікації об'єктів;
- побудова математичної моделі автоматизованого підбору команди розробників;
- реалізація імітаційної моделі підбору персоналу;
- розробка програмного засобу автоматизації процесу підбору команди розробників комп'ютерних систем;
- створення інструкції з використання тестових наборів даних;
- оформлення інструкцій.

При оцінюванні тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які для окремих підприємств становлять: для однієї операції – 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу, яка при трьох оцінках обчислюється за формулою [26]

$$T_{ec} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6, \quad (4.1)$$

При двох оцінках, експертна оцінка обчислюється за формулою:

$$T_{ec} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5, \quad (4.2)$$

де  $T_{ec}$  – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);

$t_{min}$  – мінімальна оцінка тривалості виконання етапу;

$t_{н.й}$  – найбільш імовірна оцінка тривалості виконання етапу;

$t_{max}$  – максимальна оцінка тривалості виконання етапу.

Дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) можна звести у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

#### Основні етапи виконання НДР

Етап	Середній час виконання етапу, год	
	інженер	керівник
1. Визначення актуальності теми ДР магістра	6	8
2. Обґрунтування факторів впливу на процес підбору команди розробників комп'ютерних систем	12	6
3. Проведення аналізу існуючих інтелектуальних методів визначення подібності і класифікації об'єктів	18	4

Продовж. табл. 4.1

Етап	Середній час виконання етапу, год	
	інженер	керівник
4. Побудова математичної моделі автоматизованого підбору команди розробників	14	14
5. Реалізація імітаційної моделі підбору персоналу	25	5
6. Розробка програмного засобу автоматизації процесу підбору команди розробників комп'ютерних систем	56	1
7. Створення інструкції з використання тестових наборів даних	22	2
8. Оформлення інструкцій	8	2
Разом	161	42

Витрати часу керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

#### 4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та

господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці слід приймати – 21 дні/міс., що відповідає 168 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_r \quad (4.3)$$

де  $T_c$  – тарифна ставка, грн.;

$K_r$  – кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище – заокруглюються до однієї гривні. У 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».



Мінімальна зарплата у 2019 р. складає 4173,00 грн., в погодинному розмірі 25,13 грн., приймемо 85,00 грн. для інженера, для керівника – 125,00 грн.

Для інженера:  $Z_{осн.} = 85,00 \cdot 161 = 13685,00$  грн.

Для керівника:  $Z_{осн.} = 125,00 \cdot 42 = 5250,00$  грн.

Додаткова заробітна плата становить 10 – 15% від суми основної заробітної плати і обчислюється за формулою

$$Z_{дод.} = Z_{осн.} \cdot K_{дод.} \quad (4.4)$$

де  $K_{дод.}$  – коефіцієнт додаткових виплат (0,1).

Для інженера:  $Z_{дод.} = 13685,00 \cdot 0,1 = 1368,50$  грн.

Для керівника:  $Z_{дод.} = 5250,00 \cdot 0,1 = 525,00$  грн.

Звідси загальні витрати на оплату праці ( $B_{оп.}$ ) визначаються за формулою:

$$B_{оп.} = Z_{осн.} + Z_{дод.} \quad (4.5)$$

Для інженера:  $B_{оп.} = 13685,00 + 1368,50 = 15053,50$  грн.

Для керівника:  $B_{оп.} = 5250,00 + 525,00 = 5775,00$  грн.

Таким чином загальна сума становить 20828,50 грн. Крім того, необхідно визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб: 18% – 3749,13 грн.;
- військовий збір: 1,5% – 312,43 грн.;
- єдиний внесок: 22% – 4582,27 грн.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%. Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме:

$$B_{с.з.} = \Phi ОП \cdot 0,415 \quad (4.6)$$

де  $\Phi ОП$  – фонд оплати праці, грн.

У даному випадку сума відрахувань становить:

$$B_{с.з.} = (15053,50 + 5775,00) \cdot 0,415 = 8643,83 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

### Витрати на оплату праці

Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахування на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.
	Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьованих	Фактично нарах. з/пл., грн.			
Інженер	85,00	161	13685,00	1368,50	6247,20	21300,70
Керівник проекту	125,00	42	5250,00	525,00	2396,63	8171,63
Разом			18935,00	1893,50	8643,83	29472,33

### 4.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію при використанні обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S \quad (4.7)$$

де  $W$  – необхідна потужність, кВт;

$T$  – кількість годин роботи обладнання;

$S$  – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕКП України від 05.10.2018 р. № 1177 вартість електроенергії становить 243,71 коп./кВт.год.

Потужність комп'ютера – 500 Вт, а кількість годин роботи обладнання згідно табл. 4.1 – 203 години.

Затрати на електроенергію становлять:  $Z_e = 0,5 \cdot 203 \cdot 2,4371 = 247,37$  грн.

#### 4.4. Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

#### Визначення величини затрат на матеріал

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Провайдер даних для СКБД	шт.	1	5300	5300	-	5300
Компакт-диски	шт.	2	6	12	-	12
Разом						5312

#### 4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_e \cdot H_A}{100\%} \quad (4.8)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.,

$B_e$  – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.,

$H_A$  – норма амортизації, яку приймемо на рівні 15%.

Амортизаційні відрахування при балансовій вартості ПК у 18000 грн. та нормі амортизації на рівні 15%, амортизаційні відрахування становитимуть:

$$A = \frac{18000 \cdot 15\%}{100\%} = 2700,00 \text{ грн.}$$

#### 4.6. Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можна встановити на рівні 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_B = B_{оп} \cdot 0,2 \quad (4.9)$$

де  $H_B$  – накладні витрати, грн.,

$B_{оп}$  – суми основної та додаткової заробітної плати працівників, грн..

У даному випадку накладні витрати становитимуть:

$$H_B = (15053,50 + 5775,00) \cdot 0,2 = 4165,70 \text{ грн.}$$

4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт

Собівартість ( $C_B$ ) науково-дослідних робіт розраховуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.n.} + B_{c.z} + Z_{m.v.} + Z_e + T_e + A + H_e \quad (4.10)$$

У даному випадку собівартість ( $C_B$ ) науково-дослідних робіт розраховуємо за формулою:  $C_B = 20828,50 + 8643,83 + 5312,00 + 247,37 + 2700,00 + 4165,70 = 41897,39$  грн.грн.

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

**Кошторис витрат на науково-дослідних робіт**

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	20828,50	49,71%
Відрахування на соціальні заходи	8643,83	20,63%
Матеріальні витрати	5312	12,68%
Витрати на електроенергію	247,37	0,59%
Амортизаційні відрахування	2700,00	6,44%
Накладні витрати	4165,70	9,94%
Собівартість	41897,39	100,00%

4.8. Розрахунок ціни науково-дослідних робіт

Ціну науково-дослідних робіт можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_{\epsilon} \cdot (1 + P_{рен.}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.11)$$

де  $P_{рен.}$  – рівень рентабельності, 20 %;

$K$  – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$  – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$  – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти  $K$  та  $B_{н.і.}$ , оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_{\epsilon} \cdot (1 + P_{рен.}) \cdot (1 + ПДВ) \quad (4.12)$$

Ціна НДР становитиме:  $Ц = 41897,39 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,2) = 60332,25$  грн.

Визначимо величину прибутку:

$$П = Ц - C_{\epsilon} \quad (4.13)$$

Прибуток буде становити:  $П = 60332,25 - 41897,39 = 18434,85$  грн.

#### 4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність ( $E_p$ ) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{\Pi}{C_B} \quad (4.14)$$

де  $\Pi$  – прибуток;

$C_B$  – собівартість.

Економічна ефективність становить:

$$E_p = \frac{18434,85}{41897,39} = 0,44.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень ( $T_p$ ):

$$T_p = \frac{1}{E_p} \quad (4.15)$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні критеріїв, які наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

#### Техніко-економічні показники НДР

№ з/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн	41897,39
2	Плановий прибуток, грн	18434,85
3	Ціна, грн	60332,25
4	Економічна ефективність	0,44
5	Термін окупності, рік	2,27

Отже, собівартість методу і засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем, одержаних при виконанні НДР становить 41897,39 грн., а термін їхньої окупності – 2,27 року, що дозволяє говорити про економічну доцільність та ефективність впровадження.



## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 5.1. Охорона праці

Тема дипломної роботи магістра присвячена дослідженню математичного і програмного забезпечення автоматизованої системи підбору команди розробників. Оскільки, система підтримки розробленого методу передбачає використання електронно-обчислювальної техніки, то важливим є дотримання вимог з охорони праці і техніки безпеки. Проаналізуємо основні правила і норми, яких необхідно дотримуватись при експлуатації комп'ютерів та периферійних пристроїв.

В загальному, поняття охорона праці в комп'ютерних системах являє собою дотримання всіх вимог і нормативів, що присутні в законодавчих актах про охорону праці. Закони цієї області спрямовані на якісну і безпечну експлуатацію робочих приладів і приміщень, дотримання санітарно-гігієнічних умов праці і захист від інших небезпечних чинників на підприємстві. В основних законодавчих актах про охорону праці приділяється велика увага поліпшенню умов праці в усіх галузях господарства, впровадженню сучасних засобів техніки безпеки і забезпечення санітарно-гігієнічних умов, що запобігають виробничому травматизму і професійним захворюванням.

Охорона життя і здоров'я людини є пріоритетним напрямком соціальної політики держави. В Україні прийнято закон прямої дії «Про охорону праці», який регламентує захист конституційного права працівників на безпечні умови праці. Законодавство України про охорону праці складається із загальних законів України та спеціальних законодавчих актів. Загальними законами України, що визначають основні положення з охорони праці є Конституція України, Закон України «Про охорону праці», Кодекс законів про працю (КЗпП), Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного

випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

При виконанні досліджень математичного і програмного забезпечення автоматизованої системи підбору команди розробників комп'ютерних систем, які передбачали використання ПК, площа та об'єм для одного робочого місця оператора визначається згідно вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», зокрема площа повинна становити не менше 6,0 квадратних метрів, об'єм - не менше 20,0 кубічних метрів.

Згідно вимог охорони праці та державних санітарних правил, стіни, стеля та підлога приміщень, в яких розміщені ЕОМ, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених для оформлення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), повинні бути надійно захищені діелектричними щитками та сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу.

Організація робочого місця оператора повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), на помітному та доступному місці мають бути встановлені аварійні резервні вимикачі, які можуть повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення [23].

Одним із найбільш важливих нормативних документів щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Дотримання даних правил значно знижує наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з

відео-дисплейними матеріалами, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань. Виходячи з цього, роботодавець повинен забезпечити гігієнічні й ергономічні вимоги щодо організації робочих приміщень для експлуатації електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) з ВДТ, робочого середовища, робочих місць з ЕОМ, режиму праці і відпочинку при роботі з ЕОМ тощо, які викладені у нормах НПАОП 0.00-7.15-18.

Відповідно до встановлених гігієнічно-санітарних вимог роботодавець зобов'язаний забезпечити в приміщеннях з ЕОМ оптимальні параметри виробничого середовища [22].

Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів персонального комп'ютера і клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати жалюзі або штори.

Суб'єкти господарювання, а також орендарі зобов'язані:

– дотримуватися вимог Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників, затверджених у Міністерстві юстиції України 23 лютого 2018 р. за № 225/31677;

– проводити своєчасні огляди та технічне обслуговування вогнегасників;

– утримувати вогнегасники в працездатному стані;

– не допускати використання вогнегасників не за призначенням;

– проходити теоретичне навчання та практичне відпрацювання навичок застосування вогнегасників.

Особі, відповідальній за пожежну безпеку, необхідно обов'язково провести огляд вогнегасників перед розміщенням їх на об'єкті. Під час огляду встановлюються:

– наявність сертифіката відповідності;

– наявність інструкції з експлуатації та паспорта на кожний вогнегасник;

– цілісність пломб на запірних пристроях;

- наявність чи відсутність зовнішніх пошкоджень на корпусах вогнегасників;
- положення стрілок індикаторів тиску закачних вогнегасників (у межах робочого діапазону);
- наявність у маркуванні та в експлуатаційній документації відомостей про виробника, дату виготовлення (продажу) і технічного обслуговування.

Вогнегасники потрібно розміщувати всередині приміщення, запобігаючи створенню перешкод для евакуації людей.

Крім того, слід передбачати по одному газовому вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше на 20 м<sup>2</sup> площі підлоги в офісних приміщеннях з оргтехнікою, електрощитових, вентиляційних камерах та інших технічних приміщеннях [24].

Приміщення, у яких розміщено оргтехніку, слід оснащувати переносними газовими вогнегасниками з розрахунку один вогнегасник ВВК-1,4 чи ВВК-2, але не менше ніж один вогнегасник зазначених типів на приміщення [24].

При облаштуванні робочих місць необхідно забезпечувати належні умови освітлення приміщення і робочого місця, оптимальні параметри мікроклімату, ергономічних характеристик основних елементів робочого місця, а також враховувати наявність шуму і вібрації, м'якого рентгенівського випромінювання, електромагнітного випромінювання, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання, електростатичного поля між екраном і оператором, відсутність пилуки, озону, оксидів азоту та аероіонізації [23].

Отже, при дослідженні математичного і програмного забезпечення автоматизованої системи підбору команди розробників комп'ютерних систем, проаналізовано та враховано необхідні вимоги щодо охорони праці при використанні електронно-обчислювальної техніки і забезпечено умови для зручної та ефективної роботи працівників.

5.2. Запобігання забрудненню повітря виробничих приміщень НХР, допустимі значення для основних речовин-забруднювачів, їх характеристика та засоби захисту

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах. Шкідлива речовина – це речовина, що контактуючи з організмом людини, може спричинювати захворювання чи відхилення у стані здоров'я як під час впливу речовини, так і в подальший період життя теперішнього і наступних поколінь.

Шкідливі речовини можуть потрапити в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру та слизові оболонки. Через дихальні шляхи проникають пари, газо - та пилоподібні речовини, а через шкіру - переважно рідини. Через шлунково-кишкові шляхи потрапляють речовини під час ковтання або при внесенні їх у рот забрудненими руками.

Найчастіше промислові шкідливі речовини потрапляють в організм людини через дихальні шляхи. Завдяки величезній (понад 90 м<sup>2</sup>) всмоктувальній поверхні легень утворюються сприятливі умови для надходження шкідливих речовин у кров, яка розносить їх по всьому організму. Слід зазначити, що ураження шкіри (порізи, рани) прискорюють проникнення шкідливих речовин в організм людини.

Шкідливі речовини, що потрапили тим чи іншим шляхом у організм, можуть зумовлювати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовин, їх кількості, часу дії, шляху, яким вони потрапили в організм, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму та ін. Гострі отруєння виникають у результаті короткочасної (протягом доби) дії значних доз шкідливих речовин.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Гранично допустима концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони встановлюється для речовин, що здатні чинити шкідливий вплив на організм працюючих при інгаляційному надходженні.

За величиною ГДК у повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки (ГОСТ 12.1.007-76):

- 1-й – речовини надзвичайно небезпечні, ГДК менше 0,1 мг/м<sup>3</sup> (свинець, ртуть, озон та ін.);
- 2-й – речовини високонебезпечні, ГДК 0,1-1,0 мг/м<sup>3</sup> (кислоти сірчана та соляна, хлор, фенол, їдкі луги та ін.);
- 3-й – речовини помірно небезпечні, ГДК 1,1-10,0 мг/м<sup>3</sup> (вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий та ін.);
- 4-й – речовини малонебезпечні, ГДК понад 10,0 мг/м<sup>3</sup> (аміак, бензин, ацетон, гас та ін.).

До загальних заходів та засобів попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих належать:

- вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т. ін. Наприклад, свинцеві білила замінені на цинкові; метиловий спирт - іншими спиртами; органічні розчинники для знежирювання - мийними розчинами на основі води;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами, за яких можливий безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних укриттів;

- нормальне функціонування систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очищення викидів у атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту.

Проаналізувавши фактори, які впливають на надійність захисту виробничого персоналу обґрунтовано заходи щодо їх підвищення шляхом застосування засобів індивідуального захисту, покращенням властивостей наявних захисних споруд та розгортанням споруд, що швидко зводяться. Для мінімізації негативного впливу небезпечних хімічних речовин у повітрі обґрунтовано заходи щодо зниження їх вмісту у виробничій зоні шляхом заміни на менш шкідливі речовини, удосконалення технологічного процесу виробництва, або застосування автоматизованих ліній з дистанційним керуванням.

5.3. Розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту працюючих і службовців у виробничій діяльності об'єкту в умовах радіоактивного забруднення місцевості

Радіація на сьогодні є чи не найнебезпечнішим фактором впливу не тільки на людину, але й на усі живі організми на планеті. Неконтрольовані ядерні реакції, ядерні війни та ряд інших можливих результатів людської діяльності, пов'язаних із радіацією негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє середовище.

Основою розробки заходів захисту населення в умовах радіоактивного забруднення є Закон України «Про захист людини від іонізуючого

випромінювання», рекомендації Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) 1988 р., а також норми радіаційної безпеки України (НРБУ—1997).

Враховуючи рівень радіації, а також прогноз можливих аварійних викидів радіоактивних речовин та метеорологічні дані, приймається рішення про проведення таких термінових і невідкладних заходів захисту в умовах ранньої фази радіаційної аварії:

- укриття населення;
- обмеження перебування населення на відкритій місцевості;
- евакуація у разі загрози здоров'ю;
- проведення йодової профілактики;
- тимчасова заборона вживання продуктів харчування і води із зони

радіоактивного забруднення.

Крім цих заходів у період ранньої і пізньої фази проводяться довгострокові заходи:

- тимчасове відселення;
- евакуація — переселення на постійне місце проживання;
- обмеження вживання води і продуктів харчування забруднених радіоактивними речовинами;
- заходи захисту при виробництві продукції тваринництва, рослинництва і лісогосподарської діяльності;
- дезактивація території і будівель;
- інші заходи: гідрологічні, протиповіневі, обмеження лісокористування, полювання, рибної ловлі, перебування у полі при проведенні сільськогосподарських робіт.

Критерієм для прийняття рішення про заходи захисту населення на ранній і середніх фазах після аварії є дози зовнішнього і внутрішнього опромінення (табл. 5.1) з установленими двома рівнями радіаційного впливу — нижнім і верхнім — згідно з рекомендацією МАГАТЕ і НРБУ—1997.



При прогнозованому опроміненні, що не перевершує нижнього рівня, заходи, перелічені в табл. 5.1 не проводяться. Якщо прогнозоване опромінення перевищує нижній рівень, але не досягає верхнього рівня, то проведення вказаних заходів може бути відкладене.

Якщо прогнозоване опромінення досягає або перевищує верхній рівень, то обов'язково необхідно проводити заходи, наведені в табл. 5.1, навіть якщо вони пов'язані з порушенням нормальної життєдіяльності населення і об'єктів.

Підтвердженням цього є аварія на Чорнобильській АЕС, наслідки якої відчують до сьогодні як в Україні, так і за її межами.

Таблиця 5.1

### Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії

Захисні заходи	Дозові критерії (прогнозована доза за перші 10 діб), мЗв			
	Все тіло		Окремі органи (легені, щитовидна залоза, шкіра)	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Укриття, захист органів дихання і шкіри	5	50	50	500
Йодова профілактика:				
дорослі	—	—	50*	500*
діти, вагітні жінки	—	—	50*	250*
Евакуація:				
дорослі діти, вагітні жінки	50 10	500 50	500 200*	5000 500*

Радіаційний захист населення включає в себе:

— організацію безперервного контролю, виявлення та оцінку радіаційної та хімічної обстановки в районах розміщення радіаційно-небезпечних об'єктів;

- завчасне накопичення, підтримання в готовності і використання при необхідності засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної розвідки і контролю;
- створення, виробництво та застосування уніфікованих засобів захисту, приладів і комплектів радіаційної розвідки і дозиметричного контролю;
- придбання населенням у встановленому порядку в особисте користування засобів індивідуального захисту та контролю за використанням їх за призначенням;
- своєчасне впровадження і застосування засобів і методів виявлення та оцінки масштабів і наслідків аварій на радіаційно-небезпечних об'єктах;
- створення і використання на радіаційно-небезпечних об'єктах систем (переважно автоматизованих) контролю обстановки і локальних систем оповіщення;
- розробку і застосування, за необхідності, режимів радіаційного захисту населення і функціонування об'єктів економіки та інфраструктури в умовах забрудненості (зараженості) місцевості;
- завчасне пристосування об'єктів комунально-побутового обслуговування і транспортних підприємств для проведення спеціальної обробки одягу, майна і транспорту, проведенням цієї обробки в умовах аварій;
- навчання населення використання засобів індивідуального захисту і правилам поведінки на забрудненій (зараженій) території.

До числа основних заходів щодо захисту населення від радіаційного впливу під час радіаційної аварії, належать:

- виявлення факту радіаційної аварії та оповіщення про неї;
- виявлення радіаційної обстановки в районі аварії;
- організація радіаційного контролю;
- встановлення та підтримання режиму радіаційної безпеки;

- проведення, при необхідності, на ранній стадії аварії йодної профілактики населення, персоналу аварійного об'єкта, учасників ліквідації наслідків аварії;

- забезпечення населення, персоналу аварійного об'єкта, учасників ліквідації наслідків аварії засобами індивідуального захисту та використання цих коштів;

- укриття населення, яке опинилося в зоні аварії, в притулках і укриттях, що забезпечують зниження рівня зовнішнього опромінення і захист органів дихання від проникнення в них радіонуклідів, які опинилися в атмосферному повітрі;

- санітарна обробка населення, персоналу аварійного об'єкта, учасників ліквідації наслідків аварії;

- дезактивація аварійного об'єкта, об'єктів виробничого, соціального, житлового призначення, території, сільськогосподарських угідь, транспорту, інших технічних засобів, засобів захисту, одягу, майна, продовольства і води;

- евакуація або відселення громадян із зон, в яких рівень забруднення перевищує допустимий для проживання населення.

Дотримання рекомендацій щодо захисту населення від впливу радіації, які проаналізовано вище, дає змогу мінімізувати ризики, пов'язані із загибеллю великої кількості людей, а також зберегти їхнє здоров'я.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОЛОГІЯ

#### 6.1. Кореляційний аналіз зв'язків в екології

Кореляцією називається неповний зв'язок між досліджуваними явищами. Це така залежність, коли будь-якому значенню однієї змінної величини може відповідати декілька різноманітних значень іншої змінної. Вона відображає закон множини причин і наслідків і є вільною неповною залежністю. Кореляція (від англійської - співвідношення, відповідність) – взаємозв'язок між ознаками, що полягає в зміні середнього значення однієї з них залежно від зміни іншої. Ознаки, пов'язані кореляційним зв'язком, називаються корельованими [25].

Кореляційний аналіз – метод, що вивчає кількісні характеристики кореляційних зв'язків [25]. Кореляційний аналіз є свого роду логічним продовженням (розвитком) методу статистичних групувань, його поглибленням. Він допомагає вирішити цілий ряд нових завдань в екологічному аналізі. Розрахунки на основі кореляційних моделей підвищують ступінь точності аналізу, часто виявляють недоліки попереднього аналізу. Перевага цього методу полягає також і в тому, що він дає можливість розв'язувати задачі, які не можна вирішити за допомогою інших методів екологічного аналізу, як, наприклад, відокремлення впливу багатьох факторів, які діють взаємопов'язано і взаємозумовлене [25].

Особливості, властиві кореляційному аналізу.

При використанні кореляційного методу вирішальне значення має всебічний, екологічно усвідомлений попередній аналіз даних господарської діяльності. Зв'язок між ознаками і властивостями – не результат математичних розрахунків, а лежить у природі самих екологічних явищ і за допомогою методів математичної статистики можна лише об'єктивно виразити існуючі закономірності екологічних процесів [25].

Кореляцію можна виявити, лише досліджуючи достатньо велику

сукупність спостережень, оскільки кореляційні зв'язки виявляються у формі спряженого варіювання двох або кількох зіставлених ознак.

Кореляційно-регресійний аналіз, згідно [25], включає три етапи:

- математико-екологічне моделювання;
- рішення прийнятої моделі шляхом знаходження параметри; кореляційного рівняння (рівнянням регресії);
- оцінка та аналіз одержаних результатів.

Суть і значення кореляційного аналізу полягає у тому, що параметри рівняння використовуються: як засоби цілеспрямованої зміни результатів, засоби екологічного нормування, планування, прогнозування, критерії напруженості плану, засоби впливу на кінцевий результат.

Вивчення взаємозв'язків кореляційного типу має істотне значення особливо при аналізі явищ, які зумовлені під впливом великої кількості певних умов [25].

Використання методу кореляції і регресії дозволяє вирішити такі основні завдання:

- встановити характер і тісноту зв'язку між досліджуваними явищами;
- визначити і кількісно виміряти ступінь впливу окремих факторів і їх комплексу на рівень досліджуваного явища;
- на підставі фактичних даних моделі залежності екологічних показників від різних факторів розраховувати кількісні зміни аналізованого явища при прогнозуванні показників і давати об'єктивну оцінку діяльності підприємств.

Суть кореляційного аналізу полягає в побудові, рішенні й аналізі еколого-математичної моделі у виді функції (рівняння) зв'язку між результативною та факторною або факторними ознаками.

## 6.2. Метод екологічної статистики

Екологічна статистика є невід'ємним атрибутом системи управлінських рішень в охороні навколишнього середовища від невеликого локального екологічного об'єкту до глобального масштабу оцінки екологічного стану всієї біосфери.

Сьогодні статистичні методи і моделі широко використовуються для діагностики стану довкілля, при вивченні причинно-наслідкового механізму формування варіації та динаміки екологічних явищ і процесів, у моніторингу навколишнього природного середовища, при прогнозуванні стану екологічних процесів і ситуацій та прийнятті оптимальних управлінських рішень [25].

Ефективність використання статистичних методів обліку, обробки, аналізу і прогнозування екологічних процесів збільшується при використанні комп'ютерних технологій.

Статистика природних ресурсів і навколишнього середовища є галуззю статистики, що вивчає питання охорони навколишнього середовища і поліпшення використання природних ресурсів в умовах інтенсивного розвитку промисловості, транспорту, сільського господарств, росту урбанізації. Основними завданнями є: контроль за виконанням завдань по охороні навколишнього середовища і раціональному використанню природних ресурсів, по зменшенню антропогенного впливу на навколишнє середовище; вивчення якісного стану природних компонентів і тенденцій їхньої зміни; інформаційне забезпечення робіт зі створення кадастрів природних ресурсів; контроль за виконанням природоохоронних заходів. При цьому використовуються методи екологічної статистики [25].

Екологічна статистика — галузь статистики природних ресурсів і навколишнього середовища [25]. Включає дані про стан забруднення природних об'єктів – атмосферного повітря, природних водних об'єктів, ґрунтів, одержувані на підставі моніторингу. Якість природних об'єктів оцінюється показниками: кількість вимірів, середня концентрація, максимальна концентрація,

повторюваність концентрації шкідливих домішок вище гранично припустимої концентрації [25].

Дані екологічної статистики використовуються в методах соціально-економічного аналізу для оцінки результатів заходів щодо зниження шкідливих викидів в атмосферу, забруднених стоків у природні водні об'єкти, визначення взаємозв'язку якості навколишнього середовища і станів здоров'я населення, а також визначення економічного збитку від забруднення навколишнього середовища в зв'язку зі зниженням врожайності сільськогосподарських культур, погіршенням продуктивності у тваринництві, підвищеним зносом будинків, споруджень і т. д.

Метод статистики в екології передбачає застосування сукупності прийомів, способів обробки цифрової інформації, правил і методів дослідження у різних видах статистики, зокрема згідно [25]:

- статистика стану, використання й охорони водних ресурсів – підрозділ статистики природних ресурсів і навколишнього середовища, що вивчає запаси водних ресурсів, їхній склад і якість;

- статистика землекористування і земельних угідь — підрозділ статистики сільського господарства, що вивчає склад і структуру земельних угідь, розмір, стан і динаміку земельного фонду, його трансформацію, ступінь використання, якість ґрунтів, ступінь деградації ґрунтів та ін.;

- статистика охорони і захисту лісу розділ статистики лісового господарства, що характеризує охорону лісу від пожеж, порушення встановленого порядку лісокористування й ін. дії, що заподіюють шкоду лісові, а також захист лісу від шкідників і хвороб;

- статистика знешкодження відходів – підрозділ статистики природних ресурсів і навколишнього середовища, що характеризує утворення, використання, видалення відходів і охорону навколишнього середовища від забруднення ними.

Таким чином, застосування методу екологічної статистики дає змогу не тільки визначити локальні та комплексний показники екологічних явищ, а й лежить в основі програмного забезпечення для автоматизації збору та опрацювання екологічної інформації.



## ВИСНОВКИ

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному.

1. Проведено аналіз факторів, що впливають на формування знань і вмінь розробників комп'ютерних систем на основі навчального плану підготовки бакалаврів у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, що дало змогу виявити компетенції фахівців після завершення навчання, можливості їх подальшого працевлаштування і визначити фактори, які необхідно врахувати при побудові автоматизованих систем підбору команди розробників комп'ютерних систем.

2. Проаналізовано статистичні дані щодо потреб ІТ компаній відносно знань і вмінь розробників комп'ютерних систем з точки зору технологій проектування апаратного і програмного забезпечення, а також відгуків фахівців щодо здобутих під час навчання знань і навиків, що дало змогу визначити необхідність врахування популярності технологій розробки і рейтингу ВУЗів при автоматизованому підборі команди розробників комп'ютерних систем.

3. Проведено аналіз методів щодо можливості інтелектуального підбору команди розробників комп'ютерних систем і встановлено, що ефективним є застосування методів колаборативної фільтрації при визначенні подібності між навиками розробників та вимогами ІТ компаній.

4. Обґрунтовано застосування методів колаборативної фільтрації для розв'язку задачі формування команди розробників комп'ютерних систем, що дало змогу формалізувати предметну область у вигляді матриці крос-табуляції між навиками та вміннями розробників і технологіями проектування комп'ютерних систем і в подальшому визначати рівень відповідності між ними.

5. Проаналізовано метрики подібності об'єктів, які можуть бути використані при колаборативній фільтрації, що дало змогу обґрунтувати метрику «косинус кута» для встановлення подібності між знаннями і навиками розробників та необхідними технологіями при реалізації проектів комп'ютерних систем.

6. Запропоновано та формалізовано модель опису властивостей об'єктів, необхідних при формуванні команди розробників комп'ютерних систем, що дало змогу більш повно, в порівнянні з іншими моделями, представити фактори, які впливають на точність створення рекомендацій щодо участі розробника у команді та автоматизувати такий процес.

7. Розроблено метод формування рекомендацій щодо підбору розробників комп'ютерних систем, який враховує, окрім навиків і вмінь технологічного стеку, критерії рейтингу закладів освіти, досвіду розробки та географічного розташування компанії і фахівця з комп'ютерної інженерії, що дає змогу більш ефективно формувати ранжований список потенційних розробників та приймати рішення щодо залучення його до проекту.

8. Обгрунтовано застосування моделей формування рекомендацій з врахуванням констант-регуляризаторів, що дало змогу враховувати відхилення оцінок у матриці крос-табуляції «розробник-технологія» і забезпечити вищу достовірність результатів в порівнянні із застосуванням моделей без регуляризаторів.

9. Проведено аналіз предметної області щодо розробки програмного засобу автоматизованого підбору команди розробників комп'ютерних систем з врахуванням особливостей запропонованої моделі і методу, що дало змогу визначити ролі користувачів системи та їхні основні функціональні можливості.

10. На основі реляційного підходу із застосування засобів MS SQL Server спроектовано схему бази даних для зберігання та маніпулювання даними, що дало змогу забезпечити актуальність і цілісність бази даних при визначенні подібності навиків і вмінь розробників комп'ютерних систем відносно вимог до технологій проектування комп'ютерних систем.

11. Спроектовано архітектуру програмного засобу із застосуванням підходу шарів Фаулера, що дало змогу здійснити декомпозицію та реалізувати його засобами мови C#, технології ASP.NET MVC та СКБД MS SQL Server.

12. Експериментально доведено ефективність застосування запропонованих моделі, методу і засобу при автоматизованому підборі команди розробників комп'ютерних систем, що забезпечують точність на рівні 84,65%.

13. Проведено обґрунтування економічної доцільності проведення НДР шляхом розрахунку показників собівартості, ціни і терміну окупності капітальних вкладень.

14. Проведено аналіз вимог та норм з охорони праці при використанні автоматизованого засобу підбору команди розробників комп'ютерних систем засобу та проаналізовано методи запобігання забрудненню повітря виробничих приміщень НХР, допустимі значення для основних речовин-забруднювачів, їх характеристика та засоби захисту, а також розглянуто питання розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту працюючих і службовців у виробничій діяльності об'єкту в умовах радіоактивного забруднення місцевості.

15. Проведено дослідження кореляційного аналізу зв'язків в екології та розглянуто методи екологічної статистики.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макарова О. Рейтинг вузов DOU 2019 URL: [https://dou.ua/lenta/articles/ukrainian-universities-2019/?from=salary\\_report](https://dou.ua/lenta/articles/ukrainian-universities-2019/?from=salary_report) (дата звернення 11.10.2019 р.)
2. Барсегян А., Куприянов М., Степаненко В., Холод И. Технологии анализа данных. СПб. : Изд-во " БХВ-Петербург". 2008. 384 с.
3. Рекомендательные системы URL: <http://www.numberscompany.ru/products/recommenders> (дата звернення 13.10.2019 р.)
4. Setten M., Pokraev S., Koolwaaij J. Context-aware recommendations in the mobile tourist application compass. Heidelberg. vol. 3137. 2004. pp. 515–548.
5. Breese J.S., Heckerman D., Kadie C. Empirical Analysis of Predictive Algorithms for Collaborative Filtering. Proc. 14th Conf. Uncertainty in Artificial Intelligence, 1998. pp. 223-234.
6. Su X. A Survey of Collaborative Filtering Techniques A Survey of Collaborative Filtering Techniques. Hindawi Publishing Corporation – Advances in Artificial Intelligence archive. USA. 2009. pp. 1-19.
7. Adomavicius G. На пути к новому поколению рекомендационных систем: обзор имеющихся систем и возможные инновации. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering . Vol. 17. No. 6. 2005.
8. Гомзин А., Коршунов А. Системы рекомендаций: обзор современных подходов. Труды ИСП РАН. 2012. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-rekomendatsiy-obzorsovremennyh-podhodov> (дата звернення 15.11.2019 р.).
9. Ghazanfar M. Building Switching Hybrid Recommender System Using Machine Learning Classifiers and Collaborative Filtering. International Journal of Computer Science URL: [http://www.iaeng.org/IJCS/issues\\_v37/issue\\_3/IJCS\\_37\\_3\\_09.pdf](http://www.iaeng.org/IJCS/issues_v37/issue_3/IJCS_37_3_09.pdf) (дата звернення 15.11.2019 р.).
10. Савчук Т.О. Застосування кластерного аналізу для колаборативної фільтрації. Вісник Хмельницького національного університету. №1. 2011. С. 186-192.

11. Лексин В.А. Анализ клиентских сред: выявление скрытых профилей и оценивание сходства клиентов и ресурсов. Математические методы распознавания образов-13. М. МАКС Пресс. 2007. С. 488-491.
12. Sarwar B. M., Karypis G., Konstan J. A. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. Proceedings of ACM WWW '01, ACM. 2001. pp. 285–295.
13. Karypis G. Evaluation of item-based top-N recommendation algorithms. Proceedings of ACM CIKM '01, ACM. 2001. pp. 247–254.
14. Linden G., Smith B., York J. Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. IEEE Internet Computing. Vol. 7. No. 1. 2003. pp. 76–80.
15. Hu Y., Volinsky C., Koren Y. Collaborative filtering for implicit feedback datasets. In ICDM- 08, 8th IEEE Int. Conf. on Data Mining. Pisa, Italy. 2008. pp. 263–272.
16. Koren Y., Abe P., Park F. Factorization Meets the Neighborhood: a Multifaceted Collaborative Filtering Model. In: KDD '08 Proceeding of the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 2008. pp. 14-25
17. Kurucz M., Benczur A. A., Csalogany K. Methods for large scale SVD with missing values. Proceedings of KDD Cup and Workshop. 2007. pp. 122-129.
18. Python-recsys on Github. URL: <https://github.com/ocelma/python-recsys> (дата звернення 01.12.2019 р.).
19. Koren Y., Bell R., Volinsky C. Matrix Factorization Techniques for Recommender Systems. IEEE Computer Society. 2009. pp.211-221.
20. Bell R., Koren Y., Volinsky C. The BellKor Solution to the Netflix Prize. 2007. pp. 17-24.
21. Рекомендательные системы: Часть 1. Введение в подходы и алгоритмы URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/> (дата звернення 05.12.2019 р.).

22. ДСанПіН 3.3-2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. - Київ, 1999. - 18с.

23. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_praop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php) (дата звернення: 21.12.2019 р.).

24. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18> (дата звернення 22.12.2019 р.).

25. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. К.: Знання, 2010. 487 с.

26. Тарасова В.В. Екологічна статистика. Київ: «Центр учбової літератури», 2008. 391с.

## Додаток А

Текст наукових публікацій дипломної роботи магістра

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шауляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

## **Збірник**

тез доповідей

## **Том II**

**VIII Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

27-28 листопада 2019 року



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2019**

12.	<b>С.О. Галап, В.В. Яцишин</b> ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ В СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ ЦІННИК»	17
13.	<b>І.О. Гарасимів, Д.В. Дмитрів</b> ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ОБЩИН	18
14.	<b>Ю.Л. Голояд</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РОСПІЗНАВАННЯ КНИГ НА ФОТОГРАФІЯХ	19
15.	<b>Н.В.Грабовський, С.М.Квач, О.Б. Назаревич</b> АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПИВА	20
16.	<b>Д.О. Гракова</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНИХ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ В МОБІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	21
17.	<b>Є.І. Гринчук, П.П. Данів, Д.П. Стухляк</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	23
18.	<b>Р.А. Склярів, Губич І.В.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОДІЛУ ПРУТКІВ НА ШТУЧНІ ЗАГОТОВКИ	24
19.	<b>Р.А. Склярів, І.В. Гуцалюк</b> ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ЗАТИСКУ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗАГОТОВОК	26
20.	<b>В.О. Дармограй А. М. Луцків</b> АНАЛІЗ БІБЛІОТЕК ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ BLOCKCHAIN-ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ СИСТЕМ ІОТ	27
21.	<b>М.І. Паламар, А.З. Джинджиристий</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИКИ КОСИНУСА КУТА ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	29
22.	<b>О.А. Дідуник, М.В. Дрозд, А.П. Заблоцький, А.М. Курко</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ	30
23.	<b>Л.Р. Цьока, В.І. Довганич</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ТА ДРОНАМИ	31
24.	<b>М.М. Долик</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦИФРУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ	32



УДК 004.021

**М.І. Паламар, докт. техн. наук, проф, А.З. Джинджиристий**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИКИ КОСИНУСА КУТА ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**M.I. Palamar Dr., Professor, A.Z. Dzhyndzhyrystyi**

#### **APPLICATION OF COSINE METRICS FOR RECRUITING OF COMPUTER SYSTEM DEVELOPMENT TEAM**

Складність і багатогранність сучасних технологій розробки комп'ютерних систем вимагає від розробників постійного вдосконалення існуючих навиків та здобуття нових знань і вмінь для забезпечення конкурентоспроможності на ринку праці. З іншого боку, компанії-розробники намагаються сформувати штат високо-професійних фахівців для реалізації різнопланових проектів комп'ютерних систем, які б дали змогу максимізувати доходи та мінімізувати витрати на розробку.

Досягнення компромісу між розробниками з однієї сторони, та компаніями, з іншої, є доволі складною та нетривіальною задачею. На сучасному етапі розвитку ІТ-ринку, у штаті будь-якої компанії важливу роль відіграють менеджери з підбору персоналу (Human Recruiter), при цьому їх кількість невпинно зростає. Основне їхнє завдання полягає у пошуку резюме фахівців у спеціалізованих соціальних мережах та пропозицією працевлаштування. Оскільки, кількість резюме розробників налічує тисячі, а інколи десятки тисяч, обрати оптимальних розробників для реалізації проекту комп'ютерних систем доволі складно. Для вирішення задачі автоматизації процесу попереднього підбору персоналу можна використати методи і засоби штучного інтелекту. Нами пропонується підхід, що передбачає використання метрик подібності навиків і вмінь розробників і технологій, необхідних для розробки проектів комп'ютерних систем.

Сукупність навиків і вмінь розробників комп'ютерних систем пропонується представити у вигляді вектора, компонентами якого є числові значення, що представляють володіння тими чи іншими навиками. На практиці, в якості значень компонентів вектора, можна використати значення ідентифікатора того чи іншого вміння, наприклад технології програмування, із загального довідника технологій розробки. При формуванні пропозиції зі сторони фірм-розробників щодо участі у проекті потенційного працівника також формується вектор з набором навиків і вмінь, які представляються у вигляді вектора. Для узгодження розмірності просторів векторів, що відображають потенційного учасника проекту та пропозицію від фірми розробника, можна доповнити менший за розмірністю вектор нулями. Після того, як узгоджено розмірність векторів, визначення найбільш оптимальних для участі в проекті потенційних працівників можна знайти міру косинуса кута між двома векторами за формулою:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} \quad (1)$$

$\vec{a}$  – вектор, що представляє вміння та навиків потенційного працівника;

$\vec{b}$  – вектор, що представляє необхідні для реалізації проекту знання і вміння.

Чим менший кут між векторами, тим більша відповідність вмінь і навиків потенційного працівника вимогам до проекту. Крім косинусної міри кута, можна використовувати коефіцієнт кореляції Пірсона.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**11–12 грудня 2019 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2019**

### СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

<b>В. Владика, Д. Величко, Г. Осухівська</b> ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ «ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ»	109
<b>В. Барбарич, Ю. Івануса</b> ШКІДЛИВИЙ ВПЛИВ WI-FI НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	110
<b>М. Бедрійчук</b> РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	112
<b>Д. Войтина, В. Яцишин</b> АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	113
<b>Р. Гавай, В. Яцишин</b> ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ АСПЕКТІВ ПРИ ВДОСКОНАЛЕННІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	114
<b>С. Галан, В. Яцишин</b> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ «РОЗУМНИХ СИСТЕМ» З МОЖЛИВІСТЮ ВЗАЄМОДІЇ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ	115
<b>Р. Гайдук, Д. Михалик</b> РОЗРОБКА СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ БІБЛІОТЕК З ВИКОРИСТАННЯМ .NET ТЕХНОЛОГІЙ	116
<b>Ю. Голояд</b> МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ	117
<b>І. Голуб, О. Ясній</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ ЗПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE	118
<b>А. Джиджиристий, М. Паламар</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	119
<b>П. Євтух, В. Храпа</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УЗГОДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ІОТ ДО МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ	120
<b>А. Жуйвода</b> МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	121
<b>А. Жуйвода</b> ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВОГО ТРАФІКУ	122
<b>О. Зимницький</b> ВРАЗЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КРИПТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ПРОТОКОЛУ SSL/TLS	123
<b>Б. Калиниченко, І. Грод</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ МЕРЕЖІ ОФІСУ "ZoomSupport" ТА МЕТОДІВ ЇХ УСУНЕННЯ	124
<b>В. Ковальов, С. Лупенко</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ДІАЛОГОВИХ СИСТЕМ ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ	125
<b>І. Купратий</b> НЕЙРОМЕРЕЖІ У СИСТЕМАХ БІОМЕТРИЧНОЇ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ	126
<b>О. Ліщук, Є. Тиш</b> ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АГРЕГАЦІЇ КАНАЛІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ	127

УДК 004.01

**А. Джинджиристий, М. Паламар**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

UDC 004.01

**A. Dzhyndzhyrystyi, M. Palamar**

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

### **ANALYSIS OF COLLABORATIVE FILTERING METHODS IN HUNTING OF THE COMPUTER SYSTEMS DEVELOPMENT TEAM**

Одними з ефективних методів при формуванні рекомендацій є методи колаборативної фільтрації. До методів колаборативної фільтрації входять методи, базовані на підході k-найближчих сусідів, колаборативної фільтрації на основі статистичних моделей і гібридні методи, які враховують концепції двох попередніх. У результаті функціонування системи формування рекомендацій виконується збір даних про розробників за допомогою явних та неявних методів збору. До явного збору інформації про розробників комп'ютерних систем можуть належати наступні:

- розробник оцінює іншого розробника за шкалою;
- менеджер з підбору персоналу виконує ранжування розробників за рівнем вмінь і знань;

- компанія обирає альтернативу кращу за сукупністю ознак;

- компанії формують ранжований список розробників за визначеними критеріями.

До неявного збору інформації про розробників відноситься:

- спостереження за поведінкою розробника при виборі компанії і поданні резюме;

- логування часу і переходів між веб-сторінками, які описують поведінку розробника онлайн;

- відстеження вмісту комп'ютера розробника.

Принцип роботи рекомендаційних сервісів полягає у формуванні пропозицій на основі подібності товарів, послуг чи, у випадку формування команди розробників, пропозицій роботодавців щодо відповідності визначеним вимогам. У результаті визначення подібних об'єктів, формується ранжований список із застосуванням певних метрик.

При побудові рекомендаційних систем найбільш застосовуваними є два підходи: аналіз контенту [https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A4%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%B2%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D1%83&action=edit&redlink=1](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A4%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B2%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D1%83&action=edit&redlink=1) і колаборативна фільтрація.

При формуванні рекомендацій на основі контенту створюються профілі користувачів та об'єктів. Профілі користувачів зазвичай містять інформацію про знання і вміння розробників, вік, географічне розташування користувача та ін.

Профілі об'єктів містять інформацію про необхідні навички і вміння, зокрема, технології, на базі яких буде реалізована комп'ютерна система, тривалість проекту, технічні або інші важливі атрибути, якими описується комп'ютерна система.

У випадку застосування підходу колаборативної фільтрації враховуються історичні дані про розробників – наприклад, рейтинг ВУЗу, де він здобував фахову освіту, інформація про участь у попередніх проектах чи його оцінки іншими користувачами.

Для методів колаборативної фільтрації не важливим є категорія об'єктів, однак складність застосування такого підходу полягає у визначенні прихованих властивостей об'єктів, які не задані у явній формі.

Найбільш проблематичним для таких методів колаборативної фільтрації є так званий «холодний старт». За відсутності або недостатності даних про розробників комп'ютерних систем, їх навички і вміння чи інші властивості, складно знайти подібні об'єкти, які тільки потрапили у базу даних.