

УДК 681

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця  
61001, м. Харків, проспект Науки, 9а  
тел. (057) 702-03-04, факс (057) 702-07-17

ПОГОДЖЕНО

Заступник керівника (проректор з науково-педагогічної роботи) Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, к.е.н., професор

\_\_\_\_\_  
Володимир ЄРМАЧЕНКО  
2021.06.30

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, д.е.н., професор

\_\_\_\_\_  
Володимир ПОНОМАРЕНКО  
2021.06.30

ЗВІТ  
КАФЕДРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ТА РОЗВИТКУ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

3 етап

Імітаційне моделювання інформаційних систем

Декан факультету

\_\_\_\_\_  
30.06.2021

Григорій КОЦ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
30.06.2021

Ірина УШАКОВА

Начальник НДС

\_\_\_\_\_  
30.06.2021

Ірина ЛИТОВЧЕНКО

2021

Рукопис закінчено 20 червня 2021 року

Розглянуто на засіданні кафедри \_\_\_\_\_ 2021 року, протокол № \_\_\_\_\_

## СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР

канд. екон. наук, завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ушакова І.В.  
(загальне керівництво)

Доцент	_____	Бурдаєв В.П. (підрозд. 1.1 )
Доцент	_____	Знахур С.В. (підрозд. 1.2 )
Старший викладач	_____	Знахур Л.В. (підрозд. 1.2 )
Доцент	_____	Лосєв М.Ю. (підрозд. 1.4)
Доцент	_____	Медведева І.Б. (підрозд. 4.1)
Доцент	_____	Медведева І.Б. (підрозд. 4.2)
Доцент	_____	Медведева І.Б. (підрозд. 4.3)
Доцент	_____	Медведева І.Б. (підрозд. 4.4)
Професор	_____	Мінухін С.В. (підрозд. 1.3 )
Доцент	_____	Плоха О.Б. (підрозд. 4.5 )
Професор	_____	Федько В.В. (підрозд. 2.1)
Доцент	_____	Фролов О.В. (підрозд. 3.1)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 182 с., 56 рис., 18 табл., 1 додаток, 125 джерело.

Об'єкт роботи – дослідження розвитку інформаційних систем відповідно до вирішення завдань економіки, освіти та науки, процес управління комп'ютерними мережами в умовах неповної інформації про стан потоків обміну даними з урахуванням можливого старіння інформації що передається, процес управління структурою капіталу підприємства.

Предмет дослідження – комп'ютерні системи та програмні рішення у галузі економіки, освіти, постановки і виконання актуальних наукових завдань, імовірно-часові моделі, нечіткі моделі обробки інформації, багатокритеріальний аналіз і моделювання процесів, інформаційні технології процесу управління структурою капіталу підприємства.

Мета роботи – розвиток фундаментальних досліджень в галузі інтелектуальних і інформаційно-комп'ютерних технологій в різних сферах людської діяльності, теоретичне обґрунтування та розробка методичних підходів і рекомендацій щодо застосування сучасних інноваційних інформаційних систем у економіці, освіті та для проведення наукових досліджень, підвищення ефективності процесу управління комп'ютерними мережами в умовах невизначеності, удосконалення методичного забезпечення процесу управління структурою капіталу підприємства з урахуванням динаміки параметрів зовнішнього середовища його функціонування.

Методи дослідження – логічне та концептуально-математичне моделювання знань, методи дискретної оптимізації, методи інтелектуального аналізу даних, методи імовірно-часових графів, методи теорії нечітких множин, методи системного аналізу, методи багатокритеріального аналізу рішень, структуро-логічний аналіз, структурне та об'єктно-орієнтоване проектування, імітаційне моделювання, методи логічного узагальнення, синтезу та порівняння - для уточнення сутності поняття «розвиток персоналу»; методи таксономічного аналізу - для інтегральної оцінки рівня використання фінансових і трудових ресурсів підприємства; методи дерева рішень - для побудови графу планування розвитку індивідуальної кар'єри персоналу підприємства; методи динамічного програмування - ланцюги Маркова - для прогнозування розвитку індивідуальної кар'єри

персоналу підприємства; методи матричного аналізу - для моделювання стратегії розвитку персоналу на базі узгодження ефективності використання фінансових і трудових ресурсів.

У результаті досліджень були отримані такі результати:

Представлені результати інтегрування чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot з експертною системою для організації консультування в режимі онлайн. Розглянуто алгоритм взаємодії чат-бота і агентів експертної системи в онлайн режимі.

Був створений повністю функціонуючий чат-бот @es\_economy\_karkas\_bot, який інтегрований в систему "КАРКАС" і дозволяє в режимі онлайн проводити консультацію з прототипами експертних систем в економіко-фінансовій предметній області.

Подальшим напрямком даного дослідження може стати розробка мобільного додатка "КАРКАС" під платформами Android і iOS.

Система "КАРКАС" за допомогою чат-ботів: @es\_economy\_karkas\_bot, @Ribs\_karkas\_bot, @test\_karkas\_bot, @es\_info\_tech\_karkas\_bot дозволяє проводити онлайн консультацію з користувачами і тестування знань студентів в різних предметних областях: комп'ютерна графіка, технології баз даних, веб-аналітика, системи бізнес-інтелекту.

Виконано аналіз сучасних методів NLP для рішення задач класифікації тексту та аналізу тональності тексту, реалізація рішення на основі Deep learning, імплементація рішення на сервісах AWS, впровадження в учбовий процес на дисципліні "Стратегія ІС" тема – мікросервіси AWS.

У результаті дослідження було протестовано різні конфігурації віртуальних машин для ПЗ Apache Spark у Azure HDInsight, різні конфігурації компонентів Apache Spark, обрані і підключені БД для тестування бенчмарку Spark-Perf, проведені обчислювальні експерименти та статистичний аналіз отриманих результатів тестування методів машинного навчання в тестах Spark-Perf на основі лог-файлів.

Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації конфігурації кластеру при розв'язанні задач машинного навчання.

На підставі узагальненої моделі технології централізованого методу управління інформаційними процесами в комп'ютерних мережах розроблено математичну модель технології інформаційного забезпечення вирішення завдань управління комп'ютерної мережі. Запропонована модель дозволяє враховувати

особливості послідовного або паралельного управління об'єктами, інформаційного забезпечення процесу управління, контролю результатів цього управління та усунення виявлених помилок.

Розроблено методику визначення функцій дуг ймовірно-часових графів технології збору інформації. Запропонована методика дозволяє задати параметри моделі технології збору інформації з урахуванням структури КМ, стану КМ і її елементів та методу передачі повідомлень.

Проведено порівняльний аналіз варіантів інформаційного забезпечення. Побудовано графіки залежності відносного середнього часу збору інформації від стану каналу зв'язку (ймовірності спотворення одного біта), ймовірності вільності абонентів і ймовірності можливого конфлікту. При цьому показано, що час збору інформації істотно зростає при використанні будь-якого з аналізованих варіантів. Час збору інформації за запитом більш ніж в два рази перевищує аналогічну характеристику при використанні інших варіантів. Істотний вплив на час збору робить ймовірність вільності абонента, ймовірність розпізнавання службових пакетів, ймовірність виникнення конфлікту при зборі інформації. Можна зробити висновок про необхідність передбачити заходи щодо їх розрізнення і розпізнавання службових повідомлень з ймовірністю не гірше 0.9.

На підставі аналізу загального варіанта мультиоб'єктного управління розглянуті три методи. Перший метод передбачає процес управління організувати по кожному об'єкту окремо. В цьому випадку процеси управління багатьма об'єктами незалежні один від одного. Системи управління об'єктами автономні. Другий метод передбачає послідовне управління і контроль правильності цього управління об'єктами мережі з усуненням виявлених помилок. При третьому методі процес управління здійснюється паралельно всіма об'єктами. У разі виявлення помилки управління будь-яким об'єктом процес управління повторюється по всіх об'єктах. При використанні другого і третього методів завдання управління мережею можливо вирішувати оптимально з урахуванням досягнутих результатів на кожному об'єкті.

На підставі запропонованих методів мультиоб'єктного управління розроблені математичні моделі, які дозволили дослідити їх ефективність. Порівняльний аналіз ймовірно-часових характеристик, проведений з використанням цих моделей, дозволяє обґрунтовано вибрати найбільш ефективний метод мультиоб'єктного управління. Проведений аналіз показав, що найбільша помилка

управління можлива при застосуванні незалежних каналів. При паралельному управлінні об'єктами забезпечується мінімальний час і ймовірність помилки в порівнянні з іншими методами. Однак при цьому ускладнюється система управління мережею.

Результатом дослідження є методика для вдосконалення систем зберігання даних у сирому (первісному) форматі. Розглянута система дозволяє зберегти дані різного типу щодо різних структурних підрозділів підприємства. Крім цього система надає гнучкості для формування нових видів документів та поліпшує роботу як з сирими даними, так і з вже готовою інформацією.

Результати розробки можуть бути впроваджені на великих підприємствах, а також використовуватися у навчальному процесі під час підготовки фахівців у галузі знань 12 «Інформаційні технології», зокрема, у дисципліні «Бази даних».

Виявлено сутність впливу збільшення кількості вузлів первісної дискретизації інтегральної функції – регулятора вузлів на якість відтворення кривих ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом. Вона полягає в покращенні показників розподілу похибок апроксимації за ланками апроксимуючої ламаної, а, саме зниження варіації значень рядів похибок, що відображає стабілізацію значень похибок навколо середнього значення.

Експериментально підтверджено те, що вплив збільшення кількості вузлів дискретизації обмежується значеннями стабілізації, після яких різниця між дисперсіями розподілів похибок апроксимації не є значущою.

Дослідження з моделювання відтворення плоских кривих, що мають точки перегину, показали придатність застосування виразу інтегральної функції з оптимізацією параметру  $\alpha$  для регулювання розподілу вузлів лінійної інтерполяції таких кривих за асимптотично – оптимальним алгоритмом. При цьому обрання за цільову функцію максимуму серед похибок послідовності ланок ламаної дозволило забезпечити рівень похибок нижче граничного значення, однак повністю не усунуло аномалії занижених значень.

Набув подальшого розвитку методичний підхід щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри, практичне впровадження якого у діяльність дослідженого підприємства сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому;

Удосконалено практичні рекомендації до формування матриці стратегії розвитку персоналу на основі інтегрального оцінювання узгодження ефективності системи розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів підприємства, що дозволяє комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства при обґрунтуванні обсягів фінансування заходів щодо розвитку його персоналу;

Доведено, що під розвитком персоналу слід розуміти процес забезпечення системою управління організації гармонізації взаємних інтересів, адаптації, навчання та кар'єрного зростання співробітників, результатом якого є оволодіння ними такого рівня якості професійних ознак, який дозволяє досягти і організації і співробітникам конкурентних переваг у високомінливому ринковому середовищі.

Встановлено, що одним із структурних елементів системи управління розвитком персоналу є планування кар'єри, питання якого постають особливо гостро із-за змін, які проходять у сфері зайнятості: вони виникають не лише перед самими працівниками, а і перед працедавцями, адже оптимальне кар'єрне просування надає можливість досягти поставлених цілей не тільки працівникові, а й компанії завдяки ефективному розвитку і використанню персоналу.

Запропоновано методичний підхід щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри, практичне впровадження якого у діяльність дослідженого підприємства сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому

Розроблено практичні рекомендації до формування матриці стратегії розвитку персоналу на основі інтегрального оцінювання узгодження ефективності системи розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів підприємства, яка дозволяє комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства при обґрунтуванні обсягів фінансування заходів щодо розвитку його персоналу;

Підтверджено доцільність впровадження запропонованих заходів щодо удосконалення системи управління розвитком персоналу, оскільки занчення показників економічної ефективності їх реалізації свідчать про отримання суб'єктом господарювання 0,14 грн. з однієї гривні інвестованих у систему управління підприємством коштів.

Запропоновано послідовність впровадження гнучкої методології управління проектами в ІТ-підприємстві. Даний алгоритм може застосовуватися в ІТ-компаніях, які готові працювати в гнучкій системі. Для його впровадження знадобиться 14 робочих тижнів, спеціаліст з запровадження Agile підходів та команда від 20 до 50 чоловік. Також за результатами впровадження менеджер отримує відповідь не тільки, який інструмент найбільш гармонійно підходить його проекту, але і рекомендації з організації роботи команди проекту.

Основні результати дослідження реалізовані в навчальному процесі ХНЕУ ім. С. Кузнеця в дисциплінах: "Algorithms and data structures", "Програмування графіки", "Технології баз даних", "Бази даних", "Якість програмного забезпечення та тестування", "Бізнес-аналіз", "Основи управління ІТ-проектами".

АЛГОРИТМ, БАЗА ЗНАНЬ, ПРАВИЛА ПРОДУКЦІЇ, ФРЕЙМИ, СКЛАДНІСТЬ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ, ФІЛЬТРАЦІЯ БАЗИ ЗНАНЬ, РОЗПОДІЛЕНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ІНФОРМАЦІЙНИЙ СЕРВІС, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ТЕСТУВАННЯ, СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОЗЕР ДАНИХ, ІНТЕРПОЛЯЦІЯ, ЛАМАНА, ЕКВІДИСТАНТА, ІНТЕГРУВАННЯ, ПЛОСКА ПАРАМЕТРИЧНА КРИВА, ПОХИБКА, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПЕРСОНАЛУ ОРГАНІЗАЦІЇ, ГНУЧКІ МЕТОДОЛОГІЇ, AGILE, SCRUM, СПРИНТ, КАНВАН, ВПРОВАДЖЕННЯ, УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ, ВЛАСНИК ПРОДУКТУ, SCRUM-МАЙСТЕР.



## ЗМІСТ

Вступ.....	11
Розділ 1. Інформаційні технології в технічних системах.....	19
1.1. Використання чат-бота @es_economy_karkas_bot для онлайн консультації з експертною системою для визначення класу кредитоспроможності позичальника .....	19
1.2. Особливості використання NLP та Deeplearning для розробки сучасного інтелектуального чат-боту .....	33
1.3. Аналіз продуктивності сучасних розподілених обчислювальних систем для розв'язку задач машинного навчання.....	50
1.4. Моделювання процесу централізованого мультіоб'єктного управління ресурсами в розподілених ієрархічних мережах.....	67
1.5. Висновки за розділом .....	78
Розділ 2. Сучасні інформаційні системи у освіті.....	81
2.1. Удосконалення системи зберігання даних на основі озер даних.....	81
2.2. Висновки за розділом.....	85
Розділ 3. Сучасні технології розроблення програмних продуктів .....	86
3.1. Використання комп'ютерних систем для алгоритмічної підтримки асимптотично - оптимальних моделей.....	86
3.2. Висновки за розділом.....	105
Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу.....	107
4.1. Теоретичні засади управління розвитком персоналу .....	107
4.2. Методичний підхід щодо оцінювання сталості управління структурою капіталу із застосуванням контрольних карт якості У. Шухарта...	123
4.3. Моделювання кар'єрного розвитку персоналу із застосуванням ланцюгів Маркова.....	128
4.4. Моделювання стратегії розвитку персоналу на базі узгодження ефективності використання фінансових та трудових ресурсів.....	133

4.5. Впровадження методологій гнучкої розробки для підвищення ефективності діяльності ІТ-підприємства.....	142
4.6. Висновки за розділом.....	157
Висновки.....	158
Список використаної літератури .....	163
Додаток А. Інформація кафедри інформаційних систем про впровадження результатів науково-дослідної роботи у навчальний процес .....	173

## ВСТУП

Сучасний стан інформаційних технологій та систем можна охарактеризувати наступними тенденціями:

наявність великої кількості баз даних великого обсягу;

створення технологій, що забезпечують інтерактивний хмарний доступ користувача до інформаційних ресурсів;

включення в інформаційні системи елементів інтелектуалізації інтерфейсу користувача, експертних систем, систем глибокого навчання і машинного перекладу.

Стосовно до бізнесу ці тенденції призводять до: здійснення розподілених персональних обчислень, створення розвинених систем комунікацій, усунення проміжних ланок в системі прийняття рішення.

Поява нових інформаційних технологій та систем, поряд з уже наявними, просунутими областями їх використання, здатна формувати такі напрямки, які будуть давати найбільший ефект і сприяти підвищенню технологічного рівня наукомістких виробництв.

Відповідно до закону України “Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки” одним з таких пріоритетних напрямків розвитку на період до 2020 р. визначені інформаційні та комунікаційні технології.

Найважливішими питаннями, які вимагають свого вирішення, є використання інформаційних систем і технологій в тих сферах, які на даний момент часу є пріоритетними або базовими для реалізації державних програм і проектів. У зв'язку з цим актуальність розробки нових стратегій, концепцій, підходів і методів моделювання та проектування інформаційних систем різного функціонального призначення безсумнівна, включаючи ту сукупність застосовуваних інструментів, які самі є об'єктами наукових досліджень.

Необхідно також відзначити, що поява нових інформаційних систем і технологій, поряд з уже наявними, просунутими областями їх використання, самі здатні формувати такі напрямки, які будуть давати найбільший ефект і сприяти підвищенню технологічного рівня наукомістких виробництв.

Розділ 1 "Інформаційні технології в технічних системах" присвячено висвітленню питань щодо дослідження методів та засобів інформаційних технологій при моделюванні та оптимізації технічних систем.

У підрозділі 1.1 представлені результати інтегрування чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot з експертною системою для організації консультування в режимі онлайн. Розглянуто алгоритм взаємодії чат-бота і агентів експертної системи в онлайн режимі.

В даний час онлайн спілкування відіграє величезну роль в житті людей. Тому багато компаній використовують текстові повідомлення як для спілкування між співробітниками (чати), так і для консультації з експертними системами в онлайн режимі за допомогою чат-ботів.

Один з головних напрямків штучного інтелекту - це розробка інтелектуальних систем. Цей напрямок переслідує моделювання мистецтва людини аналізувати, структурувати, витягувати і застосовувати знання в погано формалізованих предметних областях. Яскравим представником таких систем є експертні системи (ЕС).

Експертні системи - це клас комп'ютерних систем, які можуть давати пораду на рівні експерта: консультувати, ставити діагноз з певним ступенем впевненості, пояснювати свої висновки. Ядром експертної системи є база знань і алгоритм прийняття рішення (машина висновку).

У бізнес-середовищі корпоративним стандартом комунікацій став безкоштовний месенджер TELEGRAM. Це обумовлено наступними причинами: високим ступенем шифрування даних в ньому, стабільністю роботи, можливістю передачі великих обсягів інформації, відкритістю протоколу, кроссплатформенністю.

З іншого боку, що дуже важливо для інтегрування месенджера TELEGRAM в інших програмах це те, що розробники надає бібліотеку на основі API для роботи з чат-ботами.

Чат-боти популярні у фінансовій галузі оскільки володіють такими перевагами, як віддалене підключення і віртуальне присутність. Крім того, допомагають в обслуговуванні клієнтів, що дозволяє, наприклад, банкам скоротити операційні витрати.

У підрозділі 1.2 було розглянуто підходи щодо рішення ключової задачі NLP -класифікації тексту та аналізу тональності тексту. Для сучасного впровадження рішення розглянуто реалізації на основі Deep Learning, зокрема згорткової нейронної мережі (CNN). Імплементация рішення здійснено на базі сервісів

AWS, зокрема на основі використання EC2 та образу AWS Deep Learning Container.

Однією із сфер застосування хмарних обчислень є розв'язання задач машинного навчання. Здебільшого для їх розв'язку створюється кластер з декількох обчислювальних машин, спеціально оптимізованих під конкретний тип задачі. На побудування локального кластеру потрібно багато ресурсів, часу та простору, тому набагато ефективніше для його створення використовувати платформу хмарних обчислень.

Метою роботи є дослідження продуктивності роботи з кластером Apache Spark на платформі Azure для різних конфігурацій віртуальних машин для методів машинного навчання шляхом проведення експериментального дослідження щодо виявлення найбільш оптимальної конфігурації.

У результаті дослідження в підрозділі 1.3 було протестовано різні конфігурації віртуальних машин для ПЗ Apache Spark у Azure HDInsight, різні конфігурації компонентів Apache Spark, обрані і підключені БД для тестування бенчмарку Spark-Perf, проведені обчислювальні експерименти та статистичний аналіз отриманих результатів тестування методів машинного навчання в тестах Spark-Perf на основі лог-файлів.

Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації конфігурації кластеру при розв'язанні задач машинного навчання.

В підрозділі 1.4 представлені результати:

1. На підставі узагальненої моделі технології централізованого методу управління інформаційного процесами в комп'ютерних мережах розроблено математичну модель технології інформаційного забезпечення вирішення завдань управління комп'ютерної мережі. Запропонована модель дозволяє враховувати особливості послідовного або паралельного управління об'єктами, інформаційного забезпечення процесу управління, контролю результатів цього управління та усунення виявлених помилок.

2. Розроблено методику визначення функцій дуг ймовірно-часових графів технології збору інформації. Запропонована методика дозволяє задати параметри моделі технології збору інформації з урахуванням структури КМ, стану КМ і її елементів та методу передачі повідомлень.

3. Проведено порівняльний аналіз варіантів інформаційного забезпечення. Побудовано графіки залежності відносного середнього часу збору інформації від

стану каналу зв'язку (ймовірності спотворення одного біта), ймовірності вільності абонентів і ймовірності можливого конфлікту. При цьому показано, що час збору інформації істотно зростає при використанні будь-якого з аналізованих варіантів. Час збору інформації за запитом більш ніж в два рази перевищує аналогічну характеристику при використанні інших варіантів. Істотний вплив на час збору робить ймовірність вільності абонента, ймовірність розпізнавання службових пакетів, ймовірність виникнення конфлікту при зборі інформації. Можна зробити висновок про необхідність передбачити заходи щодо їх розрізнення і розпізнавання службових повідомлень з ймовірністю не гірше 0.9.

4. На підставі аналізу загального варіанта мультиоб'єктного управління розглянуті три методи. Перший метод передбачає процес управління організувати по кожному об'єкту окремо. В цьому випадку процеси управління багатьма об'єктами незалежні один від одного. Системи управління об'єктами автономні. Другий метод передбачає послідовне управління і контроль правильності цього управління об'єктами мережі з усуненням виявлених помилок. При третьому методі процес управління здійснюється паралельно всіма об'єктами. У разі виявлення помилки управління будь-яким об'єктом процес управління повторюється по всіх об'єктах. При використанні другого і третього методів завдання управління мережею можливо вирішувати оптимально з урахуванням досягнутих результатів на кожному об'єкті.

5. На підставі запропонованих методів мультиоб'єктного управління зроблені математичні моделі, які дозволили дослідити їх ефективність. Порівняльний аналіз ймовірностно-часових характеристик, проведений з використанням цих моделей, дозволяє обґрунтовано вибрати найбільш ефективний метод мультиоб'єктного управління. Проведений аналіз показав, що найбільша помилка управління можлива при застосуванні незалежних каналів. При паралельному управлінні об'єктами забезпечується мінімальний час і ймовірність помилки в порівнянні з іншими методами. Однак при цьому ускладнюється система управління мережею.

## Розділ 2. Сучасні інформаційні системи у освіті.

Кожне велике підприємство стикається з проблемою збереження та ефективної обробки великого обсягу даних. Тому дуже гостро постає питання створення або удосконалення системи зберігання даних, яке буде повністю відповідати потребам підприємства у сучасному світі. Це дозволить підвищити

ефективність роботи підприємства, зокрема різних її підрозділів, полегшити їх взаємодію, а також може значно зменшити витрати на підтримку системи зберігання даних. Проблема вибору форми зберігання даних загострюється у зв'язку з необхідністю виконання великих обсягів попередніх робіт для збереження даних у сховищах даних. Тому набуває актуальності задача збереження даних у їхньому первісному форматі.

В підрозділі 2.1 результатом дослідження є методика для вдосконалення систем зберігання даних у сирому (первісному) форматі.

Розглянута система дозволяє зберегти дані різного типу щодо різних структурних підрозділів підприємства. Крім цього система надає гнучкості для формування нових видів документів та поліпшує роботу як з сирими даними, так і з вже готовою інформацією.

Результати розробки можуть бути впроваджені на великих підприємствах, а також використовуватися у навчальному процесі під час підготовки фахівців у галузі знань 12 «Інформаційні технології», зокрема, у дисципліні «Бази даних».

Розділ 3. Сучасні технології розроблення програмних продуктів.

Розглядається моделювання апроксимації плоских параметричних кривих ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом інтерполяції в хаусдорфовій метриці на основі обчислення похибок апроксимації, досліджено вплив кількісної характеристики ступеню дискретизації інтегральної функції - регулятора вузлів інтерполяції на показники розподілу похибок.

Апроксимація кривих ламаними привертає увагу з метою її застосування до відтворення об'єктів складної форми на комп'ютері, верстаті з ЧПК та 3D принтері. При цьому бажано мати найменшу кількість ланок ламаної, що замінює криву, зі збереженням необхідної точності відтворення.

Була розглянута теоретична основа досліджень – рівняння, що визначають кількість вузлів інтерполяційної ламаної та умови отримання значень параметру кривої для визначення вузлів асимптотично оптимальної вибірки. Далі в роботі було запропоновано алгоритм отримання значень ряду вузлів складений на основі чисельного інтегрування функції розподілу та лінійній інтерполяції її значень. Обґрунтовано методику оцінки результатів моделювання апроксимації реальних кривих, що базується на статистичній обробці рядів відносних похибок ланок ламаної. Проведено моделювання апроксимації реальних кривих та досліджено вплив на показники розподілу похибок кількісної характеристики

ступеню дискретизації інтегральної функції - регулятора вузлів. У випадку інтерполяції плоскої кривої, що містить точки перегину, монотонність функції – регулятора порушується. Тому до цієї функції вноситься доданок, що залежить від вільного параметру. Для того, щоб виявити потрібне значення цього параметра в роботі проведено аналіз можливих критеріїв, що виявляють серед можливих варіантів оптимальний розподіл вузлів інтерполяції. Було досліджено залежності статистичних характеристик послідовностей похибок апроксимації для ланок ламаної від зміни параметру регулятора вузлів. Проаналізувавши вказані залежності побудовані для конкретних кривих було визначено, що критерієм оптимальності більш відповідає величина максимальної серед похибок послідовності ланок ламаної. Мінімізація цієї характеристики за методом золотого перетину дала прийнятні результати апроксимації для прикладів кривих з однією та двома точками перегину.

В підрозділі 3.1 результатом дослідження є розробка та вдосконалення методів адаптивної шматково - лінійної апроксимації та, їх алгоритмічна підтримка в комп'ютерних системах.

Було використано методи геометричного моделювання, що ґрунтуються на основі аналітичної, диференціальної геометрії, методи чисельного аналізу та статистичного аналізу даних. Також в роботі використано комп'ютерне моделювання та візуалізацію результатів з використанням бібліотек Matplotlib, NumPy, SciPy та мови програмування Python.

Виявлено сутність впливу збільшення кількості вузлів первісної дискретизації інтегральної функції – регулятора вузлів на якість відтворення кривих ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом. Вона полягає в покращенні показників розподілу похибок апроксимації за ланками апроксимуючої ламаної, а, саме зниження варіації значень рядів похибок, що відображає стабілізацію значень похибок навколо середнього значення.

Експериментально підтверджено те, що вплив збільшення кількості вузлів дискретизації обмежується значеннями стабілізації, після яких різниця між дисперсіями розподілів похибок апроксимації не є значущою.

Дослідження з моделювання відтворення плоских кривих, що мають точки перегину, показали придатність застосування виразу інтегральної функції з оптимізацією параметру  $\alpha$  для регулювання розподілу вузлів лінійної інтерполяції таких кривих за асимптотично – оптимальним алгоритмом. При цьому обрання



за цільову функцію максимуму серед похибок послідовності ланок ламаної дозволило забезпечити рівень похибок нижче граничного значення, однак повністю не усунуло аномалії занижених значень.

#### Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу.

Обрання Україною курсу на європейську інтеграцію, як стратегічного напрямку її економічного розвитку, вимагає акцентованої уваги до вирішення завдання підготовки вітчизняних підприємств до існування в умовах конкуренції міжнародних ринків товарів, послуг, капіталу і праці. Успіх цього процесу залежить від багатьох факторів, серед яких найважливішим є гармонізація національних норм, вимог та правил з європейськими та міжнародними, і, зокрема, у галузі управління персоналом, оскільки успіх будь-якої організації за сучасних умов високої мінливості економічного простору у значній мірі залежить від його компетентності, належної освіти, професійної підготовки та кваліфікації.

У підрозділі 4.1 доведено, що під розвитком персоналу слід розуміти процес забезпечення системою управління організації гармонізації взаємних інтересів, адаптації, навчання та кар'єрного зростання співробітників, результатом якого є оволодіння ними такого рівня якості професійних ознак, який дозволяє досягти і організації і співробітникам конкурентних переваг у високомінливому ринковому середовищі.

У підрозділі 4.2 встановлено, що одним із структурних елементів системи управління розвитком персоналу є планування кар'єри, питання якого постають особливо гостро із-за змін, які проходять у сфері зайнятості: вони виникають не лише перед самими працівниками, а і перед працедавцями, адже оптимальне кар'єрне просування надає можливість досягти поставлених цілей не тільки працівникові, а й компанії завдяки ефективному розвитку і використанню персоналу.

У підрозділі 4.3 запропоновано методичний підхід щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри, практичне впровадження якого у діяльність дослідженого підприємства сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому.

Розроблено практичні рекомендації до формування матриці стратегії розвитку персоналу на основі інтегрального оцінювання узгодження ефективності системи розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів

підприємства, яка дозволяє комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства при обґрунтуванні обсягів фінансування заходів щодо розвитку його персоналу.

У підрозділі 4.4 підтверджено доцільність впровадження запропонованих заходів щодо удосконалення системи управління розвитком персоналу, оскільки занчення показників економічної ефективності їх реалізації свідчать про отримання суб'єктом господарювання 0,14 грн. з однієї гривні інвестованих у систему управління підприємством коштів.

У підрозділі 4.5 запропоновано послідовність впровадження гнучкої методології управління проектами в ІТ-підприємстві. Даний алгоритм може застосовуватися в ІТ-компаніях, які готові працювати в гнучкій системі. Для його впровадження знадобиться 14 робочих тижнів, спеціаліст з запровадження Agile підходів та команда від 20 до 50 чоловік. Також за результатами впровадження менеджер отримає відповідь не тільки, який інструмент найбільш гармонійно підходить його проекту, але і рекомендації з організації роботи команди проекту.

## РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

1.1. Використання чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot для онлайн консультації з експертною системою для визначення класу кредитоспроможності позичальника

Один з головних напрямків штучного інтелекту - це розробка інтелектуальних систем. Цей напрямок переслідує моделювання мистецтва людини аналізувати, структурувати, витягувати і застосовувати знання в погано формалізованих предметних областях. Яскравим представником таких систем є експертні системи (ЕС).

Експертні системи - це клас комп'ютерних систем, які можуть давати пораду на рівні експерта: консультувати, ставити діагноз з певним ступенем впевненості, пояснювати свої висновки. Ядром експертної системи є база знань і алгоритм прийняття рішення (машина висновку).

На шляху створення експертних систем існує кілька перешкод, наприклад, несуперечливість знань в базі знань і її динамічний супровід.

Система «КАРКАС» є інструментарій для розробки прототипів баз знань для експертних и експертно-навчальних систем як в офлайн, так і онлайн режимах на смартфонах. Подання знань ґрунтується на ієрархічній функціональній системі, яка генерується системою "КАРКАС" на базі правил продукцій и фреймів.

Машина висновку використовує ієрархічну функціональну систему під час проведення консультації з користувачем. Користувач може вибрати різні режими роботи машини висновку: використання прямого висновку, зворотнього висновку, непрямого висновку, формули Байєса, таблиці критеріїв, коли консеквент продукції представляє собою список параметрів.

Система "КАРКАС" реалізує основні інструментальні засоби, сервіси (middleware, каркаси) для побудови баз знань предметної області за допомогою ієрархічної функціональної системи і таким чином, полегшує побудову експертних систем.

В даний час онлайн спілкування відіграє величезну роль в житті людей. Тому багато компаній використовують текстові повідомлення як для

спілкування між співробітниками (чати), так і для консультації з експертними системами в онлайн режимі за допомогою чат-ботів [1, 2].

У бізнес-середовищі корпоративним стандартом комунікацій став безкоштовний месенджер TELEGRAM. Це обумовлено наступними причинами: високим ступенем шифрування даних в ньому, стабільністю роботи, можливістю передачі великих обсягів інформації, відкритістю протоколу, кроссплатформенністю.

З іншого боку, що дуже важливо для інтегрування месенджера TELEGRAM в інших програмах це те, що розробники надає бібліотеку на основі API для роботи з чат-ботами.

Чат-боти популярні у фінансовій галузі оскільки володіють такими перевагами, як віддалене підключення і віртуальне присутність. Крім того, допомагають в обслуговуванні клієнтів, що дозволяє, наприклад, банкам скоротити операційні витрати.

#### **Основна частина**

Чат-бот @es\_economy\_karkas\_bot месенджера TELEGRAM, використовує месенджер як інтерфейс для онлайн спілкування користувача з системою "КАРКАС" для прийняття ефективних рішень в економіко-фінансовій сфері. Повідомлення команди чат-бота / help показано на рис. 1.

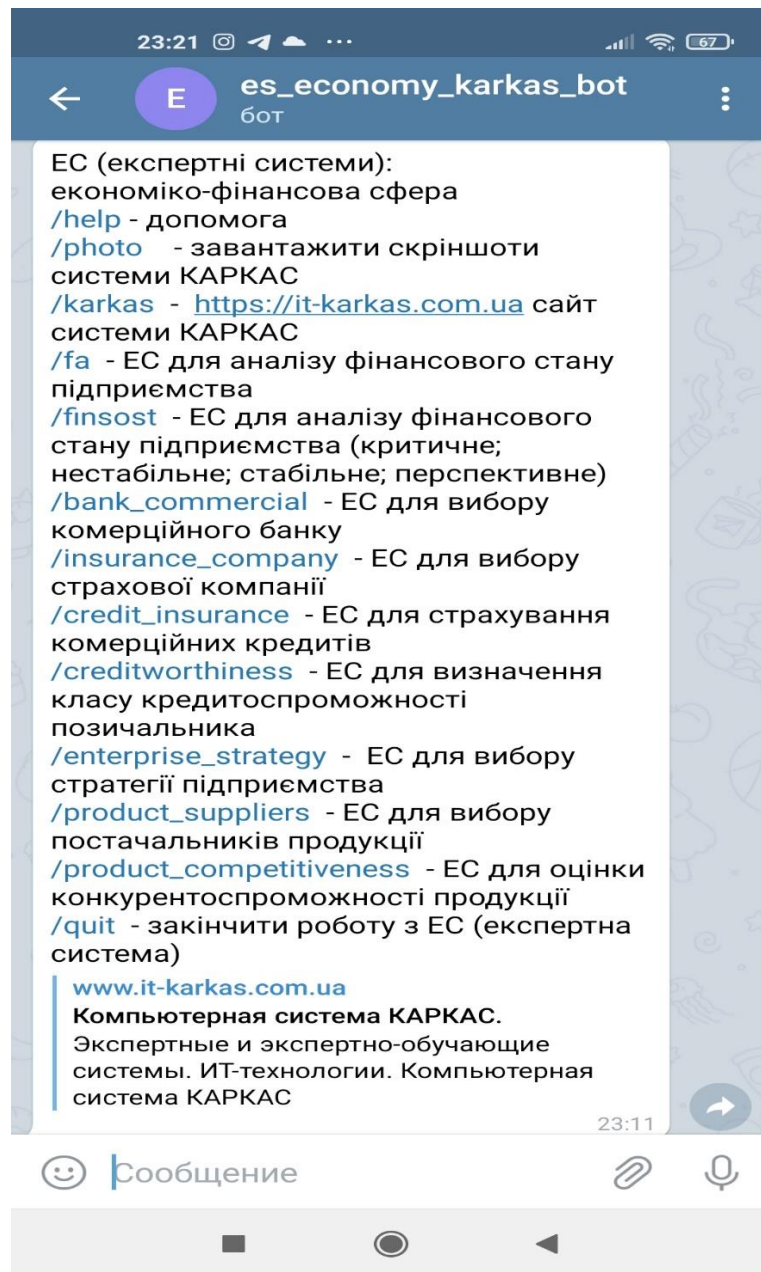


Рисунок 1 – Повідомлення команди / help чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot

Детальніше про командах чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot:

/fa викликає прототип ЕС для аналізу фінансового стану підприємства, призначена для підвищення якості результату оцінки фінансового стану підприємства;

/finsost викликає прототип ЕС для аналізу фінансового стану підприємства (критичне, нестабільне, стабільне, перспективне);

/bank\_commercial викликає прототип ЕС по підбору банку для фінансового обслуговування підприємства;

/insurance\_companу викликає прототип ЕС для вибору страхової компанії;  
 /credit\_insurance викликає прототип ЕС для страхування комерційних кредитів;

/enterprise\_strategy викликає прототип ЕС для вибору стратегії підприємства;

/product\_suppliers викликає прототип ЕС для вибору постачальників продукції;

Розглянемо структуру бази знань прототипу ЕС для визначення класу кредитоспроможності позичальника, яка викликається командою / creditworthiness.

Оцінка кредитоспроможності становить особливий інтерес для банків, тому що їхня прибутковість і ліквідність багато в чому залежать від фінансового стану клієнтів. Надійність, фінансова стійкість клієнтів зменшують банківські ризики й сприяють одержанню банком більш високого доходу. Необхідно побудувати онтологію за оцінкою класу кредитоспроможності позичальника.

Призначення прототипу ЕС: консультування щодо питання оцінки кредитоспроможності підприємства для видачі банком кредиту й зменшення ризику.

Сфера застосування: банки, комерційні установи.

Ціль: визначити клас кредитоспроможності позичальника.

Очікувані результати: визначити значення класу кредитоспроможності позичальника залежно від фінансових і якісних показників, що потім буде прийматися до уваги працівниками банку або іншої комерційної установи при видачі кредиту позичальнику.

Вхідні дані:

для аналізу фінансових показників: значення абсолютної, поточної, загальної ліквідності; структури капіталу; оборотності капіталу; забезпеченості власними джерелами фінансування;

для аналізу якісних показників: аналіз і оцінка кредитної історії позичальника, оцінка ринкової позиції позичальника, оцінка ліквідності застави, оцінка ефективності керування й ділових якостей керівника.

В оцінці фінансової діяльності підприємства оцінюють такі економічні нормативи, як:

коефіцієнт абсолютної ліквідності;

коефіцієнт поточної ліквідності;

коефіцієнт загальної ліквідності;

коефіцієнт структури капіталу (незалежності);

коефіцієнт оборотності капіталу;

коефіцієнт забезпеченості власними джерелами фінансування.

У табл. 1 наведена характеристика системи коефіцієнтів, які використовуються для оцінки фінансового стану позичальника.

Таблиця 1 – Система коефіцієнтів

Найменування коефіцієнта	Характеристика коефіцієнта
Поточна ліквідність	Характеризує, чи здатний позичальник розрахуватися за борговими зобов'язаннями у встановлений термін: $КТЛ = \text{Поточні активи} / \text{Поточні пасиви}$
Загальна ліквідність	Характеризує, наскільки обсяг короткострокових зобов'язань можна погасити за рахунок усіх ліквідних активів
Абсолютна ліквідність	Характеризує, як швидко короткострокові зобов'язання можуть бути погашені високоліквідними активами: відношення суми коштів і короткострокових фінансових вкладень до суми короткострокових зобов'язань
Структура капіталу	Характеризує ступінь фінансового ризику й визначає відношення притягнутих і власних засобів
Оборотність капіталу	Характеризує ступінь мобільності використання власних засобів: відношення виторгу від реалізації до вартості майна
Забезпеченість власними джерелами фінансування (левериджу)	Характеризує ступінь забезпеченості позичальника власним капіталом

Система коефіцієнтів дозволяє визначити фінансовий показник кредитоспроможності позичальника як відношення суми балів усіх показників до їхньої кількості. Кожний з коефіцієнтів буде оцінений за 5-бальною шкалою. Найбільш сприятливим значенням показників привласнюється оцінка "п'ять", найменш сприятливим – "один". Діапазон значень для їхньої оцінки наведений в табл. 2.

Таблиця 2 – Граничні значення показників для 5-бального оцінювання

Найменування показників	Граничні значення показників				
	"5"	"4"	"3"	"2"	"1"
1	2	3	4	5	6
Поточна ліквідність	2 .. 2.5	1 .. 1.99	0.7 .. 0.99	0.5 .. 0.69	<0.5
Загальна ліквідність	1 .. 10	0.7 .. 0.99	0.4 .. 0.69	0.2 .. 0.39	<0.2
Абсолютна ліквідність	0.2 .. 10	0.15 .. 0.19	0.1 .. 0.14	0.06 .. 0.1	<0.06
Структура капіталу (незалежності)	0.7 .. 0.8	0.6 .. 0.69	0.5 .. 0.59	0.4 .. 0.49	<0.39
1	2	3	4	5	6
Оборотність капіталу	0.5 .. 0.55	0.3 .. 0.49	0.2 .. 0.29	0.1 .. 0.19	<0.1
Забезпеченість власними джерелами фінансування	0.6 .. 0.8	0.5 .. 0.59	0.3 .. 0.49	0.1 .. 0.29	<0.1

Для оцінки якісних показників діяльності позичальника використовуються наступні показники:

аналіз і оцінка кредитної історії позичальника в частині історії його взаємовідносин з банком;

оцінка ринкової позиції позичальника;

оцінка ефективності керування й ділових якостей керівника;

оцінка ліквідності застави.

За сукупністю балів, розрахованих при оцінці фінансового стану і якісних показниках діяльності, позичальник ставиться до відповідного класу кредитоспроможності. Усього встановлено 5 класів кредитоспроможності: А, Б, В, Г, Д [3]. Аргументація класу кредитоспроможності наведена в правилах бази знання.

У результаті такої комплексної оцінки позичальника повинне бути прийняте зважене управлінське рішення про доцільність видачі або відмову в кредиті даному конкретному позичальнику.

У предметній області виділені класи, які представлені в табл. 3.



Таблиця 3 – Класи БЗ

Клас	Кількість примірників класу	Рівень ієрархії класів
Клас кредитоспроможності	26	1
Оцінка якісних показників	6	2
Оцінка фінансового стану	17	2

Схема можливостей для визначення класу кредитоспроможності позичальника подане на рис. 2.

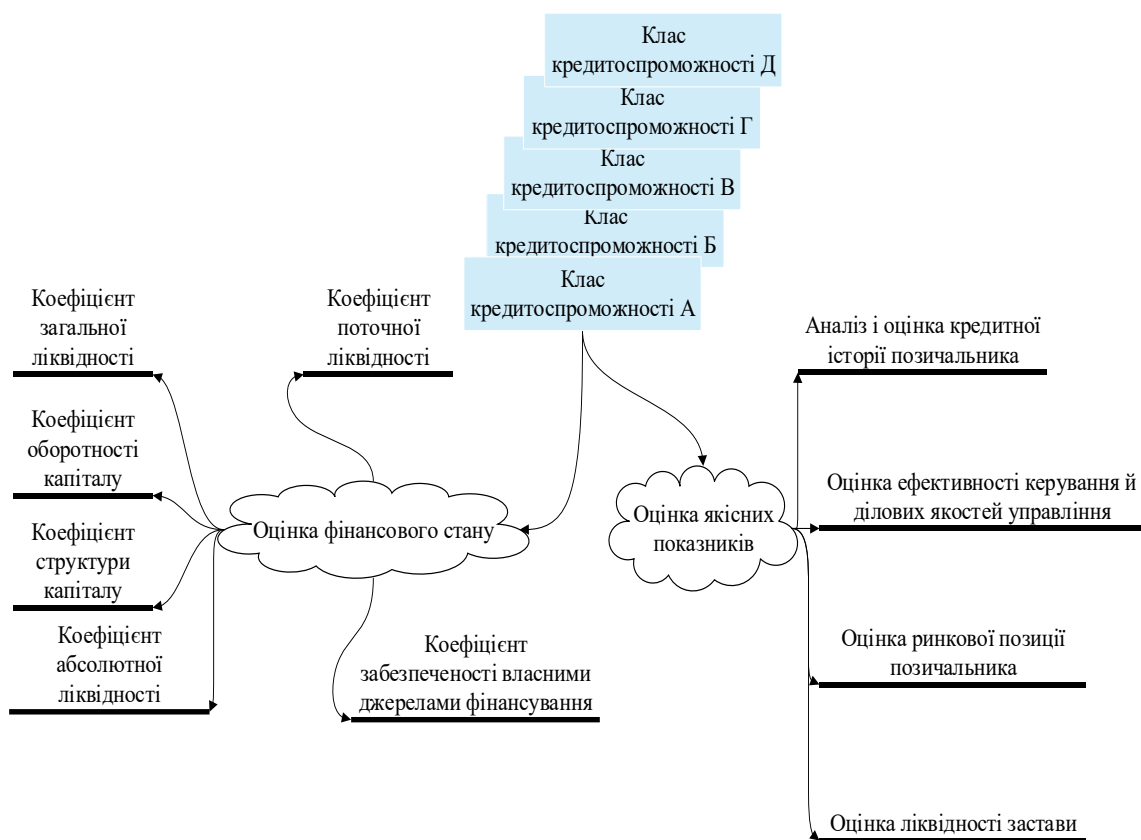


Рисунок 2 – Схема можливостей для визначення класу кредитоспроможності позичальника

Аналогічним чином прототип ЕС буде варіанти для визначення оцінки фінансових показників позичальника, оцінки якісних показників позичальника, оцінки класу кредитоспроможності позичальника.

Наприклад, дерево логічних можливостей визначення оцінки фінансових показників позичальника приведена на рис. 3.

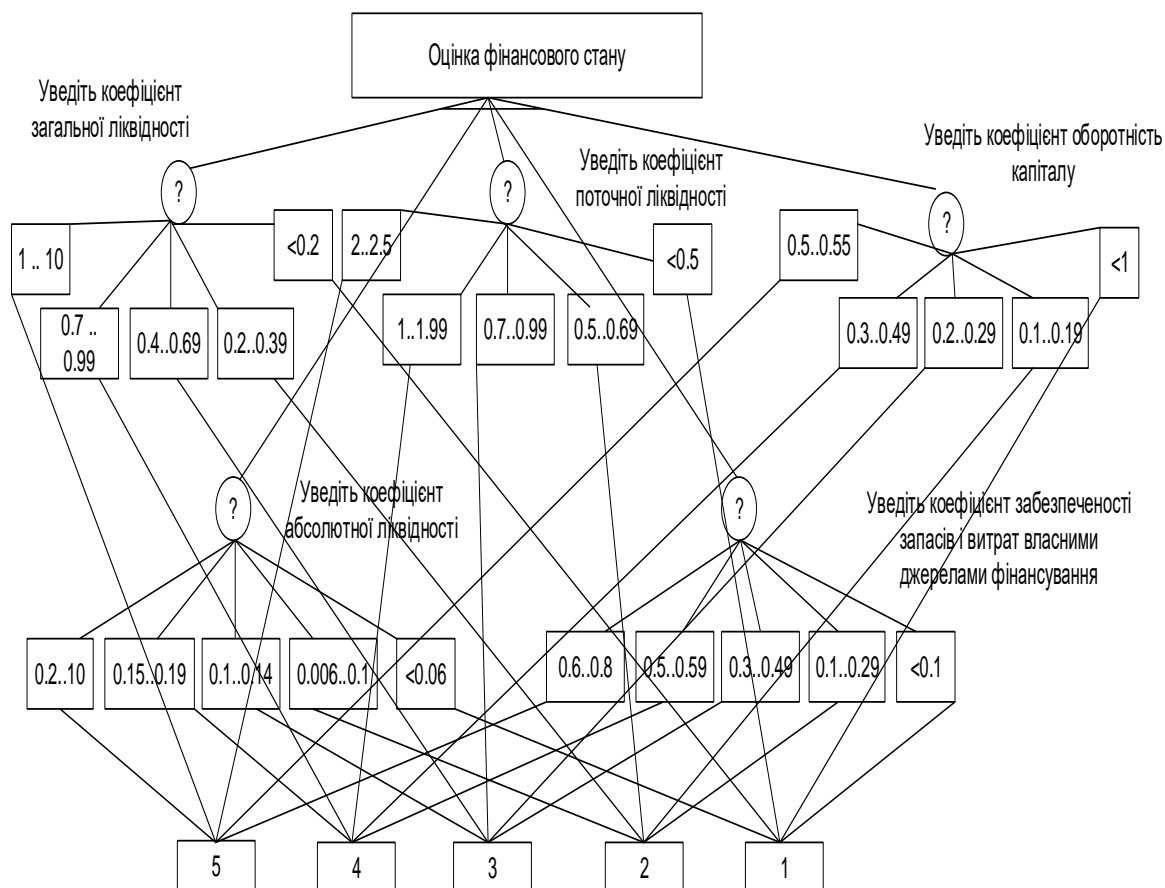


Рисунок 3 – Дерево логічних можливостей визначення оцінки фінансового стану позичальника

Оцінка класу кредитоспроможності визначається на основі оцінки фінансових і якісних показників позичальника, наприклад, в наступних представлених правилах.

Правило 1. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Коефіцієнт абсолютної ліквідності = 0.2 .. 10

B Коефіцієнт поточної ліквідності = 2 .. 2.5

C Коефіцієнт загальної ліквідності = 1 .. 10

D Коефіцієнт оборотності капіталу = 0.5 .. 0.55

E Коефіцієнт структури капіталу = 0.7 .. 0.8

F Коефіцієнт забезпеченості власними джерелами фінансування = 0.6 ..

0.8

ТО

Оцінка фінансового стану = 5.

Фрагмент дерева логічних можливостей визначення оцінки якісних показників позичальника приведена на рис. 4.

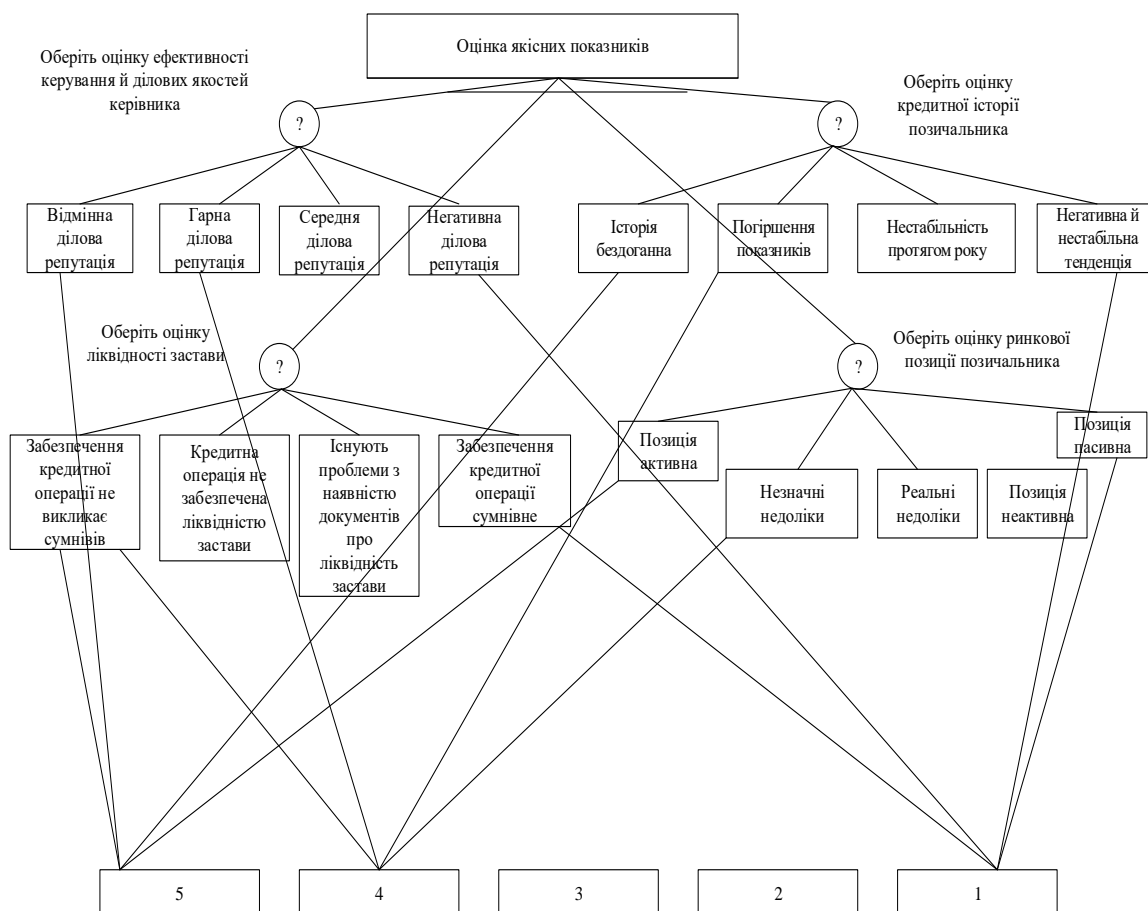


Рисунок 4 – Фрагмент дерева логічних можливостей визначення оцінки якісних показників позичальника

Одне з правил для визначення оцінки якісних показників позичальника має наступний вид:

Правило 6. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Аналіз і оцінка кредитної історії позичальника = Історія бездоганна

B Оцінка ринкової позиції позичальника = Позиція активна

C Оцінка ліквідності застави = Забезпечення кредитної операції не викликає сумнівів

D Оцінка ефективності керування й ділових якостей управління = Відмінна ділова репутація

ТО

Оцінка якісних показників = 5.

Зауваження. Якщо під час консультації машина висновку не знайшла відповідне правило, тоді активізується фрейм 3 слоти, якого заповнюються відповідями користувача. Таким чином, експерту надається можливість або додати нове правило або виключити такий варіант прийняття рішення машиною висновку.

Приклад фрейм 3:

Фрейм 3.

Ім'я слоту | Тип слоту | Спадкування

Аналіз і оцінка кредитної історії позичальника | Заміщення | н

Оцінка ефективності керування й ділових якостей керівника | Заміщення |

н

Оцінка ліквідності застави | Заміщення | н

Оцінка ринкової позиції позичальника | Заміщення | н

Цільовий слот.

Оцінка якісних показників | НЕ ВИЗНАЧЕНО.

Дерево логічних можливостей для визначення класу кредитоспроможності позичальника подане на рис. 5, де дужкою позначена вершина типу "Г", а відсутність дужки – "АБО".

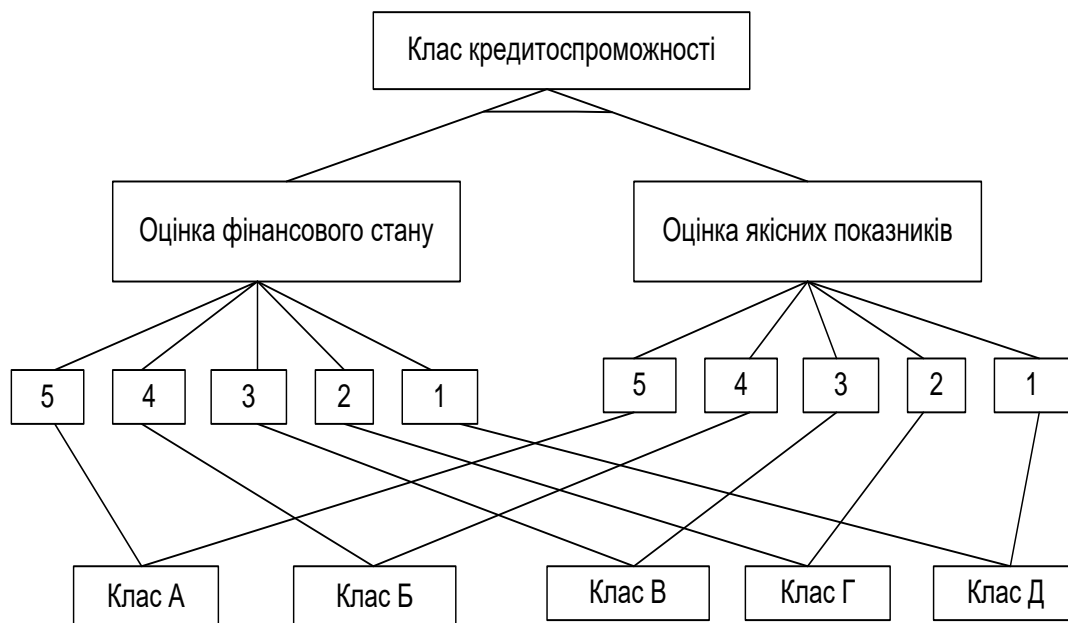


Рисунок 5 – Дерево логічних можливостей для визначення класу кредитоспроможності позичальника

Наступне правило демонструє аргументацію прийняття рішення.

Правило 11. A&B#.

ЯКЩО

A Оцінка якісних показників = 5

B Оцінка фінансового стану = 5

ТО

Клас кредитоспроможності = А.

Аргументація. Фінансова діяльність задовільна, що свідчить про можливість вчасно погасити заборгованість за кредитними операціями, в тому числі погашення основної суми боргу і відсотків по ньому відповідно до умов кредитної угоди і економічних показників в межах встановлених значень.

Кредитна історія позичальника бездоганна.

Ринкова позиція позичальника активна, що дає можливість гнучко реагувати на зміни кон'юнктури ринку, збільшувати власну конкурентно-здатність, зменшувати ризик неповернення кредиту.

Вище керівництво позичальника має відмінну ділову репутацію.

Забезпечення кредитної операції не викликає сумнівів.

Правило 14. A&B#.

ЯКЩО

A Оцінка якісних показників = 2

B Оцінка фінансового стану = 2

ТО

Клас кредитоспроможності = Г.

Аргументація. Фінансова діяльність незадовільна, економічні показники не відповідають установленим значенням.

Кредитна історія позичальника характеризується нестабільністю протягом року.

Ринкова позиція позичальника неактивна, що приводить до ризику значних збитків, до низької ймовірності повного погашення кредитної заборгованості й відсотків.

Вище керівництво позичальника має негативну ділову репутацію.

Забезпечення кредитної операції сумнівне.

Правило 15. A&B#.

ЯКЩО

A Оцінка якісних показників = 1

В Оцінка фінансового стану = 1

ТО

Клас кредитоспроможності = Д.

Аргументація. Фінансова діяльність незадовільна, є збитки, економічні показники не відповідають установленим значенням.

Кредитна історія позичальника характеризується негативними й нестабільними тенденціями.

Ринкова позиція позичальника пасивна, що свідчить про відсутність імовірності виконання зобов'язань позичальником.

Вище керівництво позичальника має негативну ділову репутацію.

Кредитна операція не забезпечена ліквідною заставою.

Фрейм 2.

Ім'я слоту | Тип слоту | Спадкування

Оцінка якісних показників | Заміщення | н

Оцінка фінансового стану | Заміщення | н

Цільовий слот.

Клас кредитоспроможності | НЕ ВИЗНАЧЕНО.

Зауважимо що, фрейм 2 активізується, коли не знайдено значення фінансового і якісного показників.

Машина висновку системи "КАРКАС" використовує ієрархічну функціональну систему під час проведення консультації з користувачем. Користувач може вибрати різні режими роботи машини висновку: використання прямого висновку, зворотнього висновку, непрямого висновку, формули Байєса, таблиці критеріїв, коли консеквент продукції представляє собою список параметрів.

Вид ієрархічної функціональної системи для вибору класу кредитоспроможності позичальника наведено на рис. 6.

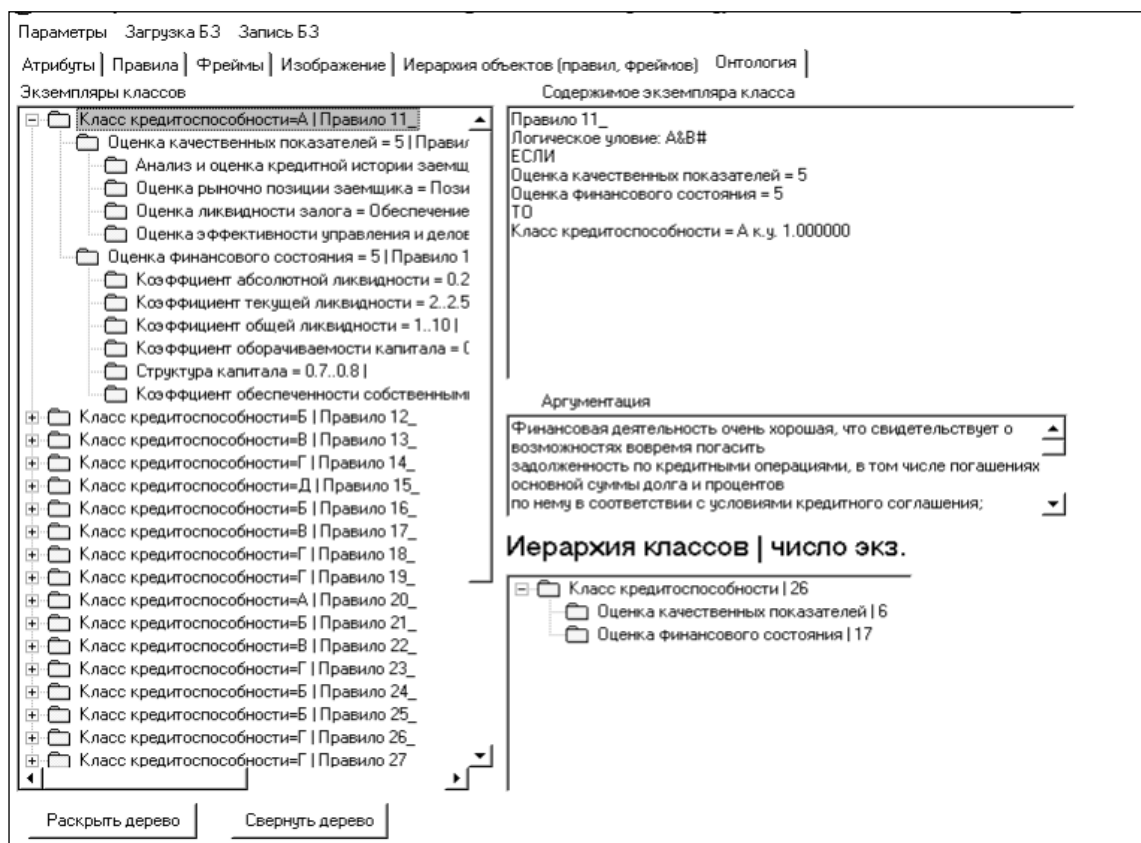


Рисунок 6 – Вид ієрархічної функціональної системи для вибору класу кредитоспроможності позичальника

Модуль онлайнвої консультації (співрозмовник) системи "КАРКАС" дозволяє за допомогою месенджера TELEGRAM обмінюватися повідомленнями з базами знань через Інтернет.

Агенти консультації та діалогу обмінюються повідомленнями між собою для виконання наступних операцій:

1. Натискання: кнопок, чек боксів, радіо кнопок.
2. Передача і прийом повідомлень між візуальними об'єктами на формі.

Таким чином, зазначені вище модулі виконують функції агентів і в цьому сенсі імплементований чат-бот @es\_economy\_karkas\_bot в систему "КАРКАС" можна розглядати, як багатоагентну систему.

Передача і прийом повідомлень агента консультації.

1. Активувати додаток (es\_economy\_karkas\_bot.exe), що запускає бот, можна на ресурсі, що має доступ до інтернету (хостинг, домашній комп'ютер). Потім в месенджері телеграм запусити його: @es\_economy\_karkas\_bot. Набрати команди / help або / start бот і бот запропонує вибрати команди для запуску експертних систем, тестів (рис. 1).

2. Наприклад, при виборі команди `/creditworthiness` виконуються наступні операції:

завантажується база знань `creditworthiness.knb` з сайту <https://it-karkas.com.ua>;

виконується модуль консультації і запускається машина висновку експертної системи;

активізується модуль діалогу.

3. Результат консультації експертної системи передається боту по широкомовному протоколу.

Архітектура інтеграції чат-бота з системою "КАРКАС" наведено на рис. 7.

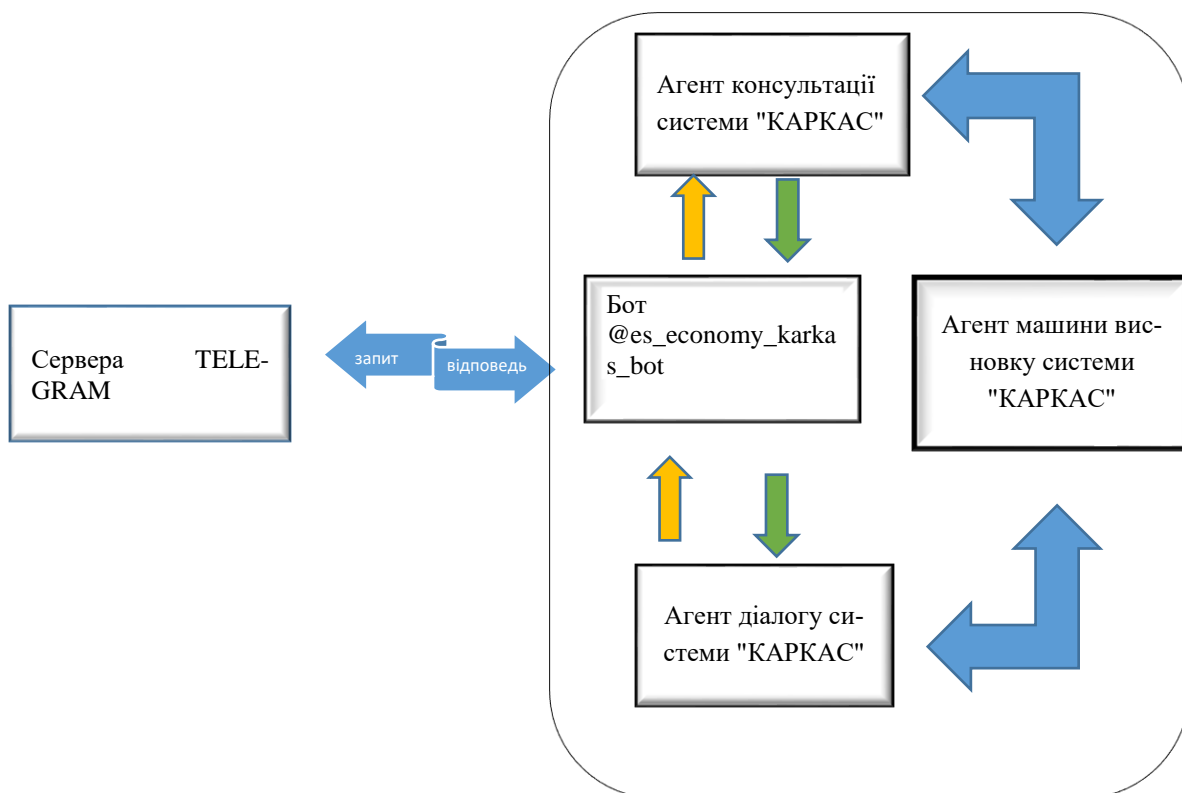


Рисунок 7 – Архітектура інтеграції чат-бота з системою "КАРКАС"

Таким чином, алгоритм роботи чат-бота `@es_economy_karkas_bot` складається з наступних кроків:

Крок 1. Активувати чат-бот `@es_economy_karkas_bot` в месенджері TELEGRAM.

Крок 2. Вибрати команди: `/help` або `/start`, потім, команда `/creditworthiness` викликає прототип ЕС для вибору класу кредитоспроможності позичальника.



Крок 3. Бот запускає агента консультації системи "КАРКАС".

Крок 4. Активізується машина висновку системи "КАРКАС".

Крок 5. Формується ієрархічна функціональна система для ведення діалогу з користувачем.

Крок 6. Активізується агент діалогу, котрий посилає боту повідомлення з текстом питання і відповідями. Бот приймає повідомлення у вигляді об'єкта JSON, виконує його парсинг, відображає повідомлення в чаті і чекає відповіді користувача.

Крок 7. Користувач в чат-боті вибирає або вводить відповідь. Бот відсилає відповідь машині висновку експертної системи.

Крок 8. Агент консультації експертної системи приймає повідомлення і передає його машині висновку, яка передає повідомлення агенту діалогу. Мета консультації уточнюється, на основі ієрархічної функціональної системи, під час діалогу з користувачем.

Крок 9. Ітеративний процес консультації триває поки машина висновку не отримає результат від експертної системи. Користувач може в будь-який момент припинити консультацію командою /quit.

## 1.2. Особливості використання NLP та Deep learning для розробки сучасного інтелектуального чат-боту

Аналіз тексту використовується в додатках соціальних мереж, чат-ботах, поведінковому таргетингу, рекомендаційних системах, технічній підтримки клієнтів. В рамках обробки природної мови (NLP) зазвичай визначають наступні завдання:

- класифікація текстів на рівні повідомлень, речень, документів;
- аналіз висловлювань;
- ідентифікація слів.

Класифікації текстів включає два або більш класів, які поділяють текстові повідомлення:

- два класи (позитивні і негативні) і три класи (позитивні, негативні і нейтральні);
- на об'єктивні і суб'єктивні;
- на справжні і фальшиві;

- на добрі (thumbs up) і погані (thumbs down);
- на висловлювання, що містять сарказм, спам, іронія, вказівка на дефект або поліпшення продукту .

Завдання класифікації текстів відноситься до традиційних завдань NLP, в яких документи традиційно класифікувалися за темами. В якості критеріїв оцінки якості методів використовуються стандартні метрики аналізу текстів: достовірність (англ. accuracy), точність (англ. precision), повнота (англ. recall) і F-міра (англ. F1-measure). Всі запропоновані методи для автоматичної класифікації текстів користувачів можна розділити на наступні групи:

- методи, засновані на лінгвістичному аналізі, синтаксичних правилах і шаблонах;
- машинне навчання без вчителя;
- машинне навчання з учителем.

Завдання тональності (sentiment analysis) дозволяє визначити тональність класу до якого належить текст. За аналогією з завданням класифікації тексту, всі запропоновані методи можна розділити на дві групи: методи машинного навчання з учителем і методи, засновані на словниках оцінних слів. Багато досліджень застосовують методи машинного навчання та Deep learning.

Традиційні роботи з аналізу тональності використовують підходи, засновані на словниках оцінених слів і статистичних вимірах. Найбільш популярним є лінгвістичний підхід аналізу тексту для визначення тональних фраз в реченні: використовуються шаблони на основі частин мови, що враховують синтаксичні відношення слів в реченні. Також існують підходи, які підраховують сумарну тональність тексту на основі словників оціночної лексики, що містять слова з числовим значенням апріорної тональності. Методи враховують заперечення і частки, які посилюють тональність слова в тексті. Однак більшість робіт, що використовують лінгвістичні підходи, базуються на додаткових предметно-орієнтованих словниках оцінних слів для точної класифікації текстів відповідно до тематики документів або речень. Завдання обробки тексту найчастіше зводяться до задач машинного навчання, де потрібно сформувати вектор ознак і створити навчальну вибірку. Статистичний або імовірнісний класифікатор навчається за вибіркою і перевіряється якість класифікації на колекції текстів певної предметної області. В рамках завдання аналізу тексту більшість досліджень базуються на розрахунку ефективності різних векторів ознак для класифікації тексту,

враховуючи тональність. В роботі [6] використовується SVM і застосовується метод активного навчання для зменшення розміру навчальної вибірки. Запропоновані у роботах ознаки можна розділити на групи:

- ознаки, засновані на частотності всіх слів в тексті;
- ознаки, що враховують синтаксичні залежності слів в тексті і частин мови слів;
- структурні ознаки, що використовують синтаксис повідомлень з мікроблогів соціальних мереж;
- ознаки, засновані на правилах і входженнях заперечень до тексту;
- ознаки, побудовані на словниках оцінних слів.

У дослідженні [23; 25] аналізується ефективність синтаксичних ознак. В роботі аналізується додавання лінгвістичних ознак в вектор ознак для класифікатора. У роботах [24; 26] використовуються ознаки, що враховують зміну тональності слів за рахунок заперечень в тексті. В роботі [21] аналізується ефективність ознак декількох типів (синтаксичні; ознаки, побудовані на декількох словниках оцінних слів; структурні ознаки) в рамках завдання аналізу коротких повідомлень в соціальній мережі Twitter. В якості базових класифікаційних ознак для методів машинного навчання розглядаються всі слова документа за винятком службових частин мови, числівників і дат, а також прості іменні групи. Для збільшення кількості ознак було запропоновано лінгвістичний підхід, який розширює список атрибутів за рахунок синонімів і гіпонімів з використанням словників оціночної лексики. В роботі [22] досліджується метод розширення класифікаційних ознак для автоматичної класифікації відгуків. Автори використовують лінгвістичний підхід, застосовуючи семантичні фільтри для об'єднання декількох фактів в один клас. Семантичні фільтри автоматично поповнювалися системою. Оцінюється ефективність методу за двома класифікаторами: SVM і моделі лінійної регресії. За результатами тестування наведено, що SVM, заснований на лемах (окремих словах), дає кращі оцінки. В роботі [15] було показано, що методи машинного навчання не є універсальними, оскільки кожен класифікатор показав найкращі результати лише в одній з предметних областей.

Основним інструментом завдань аналізу тексту є словник оцінних слів. Подібні словники використовуються в багатьох прикладних завданнях. В якості слів найчастіше виступають прикметники і прислівники. Використання предметно орієнтованих словників оцінних слів демонструє поліпшення

результатів у багатьох завданнях, включаючи класифікацію текстів і інформаційний пошук. Існує кілька основних підходів до автоматичного визначення оцінних слів з текстів:

- 1) підходи, які використовують експертні знання та лінгвістичні ресурси (Тезауруси, словники);
- 2) підходи, засновані на правилах і частотності слів-кандидатів в тестових колекціях;
- 3) підходи, які використовують методи машинного навчання.

В роботі [16] тональність слова визначається як різниця оцінок між словом в корпусах позитивних і негативних текстів або між словом і двома оціночними словами бідний (poor) і чудовий (excellent). Домінуючими методами створення словника оцінних слів є алгоритми на основі векторного представлень слів і нейронних мереж і алгоритми на основі моделі латентного розміщення Дірихле. В роботі [21] наведено алгоритми додавання інформації про тональність речення в векторне подання слів на основі нейронних мереж, що показують найкращі результати класифікації коротких повідомлень в порівнянні з популярними методами машинного навчання, які використовують популярні словники оцінних слів MPQA і NRC-Emotion для англійської мови. Існує декілька робіт, присвячених створенню словника оцінних слів для української мови. Ряд ознак використовують колекцію відгуків заданої предметної області і контрастну колекцію новин. У дослідженні [22] запропонований метод підраховує ваги оціночних слів, використовуючи п'ять статистичних мір на колекції коротких повідомлень.

Завдання ідентифікації аспектів з текстів певної предметної області є добре вивченою завданням і може бути розглянута як задача вилучення інформації з відгуку з припущенням, що кожна думка виражається щодо цільових об'єктів (ознак продукту). У ряді робіт аспект класифікується на наступні типи: (I) явний аспект; (II) неявний аспект; (III) тональний факт [11]. Явний аспект є конкретним ознакою або складової продукту (наприклад, батарея, екран), неявний аспект містить у собі тональність і вказівка на тематичну категорію тексту. Наприклад, у реченні "телефон є повільним і дорогим" стосується якості і ціни продукту. Більшість запропонованих у роботах методів можна розділити на наступні групи:

- 1) методи, що вилучають найбільш частотні іменники та іменні групи [7];
- 2) методи, що досліджують можливі синтаксичні зв'язки в реченні між оціночними словами і цільовими об'єктами [10; 12];

3) методи, що використовують алгоритми машинного навчання або тематичного моделювання [21].

Існує кілька найбільш популярних методів, що вирішують завдання вилучення аспектів як бінарну завдання класифікації, як задачу класифікації послідовностей, як завдання тематичного моделювання або традиційну задачу кластеризації. В рамках завдання класифікації потрібно класифікувати витягнуте з тексту іменник або словосполучення як аспект певного типу.

Найбільш поширеними методами є методи класифікації послідовностей, засновані на навчанні з учителем і часто використовуються в задачах вилучення інформації: прихована марковська модель і умовні випадкові поля. В роботі [17] описана модифікація НММ для спільного видобування думок поряд з їх явними аспектами. У роботі [21] автори використовують модель CRF для вилучення явних аспектів, щоб привласнити кожному реченню послідовність оціночних слів з відповідними полярностями, визначеними в залежності від приналежності до суті думки.

Статистичні тематичні моделі використовуються для ідентифікації аспектів в рамках більш комплексного завдання виділення тематично згрупованих цільових об'єктів продуктів і тональних висловлювань в колекції документів. Традиційним методом групування є кластеризація – виділення близьких за змістом кластерів речень [23]. В роботі [14] розглянуто метод, що складається з наступних кроків: ідентифікація текстового опису аспекту; привласнення аспекту до аспектної категорії на основі ієрархічної структури онтології; кластеризація речень, що містять згадку про аспект. Всі аспекти в структурі онтології ранжуються за тональністю. Речення належать категоріям в залежності від тональності і положення аспекту в онтології. Домінуючими методами є алгоритми на основі моделі латентного розміщення Дірихле для завдання виділення тематично згрупованих цільових об'єктів продуктів і тональних висловлювань в колекції документів. Це пов'язано з тим, що створення предметно-орієнтованої навчальної вибірки досить великого розміру для класифікатора вимагає великих витрат часу в той час, як імовірнісні моделі дозволяють використовувати колекції нерозмічених документів, що містяться на онлайн-ресурсах, для знаходження прихованих змінних. Визначення теми в LDA дозволяє створити лінгвістичну модель генерації контенту документів і розробити алгоритм виявлення розподілу

слів і документів за темами. У тематичних моделях для задач аналізу думок, як правило, використовується дві різні моделі:

- модель мішка слів, в якій кожен документ розглядається як набір зустрічаються в ньому слів ;
- модель мішка тональних фраз, що складаються з аспекту і оцінного слова, в якій кожен документ розглядається як набір фраз, які в ньому зустрічаються .

У роботах представлені тематичні моделі, спрямовані на об'єднання завдань ідентифікації аспекту термінів у відгуку і визначення тональності для цих аспектів. Ці моделі використовують словник позитивних і негативних слів для завдання гіперпараметру  $\beta$  (апріорне розподіл Діріхле на поліноміальний розподіл  $\phi$  в просторі слів для теми). В роботі фрази, що містять комбінацію аспектів термінів і оцінних слів є спостережуваними змінними з двома прихованими змінними (тематичної і тональної). Автори проводять порівняльний аналіз чотирьох модифікацій LDA, оцінюючи необхідність взаємозв'язку прихованої тональної і тематичної змінних в моделях мішка слів і тональних фраз. Результати оцінювання якості побудованих тематичних моделей показують, що найкращі результати досягаються для модифікації LDA, заснованої на мішку тональних фраз. Вибір теми і тональності є залежними подіями, тобто тональність слова залежить при тематичній категорії даного слова у відгуку.

Досить популярна модель тональність-тема і модель тема-тональність, яка додає приховану тональну змінну для моделей. В JST розподіл тем в кожному документі залежить від тонального розподілу, в Reverse-JST повністю зворотно. У моделях передбачається, що слово в документі породжене деякою латентною темою і деякою латентною тональною міткою. Таким чином, кожній тональній мітці відповідає поліноміальний розподіл в просторі тим парам (тональна мітка, тема) відповідає поліноміальний розподіл в просторі слів. Експерименти показали, що моделі показують найкращий результат класифікації в декількох доменах (книги, фільми, електроніка). В роботі [8] описана об'єднана модель аспект-тональність. Під аспектом розуміється тема у відгуках користувачів. Автори вважають, що кожне речення відгуку належить одній темі і тональності. ASUM моделює аспекти з поліноміальний розподіл в просторі тональності для речення, слово породжене деяким аспектом і тональністю речень. Експерименти показують, що ASUM показує кращі результати тональної класифікації в порівнянні з

JST. Однак, в роботах [10; 9] автори додають приховану тональну змінну, фіксуючи статичні гіперпараметри для слів, що входять в словники емоційно-забарвленої лексики, що є недоліком запропонованих підходів по додаванню знань про тональності слів.

В роботі [24] описується статистична модель для визначення і категоризації аспекту термінів на основі списку тематичних слів для кожної категорії, в якій зацікавлений користувач. Також використовується ймовірнісна тематична модель для спільного визначення властивостей і ознак продуктів. До якості колекції текстів в роботі використовується колекція фрагментів (фраз) з соціальних мереж.

У дослідженнях [25; 26] описуються частково марковані модифікації LDA, де, крім слів як спостережуваних змінних, використовується тональна ознака слова на основі відомої оцінки продукту або метадані про користувача. В роботі [26] описана модифікація LDA, що включає 2 типи знань: рейтинг продукту за п'ятибальною шкалою в декількох категоріях і словник емоційно-забарвленої лексики для ідентифікації тональності відгуків. В роботі [25] представлена модифікація LDA, названа User-aware Sentiment Topic Models (USTM), що включає в розподіл метадані профайлів користувачів та словники емоційно-забарвленої лексики для визначення зв'язку між тематичними наборами аспектів і категоріями користувачів. Автори вважають, що існує взаємозв'язок інформації про користувача (стать, вік, місце проживання) з темами, які користувач коментує у відгуках. Модель показує найкращі результати класифікації відгуків про машини і ресторани в порівнянні з популярними ймовірнісними моделями JST і ASUM. Таким чином, модель дозволяє не тільки з'ясувати думку конкретного користувача щодо різних аспектів, але і визначати громадські думки для групи осіб.

Дослідження [19] присвячено задачі визначення тональності відгуків на основі методу машинного навчання з моделлю мішка слів і частотною схемою TF-IDF, який був використаний для класифікації на рівні речень для різних тематичних категорій аспектів таких як запам'ятовуваність, здатність до навчання, вигідність, ефективність, помилки, задоволення, комфортність, підтримка. У роботах [18] використовується класифікатор, заснований на методі максимальної ентропії, на наборі тональних і синтаксичних ознак. Дослідження [19] присвячено задачі визначення тональності дієслів як оцінних слів в задачах тональності. У роботі використовуються марковські мережі для моделювання лінгвістичних

ознак і синтаксичної залежності між дієслівними виразами в тексті. Запропонований алгоритм порівнюється з класифікаторами: методом опорних векторів і найвним Байєсовим класифікатором. Навчальний корпус побудований автоматичним чином: дієслівні вирази в заголовках відгуків з сайту amazon.com з мінімальною оцінкою користувача розглядаються як негативні, з максимальною оцінкою що не негативні.

Найбільш прогресивні методи рішення задач NLP засновані на нейронних мережах. Нейронні мережі використовувалися для реалізації моделей мов з початку 2000-х років. Рекурентні нейронні мережі підходять найкраще для послідовних даних. Іншими ключовими методиками в цій області був аналіз тональності та векторного уявлення слів. Векторне уявлення слів, таке як word2vec, може розглядатися як шар представлення в архітектурі глибокого навчання, що перетворює атомарне слово в представлення розташування слова відносно інших слів у наборі даних; це положення представляється точкою в векторному просторі. Використання векторного уявлення слів як вхідного шару для нейронної мережі уможливорює навчання цієї мережі розбору речень та фраз із застосуванням ефективною композиційною векторною граматики. Композиційна векторна граMATика може розглядатися як імовірнісна контекстно-вільна граMATика, яка реалізована нейронною мережею. Автокодувальники мереж Deep Learning, побудовані поверх векторного представлення слів, було натреновано для оцінки схожості речень та виявлення перефразувань. Deep Learning архітектури досягли передових результатів у багатьох задачах обробки природної мови, але найбільш ефективно вони використовуються для задач класифікації текстів та NLP.

Ключовою проблемою класифікації тексту на основі нейронної мережі - це змінна довжина входу (оскільки речення в текстах бувають довільної довжини). Один з підходів (запозичений з області аналізу зображень) полягає в використанні згорткових нейронних мереж (convolutional neural network, CNN). На вход згорткової нейронної мережі подається речення, в якому кожне слово вже представлено вектором (вектор векторів), як правило, використовуються заздалегідь навчені моделі word2vec. Згорткова нейронна мережа складається з двох шарів: «глибокого» шару згортки і звичайного прихованого шару. Шар згортки, в свою чергу, складається з фільтрів і шару «Субдискретизація». Фільтр - це нейрон, вхід якого формується за допомогою вікон, що пересуваються по тексті і вибирають послідовно кілька слів (наприклад, вікно довжини «три» вибере



перші три слова). На виході фільтра формується вектор, котрий агрегує всі вектори слів, які в нього входять. Потім на шарі Субдискретизація формується вектор, який обчислюється як покомпонентний максимум з усіх вихідних векторів фільтрів. Згорткові нейронні мережі досить прості в навчанні і реалізації, для їх навчання використовується стандартний алгоритм зворотного поширення помилки, а за рахунок того, що ваги фільтрів рівномірно розподілені (вага  $i$ -го слова з вікна однаковий для будь-якого фільтра), число параметрів згорткової нейронної мережі незначні.

Розглянемо особливості реалізації Deeplearnin моделей для задач класифікації тексту (тональність) на основі TensorFlow. Бібліотека TensorFlow — це потужна програмна бібліотека з відкритим кодом, розроблена компанією Google. Бібліотека TensorFlow підтримує розподілені обчислення, що забезпечує ефективне навчання моделей на графічних картах та процесорах. У якості навчальної вибірки використаємо Sentiment140 (<http://help.sentiment140.com/for-students/>) відомий датасет с 160 000 твітами.

Код реалізації наведено нижче:

```
from tensorflow.keras.preprocessing.text import Tokenizer

def first_model(n_classes):

    model = tf.keras.models.Sequential([
        tf.keras.layers.Dense(2000, activation='relu'),
        tf.keras.layers.BatchNormalization(),
        tf.keras.layers.Dropout(0.50),
        tf.keras.layers.Dense(20, activation='relu'),
        tf.keras.layers.BatchNormalization(),
        tf.keras.layers.Dropout(0.50),
        tf.keras.layers.Dense(n_classes, activation='softmax')
    ])

    model.compile(optimizer='adam',
                  loss='sparse_categorical_crossentropy',
                  metrics=['accuracy'])

    return model
```

```
def fit_print (X_train, X_test, y_train, y_test, n_classes):
    t = Tokenizer(num_words=2000)
    t.fit_on_texts(X_train)
    X_train = t.texts_to_matrix(X_train, mode='count')
    X_test = t.texts_to_matrix(X_test, mode='count')
    print (X_train.shape)
    model=first_model(n_classes)
    model.fit(X_train, y_train, epochs=5)
    results = model.evaluate(X_test, y_test, verbose=2)
    print ('test loss: {0}, test acc: {1}'.format(results[0],results[1]))
    y_pred=model.predict_classes(X_test)
    con_mat = tf.math.confusion_matrix(labels=y_test, predictions=y_pred)
    print(con_mat.numpy())
```

```
fit_print (X_train_zab, X_test_zab,np.array(y_train_zab), np.ar-
ray(y_test_zab),2)
fit_print (X_train, X_test, np.array(y_train)-1, np.array(y_test)-1,7)
```

Розглянемо функцію `first_model`, в якій будуємо першу модель. Аргумент `n_classes` — позитивне ціле число, вказує на кількість класів у вихідному шарі. Спочатку оголошуємо екземпляр класу `tf.keras.models.Sequential`, — що дозволяє лінійно вкладати шари нейронної мережі, і будуємо просту мережу, яка включає три повнозв’язні шари `Dense` (останній шар — вихідний, тому йому передається параметр `n_classes`), два шари `BatchNormalization` (які нормалізують та масштабують входи для зменшення перенавчання) та два шари `Dropout` (для зменшення перенавчання). Метод `model.compile` потрібен для компіляції моделі. Функція `fit_print` приймає навчальні й тестові вибірки, а також кількість класів. На початковому етапі оголошуємо клас `Tokenizer` і вказуємо максимальну кількість слів у вокабулярі. Метод `fit_on_texts` будує вокабуляр на навчальній вибірці, а метод `texts_to_matrix` перетворює текстові дані у матричний вигляд. Далі навчаємо модель і отримуємо результати у режимі експлуатації. Результати класифікації для негативних та позитивних текстів:

Train on 2874 samples

```

Epoch 1/5
2874/2874 [=====] - 2s 731us/sample -
loss: 0.7161 - accuracy: 0.7088
Epoch 2/5
2874/2874 [=====] - 2s 594us/sample -
loss: 0.3731 - accuracy: 0.8754
Epoch 3/5
2874/2874 [=====] - 2s 618us/sample -
loss: 0.2374 - accuracy: 0.9294
Epoch 4/5
2874/2874 [=====] - 2s 571us/sample -
loss: 0.1489 - accuracy: 0.9576
Epoch 5/5
2874/2874 [=====] - 2s 583us/sample -
loss: 0.1106 - accuracy: 0.9711
1416/1416 - 0s - loss: 0.2052 - accuracy: 0.9273
test loss: 0.20516728302516507, test acc: 0.9272598624229431
[[1195  18]
 [ 85 118]]

```

Використаємо архітектуру Deep Learning - згорткову нейромережу (convolutional neural network, CNN). CNN складається з шарів входу й виходу, а також з кількох прихованих шарів. Приховані шари CNN складаються зі згорткових шарів (convolutional layers), агрегувальних шарів (pooling layers), повнозв'язних шарів (fully connected layers) і шарів нормалізації (normalization layers).

Нижче наведено код реалізації для задачі класифікації тональності тексту (два класи):

```

import matplotlib.pyplot as plt
def plot_graphs(history, metric):
    plt.plot(history.history[metric])
    plt.plot(history.history['val_'+metric], "")
    plt.xlabel("Epochs")
    plt.ylabel(metric)

```

```

plt.legend([metric, 'val_'+metric])
plt.show()
def fit_print_conv(X_train, X_test, y_train, y_test, n_classes):
    # set parameters:
    max_features = 5000
    maxlen = 400
    batch_size = 32
    embedding_dims = 150
    filters = 500
    kernel_size = 3
    hidden_dims = 250
    epochs = 6

    t = Tokenizer(num_words=max_features)
    t.fit_on_texts(X_train)
    X_train = t.texts_to_sequences(X_train)
    X_test = t.texts_to_sequences(X_test)
    print('Pad sequences (samples x time)')
    X_train = sequence.pad_sequences(X_train, maxlen=maxlen)
    X_test = sequence.pad_sequences(X_test, maxlen=maxlen)
    print('x_train shape:', X_train.shape)
    print('x_test shape:', X_test.shape)

    X_train, X_val, y_train, y_val=train_test_split(X_train,y_train,
                                                    stratify=y_train,
                                                    test_size=0.10,random_state=42)

    print('Build model...')
    model = Sequential()

    # we start off with an efficient embedding layer which maps
    # our vocab indices into embedding_dims dimensions
    model.add(Embedding(max_features,
                        embedding_dims,
                        input_length=maxlen))

```

```
model.add(Dropout(0.2))

# we add a Convolution1D, which will learn filters
# word group filters of size filter_length:
model.add(Conv1D(filters,
                  kernel_size,
                  padding='same',
                  activation='relu'))
model.add(Dropout(0.1))
model.add(Conv1D(filters//10,
                  kernel_size,
                  padding='same',
                  activation='relu'))
model.add(Dropout(0.1))

# we use max pooling:
model.add(GlobalMaxPooling1D())

# We add a vanilla hidden layer:
model.add(Dense(hidden_dims))
model.add(Dropout(0.5))
model.add(Activation('relu'))

# We project onto a single unit output layer, and squash it with a sigmoid:
model.add(Dense(n_classes))
model.add(Activation('sigmoid'))

model.compile(loss='sparse_categorical_crossentropy',
              optimizer='adam',
              metrics=['accuracy'])
history = model.fit(X_train, y_train,
                    batch_size=batch_size,
                    epochs=epochs,
                    validation_data=(X_val, y_val))
```

```

results = model.evaluate(X_test, y_test, verbose=2)
print ('test loss: {0}, test acc: {1}'.format(results[0],results[1]))
y_pred=model.predict_classes(X_test)
con_mat = tf.math.confusion_matrix(labels=y_test, predictions=y_pred)
print(con_mat.numpy())
plot_graphs(history, 'accuracy')

```

```

fit_print_conv (X_train_zab, X_test_zab,np.array(y_train_zab), np.ar-
ray(y_test_zab),2)

```

```

fit_print_conv (X_train, X_test, np.array(y_train)-1, np.array(y_test)-1,7)

```

Для даної мережі було використано іншу логіку в застосуванні вокабуляру токенів. Замість перетворювати текст у вектор розмірності вокабуляру із зазначенням наявності чи відсутності в цьому тексті вказаних у вокабулярі слів, використаємо заміну слова в тексті на їх індекси у вокабулярі та трансформуємо отримані послідовності до вказаної довжини (за допомогою класу `sequence.pad_sequences`). Результати класифікації для негативних та позитивних текстів:

```

x_train shape: (2874, 400)
x_test shape: (1416, 400)
Build model...
Train on 2586 samples, validate on 288 samples
Epoch 1/6
2586/2586 [=====] - 18s 7ms/sample -
loss: 0.4355 - accuracy: 0.8546 - val_loss: 0.3997 - val_accuracy: 0.8576
Epoch 2/6
2586/2586 [=====] - 18s 7ms/sample -
loss: 0.2997 - accuracy: 0.8813 - val_loss: 0.2049 - val_accuracy: 0.9340
Epoch 3/6
2586/2586 [=====] - 17s 7ms/sample -
loss: 0.1293 - accuracy: 0.9509 - val_loss: 0.1607 - val_accuracy: 0.9410
Epoch 4/6

```

```

2586/2586 [=====] - 17s 7ms/sample -
loss: 0.0781 - accuracy: 0.9718 - val_loss: 0.2130 - val_accuracy: 0.9444
Epoch 5/6
2586/2586 [=====] - 17s 7ms/sample -
loss: 0.0625 - accuracy: 0.9811 - val_loss: 0.2324 - val_accuracy: 0.9306
Epoch 6/6
2586/2586 [=====] - 17s 7ms/sample -
loss: 0.0363 - accuracy: 0.9857 - val_loss: 0.2167 - val_accuracy: 0.9340
1416/1416 - 2s - loss: 0.2101 - accuracy: 0.9308
test loss: 0.21011744961563478, test acc: 0.9307909607887268
[[1163 50]
 [ 48 155]]

```

Для реалізації рішення щодо аналізу тональності тексту використаємо сервіси AWS. Образи AWS Deep Learning Container - це розміщений в Amazon Elastic Container Registry (ECR) повністю автоматизований реєстр контейнерів Docker, який спрощує для розробників зберігання і розгортання образів контейнерів Docker, а також управління ними. Необхідно отримати IAM дозвіл на доступ до Amazon ECR (за допомогою політики AmazonECS\_FullAccess). У розглянутому рішенні використовуються контейнери AWS Deep Learning Containers на AWS Deep Learning Base Amazon Machine Images (AMIs), які в стандартній конфігурації вже містять всі необхідні залежності, в тому числі драйвери Nvidia, docker і nvidia-docker. Контейнери Deep Learning Containers з цими пакетами можна виконувати на будь-якому AMI.

Підключення до інстанси (віртуальної машини) реалізується командами:

```
cd /Users/<your_username>/Downloads/
```

```
chmod 0400 <your .pem filename>
```

```
ssh -L localhost:8888:localhost:8888 -i <your .pem filename> ubuntu@<your instance DNS>
```



Образи AWS Deep Learning Container - це розміщений в Amazon Elastic Container Registry (ECR) повністю автоматизований реєстр контейнерів Docker, який спрощує для розробників зберігання і розгортання образів контейнерів Docker, а також управління ними. Запуск образу AWS Deep Learning Container на інстансі EC2, використовує наведену нижче команду. Ця команда автоматично завантажує образ Deep Learning Container:

```
docker run -it 763104351884.dkr.ecr.us-east-1.amazonaws.com/tensorflow-training:1.13-cpu-py36-ubuntu16.04
```

В докері клонуємо репозиторій Keras, який містить приклади скриптів python для навчання моделей:

```
git clone https://github.com/fchollet/keras.git
```

Запуск моделей реалізовано в python (наприклад, навчання CNN):

```
python train_model_cnn.py
```

Загальна архітектура інтелектуального боту на базі telegram уключає сервер - телеграм, сервер-боту, БД. Слід відзначити, що сервер боту фізично розташовано на сервері Heroku, БД також розташована на сервері Heroku.

Чат-бот складається із чотирьох основних частин:

1. Провайдер месенджера (Messenger Provider).
2. Обробники команд (Handlers).
3. Сервіси (Services).
4. Контейнер стану (State storage).

Провайдер месенджера огортає Telegram Bot API і забезпечує універсальний інтерфейс для прийому, обробки та відправки повідомлень. Провайдер месенджера визначає, що хоче користувач, і спрямовує його до обробника. Мета цієї частини забезпечити абстракції щодо API месенджерів. Будь-які запити до Bot API Телеграм передаються через протокол HTTPS і мають наступну форму: `https://api.telegram.org/bot <ТОКЕН>/<ІМ'Я МЕТОДУ>`. На місці <ТОКЕН> відповідно повинен міститися токен авторизації бота, а на місці <ІМ'Я МЕТОДУ> – метод який необхідно використати з API. В API підтримуються GET і POST HTTP запити. GET-запит використовується за необхідності отримання певної інформації від API, а GET-запит – при необхідності передати якусь інформацію засобами Bot API. Відповідь на будь який запит містить об'єкт JSON, який завжди має логічне поле «ok», яке вказує на успішність запиту, а також може мати необов'язкове поле «description» з описом результату. Якщо «ok» встановлено в «true», запит був успішним, а результат запиту можна знайти в полі «result». Для створення боту в роботі була використана мова Python.

Для розробки будемо використовувати бібліотеку `python-telegram-bot`. Для реалізації необхідно встановити `python-telegram-bot` :

```
pip install python-telegram-bot
```

На першому етапі – побудуємо бот у BotFather (telegram). Щоб це зробити треба зайти в телеграм і написати боту **\*\*BotFather\*\*** (це бот, який створює ботів). Використовуємо отриманий токен боту для побудови основи серверної частини боту:

```
from telegram.ext import Updater, CommandHandler, MessageHandler, Filters
updater = Updater(token='API key') # Токен API к Telegram
dispatcher = updater.dispatcher
```

В програмі реалізовано функції зворотного виклику для команд старту та текстового повідомлення. У якості аргументів передаються: `bot` та `update`. У `bot` містяться необхідні методи для взаємодії з API, `update` містить дані про доступні повідомлення.

```
def startCommand(bot, update): bot.send_message(chat_id=update.message.chat_id,
text='Привіт!')
```

```
def textMessage(bot, update): response = update.message.text bot.send_mes-
sage(chat_id=update.message.chat_id, text=response)
```

Обробка хендлерів для диспетчеру наведена нижче:

```
start_command_handler = CommandHandler('start', startCommand) text_mes-
sage_handler = MessageHandler(Filters.text, textMessage) dispatcher.add_han-
dler(start_command_handler) dispatcher.add_handler(text_message_handler) up-
dater.start_polling(clean=True) updater.idle()
```

Хендлер використовує рішення на AWS (модель оцінки тональності тек-сту).

Таким чином, на базі наведених у роботі принципів, методів, технологій було створено сервіс (чат-бот) для спілкування з користувачем, який дозволяє виділяти ключові слова із його повідомлень та надавати по них оцінку тональності.

### 1.3. Аналіз продуктивності сучасних розподілених обчислювальних систем для розв'язку задач машинного навчання

Швидка еволюція Spark і швидке зростання попиту на цей фреймворк перевищують можливості розробників та фахівців з розгортання систем на здійснення обгрунтованих компромісів між різними конструкціями системи, складами робочого навантаження, оптимізаціями конфігурацій, версіями програмного забезпечення тощо. Проектувальники його основних та багаторівневих можливостей не можуть легко оцінити, наскільки масштабними можуть бути потенційні наслідки змін параметрів при плануванні та визначенні пріоритетів при розробці програмного забезпечення. Тому, для полегшення цієї задачі були зроблені бенчмарки, за допомогою яких можна оцінити продуктивність системи для конкретних задач.

Аналіз бенчмарків для Apache Spark [27-31]

Набори тестів на ефективність Spark розроблені для того, щоб бути частиною тестування технічних рішень. Вони спрямовані на створення специфічного, всебічного та репрезентативного набору робочих навантажень, що охоплюють широкий спектр типів додатків, що успішно реалізуються в екосистемі Spark. Хоча наборів тестів велика кількість, більшість з них охоплюють невелику кількість можливостей Spark, вони далеко не включають всебічне охоплення повного набору типів додатків, що підтримуються в Spark.

### SparkBench

SparkBench - це різноманітний набір додатків для тестування різних ресурсів кластера та показників продуктивності, що дозволяють користувачам кількісно порівнювати між різними реалізаціями Spark, різними середовищами або конфігураціями кластера. Він всебічно охоплює репрезентативні навантаження, які зараз підтримує Spark. В таблиці 3 показано класифікацію навантаження на чотири категорії, включаючи додатки машинного навчання, що підтримуються MLlib of Spark, програми для обчислення графіків, які працюють на GraphX of Spark, програми SQL, що обслуговується за допомогою Hive on top of Spark, а також початкова служба SQL Spark та потокові додатки на платформі DStream of Spark.

Таблиця 4 – SparkBench навантаження

Тип додатку	Навантаження при роботі
Машинне навчання	Логістична регресія Метод опорних векторів Матрична факторизація
Обчислення для графах	Ранг сторінки (PageRank) Сингулярне розкладання величини (SVD++) Трикутний граф (TriangleCount)
SQL запити	Hive RDDRelation
Стрімінгові додатки	Twitter Перегляд Сторінки (PageView)

### Машинне навчання.

Набір для машинного навчання включає 3 основні групи тестів: логістичну регресію, метод опорних векторів (SVM) та матричну факторизацію (MF). Вони широко використовують регресію, алгоритми класифікації та рекомендацій для вирішення задач машинного навчання. Логістична регресія, як класифікатор машинного навчання, може використовуватися для прогнозування безперервних або категоричних даних. Наприклад, його використовують для прогнозування наявності у пацієнта раку на основі вимірюваних характеристик, таких як різні аналізи крові, історія сімейних захворювань, вік і стать. Алгоритм використовує стохастичний градієнтний спуск для підготовки класифікаційної моделі. Набір вхідних даних зберігається в пам'яті за допомогою абстракцій RDD, а вектор параметрів обчислюється, оновлюється та транслюється в кожній ітерації. Методи опорних векторів (MOV) навчають моделі, будуючи набір гіперпланів у високому або навіть нескінченному розмірному просторі для класифікації. У порівнянні з лінійною та логістичною класифікацією, MOV можуть неявно відображати входи у простір з високими розмірами та ефективно вести нелінійні класифікації. Матричну факторизацію, яку зазвичай використовують у рекомендаційних системах, - це метод спільної фільтрації, який заповнює пропущені записи матриці асоціації елементів користувача. MF in Spark на даний момент підтримує спільну фільтрацію на основі моделей і може бути налаштована на використання явних або неявних зворотних зв'язків від користувачів.

### Обчислення на графах.

Ранг сторінки (PageRank), Сингулярне розкладання величини (SVD++) та Трикутний граф (TriangleCount) є репрезентативними та популярними алгоритмами обчислення графів. Інтенсивне споживання ресурсів цих трьох алгоритмів також може допомогти вивчити вузькі місця в продуктивності Spark. PageRank - це перший алгоритм, який використовується веб-пошуковою системою Google для ранжирування сторінок шляхом вимірювання важливості сторінок веб-сайту на основі кількості та якості посилань на сторінку. SVD++ - це модель спільної фільтрації, яка враховує як явні, так і неявні відгуки користувачів та покращує якість рекомендацій. Алгоритм оновлює терміни зміщення та вектори ваги кожного краю під час кожної ітерації. TriangleCount - основний алгоритм аналітики графів, який підраховує кількість трикутників у графі. Його зазвичай використовують у складних графічних програмах реального світу, зокрема виявлення

спауму та розкриття прихованих тематичних структур у графах веб-сторінок та посилань. Завдяки інтенсивному навантаженню обчислень, його можна використовувати для виявлення межі продуктивності системи. Як алгоритми машинного навчання, так і алгоритми обчислення графіків складаються з різної кількості етапів залежно від кількості ітерацій, які виконує кожен алгоритм. Spark кешує дані в RDD, щоб уникнути операцій вводу-виводу для диска. Однак налаштування потрібного розміру пам'яті для RDD не є легким завданням, і оптимальні значення залежать від конкретних додатків.

### SQL Engine.

SQL продовжує залишатися стійкою мовою запитів завдяки своєму поширенню, широкій екосистемі інструментів, які її підтримують, а також здатності розвиватися та підтримувати нову базову інфраструктуру та нові вимоги, такі як вдосконалена аналітика та вибірки даних. Однією з областей, де можна гарантувати інший підхід, є побудова запитів. Історично різні постачальники пропонували запити, що поєднували в собі різні конструкції SQL-обробки, такі як еталони TPC-D/H/DS. Був хороший аналіз набору запитів TPC-H [34]. В запропонованих тестах вводиться набір елементарних або атомних запитів, які оцінюють основні властивості сканування, агрегації та об'єднання, а потім набір проміжних запитів, що підвищують навантаження як на оптимізатора запитів, так і на двигун виконання, і, нарешті, деяких складних і дуже складних запитів, що представляють концепції ROLAP та розширену аналітичну обробку.

### Потокові програми.

Потокове передавання є головною перевагою Spark перед Hadoop. В тесті обирається дві потокові програми, одна, що обробляє популярні тег у соціальній мережі Twitter, а інший - реалізує PageView. Популярний тег Twitter отримує дані з веб-сайту Twitter через бібліотеку Java Twitter, Twitter4j [52], і обчислює найбільш популярні теги кожні 60 секунд. PageView - це програма для потокової передавачі, яка отримує синтетично створені користувачські кліки та підраховує різні статистичні дані, такі як кількість активних користувачів та кількість переглядів сторінки за 60 секунд.

Окрім ретельно підібраних десяти робочих навантажень, SparkBench визначає ряд показників, що полегшують користувачам порівняння між різними варіантами оптимізації, конфігураціями та налаштуваннями кластерів. SparkBench в даний час повідомляє про час виконання завдання (секунди),

вимірюючи час виконання завдання кожного робочого навантаження, швидкість обробки даних (МБ/сек), що визначається як розмір вхідних даних, поділений на загальний час виконання завдання. Час виконання є найважливішим показником ефективності системи Spark. Будь-яка оптимізація Spark повинна знизити середній час виконання роботи на Spark, щоб вимагати підвищення продуктивності кластеру. Швидкість обробки даних відображає можливості обробки даних системи Spark. В майбутньому SparkBench планує збирати і додаткові показники, такі як розмір даних, що передаються, розмір вхідних/вихідних даних, середнє споживання ресурсів, що дозволяє користувачам глибше розуміти навантаження.

### BigBench.

BigBench – бенчмарк, що пропонує комплексний набір аналітичних систем для тестування на великому об'ємі даних. Щоб відповідати потребам орієнтиру Big Data і дозволити ефективно порівнювати продуктивність різних систем для Big Data, BigBench зосереджується на трьох основних характеристиках: об'єм, різноманітність та швидкість. Крім того, генератор даних цього бенчмарку може бути використаний для генерації великого об'єму даних для заданої моделі.

Оскільки специфікація BigBench є загальною та техногенною, вона повинна бути реалізована спеціально для кожної системи Big Data. Початкова реалізація BigBench була зроблена для платформи Teradata Aster. Це було зроблено в синтаксисі Ster-MR Aster, що подається у додатковому описі англійською мовою – як початкова специфікація навантажень BigBench. В загальній реалізації, BigBench працює за допомогою Hadoop, використовує MapReduce та інші компоненти на зразок Hive, Mahout та OpenNLP з екосистеми Hadoop. Підсумовуючи це, BigBench складається з моделі даних, що зображена на рис. 13, генератору даних та специфікацію навантажень.

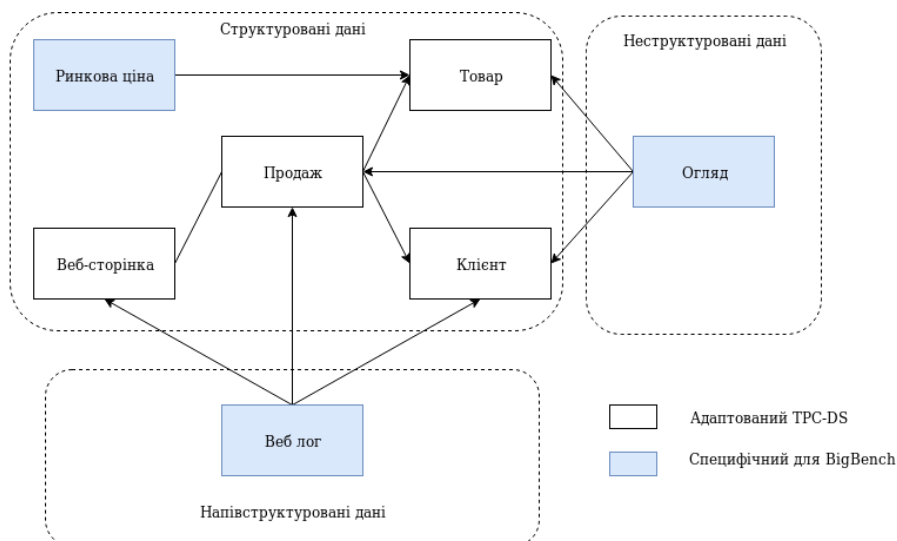


Рисунок 8 – Схема роботи BigBench

Рисунок 8 показує, як BigBench реалізує властивість різноманітності Big Data. Це досягається шляхом класифікації моделі даних на три групи: структуровані, напівструктуровані та неструктуровані дані. В якості основної бізнес-моделі використовується вигаданий роздрібний продавець товарів. Ділова модель та значна частина структурованої частини моделі даних походить від еталону TPC-DS.

Генератор даних базується на розширенні PDGF і дозволяє генерувати дані відповідно до моделі даних BigBench, включаючи структуровані, напівструктуровані та неструктуровані частини. Генератор даних може масштабувати кількість даних на основі коефіцієнту масштабування. Завдяки паралельному генеруванню даних, створення набору даних відбувається ефективно для великої кількості факторів моделі. Таким чином, в BigBench реалізується об’ємна властивість Big Data. Крім того, велика швидкість обробки Big Data реалізується періодичною схемою оновлення, яка постійно додає нові дані до різних таблиць моделі даних.

Крім того, BigBench може працювати і на Spark, оскільки Spark SQL підтримує HiveQL, запити типу “Pure HiveQL” можна успішно перенести та виконати на Spark.

Spark-perf.

Spark-perf – це фреймворк для тестування продуктивності для Apache Spark 1.0+. Він написаний на мовах Python та Scala. Spark-perf розроблений компанією DataBricks для перевірки продуктивності MLlib, бібліотеки, що реалізує



алгоритми машинного навчання, з можливістю також тестувати потокові додатки, SQL-запити та ядро Spark (Spark Core тести), що наразі розробляється.

Головними перевагами Spark-perf перед іншими фреймворками є [32-35]: можливість тестування на ефективність для Spark, PySpark, Spark Streaming та MLlib;

параметризовані конфігурації тесту;

легкість у конфігуруванні (файл конфігурації написаний мовою Python);

має набори параметрів, щоб перевірити одразу на декількох версіях Spark і конфігурацій тестів;

автоматичне завантаження та створення Spark, що забезпечення кешування успішних збірок для швидкого тестування на кількох версіях Spark.

Spark-perf має реалізацію таких алгоритмів MLlib, як:

glm-regression: Узагальнена модель лінійної регресії;

glm-classification: Узагальнена модель лінійної класифікації;

naive-bayes: Наївний баєсів класифікатор;

naive-bayes-bernoulli: Модифікований Бернуллі наївний баєсів класифікатор;

decision-tree: Дерево рішень;

als: метод найменших квадратів, що чергуються;

kmeans: K-Means кластеризація;

gmm: Модель змішування Гаусса;

svd: Сингулярне розкладання величини;

pca: Аналіз основних компонентів;

summary-statistics: Зведена статистика (min, max, ...);

block-matrix-mult: Матричне множення;

pearson: Кореляція Пірсона;

spearman: Кореляція Спірмена;

chi-sq-feature/gof/mat: Хі-квадрат тести;

word2vec: Word2Vec розподілене подання слів;

fp-growth: Частотні набори елементів FP-зростання;

python-glm-classification: Узагальнена модель лінійної класифікації на Python;

python-glm-regression: Узагальнена модель лінійної регресії на Python;

python-naive-bayes: Наївний баєсів класифікатор на Python;

python-als: метод найменших квадратів, що чергуються на Python;

python-kmeans: K-Means кластеризація на Python;

python-pearson: Кореляція Пірсона на Python;

python-spearman: Кореляція Спірмена на Python;

Моделі машинного навчання у бенчмарку Spark-perf

В таблиці 5 наведено інформацію про характеристики тестів машинного навчання у пакеті Spark-Perf.

Таблиця 5 – Характеристики тестів машинного навчання бенчмарку Spark-Perf

Кодова назва	Назва тесту	Кількість ви- про- бу- вань	Кількість тесто- вих примір- ників
Алгоритми регресії та класифікації			
glm-regression	Generalized Linear Regression Model	10	5000
glm-classification	Generalized Linear Classification Model	10	5000
naive-bayes	Naive Bayes	10	5000
Алгоритми з деревом			
decision-tree	Decision Tree	16 x 10	5000
Алгоритми рекомендацій			
als	Alternating Least Squares	10	500
Алгоритми кластеризації			
kmeans	K-Means clustering	10	5000
lda	Latent Dirichlet allocation	10	
pic	Power Iteration Clustering	10	
gmm	Gaussian Mixture Model	10	5000
Статистичні алгоритми			
summary-statistics	Summary Statistics	10	
pearson	Pearson's Correlation	10	50000
spearman	Spearman's Correlation	10	50000

Кодова назва	Назва тесту	Кількість ви- про- бу- вань	Кількість тесто- вих примір- ників
chi-sq-fea- ture/gof/mat	Chi-square Tests	10	100000
Алгоритми лінійної алгебри			
svd	Singular Value Decomposition	10	
pca	Principal Component Analysis	10	
block-matrix-mult	Matrix Multiplication	10	
Алгоритми пошуку асоціативних правил			
fp-growth	FP-growth frequent item sets	10	
prefix-span	PrefixSpan	10	
Алгоритми пошуку ознак			
word2vec	Word2Vec distributed presentation of words	10	

ALS (метод найменших квадратів, що чергуються)

Алгоритм найменших квадратів, що чергуються (ALS) розподіляє задану матрицю  $R$  на два коефіцієнти  $U$  і  $V$ , такі що  $R \approx UTV$ . Невідомий розмір рядка задається як параметр алгоритму і називається прихованим коефіцієнтом. Оскільки матрична факторизація може використовуватися в контексті рекомендацій, матриці  $U$  і  $V$  можна назвати відповідно користувачем і матрицею елементів.  $i$ -й стовпчик матриці користувача позначається  $U_i$ , а  $i$ -й стовпець матриці елемента -  $V_i$ . Матрицю  $R$  можна назвати матрицею оцінок з  $R_{i,j}=r_{i,j}$ .

Для того, щоб знайти матрицю користувача та елемента, вирішується наступна проблема:

$$\arg \min(U, V) \sum_{\{i,j|r_{i,j} \neq 0\}} (r_{i,j} - u_i^T v_j)^2 + \lambda (\sum_i n_{u_i} \|u_i\|^2 + \sum_j n_{v_j} \|v_j\|^2)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт регуляризації,  $pn_i$  - кількість елементів, які оцінив  $i$ -ий користувач, а  $pn_j$  - кількість разів, яку оцінювали  $j$ -ий елемент. Ця схема регуляризації, щоб уникнути перевитрати, називається зваженою  $\lambda$ -регуляризацією.

Закріплюючи одну з матриць  $U$  або  $V$ , ми отримуємо квадратичну форму, яку можна вирішити безпосередньо. Рішення модифікованої проблеми гарантується монотонним зниженням загальної функції витрат. Застосовуючи цей крок поперемінно до матриць  $U$  та  $V$ , ми можемо ітеративно вдосконалити матричну факторизацію.

Матриця  $R$  задається в її розрідженому поданні як кортеж  $(i, j, r)$ , де  $i$  позначає індекс рядка,  $j$  індекс стовпця і  $r$  - значення матриці в положенні  $(i, j)$ . Розробка інформаційного забезпечення [36-42].

Для аналізу результатів, які отримуються у результаті роботи бенчмарку Spark-perf, потрібно розробити програмне забезпечення. Крім того, як відомо, для нормальної роботи кластеру потрібно моніторити його ресурси. Для цього був розроблений комплекс програмного забезпечення.

Структура вихідної папки з результатами Spark-Perf

Структура папки з лог-файлами з результатами роботи Spark-Perf має вигляд, представлений на рис. 9. Папка включає директорію та один файл для кожного набору тестів, в нашому випадку - тільки для набору MLlib.

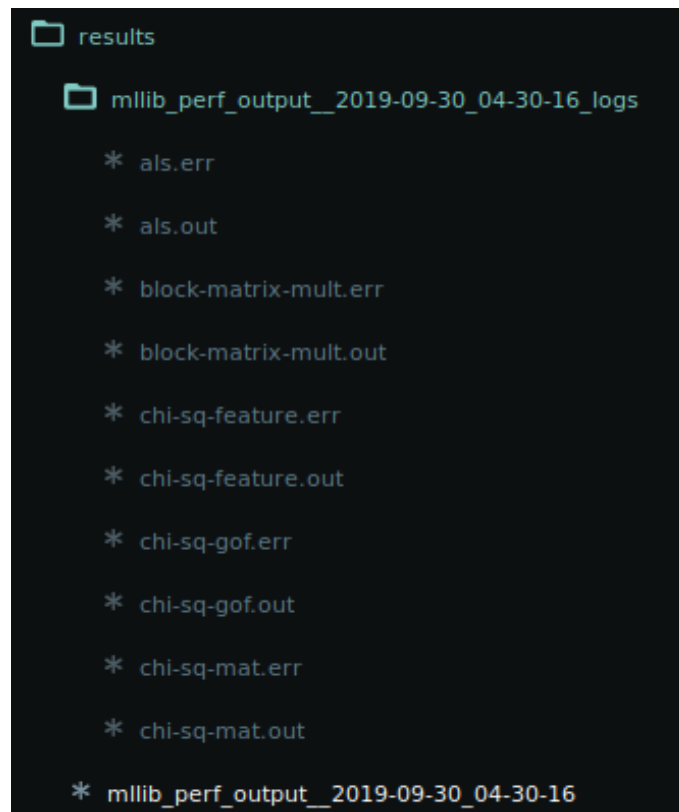


Рисунок 9 – Структура папки з лог-файлами

В папці знаходяться для кожного тесту 2 файли, один з розширенням out, інший - err. У файлі з розширенням out, який представлений на рис. 35, є наступна інформація:

Java options у форматі (параметр=значення) - налаштування віртуальної машини Java;

Options у форматі (параметр=значення) - інші налаштування (Spark);

Інформація про виконання тесту (наприклад, кількість прикладів при навчанні) у форматі (назва: 1000). Також тут може бути відлагодна інформація;

Scheduling mode = FIFO

Spark Context default degree of parallelism = 32

Інформація зі SparkMeasure у форматі (параметр => значення)

Об'єкт результатів у форматі JSON

```

-----
Java options: -Dspark.storage.memoryFraction=0.66 -Dspark.serializer=org.apache.spark.serializer.JavaSerializer
-Dspark.locality.wait=60000000 -Dspark.executor.instances=4 -Dspark.yarn.am.memory=512m -Dspark.executor.cores=3
-Dspark.driver.cores=3 -Dspark.default.parallelism=32 -Dspark.shuffle.manager=SORT
Options: chi-sq-feature --num-trials=10 --inter-trial-wait=3 --num-partitions=6 --random-seed=5 --num-rows=100000
--num-cols=500
-----
Scheduling mode = FIFO
Spark Context default degree of parallelism = 32
Aggregated Spark stage metrics:
numStages => 40
sum(numTasks) => 450
elapsedTime => 83280 (1.4 min)
sum(stageDuration) => 52837 (53 s)
sum(executorRunTime) => 270168 (4.5 min)
sum(executorCpuTime) => 247585 (4.1 min)
sum(executorDeserializeTime) => 7920 (8 s)
sum(executorDeserializeCpuTime) => 1869 (2 s)
sum(resultSerializationTime) => 132 (0.1 s)
sum(jvmGCTime) => 10266 (10 s)
sum(shuffleFetchWaitTime) => 63 (63 ms)
sum(shuffleWriteTime) => 41 (41 ms)
max(resultSize) => 209749 (204.0 KB)
sum(numUpdatedBlockStatuses) => 0
sum(diskBytesSpilled) => 0 (0 Bytes)
sum(memoryBytesSpilled) => 0 (0 Bytes)
max(peakExecutionMemory) => 5252869
sum(recordsRead) => 1000010
sum(bytesRead) => 4717739920 (4.0 GB)
sum(recordsWritten) => 0
sum(bytesWritten) => 0 (0 Bytes)
sum(shuffleTotalBytesRead) => 3987050 (3.0 MB)
sum(shuffleTotalBlocksFetched) => 1920
sum(shuffleLocalBlocksFetched) => 960
sum(shuffleRemoteBlocksFetched) => 960
sum(shuffleBytesWritten) => 3987050 (3.0 MB)
sum(shuffleRecordsWritten) => 360000
results: {"testName": "chi-sq-feature", "options": {"num-rows": "100000", "num-partitions": "6", "num-trials": "10", "rand
-seed": "5", "inter-trial-wait": "3", "num-cols": "500"}, "sparkConf": {"spark.sql.files.maxPartitionBytes": "1073741824",
spark.serializer": "org.apache.spark.serializer.KryoSerializer", "spark.sql.warehouse.dir": "/hive/
warehouse", "spark.yarn.jars": "local:///usr/hdp/current/spark2-client/

```

Рисунок 10 – Приклад лог-файлу з розширенням out

У об'єкті, який представлений на рис. 10, результату міститься наступна інформація:

options: структура (може бути порожнім);

closure-size: рядок (може бути порожнім);

inter-trial-wait: рядок (може бути порожнім);

key-length: рядок (може бути порожнім);

num-jobs: рядок (може бути порожнім);

num-partitions: рядок (може бути порожнім);

num-records: рядок (може бути порожнім);

[...]

results: масив (може бути порожнім);

element: структура (не може бути порожнім);

time: число з рухомою комою (може бути порожнім);

trainingMetric: число з рухомою комою (може бути порожнім);

testTime: число з рухомою комою (може бути порожнім);

recommendUsersForProductsTime: число з рухомою комою (може бути порожнім);

recommendProductsForUsersTime: число з рухомою комою (може бути порожнім);

testMetric: число з рухомою комою (може бути порожнім);

trainingTime: число з рухомою комою (може бути порожнім);

sparkConf: структура (може бути порожнім);

spark\_app\_id: рядок (може бути порожнім);

spark\_app\_name: рядок (може бути порожнім);

spark\_driver\_host: рядок (може бути порожнім);

spark\_driver\_memory: рядок (може бути порожнім);

spark\_driver\_port: рядок (може бути порожнім);

[...]

sparkVersion: рядок (може бути порожнім);

systemProperties: структура (може бути порожнім);

SPARK\_SUBMIT: рядок (може бути порожнім);

awt\_toolkit: рядок (може бути порожнім);

file\_encoding: рядок (може бути порожнім);

[...]

testName: рядок (може бути порожнім).

```

▼ object {6}
  testName : chi-sq-feature
  ▼ options {6}
    num-rows : 100000
    num-partitions : 6
    num-trials : 10
    random-seed : 5
    inter-trial-wait : 3
    num-cols : 500
  ► sparkConf {56}
    sparkVersion : 2.3.2.2.6.5.3009-43
  ► systemProperties {112}
  ▼ results [10]
    ▼ 0 {1}
      time : 6.401
    ▼ 1 {1}
      time : 4.506

```

Рисунок 11 – Приклад об'єкту результату

Основними особливостями Apache Ambari є:

Можливість моніторингу стану кластеру Hadoop за допомогою попередньо налаштованих оперативних показників;

Зручна конфігурація та просте покрокове керівництво з конфігурації;

Моніторинг залежностей та результатів роботи шляхом візуалізації та аналізу завдань;

Аутентифікація, авторизація та аудит шляхом встановлення кластерів Hadoop на базі Kerberos;

Програмний інтерфейс (API) для зручної співпраці з зовнішніми програмними продуктами;

Гнучка та адаптивна технологія, яка ідеально вписується в корпоративне середовище.

Ambari пропонує інтуїтивні та REST програмний інтерфейс, які автоматизують операції в кластері Hadoop. Його стійкий і безпечний інтерфейс дозволяє йому бути досить ефективним в оперативному контролі. На рис. 12 представлена схема роботи Ambari.

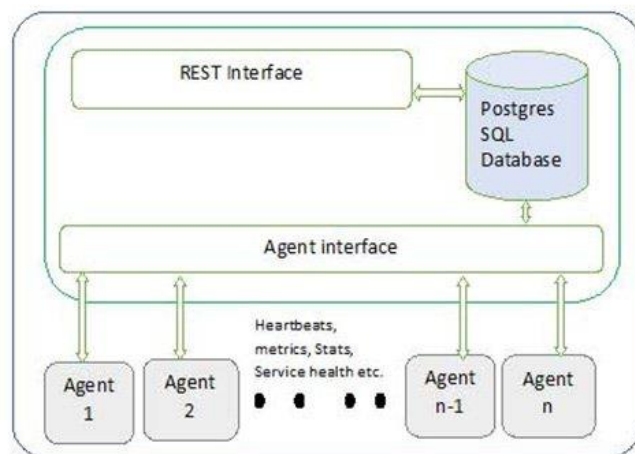


Рисунок 12 – Схема роботи Ambari

Більш детальна архітектура Apache Ambari представлена на рис. 13.



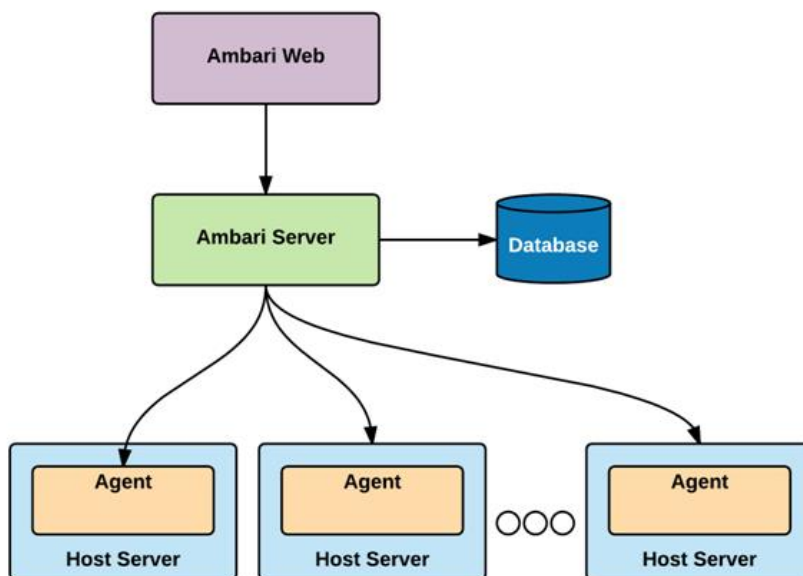


Рисунок 13 – Архітектура Ambari

Apache Ambari дотримується архітектури master-slave, де головний вузол дає інструкції веденим вузлам виконувати певні дії та повідомляти про стан кожної дії. Головний вузол відповідає за збір та зберігання стану інфраструктури. Для цього головний вузол використовує сервер бази даних, який можна налаштувати під час налаштування.

Graphite - це безкоштовний інструмент з відкритим кодом, який здійснює моніторинг та візуалізацію числових даних часових рядів, таких як продуктивність комп'ютерних систем. Графіт був розроблений Orbitz Worldwide, Inc та випущений у 2008 р.

Графіт дозволяє збирати, зберігати та відображати дані часових рядів у режимі реального часу.

Інструмент має три основні компоненти:

Carbon - фонові програма (демон), який слухає дані часових рядів;

Whisper - проста бібліотека баз даних для зберігання даних часових рядів (за конструкцією схожа на RRD);

Graphite webapp - веб-додаток на мові Django, який надає графіки на вимогу за допомогою бібліотеки в Cairo. На рис. 14 зображений приклад головної сторінки Graphite webapp.

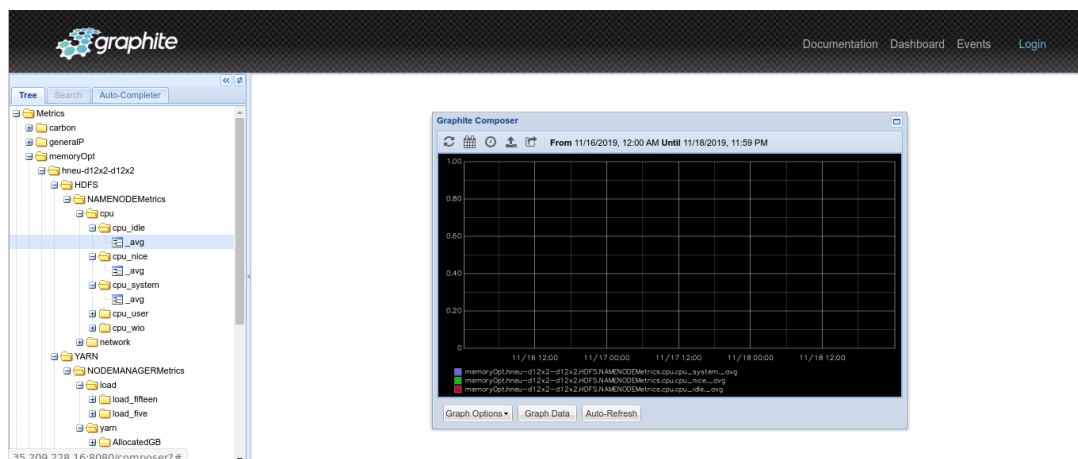


Рисунок 14 – Головна сторінка Graphite webapp

Завантажувати дані у Graphite досить легко, як правило, більша частина зусиль припадає на збір даних для початку. Коли ви надсилаєте точки даних на Carbon, вони стають доступними для графічного відображення у веб-переглядачі, який пропонує декілька способів створення та відображення графіків, включаючи простий API URL для візуалізації, що дозволяє легко вставляти графіки на інші веб-сторінки..

Grafana – це безкоштовне програмне забезпечення, що дозволяє візуалізувати та формувати метричні дані, яке розповсюджується за ліцензією Apache 2.0.2. Це дозволяє створювати інформаційні панелі та графіки з різних джерел, включаючи бази даних часових рядів, такі як Graphite, InfluxDB та OpenTSDB. Grafana є крос-платформенним додатком і її також можна розгорнути за допомогою Docker. Він написаний на Go і має повний HTTP API.

Окрім керування класичними інформаційними панелями (додавання, видалення, вибірка), Grafana пропонує поділитися поточною інформаційною панеллю, створивши посилання або статичний знімок її. Всі панелі управління та джерела даних прив'язуються до організації, а користувачі програм пов'язані з організаціями через ролі. Grafana не дозволяє користувачам випадково перезаписати панель управління. Аналогічний захист існує при створенні нової панелі управління, назва якої вже існує.

Для збору інформації з Ambari у базу даних Graphite використовується програма Ambari2Graphite, яка була розроблена на мові Python3.7. Вхідними даними для програми є файл налаштування, який містить доступи до Ambari та Graphite, дата початку моніторингу та дата початку тестування. Модуль використовує API Ambari для завантаження значень значень за заданим набором метрик. В

результаті, створюються файли з метриками (як резервна копія) та дані завантажуються у Graphite за допомогою Carbon.

### Налаштування кластеру

Для налаштування кластеру в Azure HDInsight необхідно зайти на сторінку Ambari створеного кластеру. Для цього на головній сторінці панелі управління ресурсом в розділі Overview натиснути на посилання в секції URL, або на посилання “Ambari home” (рис. 15).

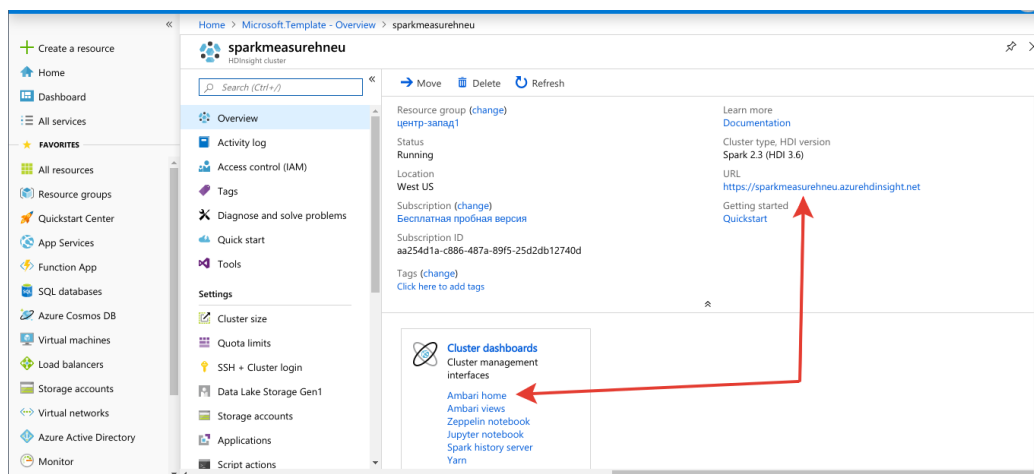


Рисунок 15 – Посилання на сторінку Ambari

Для входу необхідно ввести логін та пароль від master-вузла, що були вказані при його створенні (рис. 16).

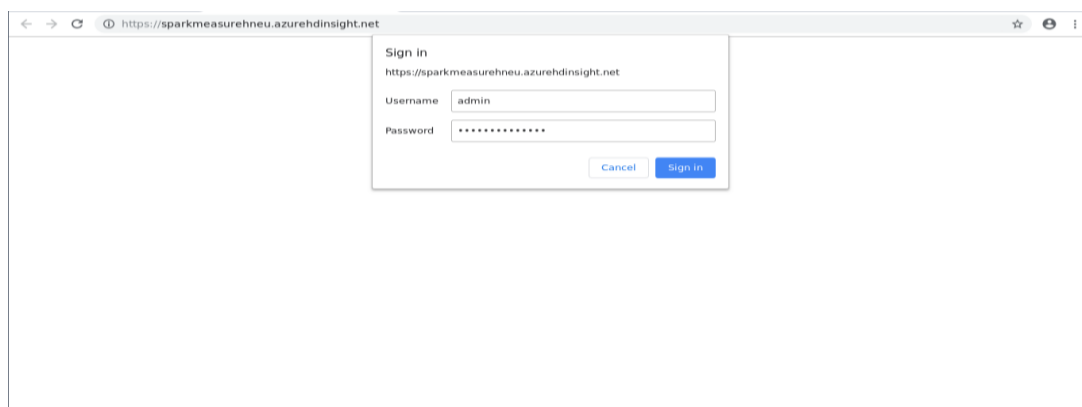


Рисунок 16 – Авторизація у Ambari

Далі необхідно натиснути на пункт YARN в лівому меню (рис. 17).

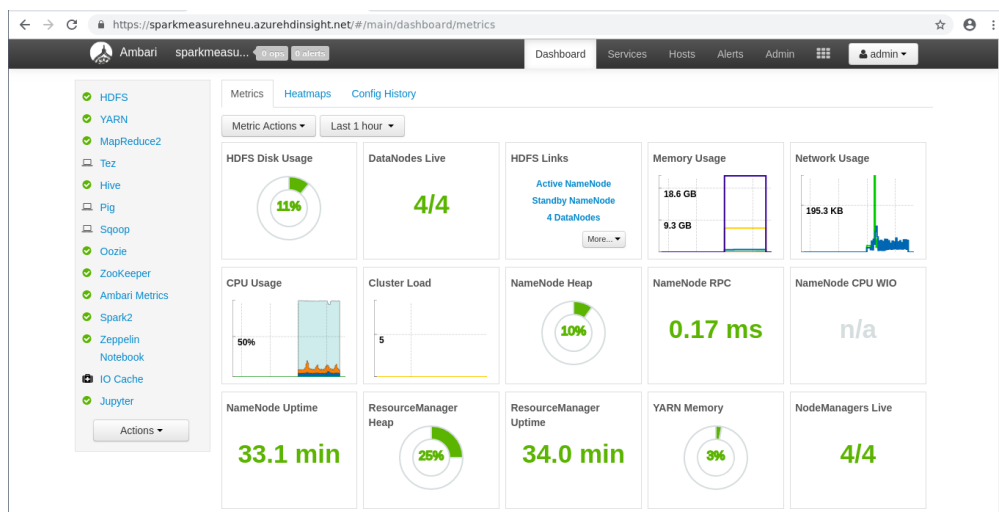


Рисунок 17 – Головна сторінка Ambari

Переходимо на вкладку Config та встановлюємо в поля, що підсвічені жовтим знаком попередження значення з файлу конфігурації:

`yarn.scheduler.maximum.allocation.mb` та `yarn.scheduler.maximum.allocation.vcores` (рис. 18-19).

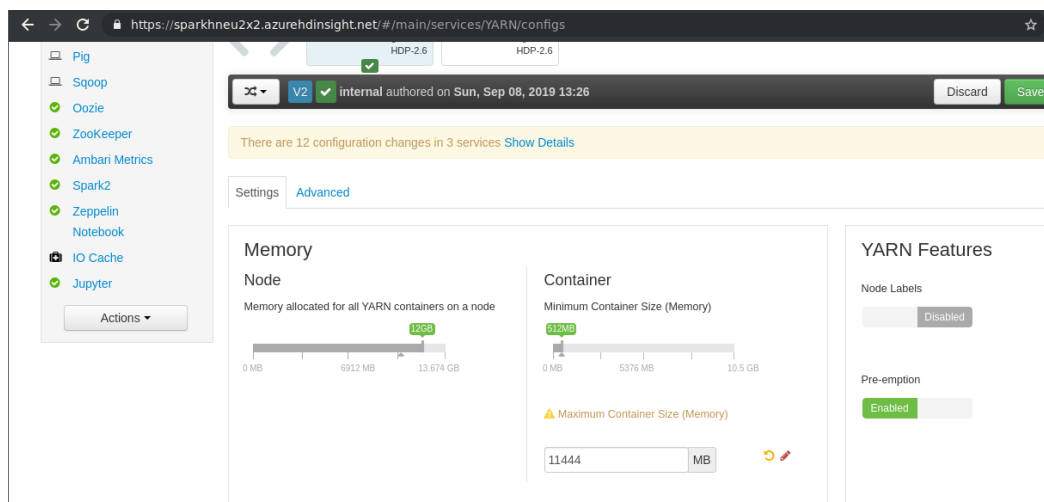


Рисунок 18 – Налаштування максимального розміру контейнера

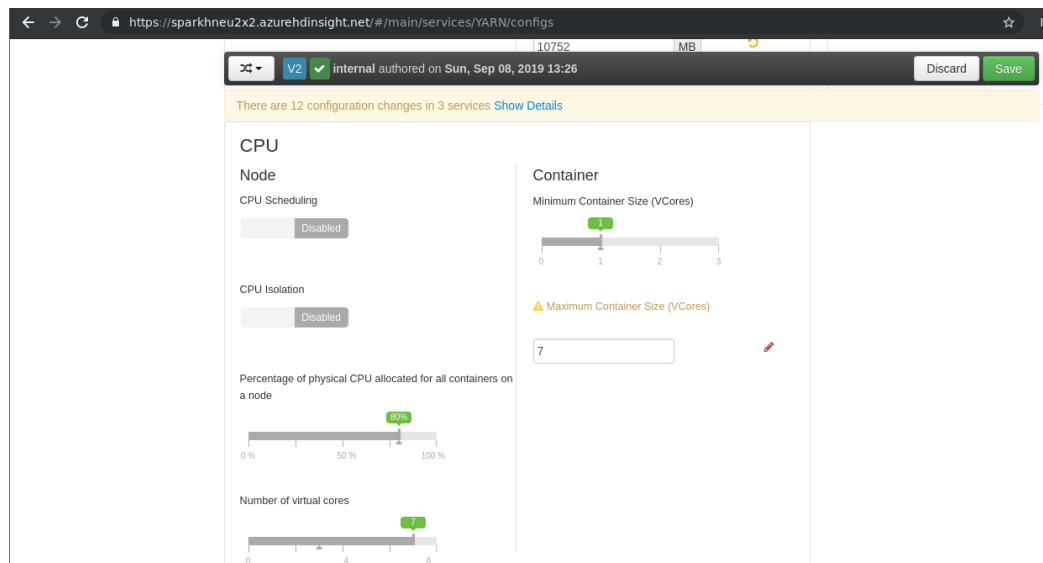


Рисунок 19 – Настройка максимальної кількості віртуальних ядер для контейнера

#### 1.4. Моделювання процесу централізованого мультиоб'єктного управління ресурсами в розподілених ієрархічних мережах

Продуктивність комп'ютерних мереж багато в чому залежить від ефективності реалізації функцій системи мережевого управління. Комп'ютерна мережа (КМ) і її елементи характеризуються сукупністю параметрів, які змінюються в часі. Тому вона є динамічною системою. Для управління такою мережею необхідні системи динамічного управління, управління надійністю і живучістю, систему адміністративного управління і контролю і системи технічної діагностики. Система динамічного управління має ряд особливостей, властивих процесу функціонування сучасних інформаційних мереж:

1. Постійне зростання потреб абонентів в інформаційному обміні призводить до того, що зараз обсяги переданої і оброблюваної в різних мережах інформації досягають величезних розмірів. Використовувана в мережах інформація неоднорідна за своїм змістом і фізичну природу і характеризується певними вимогами щодо якості обслуговування.

2. Організація обслуговування численних абонентів призвела до створення мереж з надзвичайно складною структурою [43], що істотно ускладнює процес управління мережею.

3. Елементи системи управління територіально віддалені один від одного. Це призводить до того, що службова інформація про стан об'єкта управління може бути неповною, завжди спізнюється і відображає минуле стан процесу обміну інформацією. Рішення з управління цим процесом приймаються в умовах невизначеності про стан елементів мережі.

4. Умови роботи мережі швидко змінюються в часі. Мають місце швидкі випадкові зміни інтенсивностей і напрямків інформаційних потоків, що входять в мережу, випадкові впливи помилок в каналах зв'язку на передану цифрову інформацію, випадкові зміни топологічної структури мережі. Ці чинники сприяють виникненню в мережі перевантажень і блокувань.

Комп'ютерну мережу можна розглядати як сукупність розосереджених ресурсів [44-46]. Необхідність ефективного розподілу цих ресурсів з метою їх найкращого використання для задоволення вимог абонентів визначила створення системи динамічного управління мережею. Функціонування таких систем заснована на застосуванні великого арсеналу методів динамічного управління [47-51]. Ці методи у вигляді відповідних алгоритмів реалізовані в протоколах взаємодії компонентів мережі [51-53]. Аналіз методів динамічного управління і реалізованих на їх основі алгоритмів свідчить про те, що застосування якогось окремого протоколу має обмеження і доцільно лише в певних умовах. У зв'язку з цим виникає необхідність у виборі потрібного протоколу управління в умовах сформованої в мережі ситуації. Крім того, часто більш відповідним рішенням є невикористання іншого алгоритму, а правильний вибір значень керованих параметрів застосовуваного протоколу.

Наявна невизначеність щодо стану елементів мережі істотно ускладнює здійснення правильного вибору варіанту рішення про розподіл мережевих ресурсів в ситуації, що склалася. Крім того, складність завдання розподілу ресурсів полягає в тому, що використання одних ресурсів може суттєво вплинути на ефективність використання інших. Таким чином, ефективність комп'ютерних мереж багато в чому залежить від ефективності вирішення завдань управління мережевими ресурсами в різних умовах її функціонування.

В даний час існує велика кількість КС, які різняться за розмірами, топологією, принципам функціонування і т.п. За розмірами КМ можна розділити на великі, середні та малі. Під великими мережами будемо розуміти мережі, які складаються з 50 і більше вузлів комутації. Під середніми мережами будемо розуміти

мережі, в яких число вузлів більше 10 і менше 50. Під малими мережами будемо розуміти мережі, в яких не більше 10 вузлів. Розмір мережі впливає на час збору інформації, на час розсилки керуючих впливів і на ймовірність прийняття рішення по оптимальному розподілу мережевих ресурсів. Для різних КМ і способів управління число транзитних вузлів комутації буде різним. Так, для мереж з централізованим управлінням центр управління, як правило, збігається з центром графа, який його описує. Отже, число транзитних вузлів визначається радіусом цього графа. У мережах з розподіленим централізованим управлінням передбачається обмін між усіма вузлами КМ. Тому число транзитних вузлів визначається діаметром графа такої КМ. В ієрархічних мережах центри управління знаходяться в центрах графа, що описує ділянку керованої мережі. Отже, на кожному рівні ієрархії центр управління знаходиться в центрі керованого сегмента КМ, а значить, число транзитних вузлів, визначається радіусом графа, що описує керований ділянку мережі. Для подальших досліджень припустимо таке значення числа транзитних вузлів. Кількість вузлів впливає на час доставки інформації про стан КМ, що, в свою чергу, впливає на якість управління ресурсами КМ. Це пов'язано з тим, що за час передачі інформації управління станом керованих об'єктів змінюється, тобто відбувається процес старіння інформації. Отже, знайдене рішення розподілу мережевих ресурсів може вже й не бути оптимальним.

Всі зазначені засоби, що визначають комп'ютерну мережу як об'єкт управління, розосереджені і входять до складу проміжних або кінцевих вузлів комутації. Тому модель структури мережі як показано раніше зазвичай представляється у вигляді неорієнтованого графа. Передбачається, що мережа включає безліч вузлів комутації ( $N$ ), залежне від розмірів мережі. Вузли комутації  $i$  та  $j$  з'єднані дугами. Кожна дуга характеризується довжиною  $l_{ij}$ , інтенсивністю потоку  $\lambda_{ij}$  і пропускною спроможністю  $C_{ij}$ . Всі ці дані наводяться в матрицях довжин  $h = |l_{ij}|$  і пропускних спроможностей  $C = |C_{ij}|$ . Відома матриця інцидентності вузлів  $S = |s_{ij}|$ . Вузол характеризується ємністю буферного пристрою, що запам'ятовує (БЗП)  $w_j$ , інтенсивністю обслуговування заявок  $T$ -го типу  $\mu_j^T$  і надійністю  $K_j$  (коефіцієнт готовності). На вузол надходить вхідний потік заявок від джерел, що

знаходяться на цьому вузлі  $\lambda_{BX_j}^T$ , і транзитний потік  $\lambda_{TP}^T = \sum_{i,j} \lambda_{TPji}^T$ . Інтенсивність сумарного потоку на вузлі дорівнює

$$\lambda_{\Sigma j} = \sum_{T=1}^{\nu} \lambda_{\Sigma j}^T, \quad (1)$$

де  $\nu$  - число типів заявок. В свою чергу

$$\lambda_{\Sigma j}^T = \lambda_{BX_j}^T + \sum_{i,j} \lambda_{TPij}^T. \quad (2)$$

На вході КМ вхідний трафік, в залежності від стану мережі, може бути допущений в мережу або заблокований. Тоді інтенсивність вхідного потоку можна представити в наступному вигляді

$$\lambda_{BX_j}^T = \sum_{\gamma \in \Gamma} \lambda_{BX_j}^T \cdot X_{\gamma}, \quad \text{при } X_{\gamma} = \begin{cases} 1, \text{ трафік допущен} \\ 0, \text{ трафік не допущен} \end{cases}, \quad (3)$$

де  $X_{\gamma}$  - параметр управління допуском в мережу  $\gamma$ -го трафіку  $T$ -ого типу. Допущений в мережу трафік повинен бути переданий з заданими параметрами якості. Для цього необхідно розподілити ресурси КМ (вибрати маршрут або групу маршрутів доставки інформації). Обраний маршрут повинен забезпечити передачу інформації із заданими параметрами якості обслуговування. З математичної точки зору, задача динамічного управління КМ зводиться до розподілу ресурсів КМ між абонентами мережі з урахуванням якості обслуговування. Під ресурсами мережі будемо розуміти пропускні спроможності каналів (вектор  $|c_{ij}|$ ), що виділяється час і ємність буферного пристрою, що запам'ятовує (БЗП) (вектор  $|w_{ij}|$ ). Тоді математичну модель розподілу ресурсів КМ при управлінні інформаційними потоками можна представити в наступному вигляді

$$S \cdot r_m = d_m; \quad (4)$$

$$\sum_{m=1}^N r_m \leq r; \quad (5)$$

$$T_d \leq T_{\text{доп}}; P_{\text{ош}} \leq P_{\text{ошдоп}}, \quad (6)$$

де  $S$  - матриця зв'язності мережі;  $r_m$  - вектор ресурсів КМ, (пропускна здатність каналів зв'язку, ємність запам'ятовуючих пристроїв (ЗП)) виділений  $m$ -ому потоку;  $d_m$  - вектор вхідних вимог;  $P_{\text{ошдоп}}$  - допустима ймовірність помилки. За допомогою рівняння (4) описується обмеження, що накладаються топологією КМ, а рівняння (6) описує обмеження за якістю обслуговування трафіку абонентів.



При вирішенні задачі розподілу пропускних спроможностей каналів (вектор  $C_n$ ) між потоками абонентів, рівняння 4, 5 візьмуть вид

$$S \cdot C_m = \lambda_m, \quad (7)$$

$$\sum_{m=1}^N C_m \leq C, \quad (8)$$

де  $C_m$  - матриця пропускних спроможностей, виділених  $i$ -му потоку,  $\lambda_m$  - вектор розмірності  $1 \times N$ , який визначає інтенсивність вхідного і вихідного трафіку, а також задає вхідний і вихідний вузли комутації та визначається наступним чином

$$\lambda_{ik} = \begin{cases} < 0, \text{ если } k \text{ узел - источник} \\ > 0, \text{ если } k \text{ узел - приемник.} \\ 0 \end{cases} \quad (9)$$

Обмеження на ємність ЗП (вектор  $W$ ) визначається виразом

$$\sum_{m=1}^N W_m \leq W, \quad (10)$$

де  $W_m$  - матриця ємностей БЗП, виділених  $m$ -му потоку. Для знаходження оптимального маршруту необхідно орієнтуватися на максимум досягнення вихідного ефекту. Зазвичай в якості показника ефективності використовують час доставки, пропускну здатність, ймовірність втрати інформації, ймовірність своєчасної доставки і т.п. Крім обмежень пов'язаних з топологією КМ і якістю обслуговування, існують обмеження пов'язані з алгоритмами функціонування КМ, які можна описати в наступному вигляді

$$\bar{x}(n+1) = f(\bar{x}(n), \bar{r}(n), \bar{\xi}(n)),$$

де  $\bar{x}(n+1)$  – вектор стану КМ на  $(n+1)$  кроці;  $\bar{r}(n)$  – вектор розподілу ресурсів КМ;  $\bar{\xi}(n)$  – вектор-функція, що описує вплив випадкових факторів. Стан комутаційних пристроїв характеризується станом буферних ЗП, значення таблиць маршрутизації, часом обробки (знаходження) пакета на вузлі комутації, ймовірністю втрати повідомлення. Стан каналів передачі характеризується пропускну здатністю каналу, часом доставки повідомлення, ймовірністю втрати повідомлення, ймовірністю помилки в повідомленні. Сукупність суміжних каналів зв'язку між двома вхідними пристроями утворюють напрям зв'язку. Стан напрямки зв'язку визначається швидкістю передачі інформації, можливостями

втрати повідомлення і ймовірністю помилки в повідомленні. Абоненти КМ визначаються характеристиками вхідних потоків абонентів: інтенсивністю надходження трафіку, його об'ємом. Раніше було показано, що основними ресурсами, які розподіляються між абонентами мережі, є буферне ЗП, і пропускні спроможності каналів. Позначимо БЗП, що знаходиться на  $i$ -му вузлі комутації  $W_i$ . Тоді  $m$ -му потоку мережі буде виділено  $w_i^m$  ємність ЗП на  $i$ -му вузлі комутації. Причому для ємності ЗП має виконуватися обмеження

$$\sum_{m \in N} w_i^m \leq W_i, 0 \leq w_i^m \leq W_i. \quad (11)$$

Позначимо пропускну здатність виділяється  $m$ -му потоку в каналі між  $i$ -м і  $j$ -м вузлами комутації  $C_{ij}^m$ . Для даного ресурсу повинні виконуватися наступні обмеження

$$\sum_{m \in M} C_{ij}^m \leq C_{ij}, 0 \leq C_{ij}^m \leq C_{ij}. \quad (12)$$

Тоді динаміка управління ресурсами комп'ютерної мережі можна описати таким чином

$$\begin{aligned} w_i^m(k+1) &= w_i^m(k) + \Delta w_i, \\ C_{ij}^m(k+1) &= C_{ij}^m(k) + \Delta C_{ij}, \\ \lambda_{\sum_j}(k+1) &= \lambda_{\text{вх}j}(k) + \sum_{i,j} \lambda_{\text{тр}ij}(k). \end{aligned} \quad (13)$$

де  $\Delta w_i$  і  $\Delta C_{ij}$  - зміни на  $(k+1)$  кроці управління в розподілі ємностей ЗП і пропускних спроможностей каналів. Стан мережі постійно змінюється, тому завдання розподілу ресурсів необхідно періодично вирішувати. Мережеві ресурси на  $k$ -му кроці управління  $\bar{r}(k)$  виділяються безпосередньо на доставку інформації користувачів  $\bar{r}_{\text{кС}}(k)$  і на потреби системи динамічного управління  $\bar{r}_{\text{СДУ}}(k)$ , причому виконується наступне обмеження

$$\bar{r}_{\text{кС}}(k) + \bar{r}_{\text{СДУ}}(k) \leq \bar{r}(k). \quad (14)$$

Як правило, обсяг ресурсів, що виділяються на потреби СДУ становить не більше 10% від загального обсягу ресурсу

$$\bar{r}_{\text{СДУ}}(k) \leq 0.1 \cdot \bar{r}(k). \quad (15)$$

Таким чином, модель комп'ютерної мережі як об'єкта управління можна представити в наступному вигляді

$$\begin{aligned}
\max_{\bar{r}_{kc}(k)} \quad & \Theta = F(\bar{r}_{kc}(0), \bar{x}(1), \bar{r}_{kc}(1), \bar{x}(2), \dots, \bar{r}_{kc}(K-1), \bar{x}(K)); \\
w_i^m(k+1) &= w_i^m(k) + \Delta w_i; \\
C_{ij}^m(k+1) &= C_{ij}^m(k) + \Delta C_{ij}; \\
\lambda_{\sum_j}(k+1) &= \sum_{T=1}^v \sum_{\gamma \in \Gamma} \lambda_{BXj}^T \cdot X_{\gamma} + \sum_{i,j} \lambda_{TPij}(k); \\
S(k) \cdot C_m(k) &= \lambda_m(k); \\
\sum_{m=1}^M W_m(k) &\leq W(k); \\
\sum_{m=1}^M C_m(k) &\leq C(k); \\
\bar{r}(k) &\geq 0; \\
\bar{r}_{kc}(k) + \bar{r}_{Cду}(k) &\leq \bar{r}(k); \\
\bar{r}_{Cду}(k) &\leq 0.1 \cdot \bar{r}(k); \\
P_{ош} &\leq P_{ошдоп}; \\
T_d &\leq T_{доп};
\end{aligned} \tag{16}$$

де  $K$  – число тимчасових кроків управління.

Топологія системи управління представимо вектором  $h$  розмірністю  $1 \times N$ , де  $N$  - число керованих об'єктів. Елемент вектора  $h_i$  характеризує відстань до  $i$ -го об'єкта. В даному випадку відстань вимірюється в кілометрах або числом транзитних вузлів до керованого об'єкта. Якщо відстань невеликі, то процес управління здійснюється швидше. З ростом відстані до керованого об'єкта ефективність управління падає. Для подальшого аналізу відстань між об'єктами умовно розбіємо на три групи. До першої групи належать об'єкти локального управління (тобто управління сусідніми об'єктами). До другої групи належать об'єкти, що знаходяться в сусідніх сегментах (на відстані 2-3 транзитних вузлів). До третьої групи належать об'єкти, що знаходяться на відстані більшій 3 транзитних вузлів. Імовірність розподілу керованих об'єктів по групах представимо вектором  $[P_1 \ P_2 \ P_3]$ , де номерами позначені ймовірності віднесення об'єкта відповідно до 1, 2 або 3 групи.

Запропонована модель може бути модифікована з урахуванням різних способів організації передачі інформації. Розглянемо найбільш загальний варіант мультиоб'єктного управління, при якому кожен об'єкт управляється одним центром з подальшою перевіркою результатів на керуючому центрі і при

необхідності повторення процесу управління. Можливі в цьому випадку використання трьох методів мультиоб'єктного управління. Перший метод передбачає процес управління організувати по кожному об'єкту окремо. В цьому випадку процеси управління багатьма об'єктами незалежні один від одного. Системи управління об'єктами автономні. Другий метод передбачає послідовне управління і контроль правильності цього управління об'єктами мережі з усуненням виявлених помилок. При третьому методі процес управління здійснюється паралельно всіма об'єктами. У разі виявлення помилки управління будь-яким об'єктом процес управління повторюється по всіх об'єктах. При використанні другого і третього методів завдання управління мережею можливо вирішувати оптимально з урахуванням досягнутих результатів на кожному об'єкті. В ході подальших досліджень розглянемо такі варіанти розподілу відстані між керуючим і керованими об'єктами:

1. Переважне управління локальними об'єктами.
2. Рівномірний розподіл.
3. Переважне управління об'єктами на далекій відстані.

Перш за все, необхідно визначитися з методикою розробки математичної моделі. При розробці математичних моделей, що описують послідовно виконуючи операції, плідної є методика, заснована на ймовірсно-часових графів (ЙЧГ). Відповідно до цієї методики в результаті послідовного виконання етапів ймовірності перемножуємо, а час їх виконання підсумовувати. При наявності багатьох об'єктів процеси управління кожного з них відбуваються аналогічно. Однак ці процеси в трактах виконуються паралельно. В результаті при розробці моделі виникають деякі особливості. Такими особливостями є наступні: - час управління об'єктами повідомлення одно часу управління найповільнішим з них; - умовою успішного управління є правильне рішення задачі управління всіма об'єктами. Ця умова аналогічно умові правильного управління при використанні послідовного методу. Якщо при виконанні окремих операцій виникає цикли з різним часом їх виконання, то при розрахунку середнього часу виконання завдання необхідно враховувати найбільше середнє час одного циклу при виконанні будь-якої операції. В інших циклах необхідно враховувати тільки ймовірності виконання окремих операцій. Зі сказаного вище видно, що при розробці моделі мультиоб'єктного управління можна використовувати ЙЧГ, в яких дуга, яка характеризує процес управління одним об'єктом враховує як час, так і ймовірність

виконання операції. Дуги, що враховують процес управління окремими операціями, характеризуються тільки ймовірністю виконання певного етапу. При цьому математична модель процесу рішення задачі мультиоб'єктного управління буде еквівалентна аналогічній моделі при послідовному методі. Припустимо, що мережа має  $M$  керованих об'єктів. При відсутності чинників, що заважають тривалість циклу управління будь-якого з об'єктів позначимо. Загальна тривалість циклу управління при наявності чинників, що заважають - . Час контролю результатів рішення задачі управління мережею - . Тоді відносна швидкість вирішення завдання управління буде дорівнює

$$C = \frac{T_{упр}}{\max(T_{циклі}) + \tau_k} . \quad (17)$$

На основі описаної методики з використанням імовірно-часових графів і виробляють функцій розроблені моделі мультиоб'єктний управління для трьох описаних вище методів. Ймовірно-часовий граф управління кожним об'єктом для першого методу має вигляд, зображений на рис.1.

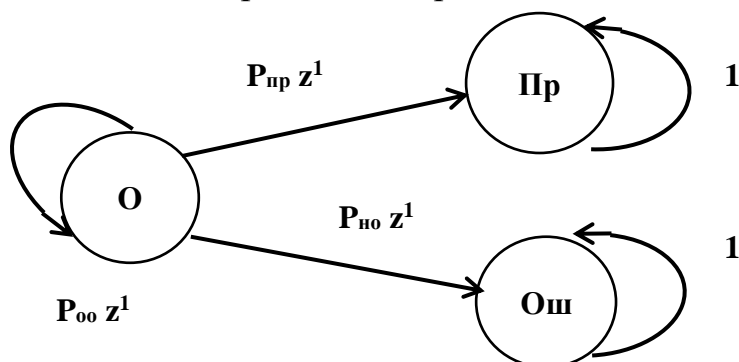


Рисунок 20 – Ймовірно-часовий граф управління об'єктом

На рис.20 позначено:  $P_{пр}, P_{но}, P_{оо}$  - відповідно ймовірності правильного управління, непоміченою, виявленої помилки в результаті контролю;  $P_k$  і  $P'_k$  - відповідно ймовірності правильного контролю при правильному управлінні і пропуску помилки. На графі відповідно до рис.1 враховується відносний час виконання етапу управління

$$T_{упр} = T_{сб.и} + T_{рз} + T_{дост} + T'_k ,$$

де  $T_{сб.и}$  - час збору інформації;  $T_{рз}$  - час виконання завдання управління;  $T_{дост}$  - час доставки інформації, що управляє;  $T'_k$  - час виконання прийнятого рішення і контролю виконання. Помилка в управлінні може бути в разі, якщо неправильно доставлена керуюча інформація, неправильно прийняте і виконано рішення і

контроль цих помилок не виявив (рис.1). Вважається, що сучасні системи контролю функціонують задовільно, якщо не виявляються не більше 1% виникають в системі помилок. Складові, що входять в інтервал часу  $\hat{\Delta}_{\delta_1}$  для кожного керованого об'єкта різні. При аналізі ймовірностно-часових характеристик мережі необхідно орієнтуватися на максимальні величини цих складових і, отже, на  $\hat{\Delta}_{\delta_1 \text{ max}}$ . Цей інтервал управління залежить від розмірів мережі, від відстаней між об'єктами і від їх керованих властивостей. Будемо враховувати ці особливості коефіцієнтом  $\hat{E}_{\delta_1}$ . Отже, буде справедливо рівність

$$T_{\text{упр}} = T_{\text{уп}} \cdot M K_{\text{уп}}$$

Відповідно до введених вище розподілом керованих об'єктів на три групи можна вважати, що можуть бути прийняті наступні значення цих коефіцієнтів

$$1) K_{\text{уп}} = \frac{1}{M}; 2) K_{\text{уп}} = \frac{2}{M}; 3) K_{\text{уп}} = \frac{4}{M}.$$

Значення цих коефіцієнтів може бути і іншим. Однак для порівняльної характеристики методів мультиоб'єктного управління це істотного впливу не робить. Граф зображений на рис.1 можна еквівалентно перетворити. При цьому введемо наступні позначення:

$$f_1(z) = P_{\text{пр}} \cdot z^1; f_2(z) = P_{\text{но}} \cdot z^1;$$

$$f_3(z) = P_{\text{оо}} \cdot z^1.$$

Виробляюча функція визначається співвідношенням

$$F(z) = \frac{f_1(z) + f_2(z)}{1 - f_3(z)}.$$

Відносне середнє час передачі дорівнює

$$T_{\text{CP1}} = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1}.$$

Ймовірність правильного рішення і ймовірність невиявленої помилки обчислюються відповідно виразами

$$P_{i \delta_1} = \left. \frac{f_1(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{z=1}, R_1 = \left. \frac{f_2(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{z=1}.$$

Оскільки в M-об'єктній системі елементи управляються незалежно, кінцеві функції дуг визначаються відповідно виразами:

$$F_1(z) = \left( D_{i \delta_1} \right)^M \cdot z^{\hat{\Delta}_{\delta_1}} \cdot \hat{E}_{\delta_1};$$

$$F_2(z) = \sum_{i=1}^M C_M^i \cdot (\hat{D}_{1\hat{1}_1})^i \cdot (1 - \hat{D}_{1\hat{1}_1})^{M-i} \cdot z^{T_{\text{сп1}} \cdot K_{\hat{\sigma}_i \delta}}. \quad (18)$$

Виробляюча функція має вигляд

$$\hat{F}_2(z) = \hat{F}_1(z) \cdot \hat{F}_2(z). \quad (19)$$

Час передачі визначається за формулою. Імовірність помилки дорівнює

$$P_{\text{пр}} = \hat{F}_1(z) \cdot \hat{F}_2(z). \quad (20)$$

На рис.21 і рис.22 зображені відповідно залежність відносного середнього часу управління мережею і ймовірності помилки від ймовірності правильного виконання етапів технології, побудованих відповідно до отриманих виразами (15-20).

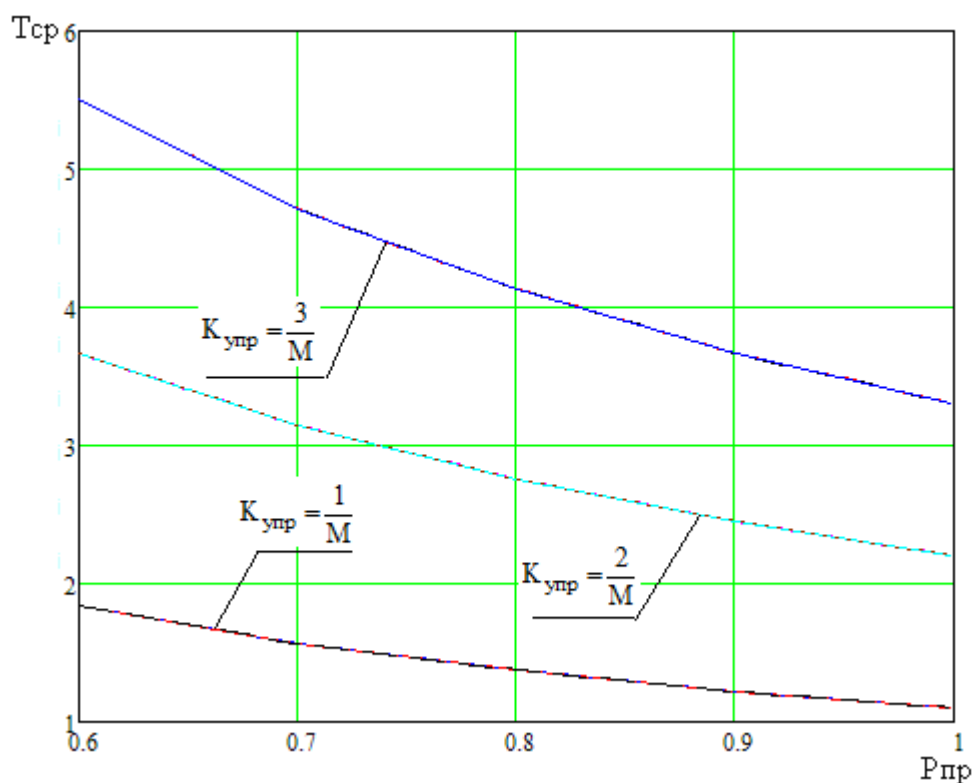


Рисунок 21 – Залежність  $T_{\text{ср}} = f(P_{\text{пр}})$  при заданих значеннях  $\hat{I}$  і  $\hat{E}_{\hat{\sigma}_i \delta}$ .

Графіки побудовані за умови паралельного управління всіма об'єктами мережі. З наведених графіків видно, що в даному випадку середній час не залежить від числа керованих об'єктів ( $M$ ) і визначається максимальним часом управління одного об'єкта. Спостерігається суттєва залежність від розмірів мережі (коефіцієнт  $\hat{E}_{\hat{\sigma}_i \delta}$ ) і від імовірності правильного рішення задачі управління ( $P_{\text{пр}}$ ) при зміні цієї ймовірності в межах (0.6 - 0.9). При  $P_{\text{пр}} > 0.9$  зміна цієї ймовірності робить малий вплив на середній час керування.

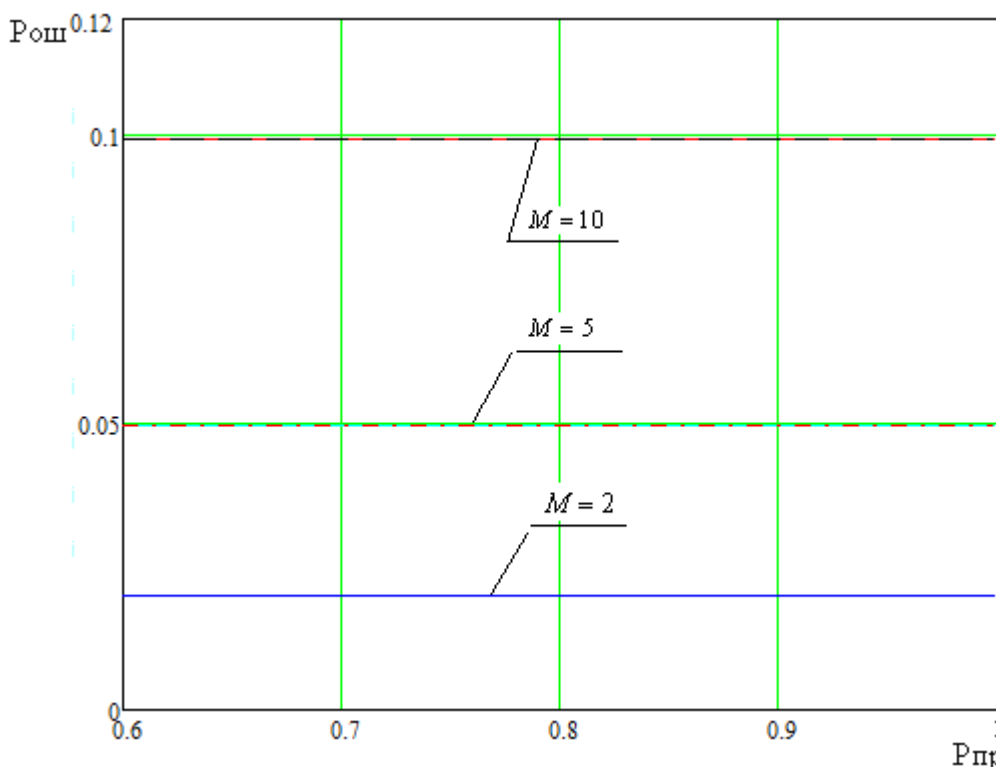


Рисунок 22 – Залежність  $P_{i\emptyset} = f(P_{i\delta})$  при заданих значеннях  $\hat{I}$  і  $\hat{E}_{oi\delta}$ .

Число керованих об'єктів значно впливає на ймовірність помилки управління (рис.22). Цей вплив зростає з погіршенням системи контролю за виявлення виникаючих помилок ( $P_{но}$ ). При використанні незалежних каналів управління є можливість, як об'єктного управління, так і послідовного управління об'єктами. При послідовному управлінні час розв'язання задачі в порівнянні з результатами, наведеними на рис.21 зростає пропорційно числу об'єктів. Ймовірність помилки в порівнянні з даними на рис.22 практично не змінюється.

### 1.5. Висновки за розділом

У результаті досліджень були отримані такі результати:

Представлені результати інтегрування чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot з експертною системою для організації консультування в режимі онлайн. Розглянуто алгоритм взаємодії чат-бота і агентів експертної системи в онлайн режимі.

Був створений повністю функціонуючий чат-бот @es\_economy\_karkas\_bot, який інтегрований в систему "КАРКАС" і дозволяє в режимі онлайн проводити консультацію з прототипами експертних систем в економіко-фінансовій предметній області.



Подальшим напрямком даного дослідження може стати розробка мобільного додатка "КАРКАС" під платформами Android і iOS.

Система "КАРКАС" за допомогою чат-ботів: @es\_economy\_karkas\_bot, @Ribs\_karkas\_bot, @test\_karkas\_bot, @es\_info\_tech\_karkas\_bot дозволяє проводити онлайн консультацію з користувачами і тестування знань студентів в різних предметних областях: комп'ютерна графіка, технології баз даних, веб-аналітика, системи бізнес-інтелекту.

У розділі було розглянуто підходи щодо рішення ключової задачі NLP - класифікації тексту та аналізу тональності тексту. Для сучасного впровадження рішення розглянуто реалізації на основі Deep Learning, зокрема згорткової нейронної мережі (CNN). Імплементация рішення здійснено на базі сервісів AWS, зокрема на основі використання EC2 та образу AWS Deep Learning Container.

У результаті дослідження було протестовано різні конфігурації віртуальних машин для ПЗ Apache Spark у Azure HDInsight, різні конфігурації компонентів Apache Spark, обрані і підключені БД для тестування бенчмарку Spark-Perf, проведені обчислювальні експерименти та статистичний аналіз отриманих результатів тестування методів машинного навчання в тестах Spark-Perf на основі лог-файлів.

Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації конфігурації кластеру при розв'язанні задач машинного навчання.

На підставі узагальненої моделі технології централізованого методу управління інформаційного процесами в комп'ютерних мережах розроблено математичну модель технології інформаційного забезпечення вирішення завдань управління комп'ютерної мережі. Запропонована модель дозволяє враховувати особливості послідовного або паралельного управління об'єктами, інформаційного забезпечення процесу управління, контролю результатів цього управління та усунення виявлених помилок.

Розроблено методику визначення функцій дуг ймовірносно-часових графів технології збору інформації. Запропонована методика дозволяє задати параметри моделі технології збору інформації з урахуванням структури КМ, стану КМ і її елементів та методу передачі повідомлень.

Проведено порівняльний аналіз варіантів інформаційного забезпечення. Побудовано графіки залежності відносного середнього часу збору інформації від стану каналу зв'язку (ймовірності спотворення одного біта), ймовірності вільності абонентів і ймовірності можливого конфлікту. При цьому показано, що час

збору інформації істотно зростає при використанні будь-якого з аналізованих варіантів. Час збору інформації за запитом більш ніж в два рази перевищує аналогічну характеристику при використанні інших варіантів. Істотний вплив на час збору робить ймовірність вільності абонента, ймовірність розпізнавання службових пакетів, ймовірність виникнення конфлікту при зборі інформації. Можна зробити висновок про необхідність передбачити заходи щодо їх розрізнення і розпізнавання службових повідомлень з ймовірністю не гірше 0.9.

На підставі аналізу загального варіанта мультиоб'єктного управління розглянуті три методи. Перший метод передбачає процес управління організувати по кожному об'єкту окремо. В цьому випадку процеси управління багатьма об'єктами незалежні один від одного. Системи управління об'єктами автономні. Другий метод передбачає послідовне управління і контроль правильності цього управління об'єктами мережі з усуненням виявлених помилок. При третьому методі процес управління здійснюється паралельно всіма об'єктами. У разі виявлення помилки управління будь-яким об'єктом процес управління повторюється по всіх об'єктах. При використанні другого і третього методів завдання управління мережею можливо вирішувати оптимально з урахуванням досягнутих результатів на кожному об'єкті.

На підставі запропонованих методів мультиоб'єктного управління розроблені математичні моделі, які дозволили дослідити їх ефективність. Порівняльний аналіз ймовірностно-часових характеристик, проведений з використанням цих моделей, дозволяє обґрунтовано вибрати найбільш ефективний метод мультиоб'єктного управління. Проведений аналіз показав, що найбільша помилка управління можлива при застосуванні незалежних каналів. При паралельному управлінні об'єктами забезпечується мінімальний час і ймовірність помилки в порівнянні з іншими методами. Однак при цьому ускладнюється система управління мережею.

## РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У ОСВІТІ

### 2.1. Удосконалення системи зберігання даних на основі озер даних

В наш час інформація є одним з найбільш важливих активів підприємства і визначає його конкурентоспроможність. Кожне велике підприємство стикається з проблемою збереження та ефективної обробки великого обсягу даних. Тому дуже гостро постає питання створення або удосконалення системи зберігання даних, яке буде повністю відповідати потребам підприємства у сучасному світі. Це дозволить підвищити ефективність роботи підприємства, зокрема різних її підрозділів, полегшити їх взаємодію, а також може значно зменшити витрати на підтримку системи зберігання даних [54].

На даний момент на ринку існує багато видів систем для зберігання даних з різною архітектурою, що в якійсь мірі успішно вирішують задачі по управлінню даними на підприємстві. Але зазвичай такі системи збереження даних мають деякі обмеження за використанням, які пов'язані з їх архітектурою та структурою. Вони не можуть охопити усі аспекти роботи великого підприємства, тому потребують удосконалення або заміни. Зазвичай, в наслідок того, що база даних не може охопити та зберігати усю інформацію та дані, які є на підприємстві, створюється одна база даних, яка зможе охопити найважливіші аспекти діяльності компанії. А уся інша інформація або зберігається у іншій базі даних, та потребує обробки перед застосуванням, або зберігається на паперах чи окремих електронних носіях, а в деяких випадках взагалі втрачається.

Додатково, з кожним роком, обсяг інформації зростає у зв'язку з розвитком технологій, виникають нові типи та види інформації. Створюються нові об'єкти та предмети які утворюють нові дані, з якими старі бази даних не можуть взаємодіяти. Також підприємства, уникаючи складнощів зі створенням та підтримкою декількох баз даних, які б могли взаємодіяти між собою, та охоплювати усі аспекти діяльності компанії. Така поведінка призводить до втрати ефективності роботи та можливих напрямків розвитку [55].

Сучасні технології та методи створення систем зберігання даних дозволяють створити сховище даних, яке буде повністю задовольняти усі потреби та

вимоги до зберігання, обробки, можливості використання даних тощо, на великому сучасному підприємстві.

Метою роботи є створення системи зберігання даних, яке буде відповідати усім вимогам великого підприємства. Удосконалення системи зберігання даних здійснюється за допомогою створення та впровадження озера даних, що само по собі є дуже іноваційним підходом, до зберігання даних. Також актуальність полягає у використанні нових видів і типів даних, які підприємство не використовувало.

Озера даних – це рішення нового покоління для управління гібридними даними, що дозволяють вирішувати завдання в сфері високих даних і реалізувати принципово нові методи аналітики в реальному часі. Висока масштабованість рішень забезпечує підтримку дуже великих обсягів даних і можливість прийому даних у вихідних форматах з найрізноманітніших джерел. Озера даних допомагають об'єднати розрізнені дані і дають організаціям можливість отримати повне уявлення про наявної в них інформації з можливістю централізованої аналітики по різних підрозділах, напрямкам бізнесу і регіонах. Також з'являється можливість розгортання сучасних технологій, включаючи штучний інтелект (AI) і Інтернет речей (IoT).

Озера даних мають такі можливості:

1) Оптимізація підготовки даних і доступу до даних:

Скорочення витрат часу і коштів на підготовку даних для зберігання в озері даних у вихідному форматі. Використання напівструктурованих і неструктурованих даних і надання користувачам інструментів для самостійного доступу до даних в реальному часі і застосування технологій II і IoT.

2) Скорочення витрат на IT та зберігання даних:

Можливість застосування поширеного апаратного забезпечення в озерах даних допомагає забезпечити необмежену масштабованість і скоротити капітальні вкладення. Додаткове скорочення витрат за рахунок застосування озер даних як сховища для старих даних, які в іншому випадку потрібно було розмістити в більш дорогому сховище.

3) Оптимізація рішень на основі даних:

Об'єднання і аналіз даних з більш різноманітних джерел для отримання більш глибоких знань і точних результатів. Засоби управління озерами даних допомагають забезпечити релевантність і достовірність даних. У поєднанні з

інструментами аналітики в реальному часі і штучного інтелекту озера даних допомагають організаціям в реалізації нових можливостей, як тільки вони з'являються.

Озера даних дозволяють імпортувати будь-яку кількість даних, які можуть знаходитись в режимі реального часу. Дані збираються з декількох джерел і переміщаються в озеро даних у вихідному форматі. Цей процес дозволяє масштабувати дані будь-якого розміру, економлячи час визначення структур даних, схеми і перетворень.

Озера даних дозволяють зберігати реляційні дані, такі як операційні бази даних і дані з бізнес-додатків, а також нереляційні дані, такі як мобільні додатки, пристрої IoT і соціальні мережі. Вони також дають вам можливість зрозуміти, які дані знаходяться в озері, шляхом сканування, каталогізації та індексації даних. Нарешті, дані повинні бути захищені, щоб забезпечити захист ваших активів даних.

Озера даних дозволяють різним ролям на підприємстві, таким як дослідники даних, розробники даних і бізнес-аналітики, отримувати доступ до даних за допомогою своїх аналітичних інструментів і структур. Сюди входять платформи з відкритим вихідним кодом, такі як Apache Hadoop, Presto і Apache Spark, а також комерційні пропозиції від постачальників сховищ даних і бізнес-аналітики. Data Lakes дозволяють запускати аналітику без необхідності перенесення даних в окрему аналітичну систему.

Озера даних дозволить підприємствам генерувати різні типи даних, включаючи звіти за історичними даними та проведення машинного навчання там, де створюються моделі для прогнозування можливих наслідків, і пропонує ряд певних дій для досягнення оптимального результату.

Можливість використання більшої кількості даних з більшої кількості джерел за менший час і надання користувачам можливості для спільної роботи і аналізу даних різними способами приводить до кращого і більш швидкому прийняттю рішень. Приклади, де озера даних мають додану вартість:

Озеро даних може об'єднувати дані про клієнтів з платформи CRM з аналітикою в соціальних мережах, маркетингової платформою, яка включає історію покупок і тікети про інциденти, щоб дати бізнесу можливість зрозуміти найбільш прибуткову групу клієнтів, причину відтоку клієнтів і рекламні акції або нагороди. це підвищить лояльність.

Озеро даних може допомогти командам з досліджень і розробок перевірити свою гіпотезу, уточнити допущення і оцінити результати, такі як вибір правильних матеріалів в дизайні вашого продукту, що призводить до більш швидких результатів, проведення геномних досліджень, що ведуть до більш ефективному лікуванню, або розуміння готовності клієнтів платити за різні атрибути.

Сценарії, коли треба переходити до використання озера даних:

- 1) робота зі зростаючою кількістю неструктурованих даних;
- 2) використання великих даних в початковому форматі;
- 3) можливість виконувати аналіз даних в режимі реального часу;
- 4) підприємство рухається до культури демократизованого доступу до даних;
- 5) потрібен доступ до даних, аналітики та застосунків;
- 6) підприємство може отримати вигоду з еластичності масштабу.

Традиційно Enterprise Data Warehouse (EDW) був основою для виявлення даних і добре функціонував при визначенні даних відповідно до їх якості. Однак EDW обмежені за обсягом і можливостям і не здатні справлятися зі складнощами даних.

Таким чином, потрібно озеро даних, щоб розширити можливості того, що можна робити з даними [56].

На відміну від сховища даних, озеро даних являє собою централізований репозиторій для всіх даних, як структурованих, так і неструктурованих. Сховище даних використовує визначену схему, оптимізовану для аналітики. Озеро даних не використовує визначену схему, що дозволяє виконувати аналітичні операції інших типів, наприклад аналіз великих даних, повнотекстовий пошук, аналіз в режимі реального часу і машинне навчання.

Основним фактором вибору озера даних є те, що воно може зберігати будь-які типи та види даних, та його можна пристосувати до роботи усього персоналу підприємства. Це полегшить роботу підрозділів підприємства, шляхом підвищення швидкості роботи з даними та перетворення їх на необхідну інформацію.

Основна маса збережених даних є неструктурованою, тобто це дані, створені співробітниками підприємства, а не базою даних або вивантаженням автоматичного сервісу. При цьому навіть при ідеально налагодженій системі прав доступу до ресурсів не можна гарантувати, що в окремо взятій папці лежить дійсно той вміст, яке очікують там побачити [57].

Для виявлення і запобігання таких ситуацій як раз і необхідна класифікація даних. Її можна налаштувати на роботу як з метаданими – ім'я, тип, розмір, дата створення файлу та інше. Для початку потрібно створити ряд правил, що складаються з набору фільтрів, логічних операцій і регулярних виразів.

Та багато іншого. Та завдяки озеру даних та сучасним методам аналізу, ці дані можна перетворити на інформацію, що будуть використовувати різні підрозділи підприємства. Наприклад, додаючи нову інформацію до досліджень, завдяки чому, будуть отримувати набагато точніші результати, прогнози тощо.

Головною перевагою є те, що дані як структуровані так і не структуровані будуть зберігатися в одній системі. Дані та інформація що в них існує, не будуть втрачатися при перетворенні неструктурованих даних в структуровані.

## 2.2. Висновки за розділом

На відміну від сховища даних, озеро даних являє собою централізований репозиторій для всіх даних, як структурованих, так і неструктурованих. Сховище даних використовує визначену схему, оптимізовану для аналітики. Озеро даних не використовує визначену схему, що дозволяє виконувати аналітичні операції інших типів, наприклад аналіз великих даних, повнотекстовий пошук, аналіз в режимі реального часу і машинне навчання.

Основним фактором вибору озера даних є те, що воно може зберігати будь-які типи та види даних, та його можна пристосувати до роботи усього персоналу підприємства. Це полегшить роботу підрозділів підприємства, шляхом підвищення швидкості роботи з даними та перетворення їх на необхідну інформацію.

Завдяки озеру даних та сучасним методам аналізу, ці дані можна перетворити на інформацію, що будуть використовувати різні підрозділи підприємства. Наприклад, додаючи нову інформацію до досліджень, завдяки чому, будуть отримувати набагато точніші результати, прогнози тощо.

Головною перевагою є те, що дані як структуровані так і не структуровані будуть зберігатися в одній системі. Дані та інформація що в них існує, не будуть втрачатися при перетворенні неструктурованих даних в структуровані.

Отже використання розробленої методики можна вважати вдалим рішенням для покращення продуктивності при аналізі великих об'ємів даних.

Результати розробки можуть бути впроваджені на великих підприємствах, а також використовуватися у навчальному процесі під час підготовки фахівців у галузі знань 12 «Інформаційні технології», зокрема, у дисципліні «Бази даних».



## РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

### 3.1. Використання комп'ютерних систем для алгоритмічної підтримки асимптотично - оптимальних моделей

Відтворення безперервних геометричних об'єктів, таких як криві лінії та поверхні, на комп'ютерах, станках чи принтерах потребує дискретизації, тобто представлення у вигляді кінцевої множини точок (вузлів). Ця множина надалі перетворюється у пікселі, або з'єднується простішими лініями (найчастіше, прямими) – [58]. Звичайно, при цьому виникає проблема оптимізації кількості вузлів та їх розташування уздовж кривої чи поверхні, що відтворюється. Таким чином, розробка ефективних алгоритмів відтворення кривих ламаними з урахуванням точності апроксимації та оптимізації кількості вузлів ланок становить актуальну наукову проблему.

Метою цієї роботи є вдосконалення методів використовуваних алгоритмом асимптотично оптимального алгоритму кусково - лінійної інтерполяції плоских параметричних кривих на основі дослідження впливу параметрів при моделюванні похибок апроксимації реальних кривих ліній.

Розробці алгоритмів шматко-лінійного відтворення кривих присвячене багаточисельна множина досліджень. Ці дослідження можливо поділити на роботи з інтерполяції кривих, коли вузли ламаної знаходяться на первісній кривій, та дослідження з апроксимації кривих, під якими будемо розуміти розташування цих вузлів і самої ламаної в межах границь «допуску», що визначається точністю відтворення.

Загальні алгоритми асимптотичної оптимальної інтерполяції та апроксимації кривих технологічними лініями (в т. ч. ламаними) було розглянуто в роботі [59]. Особливістю такого підходу є те, що він дає ламану з найменшою кількістю ланок. Проаналізувавши ці дослідження можливо виділити ряд невирішених в цих дослідженнях питань, а, саме: обґрунтування кількості точок попередньої дискретизації кривої, обрання методу чисельного інтегрування при обчисленні значень функції регулятора вузлів та методу інтерполяції значень цієї функції, обґрунтування обчислювальних формул дискретних аналогів похідних при обчисленні значень інтегральної функції та ін.

### Асимптотична оптимальна модель інтерполяції кривих ламаними в хаусдорфовій метриці.

Теоретичні дослідження щодо асимптотично – оптимальних моделей відтворення кривих були викладені монографії [59], де в формі теорем було доведено асимптотичну оптимальність моделей для загальних випадків подання кривих.

Далі будемо вважати, що криві, які відтворюються, мають представлення в параметричній векторній формі у вигляді єдиної дуги:

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}(t) \quad (x = x(t), y = y(t)), \quad (21)$$

або складаються з декількох дуг зі спільною параметризацією, наприклад, мають форму сплайна:

$$S(t) = \sum_{j=1}^k a_j B_j(t). \quad (22)$$

Асимптотично - оптимальною в хаусдорфовій метриці, згідно доведеному в [59], вважається інтерполяція плоскої кривої ламаною, що базується на виборі вузлів на основі репараметризації кривої за наступною схемою:

- 1) Визначається кількість ланок інтерполяції за формулою:

$$m = \left[ \frac{1}{\sqrt{8\varepsilon}} \int_0^T \Phi(t) dt \right] + 1, \quad (23)$$

де  $[a]$  – ціла частина числа  $a$ ;

$\varepsilon$  – похибка інтерполяції, якій відповідає допустима хаусдорфова відстань між кривою та ламаною;

$t$  – параметр кривої з областю зміни  $[0, T]$ ;

$\Phi(t)$  – функцію розподілу, що має такий вигляд:

$$\Phi(t) = \sqrt{\frac{|x''(t)y'(t) - x'(t)y''(t)|}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}}. \quad (24)$$

- 2) Значення параметру кривої -  $t_i$ , яким відповідають вузли інтерполяції, визначається з умов:

- при  $\Phi(t) \neq 0, t \in [0, T]$

$$\int_0^{t_j} \Phi(t) dt = \frac{j}{m} \int_0^T \Phi(t) dt, \quad (j = 0, 1, \dots, m) \quad (25)$$

- при наявності нульових значень функції  $\Phi(t)$  до неї додається величина  $m^{-\alpha}$  і рівняння розподілу перетворюється на

$$\int_0^{t_j} (\Phi(t) + m^{-\alpha}) dt = \frac{j}{m} \int_0^T (\Phi(t) + m^{-\alpha}) dt, \quad (j = 0, 1, \dots, m), \quad (26)$$

де  $\alpha$  – стала, що згідно [59] може приймати значення в межах від 0 до  $2/3$ .

Оскільки, права частина рівняння (25) або (26) являє собою монотонну зростаючу дискретну послідовність значень, то у граничному випадку при цю послідовність можливо розглядати як змінну  $s$ , а вираз (25) або (26) - як рівняння репараметризації. Якщо пожити, наприклад

$$\Psi(t) = \int_0^t (\Phi(u) + m^{-\alpha}) du, \quad (27)$$

залежність між параметрами матиме такий вигляд

$$t = \Psi^{-1}(s), \quad (28)$$

де  $\Psi^{-1}$  функція, зворотна до  $\Psi$ .

Природньо, такий підхід можливий тільки, коли  $\Psi$  монотонно зростає. До того ж найчастіше інтеграл правої частини (27) не має кінцевого виразу. Це призводить до необхідності дискретизації значень інтегральної функції на основі чисельного інтегрування правої частини (27) та подальшої інтерполяції цих значень.

### Отримання вузлів асимптотично оптимального розбиття кривої

Для інтерполяції значень інтегральної функції розподілу може бути запропонований наступний алгоритм.

Поперед усього, визначим кількість інтервалів первісної дискретизації інтеграла правої частини рівнянь (25) або (26), яку позначимо через  $N$ .

Далі визначимо шаг рівномірної сітки дискретизації  $h = \frac{T}{N}$  та отримаємо набір точок кривої

$$P_i = \mathbf{p} \left( \frac{i}{N} \right), \quad (i = 0, 1, \dots, N), \quad (32)$$

що відповідають дискретному ряду значень параметру кривої  $\Delta_N^t \left\{ t_i = 0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, T \right\}$ .

Для отримання значень послідовності вузлів  $\Delta_m^t = \{t_{j,m}^*\}$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ) асимптотично - оптимального розбиття кривої одним із відомих чисельних методів інтегрування одержимо послідовність значень  $s_i = \Psi(t_i)$ ,  $t_i \in \Delta_N^t$ , ( $i = 0, 1, \dots, N$ ) функції (27) у вузлах первісної рівномірної сітки по  $t$  -  $\Delta_N$  (див. рис. 23). І, далі, інтерполюючи ці значення між вузлами, знайдемо значення зворотної функції  $t_j = \Psi^{-1}(s_j)$  при рівномірному вже, згідно правій частині (25) або (26), розподілу значень  $s_j$  від 0 до  $s_N = \Psi(t_N)$ .

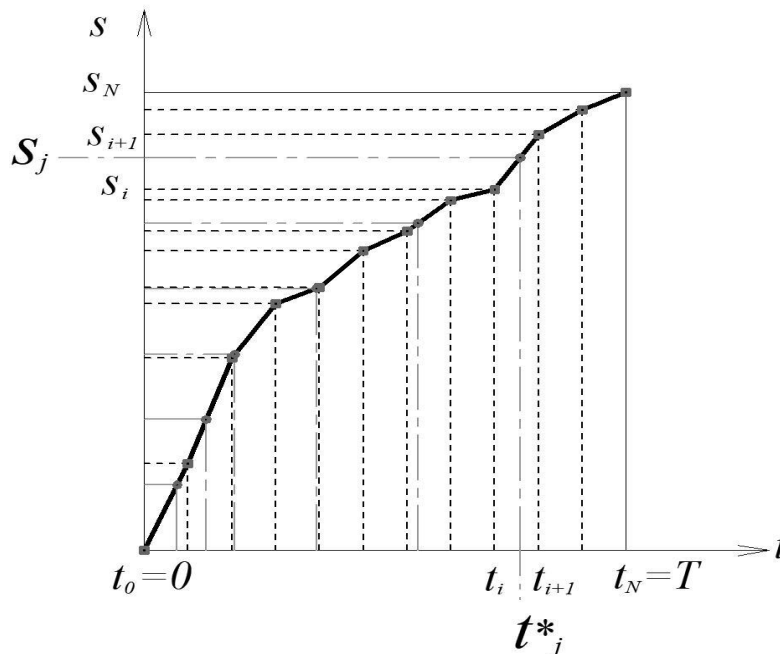


Рисунок 23 – Визначення значень параметру кривої для асимптотично оптимальної вибірки

При цьому кількість ланок  $m$  асимптотично - оптимального розбиття, згідно (23), набуде значення

$$m = \left[ \frac{S_N}{\sqrt{8\varepsilon}} \right] + 1. \quad (33)$$

Значення вузлів рівномірної сітки по  $s$  -  $\Delta_m^s \{s_j, j = 0, 1, \dots, m\}$  обчислимо за виразом

$$s_j = \frac{j S_N}{m}. \quad (34)$$

Визначимо значення параметру кривої -  $t_{j,m}^*$ , які утворюють асимптотично оптимальну послідовність вузлів. Найпростішим таким підходом є лінійна інтерполяція функції  $s = \Psi(t)$  за її значеннями на первісній рівномірній сітці  $\Delta_N^t$ . Знаходячи перетин ліній сітки  $s = s_j$  із побудованим на сітці  $\Delta_N$  графіком  $\Psi(t)$ , отримаємо відповідні значення послідовності  $\Delta_m^t$  з наступного виразу оберненої залежності

$$t_j^* = t_i + \frac{T(s_j - s_i)}{N(s_{i+1} - s_i)}, \text{ при } s_i \leq s_j \leq s_{i+1} (t_i \in \Delta_N^t). \quad (35)$$

## Оцінювання результатів відтворення кривих

Перед тим, як перейти до обговорення результатів побудови апроксимуючих ламаних для конкретних кривих ліній за різними варіантами алгоритму, розглянемо питання оцінки забезпечення необхідної точності наближення ламаної до кривої.

Для можливості оцінювання результатів відтворення та порівняння їх із максимальною допустимою відстанню  $\varepsilon$  між кривою на ламаною, що її апроксимує, може бути застосований метод еквідистант до кривої - [59]. Сутність цього методу полягає в побудові разом із ламаною внутрішньої та зовнішньої еквідистант до відтворюваної кривої за їх загальними параметричними рівняннями.

Метод еквідистант надає можливість візуального контролю за поведінкою ламаною відносно меж  $\varepsilon$  – допустимого коридору вихідної кривої. Однак, суттєвими недоліками такого підходу є відсутність кількісної оцінки якості наближення, складність такого контролю зі зменшенням похибки  $i$ , як слідство, із зростанням кількості ланок апроксимуючої ламаної.

Щоб усунути вказані недоліки, розглянемо можливість оцінювання на основі кількісної характеристики якості відтворення. Природньо за таку характеристику прийняти максимальну відстань між ланкою ламаної  $l_j$  та точками відповідної їй дуги кривої -  $\Gamma_{t_{j-1}^*}^{t_j^*}$ , яку апроксимує ланка, та порівнювати її з заданою похибкою наближення. Отже, склавши послідовність таких відстаней для усієї ламаної  $\{d_{j,m}^{\max}\} (j=1, \dots, m)$ , де  $d_j^{\max} = \max\{d(\Gamma_{t_{j-1}^*}^{t_j^*}, l_j)\}$  можливо представити похибки відтворення кривої для всіх ланок ламаної графічно у вигляді точкової або стовпчикової діаграми, де по осі абсцис відкладати номери ланок ламаної, а по осі ординат – відповідну відстань від кривої до ламаної.

У випадку інтерполяційної ламаної початкова та кінцеві точки її довільної ланки збігаються з точками вхідної кривої при  $t = t_{j-1}^*$  та  $t = t_j^*$ . Таким чином, дуга кривої, яку інтерполює поточна ланка, визначається інтервалом зміни параметру кривої -  $(t_{j-1}^*, t_j^*)$ .

Відстань між прямою  $j$ -ї ланки інтерполяційної ламаної та точкою  $M (x_M(t), y_M(t))$  при  $t \in (t_{j-1}^*, t_j^*)$  кривої, визначається рівністю

$$d_j(t) = \left| \frac{A_j x_M + B_j y_M + C_j}{\sqrt{A_j^2 + B_j^2}} \right|, \quad (42)$$

де коефіцієнти  $A_j = y_{j-1} - y_j$ ,  $B_j = x_j - x_{j-1}$ ,  $C_j = y_j x_{j-1} - x_j y_{j-1}$  залежать від координат кінцевих точок ланки.

Щоб отримати локальні екстремуми функції (42), диференціюємо її праву частину по  $t$  та дорівнявши її нулеві, отримаємо

$$A_j x'(t) + B_j y'(t) = 0.$$

Отримавши корені цього рівняння, що лежать в досліджуваному інтервалі значень, обираємо з них максимальне значення -  $d_j^{\max}$ .

У випадку, якщо вхідна крива є складеної із декількох елементарних дуг, вузлові точки інтерполяційної ламаної можуть належати до різних складових дуг. Це, значить, що відстань між кривою та ламаною потрібно визначати серед усіх дуг кривої, що знаходяться в межах вузлів інтерполяції такої ланки. Наприклад, для  $B$  - сплайну з відкритим вузловим вектором  $\mathbf{T}$  ( $t_i \in [0, T]$ ) знаходимо наступні значення вузлового вектору  $t_i \geq t_j$  (при  $t_{i-1} < t_j$ ) та  $t_{i-k} \geq t_{j-1}$  (при  $t_{i-k-1} < t_{j-1}$ ), які відповідають  $j$ -ї ланці ламаної. І, далі, для кожної дуги сплайну в межах значень вузлового вектору  $[t_{i-k-1}, t_i]$  знаходимо відстані за наведеним вище алгоритмом -  $\{d_k^{\max}\}$ . Після чого обираємо максимальне з них -  $d_j^{\max} = \max\{d_k^{\max}\}$ .

### **Результати моделювання кривих без точок перегину**

Моделювання відтворення ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом інтерполяції конкретних кривих ставило за мету дослідити вплив параметрів алгоритму на якість результатів апроксимації.

Перед початком розгляду результатів моделювання зупинимось на питанні їх оцінювання в залежності від заданої (яку необхідно забезпечити) точності наближення. Розподіл значень похибок або відстаней від кривої до ланок ламаної звісно залежить та порівнюється із значенням допустимої похибки наближення. Щоб спростити це порівняння та мати змогу аналізувати результати отримані при різних значеннях точності, введемо поняття відносної похибки наближення ланки ламаної до кривої, за яку візьмемо відношення максимальної відстані від ланки ламаної до дуги кривої, яку вона апроксимує, до значення заданої

допустимої похибки наближення. Це означає, що значення відносної похибки в межах від 0 до 1 задовольняють заданій точності апроксимації, а значення більші за одиницю виходять за її межі.

Обговорення результатів моделювання почнімо з дослідження чинників, що пов'язані з інтерполяцією інтегральної функції та її впливом на точність відтворення кривої. До цих чинників можна віднести: кількість вузлів первісної сітки дискретизації інтерпольованої інтегральної функції –  $N$ , похибка обчислення значень функції  $\Psi$  у вузлах цієї сітки –  $\delta^\Psi$ , метод інтерполяції. В рамках даної роботи обмежимося вивченням впливу на результати відтворення кількісної характеристики  $N$  при визначеній рівнянням (35) лінійної інтерполяції функції – регулятора вузлів.

В роботі [59] при визначенні значення  $N$  використовувалась наступна залежність

$$N = \left\lceil \frac{1}{\varepsilon} \right\rceil + 1, \quad (43)$$

яка враховує тільки допустиму похибку відтворення та не залежить від властивостей самої кривої. До того ж цей вираз не залежить від того, яким чином відбувається інтерполяція значень інтегральної функції на проміжках між вузлами її дискретизації – прямими лініями, як в даній роботі, або іншими методами. З метою подальшого порівняння наведемо ряд значень похибок апроксимації та відповідний їм значень кількості вузлів дискретизації, які зведемо до табл. 6.

Таблиця 6 – Ряд значень кількості вузлів дискретизації, отриманий за виразом (3.1.23)

По- хи- бка $\varepsilon$	0.0001	0.001	0.005	0.0075	0.01	0.025	0.05	0.1
Кі- ль- кість ву- зів - $N$	10001	1001	201	134	101	41	21	11

Для визначення необхідної кількості вузлів за розглядуваним методом інтерполяції і подальшого порівняння з результатами табл. 6, візьмемо за основу оцінку похибки лінійної інтерполяції та відштовхуючись від нею будемо

визначати кількість точок дискретизації, одночасно фіксуючи вплив на розподіл похибок відтворення. Згідно з [60, 61] оцінка максимальної похибки лінійної інтерполяції на відрізку  $[t_{i-1}, t_i]$  має вигляд

$$\delta_i = \max_{[t_{i-1}, t_i]} |f(t) - L_1(t)| \leq h^2 \frac{M_{2,i}}{8}, \quad (44)$$

$$\text{де } M_{2,i} = \max_{[t_{i-1}, t_i]} |f''(t)|.$$

Враховуючи, що при сталому кроці дискретизації  $h = \frac{T}{N}$  та розповсюджуючи оцінку на всі інтервали  $M_2 = \max_T |f''(t)|$  знайдемо

$$N \geq T \sqrt{\frac{M_2}{8\delta}}.$$

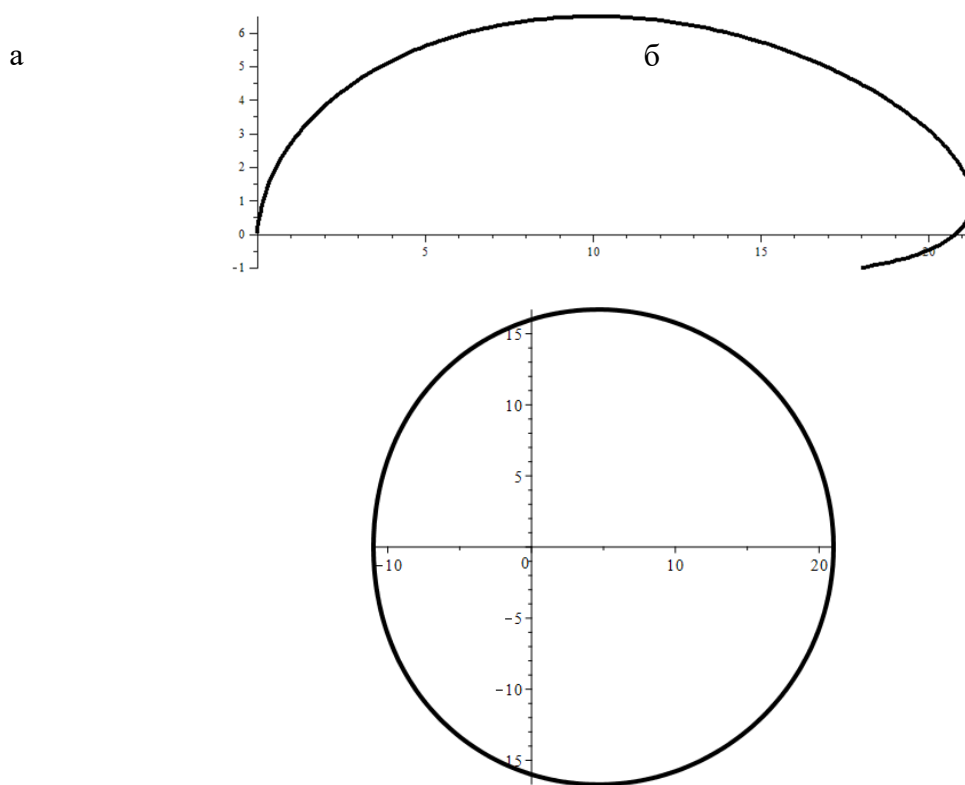
Для визначеності приймемо

$$N = \left\lceil T \sqrt{\frac{M_2}{8\delta}} \right\rceil + 1. \quad (45)$$

Далі постає питання вибору значення похибки інтерполяції інтегральної функції. Оскільки від цього значення залежить отримана точність наближення кривої, почнемо з оцінки  $\delta = \varepsilon$ , далі будемо зменшувати цю величину.

Для моделювання відтворення було обрано дві криві лінії (замкнута та незамкнута). Перша крива (рис. 24) є кривою Без'є шостого порядку з координатами точок опорного полігону (0.0; 0.0), (0.55; 6.9), (11.8; 9.2), (16.5; 6.25), (22.0; 3.2), (24.5; 0.0), (18.0; -1.0). Друга крива (рис. 25) носять назву равлика Паскаля та має параметри: радіус вихідного кола – 2.5, зміщення – 14. Обидві криві мають опуклу форму без точок перегину, що забезпечує відсутність точок розриву першої похідної функції (24), яка визначатиме значення  $M_2$  в рівнянні (45), та виключає необхідність розгляду питання оптимізації параметру  $\alpha$  в рівнянні (26).





Криві лінії обрані для відтворення ламаними:

Рисунок. 24. а) крива Без'є, Рисунок. 25. б)- равлик Паскаля.

В табл. 7 та 8 наведено результати відтворення кривих ламаними при лінійному методі інтерполяції інтегральної функції та сталому значенні похибки інтегрування  $\delta^\Psi = 0.5 \cdot 10^{-10}$  методом Кленшоу - Кертиса при отриманні значень  $\Psi_i$ . Результати представлені у вигляді показників розподілів, що отримувались для послідовності відносних похибок ланок ламаних. Це: максимальне та мінімальні значення послідовності -  $\gamma_{\max}$ ,  $\gamma_{\min}$ , середнє -  $\bar{\gamma}$ , медіана -  $Me$ , розмах значень відносних похибок для послідовності ланок ламаної -  $\Delta$ , стандарт (середньо квадратичне відхилення) -  $\sigma$  та коефіцієнт варіації -  $c_v$ . Із представлених результатів слідує, що при значеннях  $\delta = \frac{\varepsilon}{64}, \frac{\varepsilon}{256}$  похибка апроксимації стабілізується знаходячись в межах діапазону допустимих значень досить близько до його верхньої границі – 0.9...0.98. Збільшення кількості на порядок не давало значного впливу на результати апроксимації. Більш наявно уяснити результати можна безпосередньо порівнявши діаграми розподілів похибок при різних значеннях  $\delta$ , зобразивши їх в одному діапазоні значень – рис. 24 та 25.

**Результати моделювання кривих з наявними точками перегину**

Розглянемо результати інтерполяції ламаними за формулою розподілу – (25) для випадків кривих, що зображені на рис. 25. Перша крива є кривою Без'є п'ятого порядку (рис. 24 а) та має одну точку перегину, а інша носить назву равлика Паскаля (рис. 25 б) з двома точками перегину. При відтворенні цих кривих були враховані отримані результати щодо визначення кількості точок первісної дискретизації функції (25). Однак, оскільки для таких кривих друга похідна у виразах (44), (45) має розриви, бралось значення  $N = 10 m$ .

Таблиця 7 – Результати відтворення кривої – рис. 24 а при  $\varepsilon=0.001$  (кількість вузлів апроксимації  $m = 122$ )

Показник	Значення похибки інтерполяції інтегральної функції - $\delta$						
	$\varepsilon$	$\varepsilon/4$	$\varepsilon/8$	$\varepsilon/32$	$\varepsilon/64$	$\varepsilon/256$	$\varepsilon^2$
$\gamma_{\max}$	0.98939	0.97467	0.97235	0.97148	0.97124	0.97122	0.97120
$\gamma_{\min}$	0.95361	0.96763	0.96939	0.97040	0.97060	0.97070	0.97072
$\Delta$	0.03578	0.00704	0.00296	0.00108	0.00063	0.00052	0.00047
$\bar{\gamma}$	0.97093	0.97091	0.97092	0.97091	0.97091	0.97091	0.97091
$Me$	0.97045	0.97083	0.97091	0.97090	0.97090	0.97091	0.97091
$\sigma$	0.00731	0.00106	0.00063	0.00020	0.00014	0.00010	$2 \cdot 10^{-5}$
$c_v, \%$	0.752	0.109	0.065	0.020	0.015	0.010	0.010
$N$	73	441	203	405	572	1143	2257

Таблиця 8 – Результати відтворення кривої – рис. 25 б при  $\varepsilon=0.01$  (кількість вузлів апроксимації  $m = 91$ )

Показник	Значення похибки інтерполяції інтегральної функції, $\delta$						
	$\varepsilon$	$\frac{\varepsilon}{4}$	$\frac{\varepsilon}{8}$	$\frac{\varepsilon}{16}$	$\frac{\varepsilon}{32}$	$\frac{\varepsilon}{64}$	$\varepsilon^2$
$\gamma_{\max}$	1.03187	0.98851	0.97909	0.97709	0.97643	0.97597	0.97595
$\gamma_{\min}$	0.91859	0.96454	0.97131	0.97454	0.97506	0.97529	0.97536
$\Delta$	0.11328	0.02397	0.00778	0.00256	0.00137	0.00068	0.00059
$\bar{\gamma}$	0.97588	0.97579	0.97578	0.97578	0.97578	0.97578	0.97578
$Me$	0.97549	0.97517	0.97604	0.97578	0.97579	0.97579	0.97578
$\sigma$	0.01965	0.00537	0.00177	0.00058	0.00026	0.00010	$10^{-9}$
$c_v, \%$	2.014	0.551	0.181	0.059	0.027	0.010	0.009
$N$	28	55	78	154	217	433	764

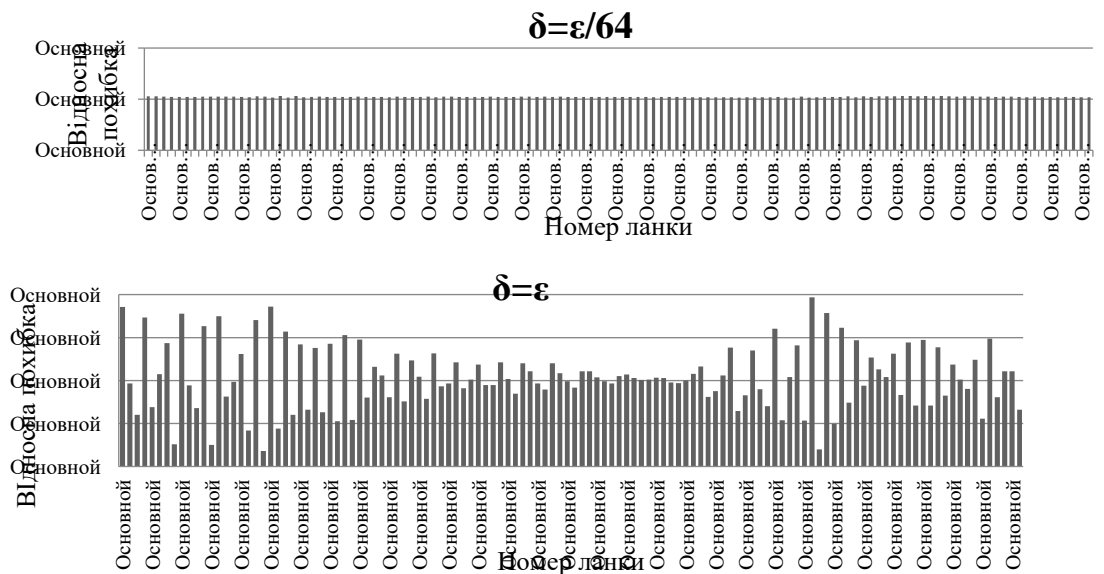


Рисунок 26 – Розподіли похибок при відтворенні кривої– рис. 24 а із заданою точністю  $\varepsilon=0.001$

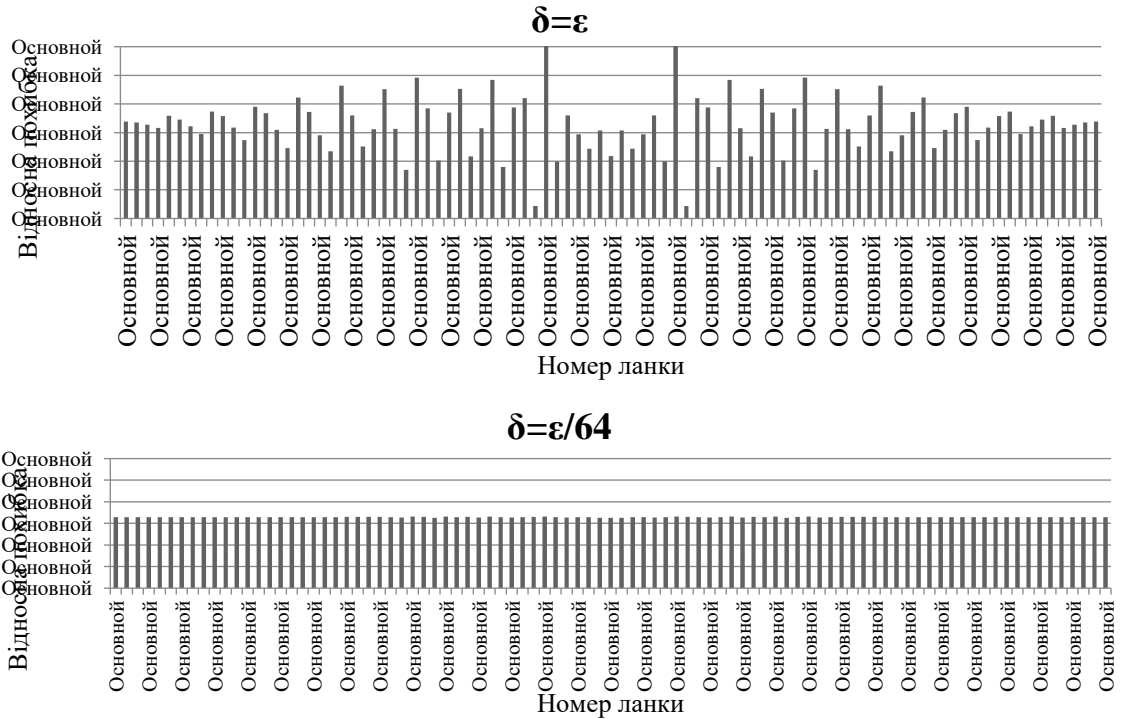


Рисунок 27 – Розподіли похибок при відтворенні кривої– рис. 25 б із заданою точністю  $\epsilon=0.01$ .

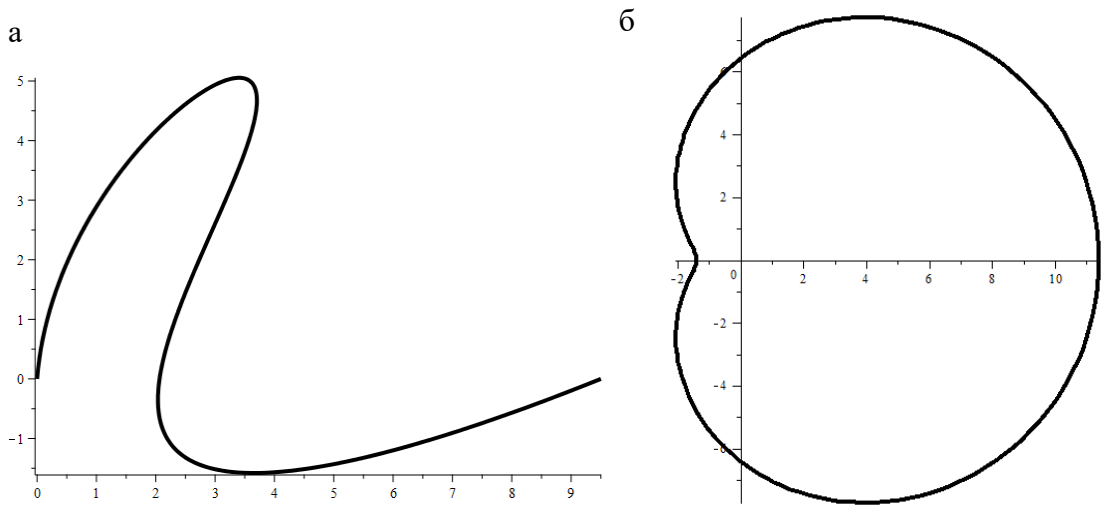


Рисунок 28 – Криві лінії обрані для відтворення ламаними: а) крива Без’є п’ятого порядку з координатми точок опорного полігону (0.0; 0.0), (0.55; 6.9), (11.8; 9.2), (-2.5; -1.25), (-1.0; -4.2), (9.5; 0.0); б) равлик Паскаля: радіус вихідного кола – 2.5, зміщення – 6.4.

Щоб оцінити якість відтворення кривих, скористаємось запропонованою раніше методикою та побудуємо декілька стовпчикових діаграм розподілів похибок за ланками інтерполяційної ламаної. На рис. 31 зображено розподіли

похибок кривих, де по горизонтальній осі відкладено номери ланок ламаної, що відраховуються в сторону збільшення параметру кривої, а по вертикальній осі – відносні похибки для відповідної ланки. На цих рисунках можливо побачити аномальні мінімуми та максимуми, які пояснюються наявністю у кривих точок перегину, де кривина приймає нульове значення та відбувається зміна її знаку. Формула (3.1.5) інтегральної функції не враховує можливу наявність таких ділянок кривої, оскільки від’ємні значення кривини нівелюються присутністю модулю. Отже, такі значення можна вважати за викиди. Так, для розподілу кривої з одною точкою перегину (рис. 29) значенню максимуму похибки, що відбувається на 18 ланці, відповідає інтервал зміни параметру  $t$ , який містить значення, де підінтегральна функція (24) приймає нульове значення. Саме таке значення містить й інтервал 53 ланки, де знаходиться мінімум розподілу на рис. 30. Аналогічні до попереднього випадку тенденції демонструють результати моделювання відтворення іншої кривої – рис.32. Завдяки наявності вже двох симетричних відносно горизонтальної осі точок перегину равлика Паскаля, спостерігаються аномалії мінімальних та максимальних значень розподілів, які так само є симетричними.

Рис. 32 відображає графіки інтегральної функції, що містить інтеграл з правої частини (25):

$$\Psi = \int_0^T \Phi(t) dt$$

та її підінтегральної частини  $\Phi = \Phi(t)$  для кривої Без’є (рис. 29) та  $T \in [0;1]$ . Вже згаданому значенню  $t = 0.5231116438$  відповідає точка М, де функція  $\Phi$  дорівнює нулеві, а функція  $\Psi$  має точку перегину, тобто порушується її монотонне зростання.

Отже, застосування функції – регулятора вузлів у формі (25) до випадку, коли крива, що відтворюється має точки перегину, дає результати апроксимації з порушенням монотонності на ланках ламаної, які відповідають ділянкам дуги, де відбувається зміна напрямку кривини. Це може призводити до появи аномальних значень похибки апроксимації, які перевищують допустимі значення. Запропоноване у [59] використання формули (26) до таких випадків, передбачає наявність доданка, за рахунок якого можливо дещо змістити вузлові значення, щоб уникнути занадто великих значень похибки. Але в цій роботі було тільки визначені межі зміни параметру  $\alpha$  без вказівок, за якими критеріями може бути

обране конкретне значення цього параметру при існуванні кривої та необхідній точності її наближення.

Таким чином, набуває актуальності питання можливості оптимізації значення параметру  $\alpha$  при визначенні вузлів інтерполяції плоских кривих, що мають точки перегину.

Обговорення критеріїв, за якими один розподіл похибок апроксимації можна вважати кращім аніж інший, почнімо з визначення того, якими рисами може мати оптимальне рішення. Вочевидь, розподіл похибок інтерполяції можна вважати таким, якщо при той самій кількості ланок він забезпечує: - значення послідовності похибок, які не перевищують допустиме значення; - значення окремих похибок близькі між собою, іншими словами забезпечується мінімальне середньо квадратичне відхилення послідовності похибок, або коефіцієнт варіації; - відсутність аномалій, тобто занадто малих або високих значень, що відрізняються від інших. Згідно з цим, за показники послідовностей похибок, що підлягають дослідженню можна прийняти максимальне значення відносної похибки послідовності, її середнє значення, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації.

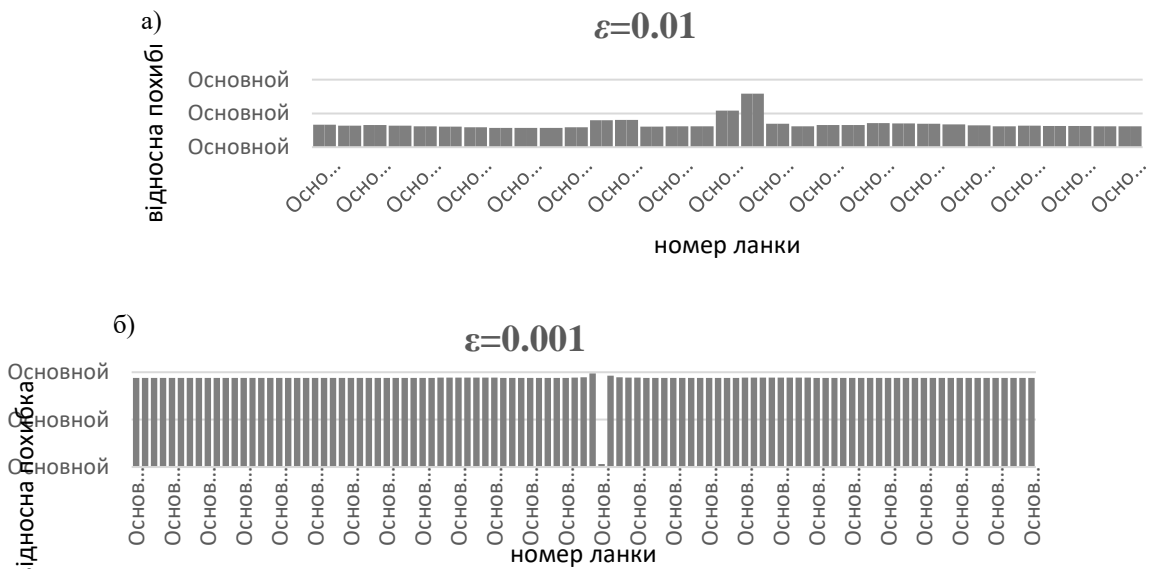


Рисунок 31 – Результати відтворення кривої Без'є (рис. 24) при визначення вузлів інтерполяції за виразом (25) при допустимій похибці: а)  $\epsilon = 0.01$ ; б)  $\epsilon = 0.001$

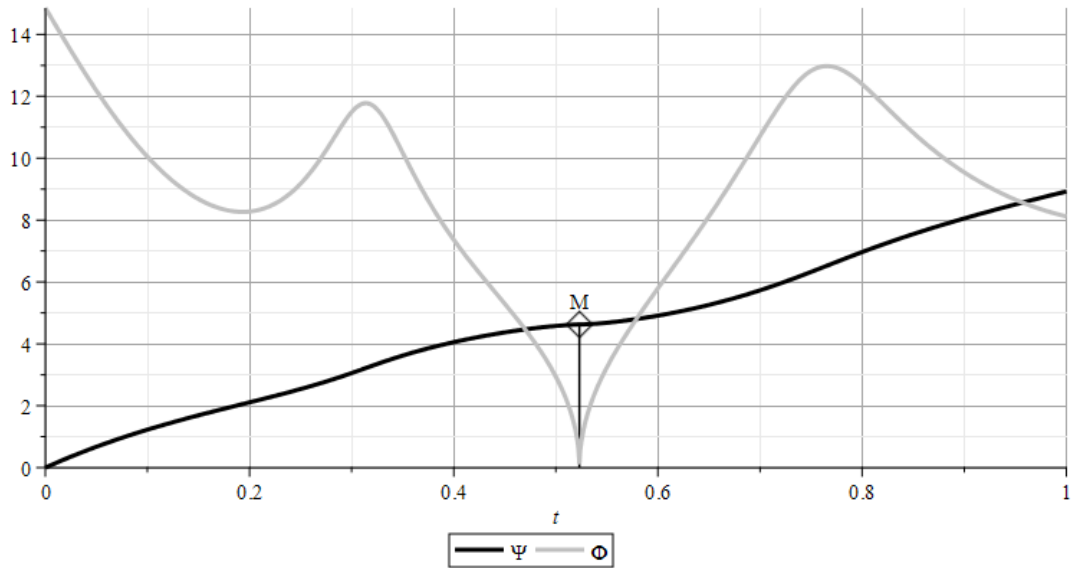


Рисунок 32 – Графіки підінтегральної та інтегральної функції для кривої на рис. 29

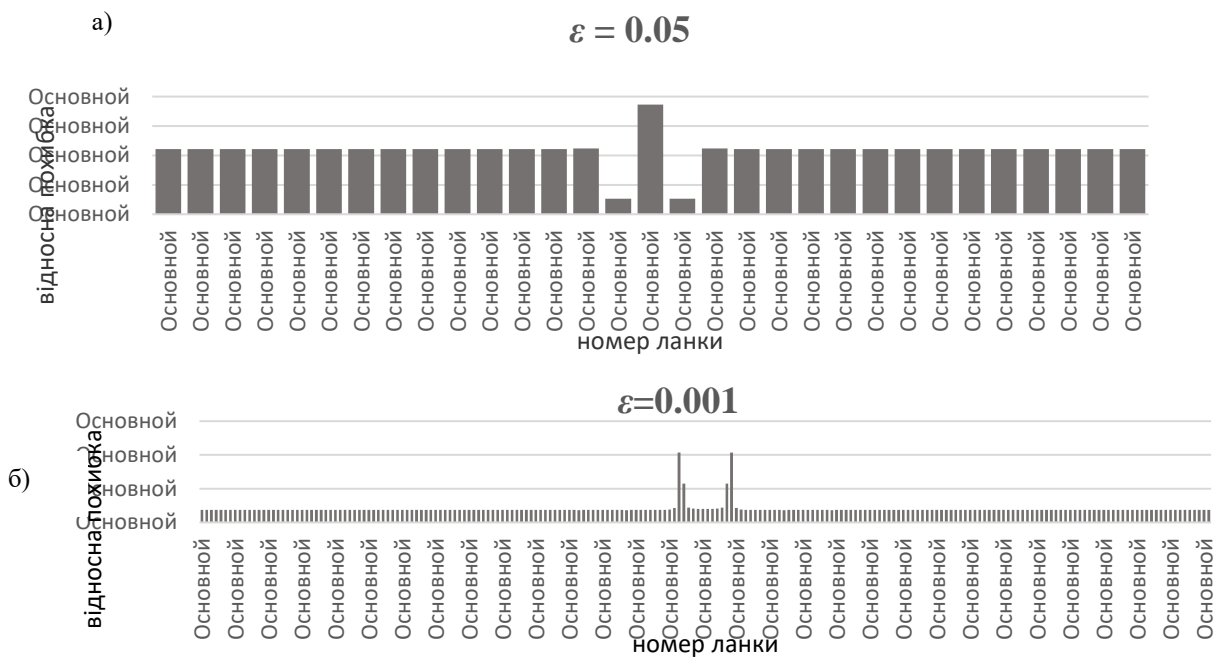


Рисунок 33 – Результати відтворення равліка Паскаля (рис. 30) при визначення вузлів інтерполяції за виразом (25) при допустимій похибці:

а)  $\epsilon = 0.05$ ; б)  $\epsilon = 0.001$

Для вивчення характеру зміни зазначених показників, побудуємо графіки зміни цих величин в залежності від значень параметру  $\alpha$  функції- регулятора вузлів. Побудову здійснимо для тих самих кривих рис. 28. Щоб отримати значення кожного з показників робилась попередня дискретизація значень по  $t$  функції – регулятора, обчислювались значення інтегральної функції  $\Psi$  з урахуванням

доданку (26), далі отримувались вузлові значення параметру для асимптотично - оптимального розподілу, координати вузлових точок ламаної інтерполяції  $i$ , на решті, значення відстаней від кривої до кожної ланки ламаної, які брались за абсолютні значення похибок апроксимації. Зіставивши значення ряду абсолютних похибок до значення допустимої похибки  $\varepsilon$  були отримані послідовності відносних похибок  $\{\gamma_j\}$ , за значеннями яких отримувались статистичні характеристики послідовностей. Значення параметру  $\alpha$  функції- регулятора приймались виходячи з меж, що були визначені в [59], зі збільшенням вправо до 1, тобто в інтервалі  $[0; 1]$ . При цьому для обчислення значень рядів похибок брались 50 значень рівномірного розбиття цього інтервалу (побудовано 50 інтерполяційних ламаних заданої кривої).

На рис. 33 зображено графіки показників розподілів похибок при  $\varepsilon = 0.001$  для кривої Без'є (рис. 29), аналогічні ним тенденції виявляють графіки для равлика Паскаля (рис. 30).

Проаналізувавши побудовані графіки, можна відмітити наступне:

для обох кривих присутні екстремуми (мінімуми) на графіках максимальної похибки;

графіки значень середньої похибки рядів менш всього були схильні до змін (для першого випадку в межах зміни параметру графік монотонно спадав наближаючись до асимптоти, для другого випадку на графіки присутній слабкий мінімум, який за значенням параметру дає максимальну похибку, що перевищує допустиме значення);

порівнявши графіки середньо квадратичного відхилення та коефіцієнту варіації можна відмітити, що вони демонструють однакові тенденції, що можна просто пояснити, адже коефіцієнт варіації залежить від стандартного відхилення та середнього для послідовності похибок, при чому остання величина досить слабо змінюється. Для першої кривої ці графіки не виявляють екстремальних значень, спадаючи зі збільшенням  $\alpha$  наближаючись до горизонтальної асимптоти. Для другої кривої графіки, що розглядаються, мають два мінімуми (локальний та глобальний), при цьому, якщо значення  $\alpha$  для екстремумів порівняти зі значеннями екстремумів для графіків інших характеристик, то можна дослідити, що першому (меншому) мінімуму відповідають значення близькі до мінімуму для середньої похибки послідовності, а другому (глобальному) мінімуму – значення мінімуму для максимальної похибки;



графіки розмаху значень похибок ламаних для обох кривих загалом відображають аналогічні до зміни стандартного відхилення та коефіцієнту варіації тенденції залежності з більш чітко означеними у випадку другої кривої максимумами та мінімумами.

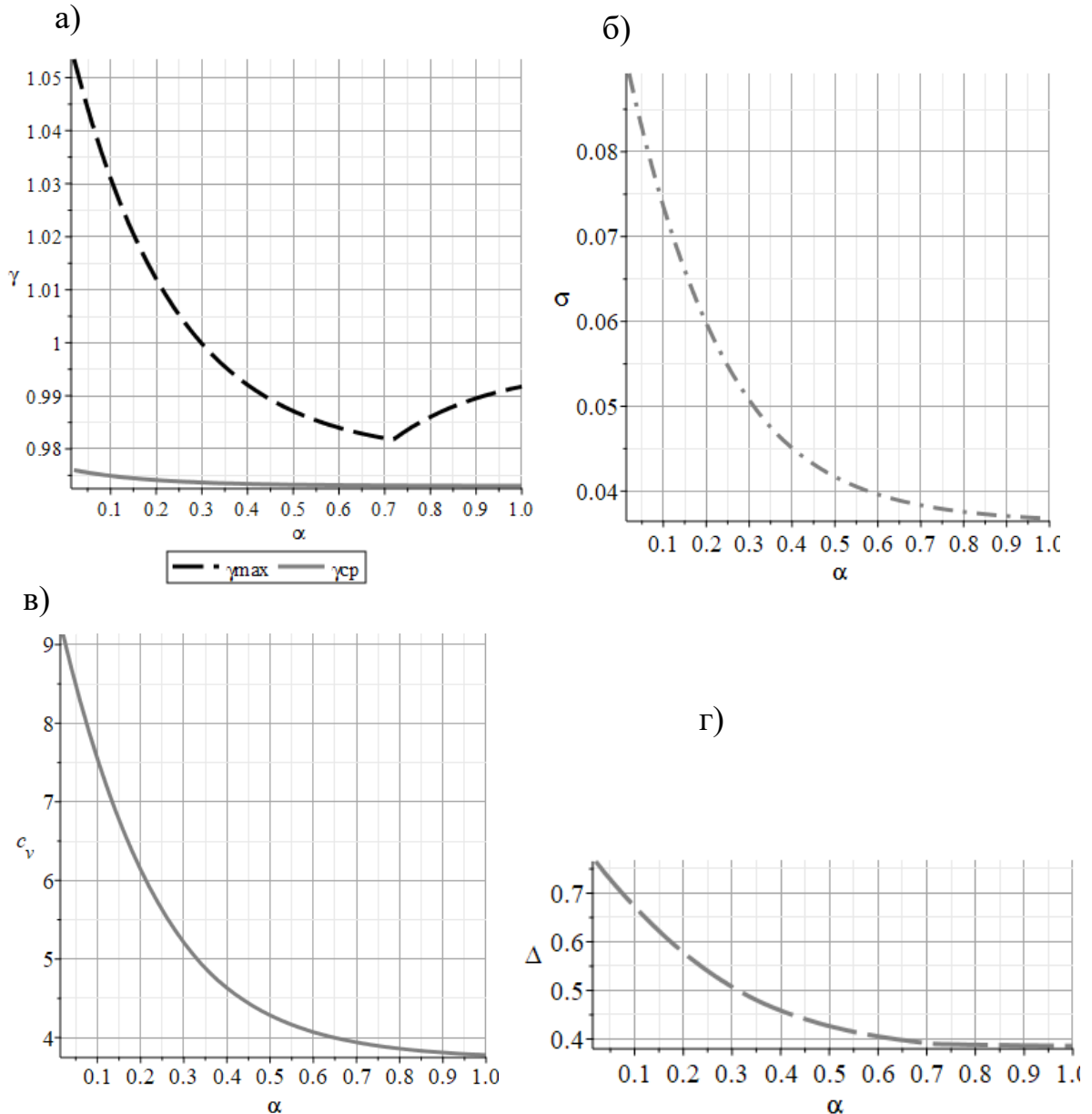


Рисунок 34 – Графіки статистичних характеристик рядів похибок в залежності від значень параметру  $\alpha$  для кривої – рис. а: а) максимальна та середня похибка; б) середнє квадратичне відхилення; в) коефіцієнт варіації; г) розмах

Таким чином, зважаючи на пріоритет забезпечення похибки апроксимації в допустимих межах для всіх ланок ламаної, а також, враховуючи описані вище тенденції зміни показників розподілу з урахуванням припущення унімодальності для методів оптимізації [62], можна обрати за цільову функцію максимальну серед усіх похибок послідовності ланок ламаної. Тоді задачу мінімізації цільової функції можна записати у вигляді

$$f(\alpha) = \max \{ \delta_i (i = 1..m) \} \rightarrow \min .$$

Оскільки вираз цільової функції не носить аналітичний характер та не може бути знайдена її похідна, до пошуку оптимального рішення можуть бути застосовані методи нульового порядку [62], стратегія яких базується на використанні інформації тільки про цільову функцію. Серед цих методів було обрано методи золотого перетину та більш швидкий метод Брента [62] який використовує комбінацію методу золотого перетину та метод квадратичної інтерполяції.

Золотим перетином називається розбиття інтервалу  $[a, b]$  точкою на дві частини таким чином, щоб відношення довжини всього інтервалу до більшої частини дорівнювало відношенню більшої частини до меншої. В застосуванні до задачі одновимірного пошуку золотий перетин виконують дві точки:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= a + (1 - \gamma)(b - a), \\ \alpha_2 &= a + \gamma(b - a), \end{aligned} \quad (46)$$

де  $\gamma = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} \approx 0.618$ . Точка  $\alpha_1$  виконує золотий перетин відрізка  $[a, \alpha_2]$ , а

точка  $\alpha_2$  інтервалу  $[\alpha_1, b]$ . Тому на інтервалі, який залишився треба визначити тільки одну точку, яка виконує золотий перетин. Алгоритм методу золотого перетину складається із таких кроків:

1. обчислити  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  за формулами (46);
2. обчислити  $f(\alpha_1), f(\alpha_2)$ .
3. якщо  $f(\alpha_1) < f(\alpha_2)$ , то покласти  $b = \alpha_2, \alpha_2 = \alpha_1, f(\alpha_2) = f(\alpha_1), \alpha_1 = a + (1 - \gamma)(b - a)$  і обчислити  $f(\alpha_1)$ , інакше покласти  $a = \alpha_1, \alpha_1 = \alpha_2, f(\alpha_1) = f(\alpha_2), \alpha_2 = a + \gamma(b - a)$  і обчислити  $f(\alpha_2)$ ;
4. якщо  $|b - a| > \chi \left| \frac{b + a}{2} \right|$  ( $\chi$  - похибка обчислення), то перейти до кроку 3, інакше  $\alpha^* \approx \frac{b + a}{2}$  і завершити.

Результати обчислення значення параметру  $\alpha$  за вказаним алгоритмом для кривих – рис. 25 для різної точності наближення наведено в таблиці 9.

Порівнявши результати наведенні в цій таблиці для  $\varepsilon = 0.001$  з графіками максимальної похибки, пересвідчимось у відповідності результатів обчислень.

Таблиця 9 – Результати пошуку оптимального значення параметру  $\alpha$

Назва кривої	Значення параметру $\alpha$ при похибці апроксимації - $\varepsilon$			
	$\varepsilon = 0.05$	$\varepsilon = 0.01$	$\varepsilon = 0.005$	$\varepsilon = 0.001$
Крива Без'є (рис. а)	0.99609375	0.4765625	0.61328125	0.71875
Равлик Паскаля Рис. б	0.4296875	0.71875	0.734375	0.6171875

На рис. 34 у вигляді стовпчикових діаграм показані послідовності похибок ланок ламаних при отриманні їх за оптимізованими значеннями параметру  $\alpha$  в рівнянні (24). Якщо порівняти ці діаграми з відповідними розподілами, що зображені на рис. 31 та 32, можна побачити, що отримані в результаті оптимізації послідовності вже не містять значень, що перевищують допустиму похибку.

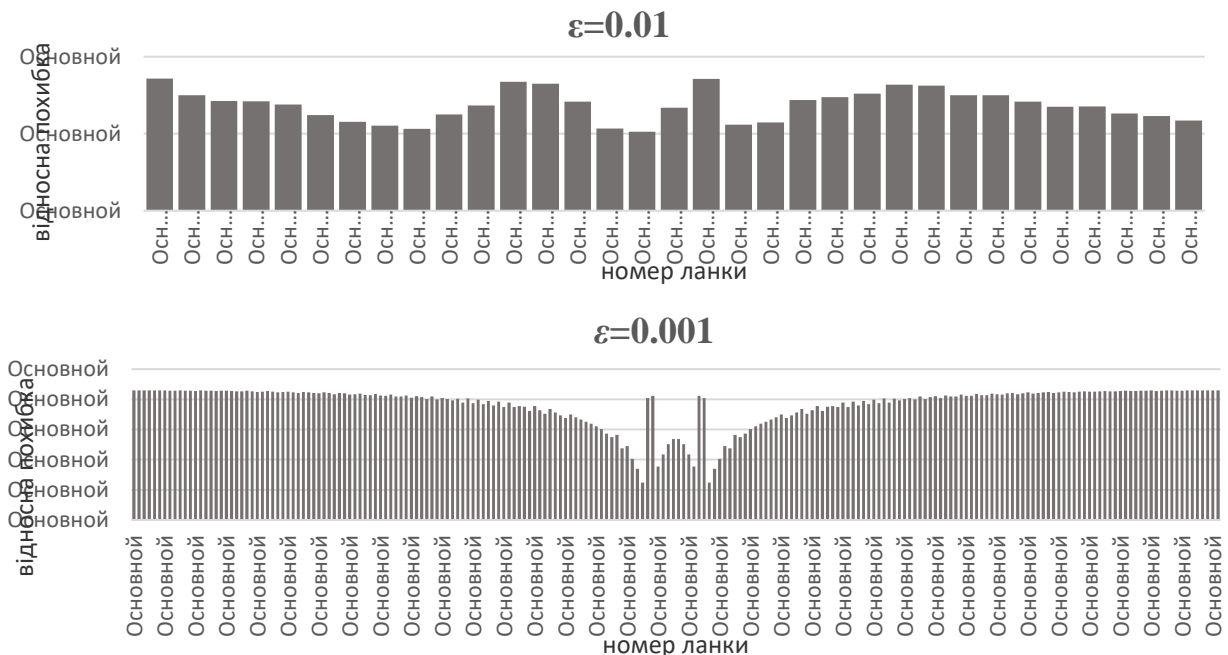


Рисунок 35 – Результати відтворення кривих при визначення вузлів інтерполяції за виразом (6) з оптимізацією параметру  $\alpha$ : а) крива рис. 29;

б) крива рис. 30

### Обговорення результатів

Моделювання відтворення реальних плоских параметричних кривих опуклої форми ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом з лінійним методом інтерполяції значень інтегральної функції показало цілком прийнятні

результати роботи алгоритму без перевищення допустимої похибки апроксимації у випадках достатнього ступеню дискретизації значень зазначеної функції.

Порівняння кількісних показників дискретизації за виразами (43) та (45) демонструє, що формула (43) може давати як підвищену, так і знижену кількість точок дискретизації по відношенню до значень стабілізації похибки апроксимації на рівні  $\varepsilon/64$  (див. табл. 6,7).

Результати моделювання також дозволили встановити вплив підвищення якості апроксимації інтегральної функції за рахунок збільшення кількості вузлів дискретизації на результати відтворення кривої ламаною. Він полягає в покращенні показників розподілу похибок апроксимації за ланками апроксимуючої ламаної, а саме зниження коефіцієнтів варіації та середньоквадратичних відхилень цих рядів, що відображає стабілізацію значень похибок навколо середнього значення.

Проведені дослідження з моделювання відтворення плоских кривих, що мають точки перегину, показали придатність застосування формули (24) з оптимізацією параметру  $\alpha$  для регулювання розподілу вузлів лінійної інтерполяції таких кривих за асимптотично – оптимальним алгоритмом. При цьому обрання за цільову функцію максимуму серед похибок послідовності ланок ламаної дозволило забезпечити рівень похибок нижче граничного значення. З результатів моделювання слідує, що серед значень параметру  $\alpha$ , які відповідали оптимальному розв'язку для різних умов, були значення, що виходили за вказані в роботі [59] межі. Отже, це питання має бути досліджено окремо. Результати дослідження були опубліковані в роботах [63] та [64].

### 3.2. Висновки за розділом

Проведене дослідження показало придатність застосованих розрахункових моделей до відтворення реальних кривих ліній. При цьому похибка апроксимації ланок ламаних стабілізувалась на рівні 90 – 98 відсотків від допустимої межі;

Виявлено сутність впливу первісної дискретизації інтегральної функції – регулятора вузлів на якість відтворення кривих ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом;

Дослідженнями з моделювання відтворення плоских кривих, що мають точки перегину, доведено можливість оптимізації параметру для регулювання

розподілу вузлів лінійної інтерполяції таких кривих за асимптотично – оптимальним алгоритмом. При оптимізації параметру за цільову функцію мінімізації було обрано максимум серед похибок послідовності ланок ламаної.

Отримані результати мають широке коло застосувань пов'язаними з виготовленнями виробів складної форми та візуалізацією кривих та поверхонь на ПК.

## РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПЕРСОНАЛУ

### 4.1. Теоретичні засади управління розвитком персоналу

Процес побудування постіндустріального інформаційного суспільства висуває в якості першочергового чинника благополуччя будь-якої сфери діяльності знання. За останні роки ідея того, що необхідно сприяти зростанню і розвитку співробітників зміцнюється і стає ключовим обов'язком кожної організації. Тому більшість підприємств прагнуть створювати спеціальні методи і системи управління професійним розвитком, підготовкою резерву керівництва, розвитком кар'єри. Крім того, потреби персоналу у розвитку мають відповідати потребам розвитку організації і суспільства.

Оскільки семантично поняття «розвиток персоналу» будується на взаємозв'язку поняття «розвиток» та «персонал», то з'ясування значення аналізованого поняття доцільно розпочати із трактування сутості розвитку.

Кризові процеси в Україні потребують нових підходів до управління суб'єктами підприємницької діяльності. Розглядаючи підприємство, як соціально-економічну систему, слід відзначити, що перехідний, тобто трансформаційний період її розвитку носить біфуркаційний характер, якому притаманне зростання ентропії системи за рахунок як хаотичного збільшення її елементів, так й руйнування зв'язків між ними. Такі процеси, з одного боку, призводять до втрати рівноваги системи, зниження рівня стабільності функціонування, неможливості виконання своїх функцій, а з іншого – викликають активізацію процесів самоорганізації. У такій ситуації фактор багатоваріантності траєкторій руху системи зазначає необхідність посилення уваги до процесів розвитку суб'єкту підприємництва. Тим паче, що на етапі трансформування економіки на перший план виходять стратегічні аспекти, а у співвідношенні «управление функционированием – управление развитием» значнішої питомої ваги набуває управління розвитком [881, с. 14].

Аналіз літературних джерел з означеної проблематики [66; 67; 70; 77; 81; 83; 85; 90; 105; 110; 10104; 11115; 119; 12122] дозволив систематизувати визначення поняття «розвиток».

Так, за ключовою складовою дане поняття можна характеризувати як

процес, перехід [66; 711; 10104], або функцію, зміни та якісний результат [70; 110; 11119; 12122], чи використовуючи комплексний підхід [24; 38; 41; 65], як поєднання перших двох.

У Великому тлумачному словнику поняття «розвиток» характеризується як процес, унаслідок якого відбувається зміна якості чого-небудь, перехід від одного якісного стану до іншого, вищого. А у Великому енциклопедичному словнику це поняття представлено як спрямовані, закономірні зміни; в результаті чого виникає новий якісний стан об'єкту – його складу чи структури.

Відомий американський професор С. Кузнец, який вивчав фактори економічного зростання, характеризував його як довгострокове збільшення здатності господарства забезпечувати різноманітні потреби населення за допомогою ефективніших технологій і відповідних інституціональних та ідеологічних змін [90]. Він зазначав, що слід відрізнити екстенсивний та інтенсивний типи економічного росту, так як це відображує наявність його кількісних та якісних чинників. На значущість неоднозначності цих типів зростання наголошує і О. Ястремська, яка розглядаючи специфіку життєдіяльності суб'єкту господарювання, виокремлює такі дефініції, як функціонування, зростання та розвиток. При цьому, зростання (за екстенсивним типом) визначається як відтворення соціально-економічної системи на розширеній, кількісній основі, а розвиток – як інтенсивне зростання, що має на увазі якісні зміни в асортименті продукції, застосовуваних технологіях і устаткуванні, організаційній структурі, кваліфікації персоналу тощо. З огляду на попередні результати підприємства або стосовно середньогалузевого рівня зростання може бути позитивне або негативне, а розвиток – прогресивний або регресивний [12123, с. 126].

О. Пушкар, моделюючи розвиток виробничо-економічних систем, розглядає їх також як сукупність підсистем функціонування та розвитку. Під розвитком, що управляється, він має на увазі виділену у складі підприємства систему, в якій об'єднані інноваційні процеси, що ведуть до кількісних і якісних змін у всіх функціональних областях підприємства, а також контури її управління на основі зворотних зв'язків, у яких розв'язуються задачі стратегічного й тактичного управління і запускаються механізми самоорганізації оперативного управління розвитком. Далі він уточнює, що управління розвитком може розглядатися як керування інноваційними процесами, що розуміються в широкому змісті [105, с. 3, с. 6].

Недостатньо акцентуються пріоритетні складові у визначенні

економічного розвитку, яке надає Американська рада економічного розвитку як «процесу створення матеріальних цінностей через мобілізацію людських, фінансових, грошових, фізичних та природних ресурсів для виготовлення ринкових товарів та послуг» [69, с. 5]. Ототожнює поняття розвитку та зростання В. Пастухова, підкреслюючи, що розвиток бізнесу означає зростання підприємства [100, с. 36].

Розрізняє поняття росту та розвитку Р. Акофф. Він розглядає ріст як збільшення розмірів або кількості будь-чого: збільшення розмірів корпорації, обсягів збуту, чисельності робітників, частки на ринку. Розвиток же тлумачиться як придбання потенціалу для поліпшення, а не саме реальне поліпшення якості або рівня існування. За твердженням Р. Акоффа ріст може відбуватися разом з розвитком чи за його відсутності, обмеження зростання не обмежує розвиток [66, с. 38, с. 62]. Також можна погодитись з його думкою, що розвиток організації обмежується його внутрішнім потенціалом.

Й. Шумпетер розуміє під розвитком лише такі зміни господарського кругообігу, які економіка сама породжує, тобто тільки випадкові зміни «наданого самому собі», а не того, що приводиться в рух зовнішніми імпульсами, народного господарства [119, с. 154].

Розвиток як систему протиріч, систему якісно різних етапів, систему оборотних і необоротних процесів, систему поступального зростання та внутрішньої цілісності розвитку розглядає Д. Гвишиані [77, с. 6]. Досліджуючи проблеми розвитку підприємства Р. Єрмейчук звертає увагу на еволюційний розвиток – поступальні, якісні і кількісні зміни та революційний розвиток – стрибкоподібний, неусвідомлений перехід від одного положення матерії до іншого з більш якісними змінами. Відзначаючи, що ці процеси можуть призвести як до підвищення організаційного рівня системи, так і до зниження її характеристик, вона розглядає прогресивний (перехід від нижчого, до більш високого, від менш зробленого до більш зробленого), регресивний (зниження рівня знань, перехід до вже пройдених форм і структур), екстенсивний (збільшення кількісних характеристик) та інтенсивний (збільшення ефективності переважно завдяки якісним характеристикам) види розвитку [81, с. 75].

Дослідженням аналізованої проблеми займався російський вчений Н. Косолапов. Він надає наступне трактування розвитку: «Розвиток – це процес і результат становлення деякої раніше не існуючої системної цілісності; довгострокового чітко вираженого якісного ускладнення такої цілісності, або ж такого



невипадкового розпаду однієї цілісності, який одночасно є передумовою і процесом становлення на її місце іншої, нової цілісності [88, с. 112]. На думку О. Тридіда також будь-які трансформаційні процеси на підприємстві можуть бути розглянуті як процеси розвитку [10104, с. 47]. А. Філіпенко пропонує вважати економічним розвитком систематичне і довготривале та масове поліпшення матеріальних умов життя людей на основі зростання продуктивності праці і капіталу [115, с. 16]. Такими ж принципами оперує й теорія організації, що самонавчається, відмічаючи у якості погроз щодо розвитку організацій і всього суспільства, повільні, що поступово розвиваються, процеси: гонка озброєнь, екологічна криза, розвал національної системи освіти, старіння основних засобів виробництва, падіння якості продукції [109, с. 45].

В. Забродський і М. Кизим визначають розвиток виробничо-економічних систем як процес переходу економіко-виробничої системи у новий, більш якісний стан за рахунок нагромадження кількісного потенціалу, зміни й ускладнення структури і складу, в результаті чого підвищується її опірність руйнуючим впливам зовнішнього середовища та ефективність функціонування [83, с. 6]. П. Годаро під розвитком розуміє зміни, що підвищують ступінь організованості системи [110].

Отримав розповсюдження погляд щодо нелінійності процесу розвитку, чому сприяло становлення міждисциплінарних підходів до вирішення економічних проблем, синергетичної парадигми, що розглядають питання самоорганізації, хаосу, нестабільності, стійкого розвитку тощо. Так, з позицій нерівноваги термодинаміки розвиток трактується як послідовність переходів ієрархії структур зростаючої складності. Перехід на новий рівень розвитку йде від безладдя до порядку через нестійкість. Потенційні можливості для виникнення хитливих станів і появи слідом за нестійкістю нової, більш упорядкованої структури створює взаємодія із середовищем. Таким чином, процес розвитку характеризують стійкість системи і ступінь її організованості [87]. З цієї ж позиції О. Осауленко у своїй праці [99, с. 9] пропонує визначення сталого розвитку соціально-економічної системи як зрівноважених (збалансованих) змін її параметрів відповідно до визначеної мети, які виключали б можливість виникнення сильно незрівноважених процесів в окремих її компонентах і системі в цілому. Російський вчений Г. Архангельський, ґрунтуючи свої висновки на теорії хаосу, доводить, що у системі поруч з «місцем порядку», яке відповідає за функціонування,

можна виділити «місце хаосу», що відповідає за розвиток. Інновації і розвиток пов'язані з протиріччями, і «місце хаосу», не здавлене адміністративними структурами, дозволяє виявляти ці протиріччя. На думку науковця, це є важливим і необхідним для розвитку, бо рішення протиріч є виходом на новий якісний рівень розвитку системи [67].

Про першочерговість пошуку внутрішніх чинників розвитку йдеться у праці [82], у якій автор підкреслює, що той або інший фактор сам по собі складає джерело визначеного розвитку, що в ситуації закладено потенціал, який варто відшукати, щоб потім діяти відповідно до своїх можливостей.

Проте, вищезгадані твердження відносяться лише до внутрішнього середовища організації та не розглядається інституційне середовище.

З точки зору ж інституційної теорії, підґрунтям концепції розвитку є твердження Т. Веблена про те, що будь-який економічний розвиток характеризується причинною взаємодією різних економічних феноменів та факторів, які посилюють один одного [84], чи М. В. Махоніної відносно того, що сукупність інститутів та інституційних структур у їхньому взаємозв'язку та взаємодії, є інституційною системою, а спрямована зміна інститутів та інституційних структур – інституційним розвитком [92]. Разом з тим, в позначених роботах не наголошується, які саме зміни маються на увазі. Певне рішення даної проблеми наведено в роботах Д. Норта, який розглядає джерела можливих змін як з точки зору поступових інституційних змін, які відбуваються на підґрунті недискретних граничних адоптацій інституційної системи, так і з погляду теорії революції [97, с. 97–137].

Б. Л. Кучин пропонує розглядати розвиток як сукупну зміну у взаємозв'язку кількісних (збільшення або зменшення числових значень складових частин цілого), якісних та структурних (змін взаємовідносин складових частин) категорій у системі [91, с. 4].

Таким чином, наведений аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновки, що розвиток будь-якої складової системи визначається не тільки її внутрішнім станом (що є невідомою ендогенною величиною якісного рівня), але і через призму формування зовнішнього поля взаємодії суб'єктів, а тому сутність виявлення альтернатив розвитку полягає у діагностиці як існуючого потенціалу, так і інституційних обмежень. А як наслідок, управління розвитком – це процес формування потенціалу та створення умов для його реалізації.

Розглянувши економічну сутність поняття «розвиток», з огляду на мету дослідження, доцільно визначити особливості управління розвитком персоналу підприємницького суб'єкту.

Щодо дослідження поняття «персонал», то слід відзначити, що існує два підходи до його вивчення: перший, згідно якого персонал розглядається як витрати, які слід скорочувати; другий розглядає персонал як ресурс фірми, що потребує грамотного керування, створення умов для його розвитку та вкладання коштів. Основні характеристики цих підходів подано на рис. 36 (розроблено за [113]).



Рисунок 36 – Порівняльна характеристика підходів щодо тлумачення поняття «персонал»

Доцільно погодитися із думкою Масолва В. І., який співставляючи зазначені підходи (див. рис. 36), робить висновок, що другий підхід орієнтує підприємця на досягнення довгострокових цілей фірми, виходячи з яких, формується політика відносно найму персоналу, його оцінки, винагороди, розвитку і мотивації праці [93].

Персонал як головний ресурс компанії розглядає О. Щур, акцентуючи увагу на тому, що навіть дуже перспективний добре відібраний працівник, потрапляючи у «хвору» атмосферу компанії, сам дуже швидко уподібнюється тому, що його оточує, а, отже, в якості невідкладного завдання у сфері управління персоналом для організацій, де ці питання вирішуються хаотично, автор виокремлює завдання підготовки менеджера з персоналу, який постійно перебуватиме у курсі справ компанії і моделюватиме свою діяльність залежно від змін в процесі її

розвитку і формування нових потреб, тобто такий фахівець буде відчувати потребу як у власному розвитку, так і у розвитку його підлеглих [121].

Погоджуючись із думкою, що персонал є найбільш складний об'єкт управління в організації, оскільки на відміну від речового чинника виробництва він є «одушевленим», володіє можливістю самостійно приймати рішення, критично оцінювати вимоги, що пред'являються до нього, діяти, мати суб'єктивні інтереси та бути надзвичайно чутливим до управлінського впливу [98, с. 9], Светлічна О. В. зазначає, що під розвитком персоналу розуміється сукупність заходів, направлених на підвищення кваліфікації, ототожнюючи його із професійним навчанням, яке може бути пов'язано із підвищенням кваліфікації, бути у формі наставництва або навчання без відриву від роботи, або у вигляді делегування обов'язків [108]. На нашу думку, таке визначення обмежує сутність аналізованого поняття.

Також до основного ресурсу фірми відносить персонал Р. Р. Аколупіна, відзначаючи, що саме персонал, у першу чергу, забезпечує економічний потенціал та успіх діяльності організації у цілому [65].

Отже, на зміну теорії, що розглядає персонал як витрати, які треба скорочувати, з'явилася теорія управління людськими ресурсами, відповідно до якої персонал є одним з ресурсів фірми, яким треба грамотно управляти, створювати умови для його розвитку, вкладаючи у нього значні засоби. Кадровий потенціал стає головним показником в соціально-економічному розвитку підприємств. Традиційні чинники економічного зростання: накопичення капіталу, природний приріст, продуктивність праці варто розглядати по-новому, у взаємозв'язку з людським потенціалом. Як зазначає В. І. Поповський, успішний розвиток персоналу є засобом посилення кадрового потенціалу організації та поповнення необхідних в майбутньому кадрових ресурсів [102].

Становлять інтерес пропозиції щодо аналізованої проблеми, викладені у Законі України «Про професійний розвиток персоналу на виробництві» [103], сутність яких схематично подано на рис. 31 (розроблено за [103]).

З рис. 37 випливає, що в умовах інноваційного розвитку економіки найбільш ефективною формою навчання є підвищення кваліфікації, більшого значення набувають професіоналізм, компетентність, здатність до отримання знань упродовж життя, а, отже, наявність висококваліфікованої робочої сили є одним з найважливіших факторів підвищення продуктивності праці, забезпечення випуску конкурентоспроможної продукції, інтеграції України у світове

економічне співтовариство.



Рисунок 37 – Складові системи професійного розвитку персоналу

Отже, аналіз літературних джерел щодо означеної проблеми, дозволяє зробити висновок, що за економічною сутністю поняття «розвиток персоналу», як процес, означає створення організацією на базі гармонізації взаємних інтересів, умов щодо оволодіння співробітниками такого рівня якості професійних ознак, який дозволяє досягти і організації і співробітникам конкурентних переваг у високомінливому ринковому середовищі.

З огляду на зазначене доцільно структурувати систему управління розвитком персоналу.

Так, Д. О. Новіков та А. О. Іващенко [96] під управлінням розвитком персоналу розуміють вплив на співробітників організації, що здійснюється з метою підвищення ефективності їх діяльності з точки зору інтересів організації. Цікавим є підхід науковців до управління розвитком персоналу з огляду на процесуально-ієрархічну систему особистості, структуру якої подано у табл. 10 [96].

Отже, зважаючи на зазначені у табл. 10 елементи, Д. О. Новіков та А. О. Іващенко відзначають, що управління розвитком персоналу має бути спрямовано на розвиток кожної із підсистем, однак при цьому автори зауважують,

що, зазвичай, два нижчих рівні – особливості психічних процесів та біопсихічні властивості – предметом розвитку персоналу не виступають, а тому на практиці більшість управлінських впливів спрямовано на досвід, який з точки зору організації, як об'єкт управління, є тотожним професійному розвитку особистості [96].

Таблиця 10 – Структура процесуально-ієрархічної системи особистості

Підсистема	Елемент підсистеми	Засіб формування
1. Спрямованість особистості	Переконання, світогляд, ідеали, прагнення, інтереси, бажання	Виховання
2. Досвід	Звички, уміння, навички, знання	Навчання
3. Особливості психічних процесів	Увага, воля, почуття, сприйняття	Вправи
4. Біопсихічні властивості	Мислення, відчуття, емоції, пам'ять, темперамент, статеві, вікові, фізіологічно обумовлені властивості	Тренування

У праці [89] під системою розвитку персоналу розуміє цілеспрямований комплекс інформаційних, освітніх та прив'язаних до конкретних робочих місць елементів, які сприяють підвищенню кваліфікації працівників даного підприємства відповідно до завдань розвитку самого підприємства і потенціалу та нахилів співробітників. У свою чергу, Р. Марра і Г. Шмідт [112] розглядають розвиток персоналу як навчання і підвищення кваліфікації персоналу, таке розуміння дещо звужує «системне» розуміння розвитку персоналу, але не заперечує попередньо думки.

Ширше розглядають це поняття російські вчені, зокрема А. Я. Кібанов [113]. На його думку, розвиток персоналу – це сукупність організаційно-економічних заходів служби и управління персоналом у сфері навчання персоналу підприємства, його перепідготовки і підвищення кваліфікації. Ці заходи охоплюють питання професійної адаптації, оцінювання кандидатів на вакантну посаду, поточної періодичної оцінки кадрів, планування ділової кар'єри та службово-професійного просування кадрів, роботи з кадровим резервом.

Поповський В. І. та Власішина К. Г. відзначаючи, що недостатньо вирішеною проблемою є формування безпосередньо системи розвитку персоналу, пропонують сукупність цілей і завдань системи розвитку персоналу, які подано у табл. 11, та функціональну структуру системи управління розвитком персоналу, представлену на рис. 32 [102].

Зважаючи на подану на рис. 38 структуру цілей та завдань розвитку

персоналу, слушно буде зауважити, що віднесення розвитку кадрового потенціалу до стратегічних розвитку персоналу, потребує, на думку автора, дослідження розвитку особистої професійної кар'єри у межах організації також у стратегічному аспекті, що забезпечить гармонізацію особистих та групових інтересів, так й узгодження функцій системи управління розвитком персоналу та системи управління персоналом організації у цілому (див. рис. 38).

Таблиця 11 – Структура цілей та завдань розвитку персоналу

Цілі	Завдання	Особа	Група
Стратегічні	Покращення адаптаційних здатностей і розвиток інноваційних якостей	Поглиблення та поширення особистої безпеки. Розвиток потенціалу	Розвиток кадрового потенціалу команди як аспекту групового управління
Оперативні та тактичні	Удосконалення професійних знань і здібностей. Традиційна робота з персоналом, його навчання	Орієнтація робітників на професійну кар'єру у межах організації. Розвиток творчого потенціалу	Розвиток персоналу у відповідності із змінами організації (організаційний розвиток співробітників)

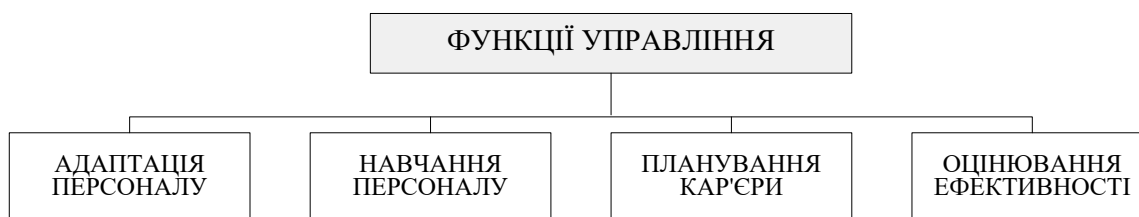


Рисунок 38 – Функціональна структура системи управління розвитком персоналу

Підтвердженням такого підходу є положення, яке відзначено у роботі [107], де автори зауважують, що стратегію управління персоналом приречено на провал за відсутності інтеграції між людьми, яких залучено до процесу, та взаємозв'язку між функціями, що схематично відображено на рис. 39 [109].

Підсумовуючи результати дослідження, проведеного у даному підрозділі, зазначимо, що під розвитком персоналу розумітимемо процес забезпечення системою управління організації, на базі гармонізації взаємних інтересів, адаптації, навчання та кар'єрного зростання співробітників, результатом якого є оволодіння ними такого рівня якості професійних ознак, який дозволяє досягти і організації і співробітникам конкурентних переваг у високомінливому ринковому середовищі.

Оскільки, безпосередньо саме поняття розвитку передбачає, у більшій мірі, спрямовання на досягнення стратегічних цілей, то доцільним є розглянути

детальніше такий елемент системи управління розвитком персоналу як планування кар'єрного зростання.

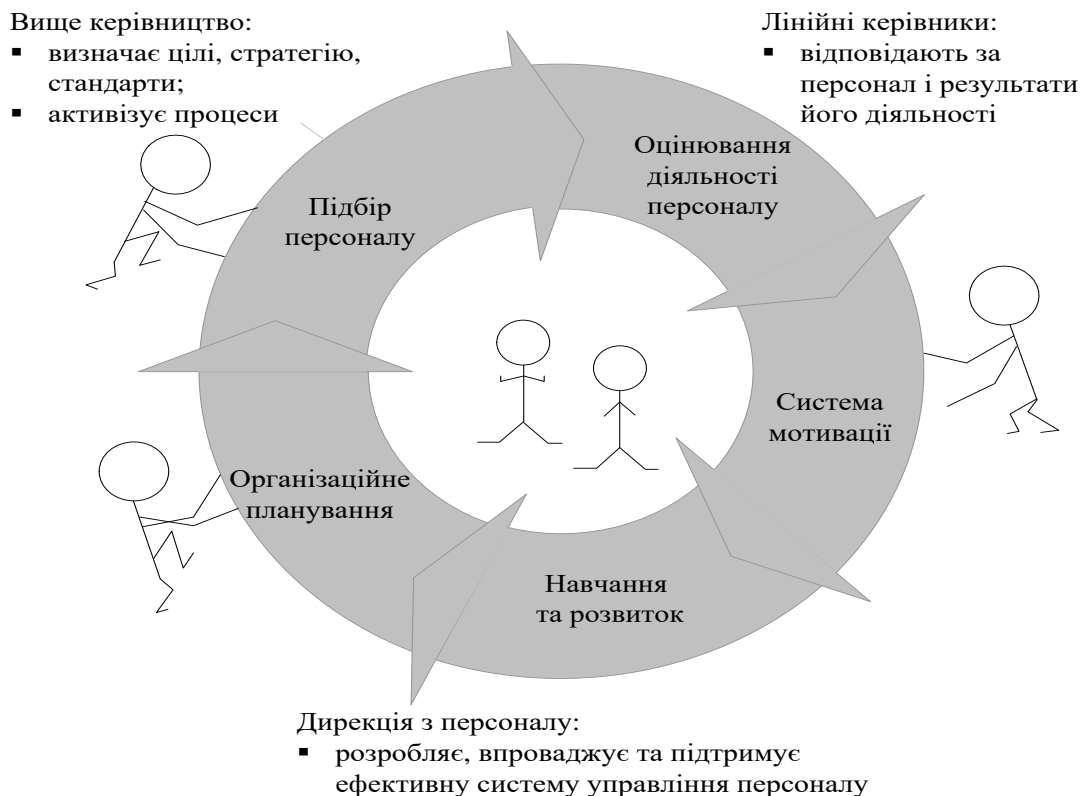


Рисунок 39 – Інтеграція у межах системи управління персоналом

Нині питання планування, організації кар'єри стають особливо гостро із-за змін, які проходять у сфері зайнятості. Ці питання виникають не лише перед самими працівниками, а і перед працедавцями, адже оптимальне кар'єрне просування дає можливість досягти поставлених цілей не лише працівникові, а і компанії завдяки ефективному розвитку і використанню персоналу.

Трудова кар'єра, в спільному розумінні цього терміну, означає швидке, успішне, прогресивне просування вибраним трудовим (професійним) шляхом, що передбачає досягнення шани, популярності, слави в своєму колі або матеріальної вигоди власними силами, за рахунок максимального використання своїх здібностей, професійної майстерності і особистих якостей [79].

Розрізняють кар'єру: професійну і посадову [78].

Професійна кар'єра характеризується тим, що конкретний співробітник в процесі своєї професійної діяльності проходить різні стадії розвитку: вчення, вступ на роботу, професійне зростання, підтримку індивідуальних професійних здібностей, нарешті, вихід на пенсію. Ці стадії конкретний працівник може



пройти послідовно в різних організаціях. Така кар'єра може бути спеціалізованою і неспеціалізованою.

Посадова кар'єра – це послідовна зміна стадій розвитку працівника у рамках однієї організації. Така кар'єра може бути спеціалізованою і неспеціалізованою.

Посадова кар'єра реалізується за такими напрямками:

вертикальному, тобто підняття на вищий рівень структурної ієрархії; найчастіше саме з ним зв'язують поняття кар'єри, оскільки тут просування найзриміше;

горизонтальному – це переміщення в іншу функціональну область діяльності або виконання службової ролі на рівні, що не має жорсткого формального закріплення в організаційній структурі (керівник програми, тимчасової цільової групи і тому подібне), або розширення і ускладнення завдань у рамках займаного рівня з адекватною зміною винагороди;

доцентровому – це просування до ядра, керівництва організації, що є вельми привабливим для співробітників; виражається у діставанні доступу до неформальних джерел інформації, у довірчих зверненнях і окремих важливих дорученнях керівництва, запрошеннях на зустрічі і наради.

Спеціалізована кар'єра характеризує одну професію і сферу діяльності працівника, а неспеціалізована – розуміє заміщення працівником різних посад у межах різних видів діяльності.

Кар'єру можна класифікувати за різними ознаками: по можливості і часу здійснення, по характеру кар'єрній стратегії, що відображено на рис. 40 [114].



Рисунок 40 – Класифікація кар'єри

Розглянемо деякі з цих різновидів переважно на прикладі посадової кар'єри. За можливістю здійснення посадову кар'єру можна розділити на потенційну і реальну.

Потенційна (індивідуально планована, можлива) кар'єра – це особисто вибудований людиною трудовий і життєвий шлях на основі його планів, потреб, здібностей, цілей. Це кар'єра-мрія, кар'єра-бажання. Вона може істотним чином впливати на вчинки, поведінка людини і бути реалізована повністю, частково або зовсім не реалізована.

Реальна (реалізована, досягнута) кар'єра – це те, що людині вдалося реалізувати впродовж певного часу у відповідному виді діяльності у конкретній організації.

Вибір кар'єри має бути заснований на певних чинниках, перелік яких подано на рис. 41 [68].

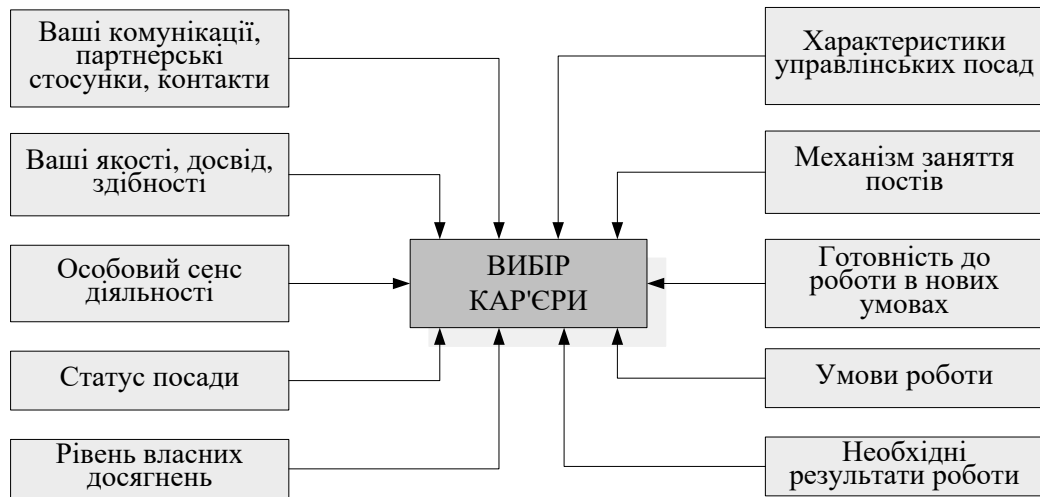


Рисунок 41 – Основні чинники вибору та планування кар'єри

При виборі кар'єри, доцільно визначитися за наступними пунктами [74]:  
 наскільки вибрана професійна спеціалізація необхідна на ринку праці (рівень конкуренції серед представників даної професії);  
 наскільки вибрана професія кон'юнктурно-стійка;  
 які ще кар'єрні спеціальності примикають до даної професії;  
 яка посадова позиція є межею розвитку даної спеціалізації;  
 наскільки вибрана професія залежить від конкретного регіонального ринку (чи є вибрана спеціальність міжнародною або породженням якогось регіону).

Рекомендується провести також невеликий SWOT-аналіз по вибраній спеціалізації, тобто відповісти ще і на такі питання [74]:

які ринкові можливості дозволяють сподіватися на успіх вибраної спеціалізації?

які ринкові обмеження створюють перешкоди до самореалізації за вибраною професією?

які особові якості і особливості попереднього досвіду дозволяють успішно реалізуватися у вибраній професії?

які властивості характеру і минулі поразки можуть ускладнити кар'єру за обраною професією?

як перетворити обмеження ринку і поразки минулого досвіду на можливості хорошої кар'єри у майбутньому?

як діяти у разі настання будь-якого із ризиків (обмежень ринку або особистих обмежень), щоб «кар'єрний поїзд» не пішов «під укіс»?

Після того, як вибір зроблено, слід спланувати свою кар'єру.

Планування кар'єри полягає у визначенні цілей розвитку кар'єри і шляхів, ведучих до її досягнення. Шляхи є послідовністю посад, на яких необхідно попрацювати, перш ніж обійняти цільову посаду, а також набір засобів, необхідних для придбання необхідної кваліфікації, курсів, стажувань і т. ін. [77].

Розвитком кар'єри називають ті дії, які робить співробітник для реалізації свого плану. Схематично етапи розвитку кар'єри представлено на рис. 42 [111].



Рисунок 42 – Етапи розвитку кар'єри

Розвиток кар'єри створює певні переваги як для самого працівника, так і для організації.

Переваги для співробітника полягають у такому: вища міра задоволеності роботою в організації, що надала йому можливість професійного зростання та підвищення рівня життя; чіткіше бачення особистих професійних перспектив і можливість планувати інші аспекти власного життя; можливість цілеспрямованої підготовки до майбутньої професійної діяльності; підвищення конкурентоспроможності на ринку праці.

Переваги для організації полягають у такому: наявність цілеспрямованих співробітників, що пов'язують свою професійну діяльність з даною організацією, що підвищує продуктивність праці і знижує плинність робочої сили; визначення потреб у професійному навчанні співробітників на основі планів розвитку кар'єри окремих співробітників; виявлення підготовлених співробітників для висунення на ключові посади.

Процес планування індивідуальної кар'єри починається з виявлення своїх потреб, інтересів, потенційних можливостей. На цій основі з урахуванням

перспектив організації і об'єктивних особистих даних формуються основні цілі кар'єри.

Основою планування кар'єри часто стає так звана кар'єрограма. Цей документ, що складається на 5–10 років, містить, з одного боку, зобов'язання адміністрації по горизонтальному і вертикальному переміщенню працівника, а з іншого – його зобов'язання підвищувати рівень освіти, кваліфікації, професійної майстерності.

Сучасною технологією планування кар'єри є складання портфоліо кар'єрного зростання. Портфоліо кар'єрного зростання (ПКЗ) – це технологія планування професійної кар'єри, що вже досить добре зарекомендувала себе у західних країнах [94].

Слід зазначити, що також важливою проблемою у плануванні кар'єри є загрози щодо розвитку подій в даній сфері. У такому випадку, як рекомендовано у праці [86], доцільно співробітник має з'ясувати наступні моменти: чи є він нездібним продовжувати вчитися; чи відстає він з опануванням нових навиків; чи вносить він регулярний вклад до успіху організації; чи є йому куди піти на роботу.

Тобто, спочатку доцільно зрозуміти, де співробітник зараз знаходиться, потім вирішити, куди хоче рухатися, а потім має не просто визначити мету, але і постаратися сформулювати і накреслити шлях, за яким він туди добереться, тобто встановити цілі кар'єри і виявити, як їх досягнути. Слід брати до уваги, що існують відомі обмеження планування кар'єри, оскільки багато чинників майбутнього є практично непередбачуваними.

Проте керівництво має звернути увагу на необхідність проведення власного SWOT-аналізу, для виявлення нинішнього рівня навиків і компетентності, тобто інструментів, які або приведуть його до мети, або перешкоджають її досягати. Можливості визначаються при оцінці довкілля, тобто того, що є в наявності зараз і чого можна чекати в довгостроковому розрізі, за допомогою вивчення існуючих трендів. Загрози або перешкоди також виявляються у довкіллі, і їх розпізнавання дозволить мінімізувати ризики.

Важче визначити власні слабкості, тобто області, де потрібне поліпшення знань і навиків. Проте треба знати, які критичні чинники успіху є у вибраній області, і удосконалити найслабкіші аспекти знань і навиків.

Після проведення ретельного аналізу доцільно на його базі сформулювати стратегію кар'єри. Варіанти вибору можуть включати: збільшення

відповідальності на існуючій посаді; горизонтальне переміщення; просування вгору на посаду з підвищеною відповідальністю; перепідготовка для опанування нового набору знань [86].

Такий підхід до узгодження інтересів організації і його співробітників є доцільним, оскільки ефективно управління діловою кар'єрою позитивно впливає на результати діяльності організації, що наочно відображено на рис. 43 [113].



Рисунок 43 – Схема впливу вдосконалення управління діловою кар'єрою на результати діяльності організації

Отже, кар'єра є тим механізмом, який надає можливість розвиватися як працівникові, так і компанії, в якій він працює, тому виявлення і використання основних закономірностей планування кар'єри є важливим як для окремих людей, так і для організацій в цілому.

#### 4.2. Визначення особливостей розвитку посадової кар'єри

Як було зазначено у попередньому підрозділі дослідження, одним із структурних елементів системи стратегічного розвитку персоналу є планування та розвиток кар'єри. Зауважимо, що, у значній мірі, ефективність цього процесу залежить від узгодження особистих та колективних інтересів підприємства щодо

розвитку, а, саме, суб'єкт господарювання має бути зацікавлено у динамічній зміні стадій розвитку працівника безпосередньо у межах організації, оскільки індивідуальний розвиток є запорукою її колективного розвитку.

Зауважимо, якщо більшість працівників організації за мету мають задоволення потреби у кар'єрному зростанні, то така організація має шанс на успіх. Проте, необхідно розуміти, що фінансування підприємством розвитку персоналу має сенс за умови можливості реалізації особистого плану працівника щодо посадового зростання на цьому підприємстві. Тобто, якщо співробітник, який отримав високий фаховий рівень за рахунок організації, звільняється, то має місце неузгодженість його особистих інтересів та інтересів або можливостей організації щодо їх задоволення.

Визначимо особливості розвитку посадової кар'єри за даними статистичної звітності одного із підприємств хімічної галузі помисловості України – назвемо його умовно «підприємство Х».

Одним із наслідків незадоволення персоналу динамікою кар'єрного розвитку є плинність кадрів. Отже, з огляду на зазначене, доцільно проаналізувати рух персоналу на досліджуваному підприємстві, показники якого подано у табл. 12.

Як демонструють дані табл. 12, чисельність персоналу за останні два досліджуваних роки зазнає значного скорочення, про що свідчить динаміка індексу чисельності персоналу: величина темпу його приросту у 2019 р. та 2020 р. набуває від'ємного значення (-0,06 та -2,15% відповідно за роками). Такий висновок знаходить підтвердження у динаміці коефіцієнту вибуття кадрів (його приріст становить 13,62 та 49,08% відповідно у 2019–2020 рр.) та коефіцієнту прийому кадрів (його приріст становить 12,46 та 36,66% відповідно у 2019–2020 рр.). Перевищення динаміки першого показника на другим відбиває інтенсивність процесу звільнення кадрів вищу, ніж його прийому. Тобто, на підприємстві формуються передумови значної мінливості кадрового складу: коефіцієнт плинності кадрів у 2020 р. зріс на 34% відносно 2019 р.

Таблиця 12 – Показники руху та стабільності персоналу

Показник	Абсолютне значення				Темп приросту, % до попереднього року		
	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
Індекс чисельності персоналу	0,90	1,01	1,01	0,99	12,15	-0,06	-2,15
Коефіцієнт вибуття кадрів	0,22	0,18	0,20	0,31	-19,79	13,62	49,08
Коефіцієнт прийому кадрів	0,12	0,19	0,21	0,29	57,96	12,46	36,66
Коефіцієнт плинності кадрів	0,22	0,17	0,20	0,30	-21,45	14,44	48,45

З огляду на зазначену тенденцію, доцільно проаналізувати причини звільнення: чи є вони плановими – тобто такими, що викликані виробничими потребами, або позаплановими – такими, що обумовлені порушенням дисципліни, невідповідністю посадою і т. ін. Графічне зображення структурної динаміки вибуття кадрів подано на рис. 44.



Рисунок 44 – Динаміка вибуття кадрів

Отже, як видно із рис. 44, за причиною ознакою звільнення, найхарактернішими є позапланові звільнення. Хоча кількість звільнених у 2008 р. відносно 2005 р та 2006 р скорочується, проте темпи такої динаміки є вищими за темпи зміни середньооблікової чисельності штатних працівників (див. табл. 12).

Зауважимо, що важливим є не тільки динаміка значень показника плинності кадрів, а, у даному випадку, і безпосередньо її величина. Зазвичай, у менеджменті персоналу толерантною є величина, що дорівнює 3–5 % від середньооблікової чисельності персоналу та відображає притаманний для поточної



стадії життєвого циклу підприємства процес оновлення кадрів. Наочне співставлення значення показника плинності кадрів нормативного та визначеного для аналізованого підприємства подано на рис. 45.



Рисунок 45 – Динаміка коефіцієнту плинності кадрів

Отже, як демонструють данні рис. 39, характерна для досліджуваного підприємства плинність кадрів, яка за аналізований період становить 22, 17, 20 та 30 % відповідно за 2017–2020 рр. (див. табл. 12), є надзвичайно загрозливою та свідчить про існування високих ризиків втрати кадрової безпеки досліджуваного підприємства

Тому, з огляду на мету дослідження, було проведено опитування звільнених та працюючих працівників щодо пояснення мотивації добровільного або вимушеного звільнення. Результати такого опитування дозволили дійти висновку про незадоволення більшості працівників, що залишили підприємство, їх кар'єрним зростанням, яке дозволяло би їм реалізувати як свої професійні амбіції, так й якісно підвищити їх життєвий рівень. Також співбесіда надала можливість з'ясувати етапи кар'єрного розвитку на досліджуваному підприємстві, які формалізовано, з огляду на управління цим процесом, доцільно представити у вигляді графу планування розвитку індивідуальної кар'єри. Графічне зображення такого графу подано на рис. 46.

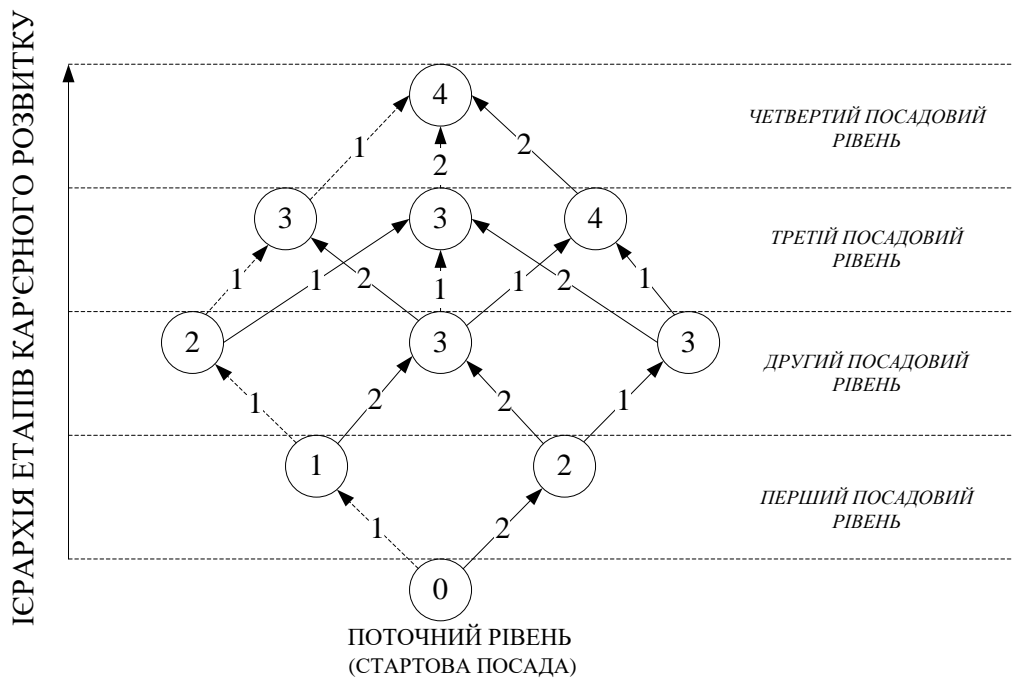


Рисунок 46 – Граф планування розвитку особистої кар'єри

Наведений на рис. 46 граф має трактуватися у такий спосіб:  
всього є чотири рівні ієрархії кар'єрного розвитку (посадові рівні);  
числа біля дуг позначають довжину шляху – час (у роках), через який співробітник може отримати наступне посадове призначення, тобто переміститися на більш високий рівень кар'єрного розвитку;

числа усередині кружечків (вершин графу) – довжина мінімального шляху від входу (стартової посади, що відображується нульовою вершиною графу) до даної вершини (посади або етапу в ієрархії кар'єрного розвитку);

пунктирні лінії – найкоротший шлях до самого верхнього рівня ієрархії.

Отже, поданий на рис. 46, граф розвитку особистої кар'єри характеризує планований час досягнення певного рівня в ієрархії кар'єрного розвитку працівників досліджуваного підприємства. Тобто, згідно з графом, мінімальний термін досягнення найвищого рівня ієрархії від нульової вершини (стартової посади) за шляхом «0 – 1 – 2 – 3 – 4» складає чотири роки, а максимальний за шляхом «0 – 2 – 3 – 3 – 4» складає сім років.

Зауважимо, що за умови незадовільного фінансово-економічного стану досліджуваного підприємства, неврахування особистих планів працівників щодо кар'єрного розвитку тільки посилюватиме плінність його кадрового складу та знищуватиме потенціал щодо його розвитку у цілому.

### 4.3. Моделювання кар'єрного розвитку персоналу із застосуванням ланцюгів Маркова

З огляду на висновки, що було отримано у попередньому підрозділі, у даному підрозділі дослідження необхідно вирішити завдання формалізації можливого кар'єрного розвитку персоналу, який може запропонувати досліджуване підприємство своєму співробітнику.

Зауважимо, що існують дві можливі точки зору на кар'єру – з позицій організації (кар'єра співробітника усередині організації) і з позицій особистості (її кар'єра впродовж всього життя, включаючи професійний розвиток і так далі). Отже, постає завдання побудови оптимальних для організації кар'єр співробітників і створення пропозицій кар'єрного розвитку, привабливих для потрібних організації співробітників. Останнє означає, що далекоглядний співробітник, може, не задовольняючись перспективами свого розвитку в організації, прийняти рішення про зміну роботи. Іншими словами, оптимальні з точки зору організації кар'єри співробітників мають бути погоджені з уподобаннями останніх [96].

На базі графу планування розвитку особистої кар'єри досліджуваного підприємства (див. рис. 46) введемо марківський ланцюг, вершини якого відповідають рівням ієрархії посад ( $I_m$ ) в даній організації ( $m = 4$ ). Додамо  $m + 1$ -у вершину, що відображує звільнення з організації.

Для того, що визначити ймовірність досягнення  $m$ -го, найвищого рівня ієрархії розвитку кар'єри, для якого  $i = m$ , необхідно знати ймовірності переходів за всіма рівнями ( $P_{ij}$ ), сукупність яких складатиме матрицю переходів.

Графічне зображення марківського ланцюгу розвитку кар'єри співробітників досліджуваного підприємства подано на рис. 47.

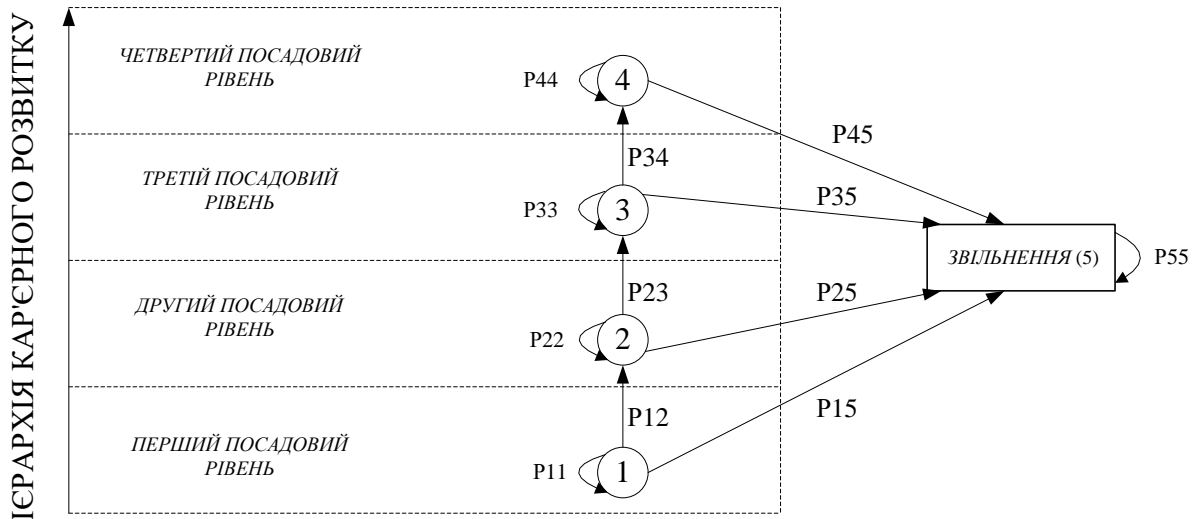


Рисунок 47 – Марківський ланцюг розвитку кар'єри

Марківський ланцюг (див. рис. 48) відображує такі характеристики розвитку кар'єри:

$P_{ii}$  – ймовірність того, що у наступному періоді співробітник залишиться на тому ж ( $i$ -ому) рівні;

$P_{ij}$  за умови  $j > i$  – ймовірність того, що у наступному періоді співробітник перейде на  $j$ -ий рівень, що перевищує рівень  $i$ ;

$P_{m+1}$  – ймовірність того, що у наступному періоді співробітник звільниться;

$P_{m+1, m+1}$  – ймовірність повернення співробітника до підприємства після його звільнення звідти. Вважатимемо, що один раз звільнившись з даної організації, співробітник до неї не повернеться, а, отже, ймовірність переходу  $p_{m+1, m+1}$  буде дорівнювати одиниці;

$P_{ij}$ , за умови  $j < i$  – ймовірність пониження на посаді (вважатимемо рівними нулю (пониження на посаді неможливе)).

Отже, маючи матрицю перехідних ймовірностей ( $P_{ij}$ ) та поточний рівень ієрархії ( $i$ ), можна визначити ймовірність переходу співробітника на наступний рівень розвитку кар'єри ( $j$ ) через певний час ( $t$ ) за формулою (47):

$$P_i(t) = \sum_{j=1}^4 P_j(t-1) * P_{ji}. \quad (47)$$

За результатами опитування звільнених та працюючих співробітників та з урахуванням динаміки коефіцієнту плинності кадрів (див. табл. 12) матриця

переходів за ієрархією кар'єрного розвитку ( $P_{ij}$ ) матиме вигляд, який представлено у табл. 13.

Таблиця 13 – Матриця ймовірностей переходів за рівнями ієрархії розвитку кар'єри

		Рівень ієрархії				
		1	2	3	4	Звільнення (5)
i \ j	1	0,75	0,05	0,00	0,00	0,20
1	0,00	0,75	0,05	0,00	0,20	
2	0,00	0,00	0,65	0,05	0,30	
3	0,00	0,00	0,10	0,73	0,17	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
Звільнення (5)						

Як видно із табл. 13, сума ймовірностей розвитку кар'єри за кожним рівнем ієрархії дорівнює одиниці:

$$\sum_{j=1}^4 P_{ij} = 1. \quad (48)$$

Формула (48) означає, оскільки перебуваючи на певному рівні ієрархії співробітник може або залишитися на ній, або перейти на рівень вище, або звільнитися, тоді й сума ймовірностей перебування в одному із зазначених станів становитиме одиницю.

Оскільки найкоротший шлях досягнення найвищого рівня ієрархії становить чотири роки (за графом планування розвитку особистої кар'єри досліджуваного підприємства – див. рис. 40), розрахуємо вектори ймовірностей потрапляння на певні рівні ієрархії через чотири роки за формулою (47). Значення таких векторів представлено у табл. 14.

Таблиця 14 – Вектори ймовірностей досягнення певного рівня ієрархії розвитку кар'єри

Період	Рівень ієрархії				
	1	2	3	4	5
Через рік	0,75	0,05	0,00	0,00	0,20
Через два роки	0,56	0,08	0,00	0,00	0,36
Через три роки	0,32	0,07	0,02	0,00	0,59
Через чотири роки	0,10	0,03	0,02	0,01	0,84

Відповідно до даних табл. 14, за роками ймовірність залишитися на тому ж рівні ієрархії зменшується, а просунутися на більший високий рівень зростає,

хоча й має дуже невеликі значення. Так, ймовірність через чотири роки (див. останній рядок табл. 14) залишитися на першому рівні становить 0,10, ймовірність перейти до другого рівня – 0,03, до третього рівня – 0,02, до четвертого – 0,01. Слід зазначити, що з роками ймовірність звільнення співробітника зростає та становить за роками 0,20, 0,36, 0,59 та 0,84 (див. останній стовпчик табл. 14).

Розрахувавши ймовірності досягнення певного рівня ієрархії розвитку кар'єри, доцільно ввести агрегований критерій узгодженості плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри. За такий критерій можна використати ймовірність неуспішного розвитку кар'єри (NURK) (з точки зору співробітника), яка буде дорівнювати максимальній ймовірності того, що рівень ієрархії, якого співробітник може досягнути за умов організації, буде нижчим за той, що він вважає для себе задовільним. Значення NURK розраховується за формулою (49):

$$\text{NURK}(t) = \text{MAX} \sum_{i=1}^4 P_{ji}(t) \text{ для } j < I \quad (49)$$

Отже:

оскільки через рік рівень ієрархії ( $j = 1$ ), менший за  $i$  відсутній, то відповідно до формули (49)  $P_{10}$  дорівнює нулю;

через два роки треба урахувати ймовірності для рівня ієрархії  $j < 2$  – така ймовірність тільки одна –  $P_{21}$ , значення якої становить 0,56 (див. табл. 14);

через три роки треба урахувати суму ймовірності для рівня ієрархії  $j < 3$  –  $P_{31}$ , значення якої становить 0,32 та  $P_{32}$ , значення якої становить 0,07 (див. табл. 3.2), тобто їх сума дорівнюватиме 0,39;

через чотири роки треба урахувати суму ймовірності для рівня ієрархії  $j < 4$  –  $P_{41}$ , значення якої становить 0,10,  $P_{42}$ , значення якої становить 0,03 та  $P_{43}$ , значення якої становить 0,02 (див. табл. 14, тобто їх сума дорівнюватиме 0,15).

Тоді агрегований критерій неуспішного розвитку кар'єри за формулою (49) становитиме:  $\text{NURK}(4) = \text{MAX}(0,00; 0,56; 0,39; 0,15) = 0,56$ . Тобто ймовірність неуспішного розвитку кар'єри (з точки зору співробітника, кар'єрні плани якого описуються графом – див. рис. 40) на досліджуваному підприємстві, що представлена марківським ланцюгом (див. рис. 41), дорівнює 0,56. Це значення достатнє велике, а, отже, скоріше за все, співробітник прийме рішення звільнитися з підприємства.

З точки зору управління розвитком кар'єри, у такій ситуації топ менеджменту досліджуваного підприємства доцільно зменшувати вірогідність кар'єри неуспіху, в першу чергу, за рахунок зменшення плинності кадрів з різних рівнів ієрархії до її безпечного рівня, а саме до 5 %, що відповідатиме ймовірності звільнення 0,01 – 0,05.

З огляду на зазначене доцільно зробити прогнозні розрахунки для варіанту нижчої плинності кадрів, що дозволить узгодити плани співробітників із пропозиціями досліджуваного підприємства щодо розвитку їх кар'єри.

Результати розрахунків зведено до табл. 15.

Таблиця 15 – Результати розрахунку марківського ланцюга прогнозу розвитку кар'єри

		Рівень ієрархії				
i \ j		1	2	3	4	Звільнення (5)
1		0,50	0,49	0,00	0,00	0,01
2		0,00	0,50	0,49	0,00	0,01
3		0,00	0,00	0,50	0,49	0,01
4		0,00	0,00	0,10	0,95	0,05
Звільнення (5)		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Період	Рівень ієрархії					
	1	2	3	4	5	
Через рік	0,500	0,490	0,000	0,000	0,010	
Через два роки	0,250	0,490	0,240	0,000	0,020	
Через три роки	0,063	0,245	0,360	0,288	0,044	
Через чотири роки	0,004	0,031	0,105	0,701	0,160	
NURK (4) = MAX (0,00; 0,25; 0,14; 0,31) = 0,31						

Діаграму співставлення результатів подано на рис. 48.

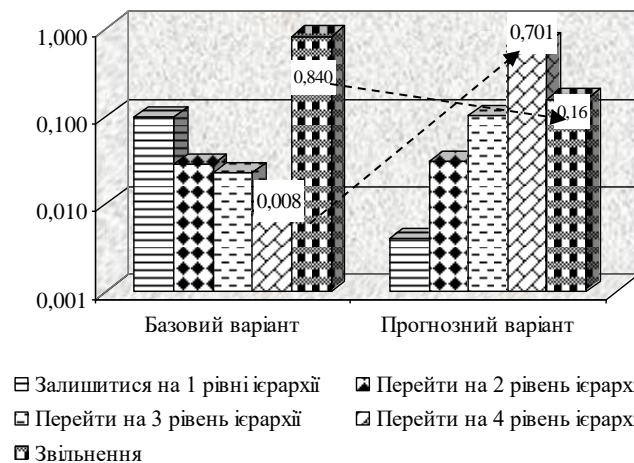


Рисунок 48 – Діаграма співставлення ймовірностей розвитку кар'єри через 4 роки

Отже, отримані результати (див. табл. 15) свідчать, що за умови

впровадження керівництвом досліджуваного підприємства дієвих заходів щодо пониження плинності кадрів, значення ймовірності неуспішного розвитку кар'єри зменшиться до 0,31. При цьому ймовірність звільнення за чотири прогнозованих періоди дорівнюватиме 0,16, що значно менше значення за розрахунками базового варіанту.

Таким чином, зважаючи на отримані результати, зроблено висновок, що практичне впровадження у діяльність досліджуваного підприємства запропонованого у проекті методичного підходу щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому.

#### 4.4. Моделювання стратегії розвитку персоналу на базі узгодження ефективності використання фінансових та трудових ресурсів

В умовах розбудови постіндустріального суспільства стратегія розвитку персоналу є одним із пріоритетних напрямів формування стратегії розвитку організації у цілому. Проте слід зазначити, що базовою стратегією, або такою, що забезпечує досяжність цілей інших стратегій, є фінансова стратегія.

З огляду на зазначене, об'єктивним є факт, що у кризових умовах функціонування суб'єкта підприємництва, вкрай необхідним є узгодження стратегії розвитку персоналу із фінансовою стратегією, оскільки вони не тільки є ув'язаними між собою, а, що є важливішим, такими, що довоюють другу-друга, оскільки фінансування розвитку персоналу сприяє підвищенню ефективності його діяльності, а, отже, й позитивній динаміці зростання фінансових ресурсів.

Для узгодження означених стратегій, доцільно провести оцінювання сполучення рівня використання фінансових та трудових ресурсів підприємства, тобто реалізувати інтегральне оцінювання ефективності їх використання, на базі чого стає можливим формування матриці стратегії розвитку персоналу організації, як частковий варіант формування матриці фінансової стратегії [71; 73; 80]. Отже, розглянемо методику формування такої матриці. Її вигляд подано на рис. 49.



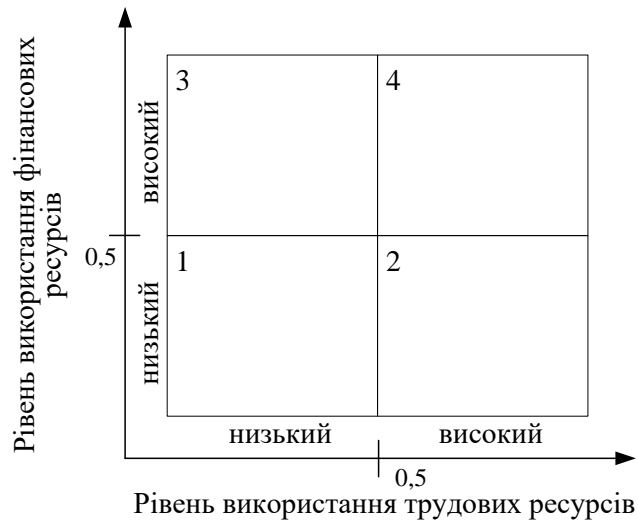


Рисунок 49 – Матриця стратегії розвитку персоналу

Можливі сполучення використання ресурсів подано у табл. 16.

Таблиця 16 – Сполучення рівнів узгодженості використання ресурсів щодо матриці стратегії розвитку персоналу

Номер квадранта	Рівень використання ресурсів	
	фінансових	трудових
1	низький	низький
2	низький	високий
3	високий	низький
4	високий	високий

Типові ситуації, властиві промисловим підприємствам, розташованим у квадрантах матриці можуть бути такими.

Квадрант 1. Характеризується низькими результатами використання фінансових і трудових ресурсів. Тому основними ознаками, які склались на підприємстві є такі як: фінансовий результат у цілому по господарській діяльності підприємства має низьке, або негативне значення; значні збитки нерентабельних видів діяльності перевищують одержуваний прибуток від ефективних. Нераціональне використання основних видів ресурсів (фінансових і трудових) обумовлено низьким рівнем менеджменту на підприємстві, що залежить від уміння керуючого персоналу правильно організувати, планувати виробничий процес, а також здійснювати належний контроль за виконанням поставлених завдань. Якісні й кількісні характеристики використання персоналу, що залежать від його структури й чисельності, відображають непогодженість політики формування трудових ресурсів виробничим завданням розвитку підприємства. Про

низький рівень використання трудових ресурсів свідчить недостатньо ефективна організація, стимулювання й контроль трудового процесу. Доцільним є аналіз можливостей персоналу підприємства, який дозволить визначити основні напрямки роботи з ним (підвищення дисципліни, перерозподіл виробничого навантаження, внутріфірмове підвищення рівня кваліфікації). У цілому, політика керівництва зводиться до ліквідації наслідків сформованої ситуації адміністративним шляхом.

Квадрант 2. Характеризується низькими результатами використання фінансових ресурсів і високим - трудових. Типову ситуацію, характерну для більшості позиціонованих у даний квадрант підприємств, можна описати в такий спосіб. Ефективне керування трудовими ресурсами, спрямоване на раціональне формування структури й складу персоналу, розвиток і підтримка його професійних здатностей, дисципліну, мотивацію виконання поставлених виробничих завдань і соціальні гарантії, визначає якісне виконання обов'язків працівниками й передбачає практично повне використання всього потенціалу трудового колективу. Підвищення кваліфікації є однобічною ініціативою (з боку працівника) і проводиться самим працівником на рахунок власних коштів, оскільки в підприємства немає можливості додатково фінансувати трудовий процес у зв'язку з його нестійким фінансовим становищем. Результати керування фінансовими ресурсами даних підприємств виражаються в низькій ліквідності активів, фінансовій стабільності, діловій активності (оборотності активів) і залежності від кредиторів.

Квадрант 3. Характеризується високими результатами використання фінансових ресурсів і низьким - трудових. Для підприємств, які можна позиціонувати в даному квадранті, характерні наступні риси. Ефективне формування, використання й перерозподіл фінансових коштів забезпечує баланс прибутків і видатків з одержанням прибутку. Рівень фінансової стабільності й платоспроможності забезпечує незалежність від кредиторів, на що також впливає значна ліквідність підприємств, які здатні погасити існуючі зобов'язання своїми активами. Однак виробничий процес, що повинен здійснюватися на основі раціонального сполучення й використання матеріальних і трудових ресурсів, організований неефективно. Відсутність якісного прогнозу кадрової політики, обґрунтованого прогнозу її розвитку, а також відсутність достовірної інформації про рівень матеріально-технічного забезпечення й устаткування, що є в наявності, не дозволяє ефективно здійснювати керування бізнес-процесом підприємства.

Така ситуація дозволить досить довгий період часу функціонувати успішно, не дивлячись на низький рівень кадрового менеджменту. Однак, використовуючи основні прогресивні підходи до діяльності по керуванню людськими ресурсами (планування, забезпечення кадрами, розробка програм адаптації персоналу, його мотивації й розвитку), підприємство істотно поліпшить соціальну обстановку в колективі.

Квадрант 4. У підприємств, положення яких відповідає четвертому квадранту матриці, виробничий процес характеризується високим рівнем використання фінансових і трудових ресурсів. Для сформованих умов функціонування максимізація винагороди за виконану роботу на підприємстві, реалізація програм соціального розвитку й професійного росту є одним з основних мотивом підвищення продуктивності праці.

Для побудування матриці стратегії розвитку персоналу, розрахуємо інтегральний показник рівня використання фінансових та трудових ресурсів на базі розробки польських вчених В. Плюти й З. Хельвіга [101], що запропонували використовувати методи таксономії при узагальненні існуючих ознак для формування показника, що характеризує рівень розвитку. Розрахунок такого показника здійснюється за формулою (50):

$$I = \frac{m_1}{m} R_{tr} + \frac{m_2}{m} R_{mr}, \quad (50)$$

де  $m$ ,  $m_1$  і  $m_2$  – загальна кількість показників, використовуваних при визначенні інтегрального показника, а також інтегральних показників використання фінансових і трудових ресурсів відповідно;

$R_{tr}$  і  $R_{fr}$  – значення інтегральних показників використання фінансових і трудових ресурсів відповідно.

Для виявлення рівня використання ресурсного потенціалу, доцільно ввести індикатор, що визначає границю значення інтегрального показника використання як економічних ресурсів у цілому, так і кожного виду окремо, рівний 0,5. Якщо  $0 < I < 0,5$ , то підприємство належить до категорії проблемних; якщо  $0,51 < I < 1,0$  те підприємство варто віднести до успішного.

Значення інтегральних показників ефективності використання трудових та фінансових ресурсів для досліджуваного підприємства за 2017–2020 рр. наведено у табл. 17.

Таблиця 17 – Інтегральний показник узгодженості системи розвитку персоналу із ефективністю використання фінансових ресурсів

Показник	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
Ефективність системи управління розвитком персоналу					
Питома вага робітників віком від 50 років і вище	0,18	0,19	0,37	0,52	0,53
Питома вага робітників, які закінчили ВНЗ	0,02	0,17	0,08	0,32	0,17
Питома вага робітників, яких навчено новим професіям	0,00	0,00	0,15	0,16	0,27
Питома вага робітників, що підвищили кваліфікацію у звітному році	0,00	0,00	0,05	0,05	0,02
Питома вага додаткової заробітної плати	0,32	0,24	0,26	0,34	0,34
Питома вага трудових витрат в експлуатаційних витратах	6,15	12,6 7	13,6 9	12,3 0	17,1 8
Середньорічна продуктивність праці 1 робітника (за чистим доходом)	13,0 8	11,0 3	14,7 1	21,1 7	21,1 8
Коефіцієнт плинності кадрів	0,21	0,22	0,17	0,20	0,30
Інтегральний показник ефективності системи управління розвитком персоналу	0,08	0,22	0,40	0,53	0,49
Ефективність використання фінансових ресурсів					
Коефіцієнт автономії	0,64	0,58	0,58	0,61	0,64
Коефіцієнт фінансового ризику	0,56	0,73	0,73	0,65	0,55
Коефіцієнт маневрування власного капіталу	-0,09	-0,28	-0,34	-0,23	-0,19
Коефіцієнт оборотності активів	0,13	0,11	0,14	0,21	0,18
Коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості	1,34	1,34	3,42	3,01	3,45
Рентабельність власного капіталу	0,01 2	-0,04	- 2	0,00 3	0,00 0,00
Чиста рентабельність продажів	0,05 7	-0,22	-0,01	0,01	-0,01
Інтегральний показник ефективності використання фінансових ресурсів	0,53	0,12	0,30	0,63	0,79
Інтегральний показник узгодженості системи розвитку персоналу із ефективністю використання фінансових ресурсів	0,29	0,17	0,35	0,58	0,63

Графічне зображення динаміки інтегрального показника узгодженості системи розвитку персоналу із ефективністю використання фінансових ресурсів для досліджуваного підприємства подано на рис. 44.



Рисунок 50 – Динаміка інтегрального показника узгодженості розвитку персоналу із ефективністю використання фінансових ресурсів

Як видно із даних табл. 17 та рис. 50, починаючи із 2017 р. аналізований показник характеризується позитивною динамікою. Зауважимо, якщо у 2017–2018 рр. більшої ефективності досягала система управління розвитком персоналу, то у наступні два роки більш ефективним є використання фінансових ресурсів, хоча за абсолютними величинами ефективність системи управління розвитком персоналу набуває низьких значень упродовж всього аналізованого періоду за винятком 2019 р. (див. табл. 17)

Для більш докладного вивчення динаміки інтегрального показника доцільно позиціонувати досліджуваного підприємства у матриці стратегії розвитку його персоналу, яку подано на рис. 45 ( $I_{n\text{-го р.}} = (R_{tr}; R_{fr}; I)$ ).

У рамках запропонованого підходу аналізовані сполучення ефективності управління фінансовими і трудовими ресурсами підприємства можна розділити на три групи: об'єкти, для яких характерний низький рівень використання всіх видів ресурсів; об'єкти, у яких хоча б один вид ресурсів використовується ефективно; об'єкти з високим рівнем використання двох видів ресурсів.



Рисунок 51 – Матриця стратегії розвитку персоналу досліджуваного підприємства

Отже, як видно з рис. 51, досліджуване підприємство станом на 2020 р. при достатньому рівні ефективності використання фінансових ресурсів має низький рівень ефективності системи управління розвитком персоналу.

Основним укрупненим типовим заходом, що рекомендується для загальної програми подальшого розвитку системи управління розвитком персоналу в рамках запропонованої матриці є проведення аналізу оптимальності складу й структури персоналу відповідній виробничій програмі й розроблення ефективного механізму його матеріальної, трудової й статусної мотивації, що сприятиме задоволенню матеріальних, емоційних і соціальних потреб персоналу в кар'єрному й професійному зростанні.

Застосування даної матриці в процесі формування стратегії розвитку персоналу дозволить комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства, що визначають його потенціал на основі рівня використання основних видів ресурсів, а головне – обґрунтувати доцільність фінансування заходів щодо розвитку персоналу.

Зауважимо, що питаннями управління розвитком персоналу, його потенційних можливостей у формуванні економічного потенціалу фірми успішно займалися і займаються як зарубіжні, так і вітчизняні учені. Так, наприклад у роботі

[118] наводиться приклад успішного вирішення проблеми навчання. Американська компанія «Хоніуел» визначила ефект дії програми навчання з метою підвищення продуктивності праці працівників. Вартісна оцінка відмінності між результатом праці кваліфікованих і менш кваліфікованих співробітників, що виконують однакову роботу, становила 15 тис. дол., а ефект навчання склав три чверті цієї величини. При вартості програми навчання на 20 співробітників 20 тис. дол., ефект дії навчання приніс 430 тис. дол.

Для визначення ефективності роботи системи управління розвитком персоналу, як структурного елементу менеджменту організації, доцільно використувати дані про виконання конкретних завдань організації (товарообіг, прибуток, витрати і ін.) і рівень досягнення поставлених цілей.

Як зазначено у праці [102], оскільки управління є складовою частиною виробничо-фінансової діяльності підприємства, то свідомим підвищення його ефективності може бути зростання економічних показників господарювання при незмінних або, навіть, декілька зростаючих витратах на управління. Тому економічну ефективність запроєктованих заходів (Е), у нашому випадку – узгодження системи розвитку персоналу із рівнем використання фінансових ресурсів на основі формування матриці стратегії розвитку персоналу, можна оцінити за формулою (51) [102]:

$$E = E_{\text{пр}} / V_{\text{у}}, \quad (51)$$

де  $E_{\text{пр}}$  – економічний ефект, обумовлений приростом прибутку;

$V_{\text{у}}$  – сумарні витрати за рік на управління .

Економічний ефект за рахунок приросту прибутку ( $E_{\text{пр}}$ ) визначається за формулою (52):

$$E_{\text{пр}} = ((BP2 - BP1) / BP1) \times ЧП1 + ((ПВ2 - ПВ1) / 100) \times BP2, \quad (52)$$

де  $BP1$ ,  $BP2$  – річний об'єм реалізованої продукції відповідно до і після вдосконалення системи управління розвитком персоналу;

$ПВ1$ ,  $ПВ2$  – питомі витрати (на гривню реалізованої продукції) до і після вдосконалення системи управління розвитком персоналу;

$ЧП1$  – прибуток від реалізованої продукції до вдосконалення системи

управління розвитком персоналу.

Результати розрахунків за наведеним підходом подано у табл. 18.

Таблиця 18 – Показники ефективності удосконалення системи управління розвитком персоналу

Показник	Значення
До вдосконалення системи управління розвитком персоналу	
Виручка від реалізації продукції (BP1), тис. грн	620463,0
Собівартість реалізованої продукції, тис. грн	465080,0
Сумарні витрати на управління (Vu1), тис. грн	36425,0
Питомі витрати на 1 грн. реалізованої продукції (ПВ1)	0,81
Чистий прибуток (ЧП1), тис. грн	14486,0
Витрати на вдосконалення системи управління розвитком персоналу	
Фонд оплати праці на розроблення матриці стратегії розвитку персоналу (плановані дані), тис. Грн	4,15
Вартість однієї машино-години (плановані дані), тис. грн	0,005
Кількість машино-годин (плановані дані)	330
Витрати на навчання персоналу (за даними підприємства), тис. грн	30,0
Після вдосконалення системи управління розвитком персоналу	
Виручка від реалізації продукції (BP2; за розрахунками підприємства на основі ретроспективного аналізу), тис. грн	838648,0
Собівартість реалізованої продукції, тис. грн	628655,0
Сумарні витрати на управління (Vu2), тис. грн	36430,8
Питомі витрати на 1 грн. реалізованої продукції (ПВ2)	0,79
Показники ефективності заходів	
Економічний ефект за рахунок приросту прибутку (Епр за формулою (4.6)), тис. грн	5221,71
Ефективність (Е за формулою (4.5))	0,14

Оскільки удосконалення системи управління розвитком персоналу передбачає формування стратегії розвитку персоналу, то, як видно із результатів розрахунків, поданих у табл. 18, підприємству доцільно винайти фінансові ресурси в обсязі 5,8 тис. грн. (фонд оплати праці задіяних працівників та додаткові витрати на застосування інформаційних технологій) на розроблення стратегії розвитку персоналу на основі проведення інтегрального оцінювання узгодженості розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів. Розроблення такої стратегії дозволить на основі аналізу динаміки інтегрального показника не тільки моніторити рівень розвитку персоналу, а й виявляти вузькі місця. За результатами такого моніторингу управлінській ланці легше буде сформулювати програми навчання персоналу задля усунення виявлених недоліків.

За даними ретроспективного аналізу досліджуване підприємство на



фінансування програм навчання може виділяти кошти у сумі 30 тис. грн. Отже, сукупні витрати, які увійдуть до складу собівартості продукції, становитимуть 35,8 тис. грн. (див. табл. 18). Проте такі інвестиції дозволять отримувати 0,14 грн. з однієї гривні інвестованих у систему управління підприємством коштів, що свідчить про доцільність впровадження запропонованих у проекті заходів.

#### 4.5. Впровадження методологій гнучкої розробки для підвищення ефективності діяльності ІТ-підприємства

Одним з основних істотних недоліків традиційного підходу до управління проектами є саме нетолерантність до змін. Даний недолік може надавати невеликий вплив в тому випадку, якщо проект виконується у відносно стабільному середовищі. Однак в даний час безліч організацій функціонує в гіперконкурентному середовищі – в зв'язку з цим значно зростає частота внесення змін до проекту. Таким чином, в проектній діяльності значно підвищується ціна помилки – невеликий прорахунок на початкових стадіях проекту може привести до багаторазово більших витрат на пізніх стадіях.

Впровадження методологій гнучкої розробки може підвищити ефективність діяльності проектних груп, а так само підвищити якість роботи з окремими напрямками. Крім безпосереднього впровадження цих методологій компанії можуть так само вдатися до використання загальних принципів гнучкої розробки для підвищення загальної ефективності роботи персоналу, зниження витрат і підтримки творчого підходу.

Для впровадження методологій гнучкої розробки від керівництва організації потрібно чітко розуміння необхідності внесення кардинальних змін в організаційні та управлінські процеси компанії. Однак гнучка технологія не є універсальним і простим засобом вирішення всіх проблем організації. У діяльність організації, не пов'язану із здійсненням проектів або засновану на строгій послідовності виконання робіт, впровадження методологій гнучкої розробки може виявитися скрутним – або, більш того, зайвим і навіть шкідливим. Agile можна використовувати в наступних випадках:

- 1) вимоги до результатів проекту не опрацьовані, і на їх детальне опрацювання замовник проекту не готовий виділити окремий етап проекту і витратити на нього кілька місяців;

2) розробку результатів проекту можна вести через прототипи, перевіряючи на них, наскільки команда вгадала очікування замовника. При цьому вартість розробки прототипів відносно невелика (в будівництві будинку, наприклад, прототипи створювати занадто дорого);

3) замовник проекту готовий керувати пріоритетами вимог до результатів проекту та, головне, готовий відмовитися від їх частини, при цьому розуміючи, що без них продукт проекту все одно матиме цінність для його споживачів;

4) замовник проекту готовий брати участь в проекті не менше 2-4 годин щотижня.

Першим кроком до переходу на Scrum є усвідомлення необхідності змін, причому як з боку керівництва, так і з боку персоналу. У керівників можуть виникнути побоювання, що після впровадження гнучкої розробки: під удар встануть загальні плани розвитку організації; зруйнується організаційна структура всередині проектних груп; зникне індивідуальна відповідальність за результати праці; стане складно оцінити внесок членів групи в загальний результат.

Процес впровадження гнучких методологій можна розділити на п'ять етапів. Ці етапи представлені на рис. 52 у вигляді схеми.

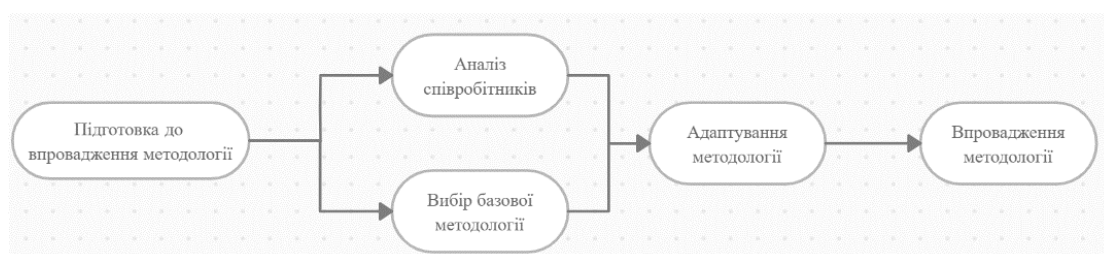


Рисунок 52 – Схема етапів впровадження гнучких методологій

Сама по собі Agile-трансформація – це повноцінний і досить тривалий за часом проект. Чим менше компанія і менше підрозділ, тим легше і швидше буде проходити процес трансформації.

У великих компаніях трансформація може тривати 3-5 років. Крім того, варто відзначити неможливість створення єдиного плану переходу до гнучких методологій. Кожен конкретний випадок окремої організації є унікальним, і одна з основних задач керівників полягає в обліку всіх принципових особливостей підприємства.

Підготовка до впровадження методології є одним з найважливіших кроків для правильного впровадження Agile. У загальному вигляді цей процес можна представити у вигляді схеми (рис 53).

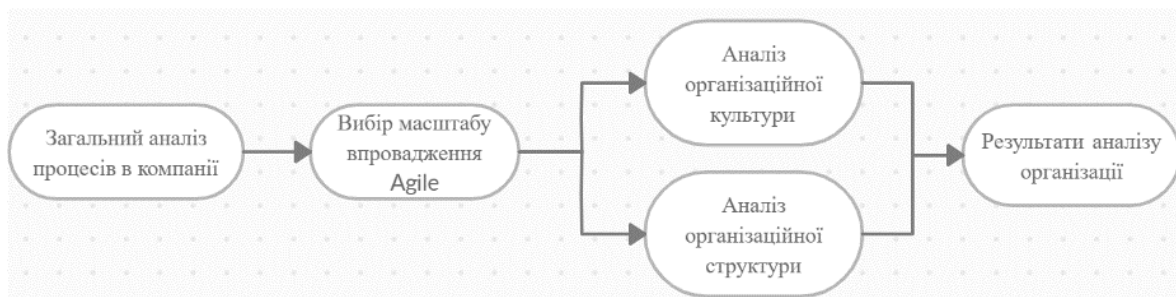


Рисунок 53 – Схема процесу підготовки до впровадження Agile

Почати процес трансформації необхідно з розуміння того, де зараз знаходиться компанія і де вона хоче опинитися після трансформації. Отже, перед прийняттям рішення про впровадження гнучкої методології потрібно провести ретельний аналіз процесів в компанії для розуміння цілей переходу. Впровадження Agile проявляє себе найкращим чином в креативних проектах з високим ступенем невизначеності, тому він підходить для стартапів і нестандартних проєктів. Так само існує думка, що Agile не працює при заниженому бюджеті проєкту, нереалістично оцінених термінах, при низькій кваліфікації команди і менеджера проєкту. Таким чином, не варто переходити на гнучкі методології тільки із-за того, що це ефективна перспективна методологія: керівництву варто прийняти усвідомлене рішення, засноване на реальній необхідності і впевненості в тому, що в організації потрібно застосування саме гнучких методологій [65].

Далі потрібно вибрати бажаний підсумковий масштаб впровадження гнучких методологій. Тут можна виділити три можливих варіанти:

- 1) впровадження гнучких методологій в обмеженому форматі однієї або декількох команд;
- 2) перехід всієї проєктної діяльності організації на Agile;
- 3) трансформація всієї організації за принципами Agile.

У більшості компаній України домінує культура контролю – основний акцент робиться на наявності прогнозу майбутнього і невпинного спостереження за тим, щоб він здійснився. Функціонування таких компаній проходить в умовах жорсткої вертикальної ієрархії. З одного боку, керівництво не може довіряти

співробітникам прийняття ключових рішень. З іншого боку, підлеглі не схильні брати на себе ініціативу, а тому часом навіть дріб'язкові питання піднімаються вгору по ієрархії, перевантажуючи керівництво і сповільнюючи компанію.

Культура контролю абсолютно протилежна принципам, покладеним в основу Agile. Отже, перед впровадженням гнучких методологій потрібна зміна культури організації. В першу чергу, слід провести навчання співробітників організації принципам Agile на основі всіляких тренінгів. Однак, одного тільки цього недостатньо – потрібно внесення змін в організацію в цілому:

- 1) пріоритетною метою організації повинно бути не отримання прибутку, а задоволення клієнта;
- 2) робота проектних команд повинна проводитися не з звітами працівників перед начальством, а у вигляді самокеруючих команд: роль менеджменту полягає в тому, щоб максимально не заважати роботі команди, надавати необхідні умови і усувати перешкоди;
- 3) координування роботи по проектам відбувається не в умовах бюрократії з правилами, планами, звітами, а за принципами Agile;
- 4) прагнення до переважання горизонтальних комунікацій, відхід від розвитку і зміцнення вертикальних зв'язків.

На основі вищенаведених моментів можна зробити висновок, що гнучкі методології будуть повноцінно працювати тільки в компаніях з плоскою організаційною структурою. Це не означає, що впровадження гнучких методологій неможливо в ієрархічних структурах – проте, в цьому випадку можуть знадобитися значні зміни в організаційній структурі, так як окреме впровадження для конкретної проектної групи може не привести до бажаних результатів. Таким чином, далі потрібно провести аналіз організаційної структури, який в загальному вигляді полягає в наступному:

- 1) побудова графічної моделі організаційної структури;
- 2) визначення первинних кількісних характеристик – кількість рівнів управління, чисельність, номенклатура посад, кількість структурних одиниць;
- 3) визначення деяких кількісних оцінок;
- 4) визначення якісних характеристик з використанням експертних оцінок;
- 5) оцінка відповідності організаційної структури управління системою цілей, технології, розмірами підприємства, стану зовнішнього середовища.

Наступним етапом впровадження гнучких методологій є аналіз співробітників, при якому збирається інформація про інтереси співробітників, міжособистісні відносини, формальних і неформальних лідерів і можливих ролях в гнучких методологіях. Аналіз може бути заснований на соціометричному методі аналізу, в якому використовуються опитування, фокусуються на кількісному вимірі міжособистісних відносин і аналізі невеликих соціальних груп в формальних і неформальних ситуаціях.

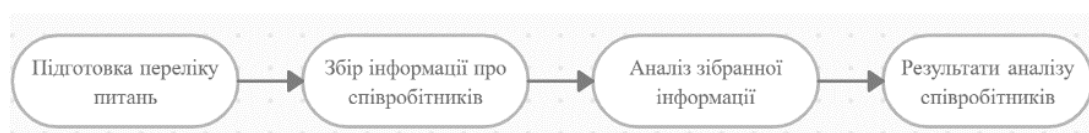


Рисунок 54 – Загальна схема аналізу співробітників

На етапі вибору базової методології проводиться вибір існуючої методології гнучкої розробки, найближче підходить для проектної діяльності в організації. Тут варто враховувати, що і Kanban, і Scrum, і XP є не строго визначеними методологіями, а скоріше «каркасом», на основі якого пізніше можна створити власну методологію.

Після прийняття рішення про вибір конкретної методології Agile перед керівництвом виникає завдання вибору тренера або консультанта, що спеціалізується на обраної гнучкою методології. Наступним кроком після вибору тренера є вибір команди, яка буде перша працювати за обраною методологією. На початковому етапі впровадження кращим буде вибрати одну конкретну команду, при цьому вибір з боку керівництва повинен бути усвідомленим. Команда може складатися з 7-9 чоловік і працювати над довгим складним проектом (півроку, рік). Але на практиці елементи Agile можуть бути використані і малими командами в коротких проектах [66].

Для роботи за принципами гнучкою методології потрібно спрацьована команда з високим рівнем кваліфікації та професіоналізму. В іншому випадку впровадження Agile може призвести не до очікуваного підвищення ефективності роботи команди, а до значного зниження. Однак вибір сильної команди так само може негативно позначитися на результатах впровадження, так як її члени можуть неявно «чинити опір» переходу, якщо процеси роботи і так були налагоджені і перехід нав'язується їй як данина моді чи бажання менеджменту

впровадити прогресивні підходи. Таким чином, хорошим вибором для впровадження Agile буде сильна команда, члени якої усвідомлюють недосконалість процесів своєї роботи. Крім того, потрібно приділити увагу конкретним членам команди. Для Agile не дуже підходять фахівці, яким важлива індивідуальна оцінка роботи, оскільки оцінюються командні результати. Отже, ставку бажано робити на «командних гравців», так як фахівцям необхідно весь час перебувати в контактi для пошуку оптимальних рішень та ідей для поліпшення продукту.

Наступним етапом впровадження Agile є адаптування обраної методології до вимог проекту, команди і організації. На етапі адаптування проводиться аналіз конфліктів між обраною гнучкою методологією і принципами організації або інтересами співробітників, після чого вносяться необхідні зміни.

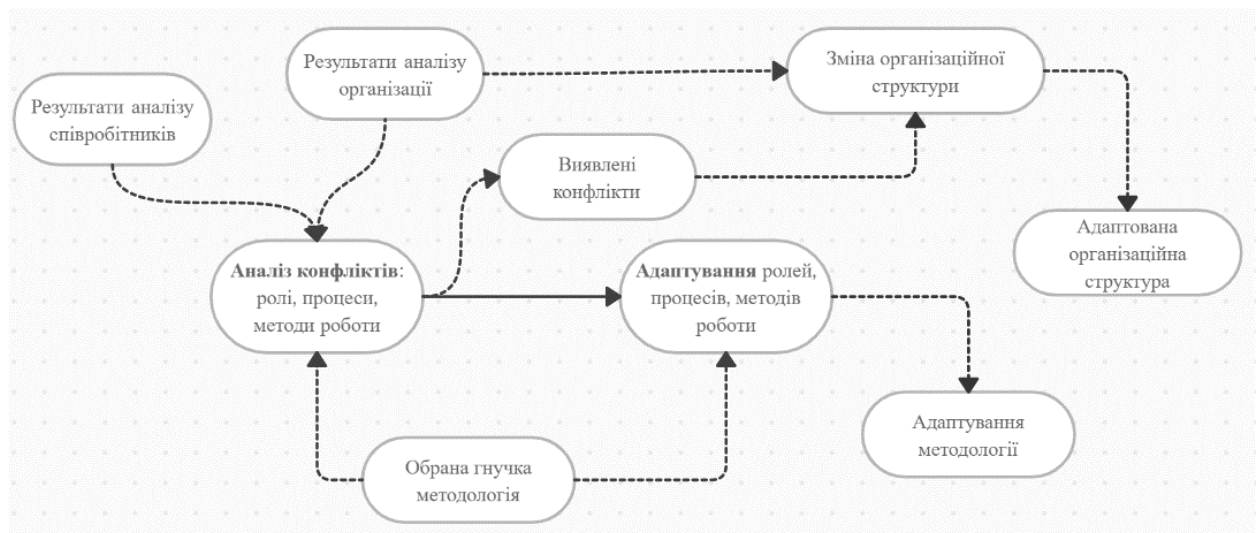


Рисунок 55 – Схема етапу адаптування гнучкою методології

На етапі адаптування аналізуються наступні елементи обраної гнучкою методології: ролі всередині команди, процеси і методи роботи. Адаптування ролей може бути проведено трьома способами:

- 1) реорганізація існуючих ролей на основі нових методологій;
- 2) додавання нових ролей до вже існуючих;
- 3) адаптування ролей гнучких методологій до існуючих ролей.

Паралельно з адаптацією ролей на основі результатів аналізу організації та виявлених конфліктів проводиться змін організаційної структури.

Організаційна структура компанії, що працює за принципами Agile, в загальному вигляді повинна відповідати організаційним структурам, спрямованим на проектну діяльність. Можна виділити дві групи організаційних структур, залучених до процесу регулювання проектної діяльності компанії: постійно діючі та тимчасові.

Припустимо, що для функціонування компанії потрібні постійно діючі проектні групи – отже, вони повинні бути повноцінно інтегровані в існуючу організаційну структуру. Для подібної інтеграції найкраще підходять проектна і матрична організаційна структура.

У лінійно-функціональну структуру можливе внесення наступних змін:

- об'єднання декількох функціональних підрозділів в одну продуктову групу;
- скорочення числа менеджерів;
- вчинення переходу від відділів до функціональних напрямкам, характеризується низьким рівнем бюрократизації та відкритістю комунікацій.

Отримана організаційна структура представлена на рис. 56. Деталі організаційної структури можуть змінюватися в залежності від конкретної методології: наприклад, роль безпосереднього керівника по продукту може бути відсутнім.

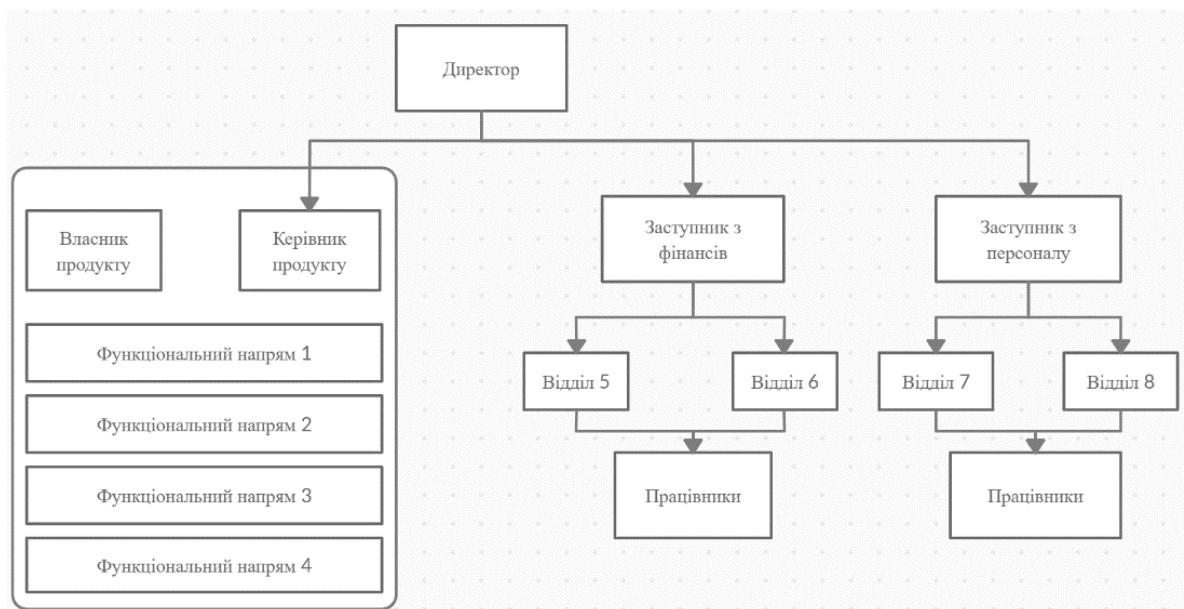


Рисунок 56 – Організаційна структура підприємства

Іншим варіантом трансформації організаційної структури є матрична структура. У сталу лінійно-функціональну структуру вводяться особливі органи, які

координують існуючі горизонтальні зв'язки по виконанню конкретної програми (проекту), зберігаючи при цьому вертикальні відносини, властиві даній структурі. Основна частина працівників, зайнятих реалізацією програми, виявляється в підпорядкуванні не менше двох керівників.

Перехід до даної структури є найменш болючим. Однак її застосування необхідно в тих випадках, коли проекти хоч і є важливою частиною функціонування організації, але при цьому не є абсолютною домінантою в структурі діяльності. При використанні такої структури пріоритет повинен віддаватися не функціональному, а проектним напрямкам для забезпечення максимально можливої незалежності проектних команд. Крім того, варто пам'ятати про особливу роль керівника проекту за обраною методологією.

В ідеальному випадку впровадження Agile компанія повинна перейти на проектну організацію робіт, а проектний менеджмент повинен стати одним з основних напрямків управління життєдіяльністю компанії. За змінами в організаційній структурі йдуть зміни у повноваженнях.

Переклад роботи на проектне управління однозначно змінює права та обов'язки співробітників і підрозділів, хоча б просто тому, що з'являються нові підрозділи і комітети, що відповідають за управління змінами. За змінами в організаційній структурі і повноваженнях слід змінити в системі мотивації. Введення проектної та лінійної систем мотивації, їх взаємна балансування – необхідний крок в перетвореннях в компанії, що переходить на гнучкі методології.

Далі слід підібрати параметри роботи для команди. У налагодженій повсякденній роботі параметри визначає сама команда, однак на початковому етапі впровадження слід підібрати вихідні значення, проконсультувавшись із запрошеним тренером.

Після проведення підготовчої частини проводиться безпосереднє впровадження обраної методології. Розглянемо цей процес на прикладі Scrum. Після консультацій з керівниками та лідерами команди проводиться загальний тренінг для всіх членів команди, на якому пояснюються основні принципи конкретної методології, проводяться ділові ігри для освоєння базових практик. Через деякий час після тренінгу починається перший пробний спринт, який обов'язково проводиться в присутності тренера: команда обговорює завдання на прийдешній спринт, дає оцінку трудомісткості і формує об'єм робіт. Перед тренером спочатку стоїть завдання надання безпосередньої допомоги, виправлення ключових



помилки, внесення пропозицій щодо коригування процесу, проте з часом тренер надає тільки консультаційні послуги.

Керівництву потрібно бути готовим до тимчасового погіршення якості виконання проектів в період переходу на Agile. Однак після повної адаптації методології ефективність роботи команди зазвичай зростає.

При впровадженні гнучких методологій компанії стикаються з безліччю проблем, і роблять багато помилок. Розглянемо помилки на прикладі методології Scrum, а так же виділимо можливі шляхи їх вирішення.

Деякі компанії після впровадження гнучких методологій продовжують намагатися вимірювати хід робіт за проектом по контрольним точкам, однак такий підхід є неправильним. Залежно від методології використовуються різні методи вимірювання прогресу – наприклад, в Scrum використовується діаграма згорання завдань.

При впровадженні гнучких методологій компанії стикаються з різницею в тривалості життєвих циклів – традиційні процеси відрізняються більш довгими життєвими циклами проектів, тому їх тривалість вимагає коригування.

Велике значення в проектній діяльності несе якісне визначення об'ємів майбутніх робіт. Невиконання цього завдання призводить до фактичного уповільнення темпу робіт. Дана проблема може бути пов'язана з тим, що в більшості компаній оцінюють терміни виконання завдань, а не трудомісткість. Крім того, саму оцінку проводять зазвичай не безпосередні виконавці, а керівники, що суперечить змісту гнучких методологій.

Рано чи пізно компанії стикаються з проблемою формування спринтів. Роботи по деяким проектам неможливо розподілити по невеликих спринтах таким чином, щоб в кінці кожного спринту отримати останній приріст. В такому випадку, одне і те ж завдання може виконуватися протягом декількох спринтів.

Важливою помилкою після впровадження гнучких методологій є ігнорування щоденних Scrum-мітингів. Якщо зустрічі і проводяться, то на них присутні з різних причин не всі члени команди. Схожою помилкою є нерозуміння ролі журналу продукту. Журнал продукту часто ведеться командами для галочки, з нього учасники проекту не можуть зрозуміти, над чим вони будуть працювати в найближчі кілька спринтів, або скільки роботи залишилося до кінця проекту.

Часто при роботі з гнучкими методологіями виникає проблема, коли учасники команди не хочуть брати на себе ініціативу і нести відповідальність за

результат окремого завдання або спринту. Особливо гостро дана проблема проявляється в компаніях, де створюється корпоративна культура, при якій співробітникам не хочеться проявляти ініціативу і брати на себе відповідальність. Існує проблема з розумінням сутності основних ролей.

Наприклад, Scrum-майстер, який має досвід роботи в ролі керівника проекту, продовжує вести себе як безпосередній керівник проекту, приймаючи більшість рішень по проекту самостійно. Однак Scrum-майстер не є рядовим менеджером, якому команда строго підпорядковується, отже, формальні звіти перед ним не потрібні. Так само існує ситуація, коли власник продукту не розуміє свої функції і не усвідомлює основну мету, яку він повинен реалізувати, виконуючи свою роль.

Підбивши підсумок перерахованих вище проблем можна сказати, що більшість з них виникають в результаті нерозуміння командою суті гнучкої розробки, і зокрема нерозумінні механізмів роботи з конкретної методології. Таким чином, можна сказати, що найважливішим кроком до переходу на Scrum є навчання і підготовка персоналу і менеджерів, а так само власника продукту.

Тепер розглянемо процес адаптація гнучких процесів для великих проектів 14 тижнів. Основна мета складання даного плану по впровадженню Agile: дати чітку і коротку інструкцію з трансформації компанії/підрозділу в гнучку і ефективну бізнес-одиницю з виробництва програмного забезпечення.

Алгоритм розрахований на невеликі компанії розміром приблизно від 20 до 50 осіб і потребує адаптації під конкретну компанію. Для компаній (або окремих команд) меншого розміру можна використовувати цей же план, за винятком масштабування методологій.

Будемо використовувати наступні положення: довжина спринту – 2 тижні; довжина релізу фіксована – 3 ітерації; впровадження Agile підтримується керівництвом.

Алгоритм впровадження розрахований на те, щоб серйозно не відривати команди від виробництва і зробити впровадження управлінських і технологічних інновацій частиною корпоративної культури компанії.

Передбачається, що організацією впровадження буде займатися одна людина, працюючи повний день над цим завданням. Це може бути як зовнішній тренер/консультант, так і внутрішній експерт-впровадження.

## Принципи впровадження. Цикл Демінга

При організаційні зміни дуже допомагає використання здорового глузду і наукового підходу. Традиційним методом в даному випадку є цикл Демінга, який складається з 4 кроків:

- 1) Plan (планування). Проводиться аналіз системи і виробляються можливі підходи до поліпшень і визначаються бажані результати
- 2) Do (виконання). Рішення, вироблені на попередньому кроці, реалізуються.
- 3) Check (перевірка). Проводиться аналіз, отриманих результатів, на попередньому кроці.
- 4) Act (коригування). Виконуються коригувальні дії, для зменшення відхилень від плану.

## Етапи впровадження гнучкої методології

Впровадження методології та практик можна розбити на три етапи. Важливо, щоб компанія і окремі команди їх пройшли, що не застрягли на одному з них:

1. Вивчення методології, робота строго за книжками, керуючись приписами тренера/впроваджувача.
2. Розуміння методології на дуже глибокому рівні і її адаптація під вимоги проєктів/бізнесу/зовнішнього середовища.
3. Усвідомлений відступ від методології, наприклад перехід з Scrum на Scrumban.

Важливо пройти всі етапи: досить стандартна ситуація, коли команда не може робити Scrum і відразу перестрибує на Kanban, що в підсумку виливається в класичний «Code&Fix».

## Графік і зміст впровадження

План складається з трьох частин:

1. Підготовка компанії до трансформації: збір та аналіз інформації, отримання знань і навичок співробітниками компанії.
  2. Перший реліз: знайомство з основними елементами Scrum і Lean
  3. Другий реліз: адаптація Agile до бізнесу компанії
- Тиждень №1 (підготовка до трансформації)

Цілі: зібрати і проаналізувати основну інформацію про компанію, дати основним учасникам базові знання про Agile.

1. Вивчення та опис поточних бізнес-процесів компанії.

1.1. Складання карти бізнес-процесів, що стосуються розробки ПО / веб-сайтів (у графічному або текстовому вигляді).

2. Вивчення проектів та організація їх в портфель проектів .

2.1. Складання списку з проектів.

2.2. Розробка методології пріоритетності, прийняття рішень про запуск/завершення проектів.

2.3. Пріоритезація і балансування портфеля проектів.

3. Одноденний тренінг з основ скрам з діловими іграми.

3.1. Кожен учасник тренінгу повинен розуміти ролі, процеси і артефакти Scrum.

4. Просунуте навчання скрам-майстрів (4-х годинний тренінг).

4.1. Скрам-майстри повинні отримати додаткові знання, навички по процесам Scrum та організації роботи команд.

5. Просунуте навчання власників продуктів (4 годинний тренінг).

5.1. Власники продуктів повинні отримати додаткові знання і навички з управління продуктами (виявлення ролей користувачів, проведення сторімаппінга (story mapping), управління беклогом (backlog), управління релізами).

Тиждень №2 (нульовий спринт)

Цілі: виробити розуміння продукту і створити високорівневу архітектуру.

1. Дослідження продукту.

1.1. Виявлення ролей і персонажів по проектам.

1.2. Сторімаппінг (story mapping).

1.3. Прототипування основних інтерфейсів.

1.4. Сесія для виявлення основних ризиків і вироблення контрзаходів.

2. Створення високорівневої архітектури продукту.

2.1. Вибір платформи реалізації.

2.2. Діаграма предметної області/Високорівнева діаграма класів.

Тиждень №3 (старт першого «каліброваного» спринту)

Цілі: відпрацювати процеси по запуску спринту та проведення Scrum of Scrum.

1. Старт першого спринту з командами.

1.1. Проведення планування спринту і розбиття user story (юзер-сторі) на завдання.

1.2. Проведення покер-планування для оцінки user story.

2. Scrum of Scrum.

2.1. Визначення термінів проведення Scrum of Scrum.

2.2. Проведення першого Scrum of Scrum.

2.3. Відпрацювання механізму ескалації проблем.

2.4. Відпрацювання механізму синхронізації діяльності команд.

Тиждень №4 (завершення першого «каліброваного» спринту)

Цілі: відпрацювати завершення спринту і провести ретроспективу на основі якісних показників.

1. Проведення демонстрації і отримання зворотного зв'язку.

2. Ретроспектива (що було зроблено добре, що було зроблено погано, список поліпшень).

2.1. Визначення швидкості команди емпіричним шляхом.

Тиждень №5 (старт другого спринту)

Цілі: відпрацювати старт спринту і планування на основі кількісних показників, почати впровадження базових практик екстремального програмування.

1. Планування і старт другого спринту.

1.1. Плануємо, виходячи з швидкості попереднього спринту.

2. Тренінг і майстер-клас по практикам екстремального програмування.

2.1. Впровадження системи безперервної інтеграції: повна збірка продукту відбувається автоматично і безперервно.

2.2. Вироблення і впровадження стандартів кодування.

Тиждень №6 (завершення другого спринту)

Цілі: відпрацювати завершення спринту і провести ретроспективу на основі кількісних показників, використовуючи інструменти бережливого виробництва.

1. Вивчення практики інструментів бережливого виробництва.

1.1. Види втрат при виробництві.

1.3. «5 чому».

2. Демонстрація.

3. Ретроспектива із застосуванням інструментів бережливого виробництва.

3.1. Розбір причин запізнення по незробленим завданням.

### 3.2. «5 чому» по кожному дефекту.

#### Тиждень №7 (старт третього спринту)

Цілі: відпрацювати старт передрелізного спринту і зрозуміти, як в майбутньому уникнути таких «стабілізаційних» спринтів, почати активно використовувати автоматизоване тестування.

#### 1. Планування і старт третього спринту.

1.1. Особливу увагу приділяємо недоробленим user stories, які не встигли зробити через обмеження по швидкості команди.

1.2. Розглядаємо можливість збільшити швидкість команди, щоб встигнути все до релізу.

#### 2. Впровадження модульних і приймальних тестів.

2.1. Проведення тренінгу з приймальних тестів.

2.2. Покриття 5% основного бізнес-функціоналу продукту приймальними тестами.

2.3. Проведення тренінгу по модульним тестам.

2.4. Покриття 50% коду, реалізованого за спринт, модульними тестами.

#### 3. Впровадження рефакторінга.

#### Тиждень №8 (завершення третього спринту)

Цілі: зробити перший Agile-реліз продукту і виробити значні заходи щодо поліпшення процесів на основі інформації, отриманої за 3 спринти.

#### 1. Ретроспектива.

1.1. Діаграма з глобальних проблем проекту і вироблення заходів щодо усунення проблем.

#### 2. Завершення третього спринту.

2.1. Перший реліз продукту: обов'язково, щоб його спробували кінцеві користувачі і надали зворотну зв'язок.

#### 3. Post-mortem релізу в рамках ретроспективи.

#### Тиждень №9 (старт четвертого спринту)

Цілі: навчитися планувати і управляти релізом.

#### 1. Планування релізу.

1.1. Початок ведення діаграми burndown-а релізу.

1.2. Відбір власником продукту user story для релізу.

1.3. Можлива переоцінка беклога командою.

#### 2. Впровадження (трьох) чотирьохрівнево архітектури.

### 3. Планування і старт четвертого спринту.

3.1. Швидкість команди вважаємо емпірично за трьома попередніми спринтами.

#### Тиждень №10 (завершення четвертого спринту)

Цілі: впровадження статистичного управління якістю.

1. Завершення четвертого спринту.
2. Впровадження основ статистичного управління якістю.
  - 2.1. Статистика по дефектам.
  - 2.2. Діаграма Парето по модулям.
  - 2.3. Контрольні карти Шухарта.

#### Тиждень №11 (старт п'ятого спринту)

Цілі: впровадження канбана для команди підтримки.

1. Планування і старт п'ятого спринту.
  - 1.1. Аналізуємо і змінюємо score по діаграмі згоряння релізу.
2. Перехід на Scrumban команди підтримки.
  - 2.1. Тренінг по канбану (4 години) для членів команди.
  - 2.2. Відмова від жорстких ітерацій.
3. Впровадження розробки через тестування.
  - 3.1. Тренінг і майстер-клас з розробки через тестування.
  - 3.2. Покриття тестами модулів ядра системи (не менше 50% рядків коду).

#### Тиждень №12 (завершення п'ятого спринту)

Цілі: поліпшення внутрішнього якості ядра системи.

1. Часткове рефакторинг модулів ядра системи.
  - 1.1. Визначення стратегії рефакторинга і вибір модулів.
2. Завершення п'ятого спринту.

#### Тиждень №13 (старт шостого «ідеального» спринту)

Цілі: запуск ідеального спринту.

1. Планування і старт шостого спринту.
  - 1.1. Аналізуємо і змінюємо score по діаграмі згоряння релізу.

#### Тиждень №14 (завершення «ідеального» шостого спринту)

Цілі: завершення ідеального спринту.

1. Завершення шостого спринту.
2. Реліз продукту.
3. Post-mortem релізу в рамках ретроспективи.

#### 4.6. Висновки за розділом

Таким чином, за результатами дослідження, проведеного у четвертому розділі роботи отримано такі висновки:

запропонований методичний підхід щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому

практичні рекомендації до формування матриці стратегії розвитку персоналу на основі інтегрального оцінювання узгодження ефективності системи розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів підприємства дозволяють комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства при обґрунтуванні обсягів фінансування заходів щодо розвитку його персоналу;

доцільність впровадження запропонованих у роботі заходів щодо удосконалення системи управління розвитком персоналу підтверджено розрахунком економічної ефективності, значення показників якої свідчать, що фінансування їх реалізації дозволить отримувати 0,14 грн. з однієї гривні інвестованих у систему управління підприємством коштів.

Отже, у сучасних умовах функціонування суб'єктів господарювання підґрунтям підвищення ефективності їх діяльності має стати урахування в стратегії розвитку трудових ресурсів не тільки необхідності оволодіння новими видами професій на рівні первісної підготовки та перепідготовки, а, й насамперед, особливостей планування кар'єрного розвитку з акцентованою увагою на гармонізацію особистих та колективних інтересів співробітників і підприємства та узгодження ефективності їх розвитку із ефективністю використання фінансових ресурсів, що у сукупності сприятиме не тільки зростанню інноваційного потенціалу персоналу суб'єкта підприємницької діяльності, а й його розвитку взагалі.



## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження в рамках науково-дослідної роботи "Сучасні методи і засоби аналізу і розвитку інформаційних систем" охоплюють широке коло питань, а саме: моделі та методи управління обчислювальними ресурсами розподілених систем; імітаційне і об'єктно-орієнтоване моделювання інформаційних систем; сучасні технології розробки програмних продуктів; методи логічного узагальнення, синтезу та порівняння - для уточнення сутності поняття «розвиток персоналу»; методи таксономічного аналіз - для інтегральної оцінки рівня використання фінансових і трудових ресурсів підприємства; методи дерева рішень - для побудови графу планування розвитку індивідуальної кар'єри персоналу підприємства; методи динамічного програмування - ланцюги Маркова - для прогнозування розвитку індивідуальної кар'єри персоналу підприємства; методи матричного аналізу - для моделювання стратегії розвитку персоналу на базі узгодження ефективності використання фінансових і трудових ресурсів.

У результаті досліджень були отримані такі результати:

Представлені результати інтегрування чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot з експертною системою для організації консультування в режимі онлайн. Розглянуто алгоритм взаємодії чат-бота і агентів експертної системи в онлайн режимі.

Був створений повністю функціонуючий чат-бот @es\_economy\_karkas\_bot, який інтегрований в систему "КАРКАС" і дозволяє в режимі онлайн проводити консультацію з прототипами експертних систем в економіко-фінансовій предметній області.

Подальшим напрямком даного дослідження може стати розробка мобільного додатка "КАРКАС" під платформами Android і iOS.

Система "КАРКАС" за допомогою чат-ботів: @es\_economy\_karkas\_bot, @Ribs\_karkas\_bot, @test\_karkas\_bot, @es\_info\_tech\_karkas\_bot дозволяє проводити онлайн консультацію з користувачами і тестування знань студентів в різних предметних областях: комп'ютерна графіка, технології баз даних, веб-аналітика, системи бізнес-інтелекту.

У розділі було розглянуто підходи щодо рішення ключової задачі NLP - класифікації тексту та аналізу тональності тексту. Для сучасного впровадження рішення розглянуто реалізації на основі Deep Learning, зокрема згорткової

нейронної мережі (CNN). Імплементация рішення здійснено на базі сервісів AWS, зокрема на основі використання EC2 та образу AWS Deep Learning Container.

У результаті дослідження було протестовано різні конфігурації віртуальних машин для ПЗ Apache Spark у Azure HDInsight, різні конфігурації компонентів Apache Spark, обрані і підключені БД для тестування бенчмарку Spark-Perf, проведені обчислювальні експерименти та статистичний аналіз отриманих результатів тестування методів машинного навчання в тестах Spark-Perf на основі лог-файлів.

Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації конфігурації кластеру при розв'язанні задач машинного навчання.

На підставі узагальненої моделі технології централізованого методу управління інформаційними процесами в комп'ютерних мережах розроблено математичну модель технології інформаційного забезпечення вирішення завдань управління комп'ютерної мережі. Запропонована модель дозволяє враховувати особливості послідовного або паралельного управління об'єктами, інформаційного забезпечення процесу управління, контролю результатів цього управління та усунення виявлених помилок.

Розроблено методику визначення функцій дуг ймовірно-часових графів технології збору інформації. Запропонована методика дозволяє задати параметри моделі технології збору інформації з урахуванням структури КМ, стану КМ і її елементів та методу передачі повідомлень.

Проведено порівняльний аналіз варіантів інформаційного забезпечення. Побудовано графіки залежності відносного середнього часу збору інформації від стану каналу зв'язку (ймовірності спотворення одного біта), ймовірності вільності абонентів і ймовірності можливого конфлікту. При цьому показано, що час збору інформації істотно зростає при використанні будь-якого з аналізованих варіантів. Час збору інформації за запитом більш ніж в два рази перевищує аналогічну характеристику при використанні інших варіантів. Істотний вплив на час збору робить ймовірність вільності абонента, ймовірність розпізнавання службових пакетів, ймовірність виникнення конфлікту при зборі інформації. Можна зробити висновок про необхідність передбачити заходи щодо їх розрізнення і розпізнавання службових повідомлень з ймовірністю не гірше 0.9.

На підставі аналізу загального варіанта мультиоб'єктного управління розглянуті три методи. Перший метод передбачає процес управління

організувати по кожному об'єкту окремо. В цьому випадку процеси управління багатьма об'єктами незалежні один від одного. Системи управління об'єктами автономні. Другий метод передбачає послідовне управління і контроль правильності цього управління об'єктами мережі з усуненням виявлених помилок. При третьому методі процес управління здійснюється паралельно всіма об'єктами. У разі виявлення помилки управління будь-яким об'єктом процес управління повторюється по всіх об'єктах. При використанні другого і третього методів завдання управління мережею можливо вирішувати оптимально з урахуванням досягнутих результатів на кожному об'єкті.

На підставі запропонованих методів мультиоб'єктного управління розроблені математичні моделі, які дозволили дослідити їх ефективність. Порівняльний аналіз ймовірно-часових характеристик, проведений з використанням цих моделей, дозволяє обґрунтовано вибрати найбільш ефективний метод мультиоб'єктного управління. Проведений аналіз показав, що найбільша помилка управління можлива при застосуванні незалежних каналів. При паралельному управлінні об'єктами забезпечується мінімальний час і ймовірність помилки в порівнянні з іншими методами. Однак при цьому ускладнюється система управління мережею.

Результатом дослідження є методика для вдосконалення систем зберігання даних у сирому (первісному) форматі. Розглянута система дозволяє зберегти дані різного типу щодо різних структурних підрозділів підприємства. Крім цього система надає гнучкості для формування нових видів документів та поліпшує роботу як з сирими даними, так і з вже готовою інформацією.

Результати розробки можуть бути впроваджені на великих підприємствах, а також використовуватися у навчальному процесі під час підготовки фахівців у галузі знань 12 «Інформаційні технології», зокрема, у дисципліні «Бази даних».

Проведене дослідження показало придатність застосованих розрахункових моделей до відтворення реальних кривих ліній. При цьому похибка апроксимації ланок ламаних стабілізувалась на рівні 90 – 98 відсотків від допустимої межі;

Виявлено сутність впливу первісної дискретизації інтегральної функції – регулятора вузлів на якість відтворення кривих ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом;

Дослідженнями з моделювання відтворення плоских кривих, що мають точки перегину, доведено можливість оптимізації параметру для регулювання розподілу вузлів лінійної інтерполяції таких кривих за асимптотично – оптимальним алгоритмом. При оптимізації параметру за цільову функцію мінімізації було обрано максимум серед похибок послідовності ланок ламаної.

Отримані результати мають широке коло застосувань пов'язаними з виготовленнями виробів складної форми та візуалізацією кривих та поверхонь на ПК.

Доведено, що під розвитком персоналу слід розуміти процес забезпечення системою управління організації гармонізації взаємних інтересів, адаптації, навчання та кар'єрного зростання співробітників, результатом якого є оволодіння ними такого рівня якості професійних ознак, який дозволяє досягти і організації і співробітникам конкурентних переваг у високомінливому ринковому середовищі;

Встановлено, що одним із структурних елементів системи управління розвитком персоналу є планування кар'єри, питання якого постають особливо гостро із-за змін, які проходять у сфері зайнятості: вони виникають не лише перед самими працівниками, а і перед працедавцями, адже оптимальне кар'єрне просування надає можливість досягти поставлених цілей не тільки працівникові, а й компанії завдяки ефективному розвитку і використанню персоналу.

Запропоновано методичний підхід щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри, практичне впровадження якого у діяльність дослідженого підприємства сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому

Розроблено практичні рекомендації до формування матриці стратегії розвитку персоналу на основі інтегрального оцінювання узгодження ефективності системи розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів підприємства, яка дозволяє комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства при обґрунтуванні обсягів фінансування заходів щодо розвитку його персоналу;

Підтверджено доцільність впровадження запропонованих заходів щодо удосконалення системи управління розвитком персоналу, оскільки занчення показників економічної ефективності їх реалізації свідчать про отримання

субектом господарювання 0,14 грн. з однієї гривні інвестованих у систему управління підприємством коштів.

Запропоновано послідовність впровадження гнучкої методології управління проектами в ІТ-підприємстві. Даний алгоритм може застосовуватися в ІТ-компаніях, які готові працювати в гнучкій системі. Для його впровадження знадобиться 14 робочих тижнів, спеціаліст з запровадження Agile підходів та команда від 20 до 50 чоловік. Також за результатами впровадження менеджер отримує відповідь не тільки, який інструмент найбільш гармонійно підходить його проекту, але і рекомендації з організації роботи команди проекту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рассел С. Искусственный интеллект: современный поход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд.; [Пер. с англ.] – М.: Изд. дом "Вильямс", 2006. – 1408 с.
2. Бурдаєв В.П. Використання чат-бота @es\_economy\_karkas\_bot для онлайн консультації з експертною системою. / Системи обробки інформації: збірник наукових праць. - Х.:Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2020. - Вип. 1(160). - 100 - 106с.
3. Вовк В.Я., Хмеленко О.В. Кредитування і контроль: навч. посіб. / В.Я. Вовк, О.В. Хмеленко. — К.: Знання, 2008. — 463 с.
4. Бурдаєв В. П. Моделі баз знань: моногр. / В. П. Бурдаєв – Харків: ХНЕУ, 2010. – 300 с.
5. Burdaev V. P. "About one concept of constructing a temporal knowledge base", in Proc. of the 1<sup>st</sup> International Congress Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries, Tokyo University Press, 2014, pp. 272–276.
6. Fan T.-K., Chang C.-H. Sentiment-oriented contextual advertising // Knowledge and Information Systems. – 2010. – Т. 23, № 3. – С. 321 – 344.
7. Graphical modeling of macro behavioral targeting in social networks / Y. Xie [та ін.] // Proceedings of SDM. – SIAM. 2013.
8. Improving product quality and reliability with customer experience data / A. Brombacher [та ін.] // Quality and Reliability Engineering International. – 2012. – Т. 28, № 8. – С. 873 – 886.
9. No Fault Found events in maintenance engineering Part 2: Root causes, technical developments and future research / S. Khan [та ін.] // Reliability Engineering & System Safety. – 2014. – Т. 123. – С. 196 – 208.
10. Pang B., Lee L. Opinion mining and sentiment analysis // Foundations and trends in information retrieval. – 2008. – Т. 2, 1-2. – С. 1 – 135.
11. Sentiment analysis in Twitter / E. Martinez-C' amara [и др.] // Natural Language Engineering. – 2014. – Т. 20, № 01. – С. 1 – 28.
12. Extracting Verb Expressions Implying Negative Opinions. / H. Li [та ін.] // AAAI. – 2015. – С. 2411 – 2417.
13. De Saeger S., Torisawa K., Kazama J. Looking for trouble // Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistics-Volume
14. Association for Computational Linguistics. 2008. – С. 185 – 192.

15. Nguyen T. H., Shirai K. Topic modeling based sentiment analysis on social media for stock market prediction // Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. – 2015.

16. Detecting sadness in 140 characters: Sentiment analysis of mourning michael jackson on twitter / E. Kim [та ін.] // Web Ecology. – 2009. – Т. 3. – С. 1– 15.

17. Iacob C., Harrison R. Retrieving and analyzing mobile apps feature requests from online reviews // Mining Software Repositories (MSR), 2013 10th IEEE Working Conference on. – IEEE. 2013. – С. 41 – 44.

18. Moghaddam S. Beyond Sentiment Analysis: Mining Defects and Improvements from Customer Feedback // Advances in Information Retrieval. – Springer, 2015. – С. 400 – 410.

19. Gupta N. K. Extracting descriptions of problems with product and services from twitter data // Proceedings of the 3rd Workshop on Social Web Search and Mining (SWSM2011). Beijing, China. – 2011.

20. Kiritchenko S., Zhu X., Mohammad S. M. Sentiment analysis of short informal texts // Journal of Artificial Intelligence Research. – 2014. – С. 723 – 762.

21. Pang B., Lee L., Vaithyanathan S. Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques // Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing-Volume 10. – Association for Computational Linguistics. 2002. – С. 79 – 86.

22. Тутубалина Е. В. Извлечение проблем, связанных с неисправностями и нарушением функциональности продуктов, на основании отзывов пользователей // “Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева”. – 2015. – Т. 3. – С. 139 – 146.

23. Liu B. Sentiment analysis: Mining opinions, sentiments, and emotions. – Cambridge University Press, 2015.

24. Tutubalina E. Dependency-Based Problem Phrase Extraction from User Reviews of Products // Text, Speech, and Dialogue. — Springer International Publishing, 2015. – С. 199– 206.

25. Tutubalina E., Nikolenko S. Inferring Sentiment-Based Priors in Topic Models // Advances in Artificial Intelligence and Its Applications. – Springer International Publishing, 2015. – С. 92 – 104.

26. Turney P. D. Thumbs up or thumbs down?: semantic orientation applied to unsupervised classification of reviews // Proceedings of the 40th annual meeting on

association for computational linguistics. – Association for Computational Linguistics. 2002. – С. 417 – 424.

27. Best Machine Learning as a Service Companies [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://jelvix.com/blog/machine-learning-as-service-companies>

28. WHAT IS MACHINE LEARNING AS A SERVICE (MLAAS)? [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://analyticsindiamag.com/what-is-machine-learning-as-a-service-mlaas/>

29. Top 5 Machine Learning-as-a-Service providers [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://jaxenter.com/top-5-machine-learning-service-providers-141275.html>

30. Machine Learning as a Service (MLaaS) [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.techopedia.com/definition/32434/machine-learning-as-a-service-mlaas>

31. AWS vs Azure vs Google Cloud Platform – Analytics & Big Data [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://blogs.endjin.com/2016/08/aws-vs-azure-vs-google-cloud-platform-analytics-big-data/>

32. Comparing Machine Learning as a Service: Amazon, Microsoft Azure, Google Cloud AI, IBM Watson [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.topbots.com/comparing-machine-learning-as-a-service-platforms/>

33. Сведения об Azure HDInsight [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure///hdinsight/hdinsight-overview>

34. Общие сведения о службах машинного обучения в HDInsight [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure///hdinsight/r-server/r-server-overview>

35. Apache Spark в Azure HDInsight [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/hdinsight/spark/apache-spark-overview>

36. Apache Spark: что там под капотом? [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/251507/>

37. Apache Spark - What is Spark? [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://databricks.com/spark/about>

38. MLlib is Apache Spark's scalable machine learning library [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://spark.apache.org/mllib/>

39. Обучение на больших данных: Spark MLlib [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/mlclass/blog/251471/>



40. Machine Learning with Spark MLlib [Электроний ресурс] - Режим доступа: <https://www.baeldung.com/spark-mlib-machine-learning>
41. Spark MLlib – Machine Learning Library Of Apache Spark [Электроний ресурс] - Режим доступа: [https://www.edureka.co/blog/spark-mlib/#MLlib\\_Algorithms](https://www.edureka.co/blog/spark-mlib/#MLlib_Algorithms)
42. Machine Learning Library (MLlib) Guide [Электроний ресурс] - Режим доступа: <https://spark.apache.org/docs/latest/ml-guide.html>
43. Методы и модели обмена информацией в распределенных адаптивных вычислительных сетях с временной параметризацией параллельных процессов/ Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас: монография. Х.:ХНУ имени В.Н. Каразина. 2011.-204 с.
44. Losev M. U. Analysis of ways for exchanging data in networks with package commutation / M. U. Losev, S. V. Minukhin, D. E Sitnikov // Radio Electronics Computer Science Control. – 2018. – №4. – С.196-204.
45. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
46. Скобелев П. О. Виртуальные миры и интеллектуальные агенты для моделирования деятельности компаний // Сборник научных трудов VI конференции по искусственному интеллекту. – Тверь, 2008. – С. 114-123.
47. Стеклов В. К. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій. – Київ.: Техніка, 2002. – 438 с.
48. Шиллер Й. Мобильные коммуникации: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 384 с.
49. Гребешков А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи. – Москва: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
50. Руководство по технологиям объединенных сетей: Настольный справочник специалиста по сетевым технологиям / Cisco Inc. и др. – 3-е изд. – М., СПб., К.: Издательский дом «Вильямс», 2012. – 1040 с.
51. Дымарский Я. С. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи. – Серия изданий «Связь и бизнес». – Москва: ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003. – 384 с.
52. Юдин А. К. Применение векторных критериев оптимальности для построения систем управления телекоммуникационными сетями // 1-й Международный радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и

перспективы развития» МРФ-2002. Сборник научных трудов. Часть 1. – Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002. – С.420–422.

53. Стеклов В. К. Методика исследования робастных систем управления // 1-й Международный радиоэлектронный Форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2002. Сборник научных трудов. Часть 1. – Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2012. – С.467–469.

54. Divya Meena Sundaram, S. Vidhya. Data lakes – a new data repository for big data analytics workloads. International Journal of Advanced Computer Research 7(5), October 2016. P. 65 – 67.

55. Pwint Phyu Khine, Zhao Shun Wang. Data lake: a new ideology in big data era. ITM Web Conf., 17 (2018) 03025. P. 1 – 11. DOI: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20181703025>

56. Marilex Rea Llave. Data lakes in business intelligence: reporting from the trenches. Procedia Computer Science, Volume 138, 2018, P. 516-524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.071>.

57. N. Miloslavskaya and A. Tolstoy. Application of Big Data, Fast Data, and Data Lake Concepts to Information Security Issues. IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW), 2016. P. 148-153. DOI: <https://doi.org/10.1109/W-FiCloud.2016.41>.

58. A real-time interpolator for parametric curves / W. Zhong, X. Luo, W. Chang [etc] // International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2018. - v. 125 - P. 133-145.

59. Лигун А.А. Асимптотические методы восстановления кривых/ А. А. Лигун. А. А. Шумейко - Киев: Институт математики НАН Украины, 1997. - 358 с.

60. Фельдман Л. П. Чисельні методи в інформатиці / Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О.А. Дмитрієва. – К.: ВНУ, 2006. – 480 с.

61. Волков Е. А. Численные методы. Учеб. пособие для вузов / Е. А. Волков. - 5-е изд. испр. - СПб.: Лань, 2008. - 248 с.

62. Arora Rajesh K. Optimization: algorithms and applications / Rajesh K. Arora. - Hoboken: CRC Press, 2015. – 454 p.

63. Фролов О.В. Моделювання похибок апроксимації плоских кривих ліній ламаними побудованими за асимптотично оптимальним алгоритмом

інтерполяції/ О.В. Фролов. - Наукові праці ДонНТУ. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”, №1(30), Покровськ, 2020 - С. 58 – 67.

64. Фролов О.В. Оптимізація параметру функції-регулятора вузлів при кусково-лінійній інтерполяції плоских кривих з наявними точками перегину за асимптотично-оптимальним алгоритмом/ О. В. Фролов. - Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”, №2(31), Покровськ, 2020 - С. 47 – 58.

65. Аколупина Р. Р. Человеческий потенциал и его роль в возрастании капитала / Р. Р. Аколупина // Управление персоналом. – 2006. – № 9. – С. 70 – 75.

66. Акофф Р. Планирование будущего корпорации / Р. Акофф. – М. : Прогресс, 1985. – 326 с.

67. Архангельский Г. А. Метод ограниченного хаоса [Электронный ресурс] / Г. А. Архангельский. – Режим доступа : <http://www.improvement.ru/bibliot/ogrchaos/>.

68. Беяцкий Н. П. Управление персоналом : учеб. пособ. / Н. П. Беяцкий, С. Е.Велесько, П. Ройш. – Мн. : Белорусский Дом печати, 2008. – 448 с.

69. Бінгем Ричард. Фінансування економічного розвитку / Ричард Бінгем, Едвард Гилл, Семміс Вайт ; пер. з англ. Г. Пехник та В. Дегтярьової. – Львів : Літопис, 2003. – 416 с.

70. Большой Энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : // <https://dic.academic.ru/contents.nsf/enc3p/>.

71. Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. – К.; Ірпінь : Перун, 2005. — 1728 с.

72. Веретенникова А. Комплексный анализ ресурсов предприятия как основа процесса формирования финансовой стратегии / А. Веретенникова // Развитие підприємницької діяльності на Україні: історія та сьогодні : тези доповідей міжнар. наук. конф. – Тернопіль, 2003. – С. 164–165.

73. Веретенникова А. Теоретические основы формирования стратегии использования финансовых ресурсов / А. Веретенникова // Українська наука: минуле, сучасне, майбутнє. – Вип. 6. – Тернопіль : Підручники & посібники, 2003. – С. 96–102.

74. Вишнякова М. Управление карьерой: стратегический план развития карьеры / М. Вишнякова // Управление персоналом. – 2006. – № 11. – С. 18–23.

75. Гавкалова Н. Л. Теоретико-методологічні аспекти формування

соціально-економічної системи ефективного менеджменту персоналом підприємства / Н. Л. Гавкалова // Проблеми науки. – 2007. – № 4. – С. 13–17.

76. Галинская Е. В. Модели и механизмы управления развитием персонала / Е. В. Галинская, А. А. Иващенко, Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2005. – 68 с.

77. Гвишиани. Д. М. Диалектика развивающихся систем, развитие и управление / Д. М. Гвишиани. – М. : ВНИИСИ, – 1985. – С. 5–13.

78. Гордиенко Ю. Ф. Управление персоналом / Ю. Ф. Гордиенко, Д. В. Обухов, С. И. Самыгин. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 352 с.

79. Грیشова О. Трудова кар'єра: сучасні підходи до визначення ефективності / О. Грیشова // Україна: аспекти праці. – 2005. – №4. – С.45–49.

80. Дубровина Н. А. Позicionирование предприятий в матрице финансовых стратегий / Н. А. Дубровина, А. Б. Веретенникова // Экономика: проблемы теории и практики : сб. науч. трудов. – Вып. 188. – Т. IV. – Днепропетровск : ДНУ, 2004. – С. 1048–1056.

81. Єремейчук Р. А. Сутність і зміст процесів розвитку підприємства / Р. А. Єремейчук // Вісник ХДЕУ. – 2001. – № 2. – С. 74–76.

82. Жюльен Ф. Трактат об эффективности [Электронный ресурс] / Ф. Жюльен ; пер. с франц. Б. Грушняка ; под науч. ред. Н. Трубниковой. – М.-СПб. : Центр гуманитарных технологий, 1999. – Режим доступа : <https://gtmarket.ru/library/basis/5125>.

83. Забродский В. А. Развитие крупномасштабных экономико-производственных систем / В. А. Забродский, Н. А. Кизим. – Харьков : Бизнес-Информ, 2000. – 72 с.

84. Игнатишин Ю. В. Слияния и поглощения: стратегия, тактика, финансы / Ю. В. Игнатишин. – СПб. : Питер, 2005. – 208 с.

85. Инвестирование, финансирование, кредитование: стратегия и тактика предприятия / Ушакова Н. Н., Унковская Т. М., Гуляева Н. Н., Гринюк Н. А. ; под ред. Ушаковой Н. Н. – К. : Киевский государственный экономический университет, 1997. – 192 с.

86. Кларин М. В. Планирование развитие карьеры [Электронный ресурс] / М. В. Кларин. – Режим доступа : [http://www.elitarium.ru/2005/06/17/planirovanie\\_razvitiya\\_karery.html](http://www.elitarium.ru/2005/06/17/planirovanie_razvitiya_karery.html).

87. Князева Е. Н. Основания сенергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – СПб. : Алетейя, 2002. –

414 с.

88. Косолапов Н. Международные отношения и мировое развитие / Н. Косолапов // Международная экономика и международные отношения. – 2000. – № 2. – С. 104–112.

89. Кудимова О. Чим газета краще Інтернету / О. Кудимова // Кадри підприємства. – 2002. – № 2. – С. 9–12.

90. Кузнец С. Инфраструктура рыночного хозяйства / С. Кузнец. – М. : Финансы и статистика, 1994. – 84 с.

91. Кучин Б. Л. Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость / Б. Л. Кучин. Е. В. Якушева. – М. : Экономика, 1990. – 158 с.

92. Манохина Н. В. Институциональные структуры реальной экономики: теория развития и практика хозяйствования / Н. В. Манохина. – Саратов : СГСЭУ, 2002. – 244 с.

93. Маслов В. И. Стратегическое управление персоналом в условиях эффективной организационной культуры / В. И. Маслов. – М. : Финпресс, 2004. – 288 с.

94. Могилевкин Е. Портфолио карьерного продвижения / Е. Могилевкин // Управление персоналом. – 2006. – № 5. – С. 26–29.

95. Моргунов Е. Б. Модели и методы управления персоналом : учеб. пособ. / Е. Б. Моргунов. – М. : Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2001. – 464 с.

96. Новиков Д. А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы / Д. А. Новиков, А. А. Иващенко. – М. : КомКнига, 2006. – 332 с.

97. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт. – М. : Фонд экономической книги «НАЧАЛА», 1997. – 180 с.

98. Одегов Ю. Г. Управление персоналом, оценка эффективности / Ю. Г. Одегов, Л. Н. Карташова. – М. : Экзамен, 2002. – 256 с.

99. Осауленко О. Г. Сталий соціально-економічний розвиток: моделювання та управління : монографія / О. Г. Осауленко. – К. : ІВЦ Держкомстату України, 2000. – 176 с.

100. Пастухова В. В. Стратегічне управління підприємством: філософія, політика, ефективність : монографія / В. В. Пастухова. – К. : Київ. нац. торг-екон.

ун-т., 2002. – 302 с.

101. Плюта Веслав. Сравнительный анализ в экономических исследованиях. Методы таксономии и факторный анализ / Веслав Плюта ; пер. с польского В. В. Иванов, научн. редактор В. И. Жуковский. – М. : Статистика, 1980. – 152 с.

102. Поповский В. И. Управление развитием кадрового потенциала организации / В. И. Поповский, К. Г. Власишина // Вісн. Міжнар. Слов'ян. ун-ту. Сер. Екон. науки. – 2007. – Вип. 10, № 2. – С. 36–41.

103. Про професійний розвиток персоналу на виробництві : Закон України № 4312-VI від 12.01.2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4312-17#Text>.

104. Путятин Ю. А. Финансовые механизмы стратегического управления развитием предприятия : монография / Ю. А. Путятин, А. И. Пушкарь, А. Н. Тридед. – Х. : Основа, 1999. – 488 с.

105. Пушкарь А. И. Концепция моделирования управляемого развития производственно-экономических систем / А. И. Пушкарь – Донецк : ИЭП, 1997. – 32 с. (Препринт / ИЭП НАН Украины).

106. Савченко В. А. Управління розвитком персоналу / В. А. Савченко. – К. : КНЕУ, 2002. – 316 с.

107. Свергун О. HR-практика. Управление персоналом: как это есть на самом деле / О. Свергун, Ю. Пасс, Д. Дякова, А. Новикова. – СПб. : Питер, 2005. – 320 с.

108. Светличная О. В. Персонал как источник интенсификации производства / О. В. Светличная // Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – № 75. – С. 116–120.

109. Сенге П. Пятая дисциплина: искусство и практика самообучающейся организации / П. Сенге. – М. : Олимп–Бизнес, 2003. – 408 с.

110. Тодаро П. М. Экономическое развитие / П. М. Тодаро. – М. : ЮНИТИ, 1997. – 672 с.

111. Травин В. В. Менеджмент персонала предприятия : учеб.-практ. пособ. / В. В. Травин, В. А. Дятлов. – М. : Дело, 2003. – 272 с.

112. Управление персоналом в условиях социальной рыночной экономики / Под науч. ред. проф., д-ра Р. Марра, д-ра Г. Шмидта. – М. : МГУ, 1997. – 480 с.

113. Управление персоналом организации : учебник / Под ред. А. Я. Кибанова. – М. : ИНФРА–М, 2005. – 640 с.

114. Управление персоналом : учебник / Общ. ред. А.И. Турчинова. – М. : РАГС, 2003. – 448 с.
115. Філіпенко А.С. Економічний розвиток. Європейський контекст / А. С. Філіпенко. – К. : Знання України, 2001. – 120 с.
116. Хміль Ф. І. Управління персоналом : підручник / Ф. І. Хміль. – К. : Академія, 2006. – 488 с.
117. Холден Ф. Квитэссенция, или менеджмент для менеджеров / Ф. Холден. – М. : НИРО, 2003. – 208 с.
118. Шейл П. Руководство по развитию персонала / П. Шейл. –СПб. : Питер, 2004. – 240 с.
119. Шумпетер Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. – М. : Прогресс, 1982, – 456 с.
120. Щербак В. Г. Управління персоналом підприємства : монографія / В. Г. Щербак. – Х. : ХНЕУ, 2005. – 220 с.
121. Щур О. Створення системи управління персоналом: як почати з нуля / О. Щур // Практика управління. – 2008. – № 6–7. – С. 27–36.
122. Эффективный экономический рост: теория и практика / Под ред. Т. В. Чечелевой. – М. : Экзамен, 2003.–320 с.
123. Ястремська О. М. Інвестиційна діяльність промислових підприємств: методологічні та методичні засади : монографія / О. М. Ястремська – Х. : ХДЕУ, 2004. – 472 с.
124. Перлів А.М. Цикл PDCA Демінга. Сучасний розвиток / А.М. Перлів, М.К. Перлів – Проблеми економіки та менеджменту. – 2016. – №2 (54). – С.3-28
125. Топ методологий управления проектами: от требовательной Waterfall до правительственной Prince2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cmsmagazine.ru/journal/items-top-project-management-methodologies/>

Інформація  
кафедри інформаційних систем  
про впровадження результатів науково-дослідної роботи у навчальний процес

№	Назва НДР, назва розділу	Отримані наукові результати	Відповідальна Особа	Назва дисципліни та теми	Форма впровадження
1	2	3	4	5	6
1	Розділ 1. Інформаційні технології в технічних системах 1.1. Використання чат-бота @es_economy_karkas_bot для онлайн консультації з експертною системою для визначення класу кредитоспроможності позичальника	Представлені результати інтегрування чат-бота @es_economy_karkas_bot з експертною системою для організації консультування в режимі онлайн. Розглянуто алгоритм взаємодії чат-бота і агентів експертної системи в онлайн режимі. Був створений повністю функціонуючий чат-бот @es_economy_karkas_bot, який інтегрований в систему "КАРКАС" і дозволяє в режимі онлайн проводити консультацію з прототипами експертних систем в економіко-фінансовій предметній області.	Доц. Бурдаєв В.П.	Системи штучного інтелекта	Лекційні та лабораторні заняття



## Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6
2	Розділ 1. Інформаційні технології в технічних системах 1.2. Особливості використання NLP та Deep learning для розробки сучасного інтелектуального чат-боту	1. Аналіз сучасних методів NLP для рішення задач класифікації тексту та аналізу тональності тексту 2. Реалізація рішення щодо аналізу тональності тексту на основі Deep learning 3. Імплементация рішення аналізу тональності тексту на сервісах AWS	Доц. Знахур С.В., Знахур Л.В.	Стратегія ІС	Лекційні та лабораторні заняття
3	Розділ 1. Інформаційні технології в технічних системах 1.3. Аналіз продуктивності сучасних розподілених обчислювальних систем для розв'язку задач машинного навчання	Методи оцінки продуктивності кластеру та програмне забезпечення для статистичного аналізу отриманих результатів тестування бенчмарком Spark-Perf на основі лог-файлів.	Проф. Мінухін С.В.	Хмарні обчислення	Лекційний матеріал

## Продовження додатку А

4	Розділ 1. Інформаційні технології в технічних системах 1.4. Моделювання процесу централізованого мультиоб'єктного управління ресурсами в розподілених ієрархічних мережах	Розроблено математичну модель технології інформаційного забезпечення вирішення завдань управління комп'ютерної мережі. Запропонована модель дозволяє враховувати особливості послідовного або паралельного управління об'єктами, інформаційного забезпечення процесу управління, контролю результатів цього управління та усунення виявлених помилок.	Доц. Лосев М.Ю.	Технології баз даних. Тема 1. Архітектура ADO.NET. З'єднання з базами даних в ADO.NET.	Лекційний матеріал
5	Розділ 2. Сучасні інформаційні системи у освіті. 2.1. Удосконалення системи зберігання даних на основі озер даних	Розроблена методика використання озер даних як системи збереження сирих даних на підприємстві. Запропонований підхід показав кращі результати з точки зору ефективності функціонування системи збереження даних.	Доц. Федько В.В.	Бази даних. Тема 12. Перспективи розвитку баз даних	Лекційний матеріал

## Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6
6	Розділ 3. Сучасні технології розроблення програмних продуктів 3.1. Використання комп'ютерних систем для алгоритмічної підтримки асимптотично - оптимальних моделей	Виявлено сутність впливу збільшення кількості вузлів первісної дискретизації інтегральної функції – регулятора вузлів на якість відтворення кривих ламаними за асимптотично - оптимальним алгоритмом, що полягає в покращенні показників розподілу похибок апроксимації за ланками апроксимуючої ламаної. Експериментально підтверджено те, що вплив збільшення кількості вузлів дискретизації обмежується значеннями стабілізації, після яких різниця між дисперсіями розподілів похибок апроксимації не є значущою. Доведено придатність застосування оптимізації параметру для регулювання розподілу вузлів лінійної інтерполяції кривих з наявними точками перегину та при обранні за цільову функцію максимуму серед похибок послідовності ланок ламаної.	Доц. Фролов О. В,	Моделювання систем та методи оптимізації Теми -Чисельні методи наближення функцій. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція. Методи безумовної оптимізації	Лекційний матеріал

## Продовження додатку А

7	Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу 4.1. Теоретичні засади управління розвитком персоналу	Доведено, що під розвитком персоналу слід розуміти процес забезпечення системою управління організації гармонізації взаємних інтересів, адаптації, навчання та кар'єрного зростання співробітників, результатом якого є оволодіння ними такого рівня якості професійних ознак, який дозволяє досягти і організації і співробітникам конкурентних переваг у високомінливому ринковому середовищі.	Доц. Медведєва І.Б.	Бізнес-аналіз, Основи управління ІТ-проектами	Лекційні та лабораторні заняття
8	Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу 4.2. Методичний підхід щодо оцінювання сталості управління структурою капіталу із застосуванням контрольних карт якості У. Шухарта	Встановлено, що одним із структурних елементів системи управління розвитком персоналу є планування кар'єри, питання якого постають особливо гостро із-за змін, які проходять у сфері зайнятості: вони виникають не лише перед самими працівниками, а і перед працедавцями, адже оптимальне кар'єрне просування надає можливість досягти поставлених цілей не тільки працівникові, а й компанії завдяки ефективному розвитку і використанню персоналу.	Доц. Медведєва І.Б.	Бізнес-аналіз, Основи управління ІТ-проектами	Лекційні та лабораторні заняття

## Продовження додатку А

9	<p>Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу</p> <p>4.3. Моделювання кар'єрного розвитку персоналу із застосуванням ланцюгів Маркова</p>	<p>Запропоновано методичний підхід щодо узгодження плану співробітника із пропозиціями підприємства щодо розвитку його кар'єри, практичне впровадження якого у діяльність дослідженого підприємства сприятиме як удосконаленню системи управління розвитком персоналу, так й підвищенню ефективності функціонування підприємства у цілому.</p> <p>Розроблено практичні рекомендації до формування матриці стратегії розвитку персоналу на основі інтегрального оцінювання узгодження ефективності системи розвитку персоналу та ефективності використання фінансових ресурсів підприємства, яка дозволяє комплексно враховувати фактори внутрішнього середовища підприємства при обґрунтуванні обсягів фінансування заходів щодо розвитку його персоналу.</p>	Доц. Медведєва І.Б.	Бізнес-аналіз, Основи управління ІТ-проектами	Лекційні та лабораторні заняття
---	---	---	---------------------	---	---------------------------------

## Закінчення додатку А

10	Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу 4.4. Моделювання стратегії розвитку персоналу на базі узгодження ефективності використання фінансових та трудових ресурсів	Підтверджено доцільність впровадження запропонованих заходів щодо удосконалення системи управління розвитком персоналу, оскільки занчення показників економічної ефективності їх реалізації свідчать про отримання суб'єктом господарювання 0,14 грн. з однієї гривні інвестованих у систему управління підприємством коштів.	Доц. Медведєва І.Б.	Бізнес-аналіз, Основи управління ІТ-проектами	Лекційні та лабораторні заняття
11	Розділ 4. Моделювання процесу управління розвитком персоналу 4.5. Впровадження методологій гнучкої розробки для підвищення ефективності діяльності ІТ-підприємства	Дослідити можливості використання основних методологій гнучкої розробки стосовно менеджменту підприємства. Розробити послідовність впровадження гнучкої методології для ІТ-підприємства.	Доц. Плоха О.Б	Правління ІТ-проектами	Лекційні та практичні заняття

