

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ  
КАФЕДРА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

На правах рукопису  
УДК 519.688

До захисту допущено  
В.о. завідувача кафедри ШІ  
О.І. Чумаченко

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Магістерська дисертація**  
на здобуття ступеня магістра  
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
на тему: «Прийняття рішень в сфері бізнесу обслуговування  
з використанням штучного інтелекту»

Виконала:  
студентка ІІ курсу, групи КА-11 мп  
Маренич Марія Сергіївна

\_\_\_\_\_

Керівник:  
доцент кафедри ММСА,  
к.ф.-м.н, доц. Шубенкова І.А.

\_\_\_\_\_

Рецензент:  
професор кафедри ММСА  
д.т.н., професор Зайченко О.Ю.

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_

Київ  
2022

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»  
Інститут прикладного системного аналізу  
Кафедра штучного інтелекту**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 122 «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_ О.І. Чумаченко

(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Маренич Марії Сергіївни**

**Тема дисертації:** «Прийняття рішень в сфері бізнесу обслуговування з використанням штучного інтелекту», керівник роботи Шубенкова Ірина Анатоліївна, к.ф.-м.н., доцент, затверджені наказом по університету від «03» листопада 2022 р. № 4046-с.

**1. Термін подання студентом дисертації 15.12.2022**

**2. Об'єкт дослідження:** інформаційна система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування.

**3. Предмет дослідження:** методи та засоби управління бізнесом обслуговування.

**4. Перелік завдань, які потрібно зробити:**

- 1) Провести дослідження предметної області;

- 2) На основі отриманих в результаті аналізу даних зробити постановку завдання для майбутньої системи;
- 3) Здійснити розробку програмного забезпечення;
- 4) Провести тестування розробленої системи.

**5. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:**

1. Аналіз бізнес-процесів закладів обслуговування;
2. Діаграма діяльності основних станів системи;
3. Функціональні вимоги до додатку;
4. Опис вимог зі сценаріями мовою UML;
5. Діаграма use-case для користувачів системи;
6. Діаграма декомпозиції моделі прогнозування попиту
7. Алгоритм процесу аналізу та прогнозування
8. Обґрунтування вибору методу прогнозування та нейромережі згідно досліджень та висновків за ними
9. Опис архітектури проекту;
10. Діаграма класів.

**6. Дата видачі завдання:** 1 вересня 2022 року.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Отримання завдання на магістерську дисертацію	01.09.2022 – 05.09.2022	Виконано
2.	Огляд технічної літератури за темою	06.09.2022 – 12.09.2022	Виконано
3.	Концептуальний вступ дисертації. Формулювання об'єкта, предмета, цілі, завдань, новизни, практичної значущості результатів. Дослідження актуальності обраної теми	13.09.2022 – 19.09.2022	Виконано
4.	Перший розділ. Проектні рішення інформаційні системи підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування	20.09.2022 – 26.09.2022	Виконано
5.	Другий розділ. Моделі та методи прогнозування попиту на продаж продукції	27.09.2022 – 03.10.2022	Виконано
6.	Третій розділ. Опис програмного та технічного забезпечення	04.10.2022 – 10.10.2022	Виконано
7.	Розширення функціоналу системи	11.10.2022 – 17.10.2022	Виконано
8.	Аналіз результатів	18.10.2022 – 24.10.2022	Виконано
9.	Проведення аналізу ринкових можливостей стартап – проекту	25.10.2022 – 31.10.2022	Виконано
10.	Підготовка ілюстративного матеріалу	01.11.2022 – 14.11.2022	Виконано
11.	Оформлення пояснювальної записки	15.11.2022 – 26.11.2022	Виконано

Студент \_\_\_\_\_

М.С. Маренич

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_

І.А. Шубенкова

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 110 с., 29 рис., 41 табл., 21 джерел.

Об'єктом дослідження є інформаційна система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування..

Предметом дослідження є методи та засоби управління бізнесом обслуговування.

Мета дослідження – проведення аналізу процесів бізнесу обслуговування та розробка програмного забезпечення для підвищення ефективності рішень щодо збільшення продажів.

Результат роботи: розроблено та реалізовано систему підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування, що дозволяє оцінити попит на обраний товар за обраний період часу.

Новизна роботи: розроблена система підтримки прийняття рішень, для прогнозування продаж бізнесу обслуговування за допомогою штучного інтелекту. є помічників в процесі керування закладом обслуговування. Система орієнтована на користувача, що, в перше, має досвід з інтелектуальним аналізом даних.

**ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, БІЗНЕС У СФЕРІ ОБСЛУГОВУВАННЯ,  
АНАЛІЗ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ, ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ, ГЛИБОКЕ  
НАВЧАННЯ, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.**

## ABSTRACT

Master's Thesis 110 pp., 29 Fig., 41 tables, 21 sources.

The object of research is an information system of decision support for business services.

The subject of research is methods and tools for managing the service business.

The purpose of the study is to analyze the processes of the service business and develop software to improve the effectiveness of decisions to increase sales.

The result of the work is developed and implemented a decision support system for a service business, which allows for estimating the demand for the selected product for a selected period of time.

The novelty of the work is to develop a decision support system for forecasting sales of service businesses using artificial intelligence. The system is user-oriented, which, first of all, has experience with intelligent data analysis.

DECISION MAKING, SERVICE BUSINESS, BUSINESS PROCESS ANALYSIS, SALES FORECASTING, DEEP LEARNING, NEURAL NETWORKS.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БІЗНЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	13
1.1 Опис бізнес–процесів предметної області.....	13
1.1.1 Опис процесу діяльності .....	18
1.1.2 Актори і функції системи.....	19
1.2 Схема функціональної структури .....	29
1.3 Рішення з інформаційного забезпечення.....	30
1.3.1 Вхідні дані.....	30
1.3.2 Вихідні дані .....	31
1.3.3 Структура бази даних .....	32
1.4 Висновки до розділу 1 .....	33
2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ .....	35
НА ПРОДАЖ ПРОДУКЦІЇ.....	35
2.1 Суть задачі прогнозування попиту на продаж продукції .....	35
2.2 Аналітичний огляд існуючих методів розв’язання задачі прогнозування .....	37
2.2.1 Багатошаровий перцептрон (MLP).....	37
2.2.2 Узагальнено регресійна нейронна мережа (GRNN).....	39
2.2.3 Радіально-базисна мережа (RBN).....	41
2.3 Структура нейронної мережі .....	44
2.3.1 Вхідні дані.....	44
2.3.2 Вихідні дані .....	44
2.4 Метод навчання нейронної мережі за допомогою алгоритму зворотного розповсюдження помилки.....	45
2.5 Метод надання підтримки для прогнозування та аналізу тенденцій за допомогою даних часових рядів.....	47

2.6	Вибір методу та нейромережі згідно досліджень та висновків за ними .....	49
2.7	Висновки до розділу 2 .....	53
3	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	54
3.1	Обґрунтування вибору засобів розробки .....	54
3.2	Архітектура проекту .....	57
3.2.1	Обґрунтування особливостей розробки бази даних.....	58
3.2.2	Обґрунтування розробки Business Logic Layer.....	65
3.2.4	Обґрунтування розробки рівня User Interface .....	69
3.2.5	Обґрунтування розробки Data Access Layer .....	71
3.3	Інструкція користувача.....	73
3.4	Особливості програмної реалізації алгоритму прогнозування продаж .. .....	80
3.5	Процедура розгортання програмного забезпечення .....	83
3.6	Висновки до розділу 3 .....	83
4	РОЗРОБКА ВЛАСНОГО СТАРТАП ПРОЕКТУ .....	85
4.1	План розробки стартапу та масштабування його на ринок.....	85
4.2	Опис ідеї стартап-проекту.....	87
4.3	Технологічний аудит ідеї проекту.....	88
4.4	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	91
4.5	Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту.....	102
4.6	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	105
4.7	Висновки до розділу 4 .....	106
	ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ .....	107
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	109
	ДОДАТОК А. Лістинги програм .....	111



## ВСТУП

На сьогоднішній день прийняття зважених та якісних рішень є одним із основних завдань, що стоять перед управлінцями. Ефективність діяльності компаній безпосередньо залежить від якості та своєчасності прийнятих рішень. Однак найчастіше використовувані методи не відповідають вимогам сучасності з її надлишком інформації та високим ритмом життя. У цьому випадку в процесі прийняття рішень доцільно використовувати спеціалізовані автоматизовані системи — системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Система підтримки прийняття рішень — інформаційна система, основне завдання якої є допомога особам, які приймають рішення (ОПР) у різних складних ситуаціях, що характеризуються неповнотою вихідної інформації, безліччю критеріїв оцінки та умов, що впливають на повноту та об'єктивність аналізу предметної діяльності [1]. Системи підтримки прийняття рішень, які використовують різні математичні методи, дозволяють замінити людські ресурси на етапі вибору ефективного рішення.

СППР — це автоматизована система, що найкраще підходить для вирішення завдань повсякденної управлінської діяльності, інструмент, призначений для надання допомоги ОПР. За допомогою СППР можна здійснювати пошук рішень для неструктурованих і погано структурованих завдань, зокрема і багатокритеріальних. СППР зазвичай є результатом мультидисциплінарного дослідження, що включає теорію баз даних, штучного інтелекту, інтерактивних комп'ютерних систем та методів імітаційного моделювання.

Сучасні умови господарювання, що характеризуються нестабільним економічним середовищем і дедалі гострішою конкуренцією, висувають підвищені вимоги до ефективності та якості управлінських рішень на всіх рівнях підприємства. Підтримка прийняття рішень передбачає володіння

актуальною інформацією про стан та тенденції розвитку бізнесу методами та засобами інтелектуального аналізу даних. Крім того, збільшується обсяг інформації, яку необхідно враховувати для прийняття найбільш обґрунтованих рішень.

Це призводить до ситуації, коли без сучасних методів інформаційного забезпечення, а саме методів автоматизації аналізу діяльності, неможливо ефективно управляти підприємством. Технології бізнес-аналітики, які сприяють перетворенню даних у бізнес-інформацію, а потім інформації в знання для управління бізнесом, разом називаються рішеннями Business Intelligence або BI рішення [2].

Найбільш перспективним напрямом інформаційних технологій, що використовується для організації підтримки прийняття рішень у соціальних та економічних системах, нині є інтелектуальний аналіз даних, також відомий як Data Mining (DM) – розкопка, розробка даних. Це міждисциплінарний напрямок, який включає елементи штучного інтелекту (ШІ), математичної статистики та машинного навчання (МН), що застосовуються для вирішення завдань класифікації, кластеризації та асоціативного аналізу.

Разом з тим, DM не дає шаблонів готових рішень і не задає строгих алгоритмів для того чи іншого завдання аналізу. Він являє собою методологію організації аналітичної обробки даних, прийоми і методи якої дозволяють вилучити з них максимум корисних знань. Ядром аналітичних технологій DM є методи МН, що дозволяють в автоматичному режимі відновлювати структури, залежності та закономірності в даних, інтерпретація та осмислення яких експертом або аналітиком, дозволяє робити висновки про особливості стану та розвитку явищ і процесів, виробляти рекомендації щодо більш ефективного управління ними.

Процес впровадження DM-технологій у практичну діяльність підприємств для вирішення конкретних завдань підвищення ефективності управління в більшості випадків є досить затратним та трудомістким.

Основними проблемами є відсутність формальної постановки завдання та стратегії пошуку знань, евристичний характер більшості інтелектуальних моделей, висока розмірність та низька якість даних. Тому розробка нових підходів та методів реалізації DM-проектів для вирішення конкретних завдань підвищення ефективності управління в соціальних та економічних системах є актуальною науково-технічною проблемою.

Розвиток методів МН, як напрямку ІІ пов'язаний з роботами зарубіжних учених Б. Уїдроу, М. Мінської, П. Дж. Вербоса, Дж. Хопфілда, Д. Румельхарта, С. Пайперта та ін. У 70-80 р. ХХ ст. в рамках МН були запропоновані дерева рішень (Дж. Р. Куїнлен, Л. Брейман), асоціативні правила (Р. Агравал, Р. Шрикант), карти ознак, що самоорганізуються (Т. Кохонен) та ін. Формування DM як наукового напрямку пов'язане з роботами Г. П'ятецького-Шапіро, У. Файада, П. Сміта та ін.

**Актуальність теми** зумовлена досить затратним та трудомістким процесом впровадження інтелектуального аналізу даних у практичну діяльність підприємств малого бізнесу сфери обслуговування для вирішення конкретних завдань підвищення ефективності управління, а саме завдання прогнозування попиту на обрану продукцію.

**Метою** роботи є проведення аналізу процесів бізнесу обслуговування та розробка програмного забезпечення для підвищення ефективності рішень щодо збільшення продажів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- Дослідити організацію роботи закладів бізнесу обслуговування;
- Використовуючи дані, зібрані в результаті аналізу, сформулювати проблеми, що вирішує система.
- Розробити програмне забезпечення;
- Перш ніж випустити систему для загального користування, протестувати та затвердити.

**Об'єкт дослідження** — інформаційна система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування.

**Предмет дослідження** — в методи та засоби управління бізнесом обслуговування.

**Методи:**

- Дослідження процесів роботи бізнесу обслуговування, які необхідні для розробки програмного забезпечення;
- Аналіз вимог, що передують розробці програмного забезпечення.

**Наукова новизна.** Розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР), для прогнозування продаж бізнесу обслуговування за допомогою штучного інтелекту. Головною ідеєю розробки даного продукту є безкоштовність та масовість у використанні.

# 1 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БІЗНЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ

## 1.1 Опис бізнес–процесів предметної області

Бізнес обслуговування, а саме ресторанний та кав'ярний, є напрямком, який активно розвивається у процесі становлення людського суспільства. Промисловість громадського харчування тісно пов'язана з ритмом людського життя. Темп, у якому живе сучасна людина, з кожним роком лише прискорюється, а це означає, що витратити тимчасовий ресурс на приготування їжі стає дедалі важче. Саме в цьому випадку людині можуть допомогти заклади громадського харчування, зокрема ресторани та кафе.

Ресторан (від лат. *Restaurō*, відновити, кріпити) — підприємство громадського харчування з широким асортиментом страв складного приготування, включаючи рекомендовані та фірмові [3].

Кафе (від фр. *café*; буквально — «кава») — заклад громадського харчування та відпочинку, схожий на невеликий ресторан, але з обмеженим у порівнянні з рестораном асортиментом продукції, також, можливо, із самообслуговуванням [4].

Вивчивши ці визначення, варто зазначити, що ресторани та кафе — це не тільки місце, куди люди приходять для того, щоб вгамувати свою фізіологічну потребу в їжі, а й для цікавого проведення свого вільного часу. Таким чином, можна узагальнити, що якісно приготовлена їжа не є єдиною необхідною складовою якісного функціонування закладу.

Протягом останніх років почала набувати популярності тенденція відкриття об'єктів громадського харчування на основі франчайзингу. Даний принцип забезпечує багатосторонню підтримку з боку компанії-франчайзі та швидшу появу споживчої аудиторії.

Згідно з визначенням Міжнародної Асоціації Франчайзингу, «Франчайзинг» - це система перманентних відносин, що встановлюються між франчайзором і франчайзі, в результаті яких знання, імідж, успіх, методи виробництва та маркетинг передаються франчайзі в обмін на взаємне задоволення інтересів». Іншими словами, це форма організації бізнесу, за якої більша і потужніша компанія надає право на реалізацію свого товару або послуги іншій компанії (іншій юридичній особі).

У середині XIX століття франчайзинг вперше почав використовуватися у США. Сінгер, виробник швейних машин, заснував компанію з масового виробництва швейних машин. Це призвело до надзвичайно низьких цін на машини, які продаються через компанію; однак виявилось, що обслуговування машин шляхом централізованого обслуговування нерентабельне. Тому у Сінгера виникла ідея франчайзингу та використання незалежних компаній для ремонту та продажу швейних машин на певних територіях.

Однак цей інструмент не завжди є економічно доцільним, оскільки передбачає більші обсяги фінансування з боку компанії-франчайзі. Для ресторанного та кавового бізнесу така схема роботи менш поширена, ніж для різних барів та закладів фаст-фуду. Пов'язано це ще й з тим, що більшість засновників такого бізнесу прагнуть створити унікальний продукт, який докорінно відрізнятиметься від конкурентів. Система франчайзингу в ресторанному бізнесі може негативно позначитися саме на репутації компанії, як унікальному представнику власного сегмента ринку.

Сучасна економічна ситуація вказує на необхідність зміни у поточному стані будь-якого представника даного бізнесу. Часто керівники подібних організацій йдуть на різні «хитрощі», щоб знизити свої витрати. До таких способів відноситься зменшення розміру порцій, виняток із меню страв з низькою націнкою, відмова від деяких страв. Однак ці зміни, окрім зменшення витрат, можуть призвести і до негативної реакції споживачів,

насамперед серед постійних відвідувачів, які мають чітке уявлення про попередній розмір порцій та наявність відповідних страв у меню.

Шок Патті Д. та Боуен Джон у своїй книзі «Маркетинг у ресторанному бізнесі» виділяють низку критеріїв, які найчастіше формують підґрунтя вибору споживачем бізнесу обслуговування [5]:

- загальна кількість людей на даній території або які її відвідують (у межах зони обслуговування установи);
- середній дохід цього населення;
- чи є розвиток на даній території, чи навпаки тут присутній занепад(у межах зони обслуговування закладу обслуговування);
- зручність і доступність в плані транспортних розв'язок і паркінгів;
- можливість ідентифікувати заклад обслуговування серед інших подібних закладів;
- наскільки заклад виглядає гостинним для сторонніх;
- якість розташування враховується разом із зовнішнім виглядом навколишніх будівель.

Ця класифікація ще раз доводить, що на вибір споживача у сфері обслуговуючого бізнесу грає не лише список страв, що представлені в меню.

У сучасному суспільстві дедалі більше уваги приділяється концепції того чи іншого ресторану — тобто його ключової особливості, спрямованості, яка підтримується всіма провідними елементами закладу: від меню до зовнішнього вигляду.

Вищевикладене дозволяє зробити висновок, що керівникам закладів ресторанного та кавового бізнесу необхідно постійно відслідковувати нові та існуючі тенденції на ринку, оскільки саме вони можуть допомогти їм у створенні власної бізнес-концепції.

Ресторанний бізнес відображає продукт, який може задовольнити відразу кілька потреб людини: потреба у їжі, потреба у соціалізації, потреба у

проведенні дозвілля. Тому засновникам таких закладів необхідно пропонувати рішення не лише в галузі організації громадського харчування.

Існують різні види ресторанів та кафе, тому основним принципом їх класифікації стає та особливість, яка створює образ, що запам'ятовується у свідомості споживачів.

У сучасній нестабільній економічній ситуації власники ресторанів та кафе часто прагнуть заощадити кошти за рахунок якості обслуговування (зменшення порцій, вибір більш дешевих продуктів), проте подібні дії негативно впливають на ставлення до закладу з боку потенційного споживача.

Враховуючи всі представлені тенденції, варто відзначити, що функціонування ресторанного та кавового бізнесу на сучасному ринку є складним процесом, який передбачає особливий підхід. Заклади даного типу можуть «вижити» в умовах кризи лише при розробці відповідної креативної стратегії, яка розкриватиме особливості, та виділятиме ресторан серед конкурентів. Залежно від вибору креативної стратегії і будуватиметься кампанія з просування. Проте креативна стратегія має підтримуватися не лише рекламною кампанією, а й відображатись у самій атмосфері закладу.

Створення успішного бізнесу вимагає аналізу сильних і слабких сторін певної стратегії. Для розвитку ресторану чи кав'ярні рішення про те, які пріоритети реалізувати в першу чергу, передбачає диференціацію продукту ресторану. В свою чергу, це передбачає додавання в меню нових кухонь, таких як турецька, грецька та арабська. Також розглядається можливість відродження традиційних торгових страв у меню як спосіб виділити бізнес. У рамках цієї концепції діти можуть використовувати свою тему в створенні ресторану. Інші ідеї включають зосередження на нетрадиційних методах приготування їжі, як-от молекулярна кулінарія та ф'южн, що також допомагає зацікавити молодь.

Відповідно до бізнес-плану розвитку економіки послуг, ресторанам і кав'ярням необхідно використовувати ключові ринкові компетенції та



основні компетенції ресторанів під час реалізації стратегії. Це має відбутися, щоб бізнес-модель міст регіону була ефективною. Ключові ринкові компетенції повинні поєднуватися зі здатністю ресторанів надавати споживачам особливу цінність (рис. 1.1).

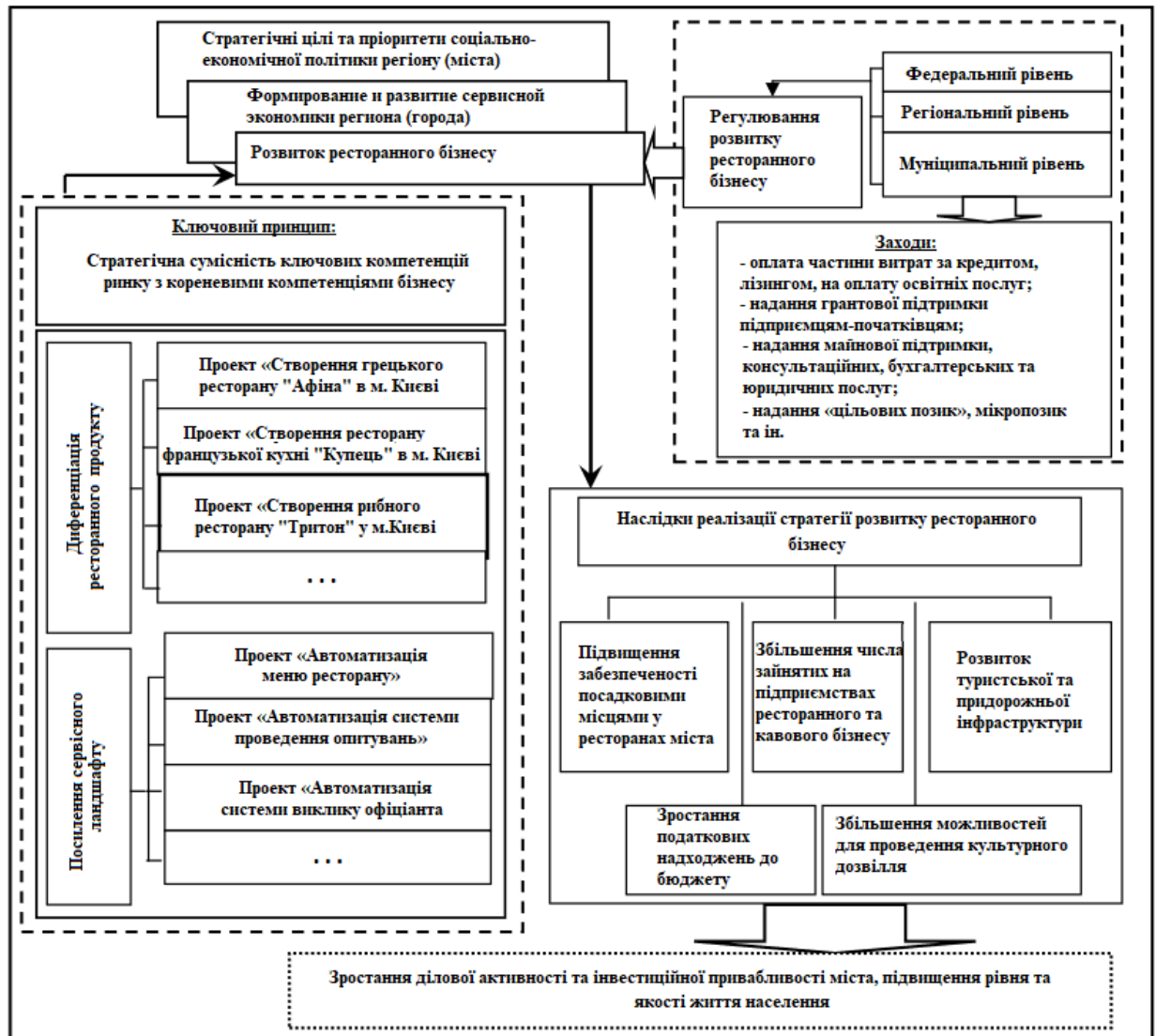


Рисунок 1.1 – Обґрунтування умов ефективного реалізації стратегії розвитку ресторанного бізнесу

Сьогодні поряд з програмно-орієнтованим підходом до управління територіальним розвитком все більшого поширення набуває впровадження проектно-орієнтованого підходу. Насправді проекти об'єднуються в портфоліо, що розглядається з двох сторін: проекти, що виділяють продукт

закладу серед конкурентів, і проекти, які покращують обслуговування, ці проекти зосереджені на розвитку культури закладів обслуговування та інноваційних методів обслуговування клієнтів.

На основі експертно-аналітичної оцінки встановлено, що реалізація комбінованої стратегії розвитку ресторанного та кавового бізнесу із застосуванням проектного підходу дозволить збільшити частку обороту підприємств даної сфери та досягти низки позитивних соціально-економічних результатів.

### 1.1.1 Опис процесу діяльності

Предметним середовищем є процес функціонування управлінського персоналу підприємства сфери послуг (кав'ярні, ресторану), пов'язаний з прогнозуванням попиту на асортимент продукції цього бізнесу. Це необхідно для підвищення ефективності та рентабельності бізнесу, а також дана система сприятиме скороченню можливих ризиків для бізнесу.

На рисунку 1.2 основні стани системи представлені у вигляді діаграми станів.

У випадку вдалої авторизації користувача з'являється головне вікно, що містить меню, яке у свою чергу буде відображати всі можливі дії користувача. В залежності від ролі користувача деякі пункти системи можуть бути йому недоступними.

Користувачу із роллю адміністратора системи доступні всі функції, а саме:

- додавати, редагувати, видаляти облікові дані користувачів;
- додавати, редагувати, видаляти співробітників ресторанів та кав'ярень;
- додавати, редагувати, видаляти ресторани та кав'ярні;

- додавати, редагувати, видаляти продукцію;
- здійснювати симуляцію продаж для вибраного закладу;
- проводити навчання математичної моделі;
- створювати прогнози на майбутній попит продукції.

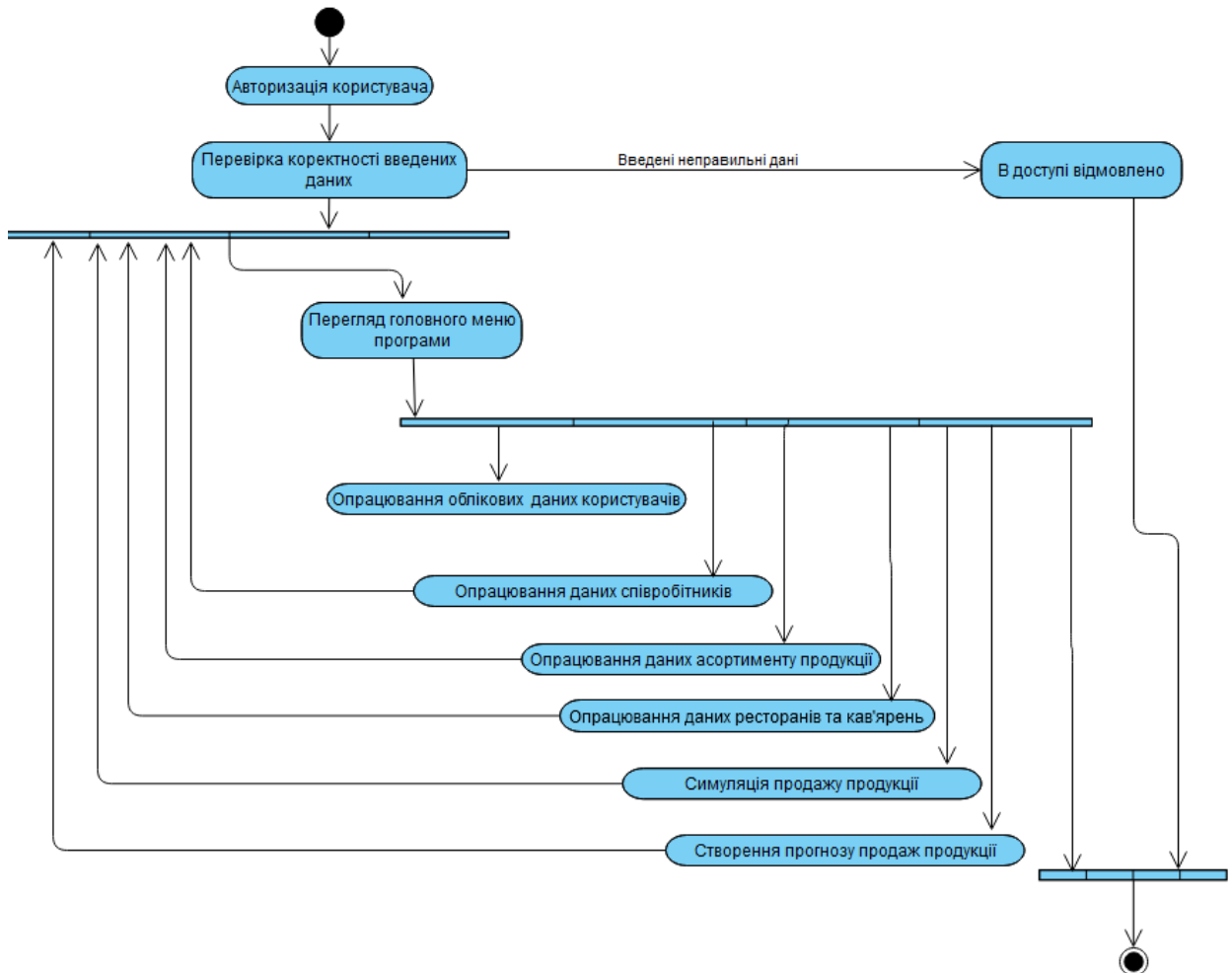


Рисунок 1.2 – Діаграма діяльності основних станів системи

### 1.1.2 Актори і функції системи

Крім того, конкуруючі фірми не можуть легко відтворити ці ключові компетенції. Визначення ролей кожного учасника, задіяного у створенні

інформаційної системи підтримки прийняття рішень, є необхідним для її розробки.

Таким чином, було обрано дві посади, що мають змогу роботи з системою: системний адміністратор і менеджер.

Важливо створити діаграму варіантів використання, щоб зрозуміти функціональність системи, що розробляється.

Наявність як діаграми варіантів використання, так і діаграми пріоритету акторів у моделі прецедентів має вирішальне значення. Це допомагає пояснити систему на вищому рівні абстракції, відображаючи зв'язки між значущими акторами та прецедентами. Найкраще це досягається за рахунок використання діаграм, які є складовими моделі прецедентів [6].

Випадок використання доводить, що система повинна задовольняти певним вимогам. Це основа для моделювання певного аспекту системи та її функціонування. Випадок використання демонструє, як один конкретний метод використання системи задовольняє ці вимоги. Вони підтверджують конкретні показники, яких можна досягти, коли систему впроваджено.

Таблиця 1.1 – Функціональні вимоги до системи

<b>Вимоги</b>	<b>Опис до вимог</b>
FR-1	Щоб користуватися програмою, користувачі повинні зареєструватися в системі
FR-2	Необхідність запис активності користувачів у програмі
FR-3	Необхідність додавання та редагування інформації про обліковий запис користувача
FR-4	Необхідність додавання та редагування інформації про продукти
FR-5	Необхідність додавання та редагування інформації про співробітників
FR-6	Необхідність додавання та редагування інформації про заклади обслуговування

Продовження таблиці 1.1

FR-7	Необхідність здійснення симуляції продажів продукції
FR-8	Необхідність навчання нейронної мережі на основі даних про продаж продукції
FR-9	Необхідність здійснення прогнозування продажу продукції

Таблиця 1.2 – Нефункціональні вимоги до системи

Вимоги	Опис
NFR-1	Інтерфейс користувача програми повинен бути простим у використанні
NFR-2	Будь-яке поле не може бути порожнім і повинно бути унікальним щодо існуючих записів у системі

Таблиця 1.3 – Актори додатку

Актори	Мета
Системний адміністратор	Робота з обліковими записами
Менеджер закладу	Робота з системою
База даних	Зберігання даних

Таблиця 1.4 – Варіанти використання системи

Варіант використання	Ім'я	Опис
UC01	Identification in system	Надає користувачам можливість вводити ідентифікаційні дані в систему
UC02	Display user directory	Відображає каталог усіх користувачів системи (права доступу у системного адміністратора)

## Продовження таблиці 1.4

UC03	Add user	Дозволяє додати новий обліковий запис (права доступу у системного адміністратора)
UC04	Edit user	Дозволяє редагувати обліковий запис (права доступу у системного адміністратора)
UC05	Remove user	Дозволяє видалити обліковий запис (права доступу у системного адміністратора)
UC06	Display of product catalog	Дозволяє відобразити каталог усіх товарів
UC07	Add products	Дозволяє додати товар у каталог
UC08	Edit products	Дозволяє редагувати інформацію про обраний товар у каталозі
UC09	Remove products	Дозволяє видалити товар з каталогу
UC10	Display of employee directory	Дозволяє відобразити директорію всіх співробітників, що є частиною системи
UC11	Add employee	Дозволяє додати співробітника до директорії
UC12	Edit employee	Дозволяє редагувати інформацію про співробітника з директорії
UC13	Remove employee	Дозволяє видалити співробітника з директорії
UC14	Display of the catalog of places	Дозволяє відобразити директорію закладів обслуговування, що є у системі
UC15	Add place	Дозволяє додати заклад обслуговування у директорію
UC16	Edit place	Дозволяє редагувати інформацію про заклад обслуговування у директорію

## Продовження таблиці 1.4

UC17	Remove place	Дозволяє видалити заклад обслуговування з директорії
UC18	Simulation of product sales	Дозволяє виконати симуляцію продаж продуктів у закладі обслуговування протягом вибраного періоду часу
UC19	Forecasting demand for products	Дозволяє спрогнозувати попит на обраний товар протягом вибраного періоду часу
UC20	Display of system events	Відображає всі події системи

Зі встановлених вимог тепер можна викласти повний опис вимог і сценаріїв, котрі слугуватимуть вхідними даними для створення візуального моделювання мовою UML.

**UC01 Identification in system**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: здійснити ідентифікацію.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: введення логіна та пароля; натискання кнопки «Підтвердити».

Післяумова: додаток відображає головне вікно.

**UC02 Display user directory**

Актори: системний адміністратор.

Мета актора: відобразити всіх користувачів системи на екрані.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: натискання «Користувачі» з переліку меню.

Післяумова: додаток показує директорію всіх користувачів системи.

**UC03 Add user**

Актори: системний адміністратор.

Мета актора: реєстрація нового користувача.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: введення необхідної інформації про майбутнього користувача; натискання «Додати».

Післяумова: додаток додає нового користувача до директорії та відображає оновлену директорію на екрані.

#### **UC04 Edit user**

Актори: системний адміністратор.

Мета актора: редагування інформації про користувача з директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір користувача з директорії.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю редагування інформації про обліковий запис користувача.

#### **UC05 Remove user**

Актори: системний адміністратор.

Мета актора: видалення облікового запису користувача з директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір необхідного користувача з директорії.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю видалення облікового запису користувача.

#### **UC06 Display of product catalog**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: виведення каталогу продукції, що є в системі.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: натискання «Продукція» з переліку меню.

Післяумова: додаток відкриває екран з каталогом продукції.

#### **UC07 Add products**

Актори: системний адміністратор адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: додавання нових товарів у каталог продукції.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: введення інформації про новий товар; натискання «Додати».

Післяумова: додаток змінює каталог товарів і відображає його на екрані.



### **UC08 Edit products**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: редагування товарів з каталогу продукції.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір товару з каталогу продукції.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю редагування інформації про товар

### **UC09 Remove products**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: видалення товару з каталогу продукції.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір товару з каталогу продукції.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю видалення інформації про товар.

### **UC10 Display of employee directory**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: виведення директорії співробітників.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: натискання «Співробітники» з переліку меню.

Післяумова: додаток відкриває екран з директорією співробітників.

### **UC11 Add employee**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Ціль актора: додати інформацію про нового співробітника.

Задіяний актор: база даних.

Передумова: користувач ввівши всю необхідну інформацію про співробітника натискає на кнопку «Додати».

Післяумова: система додає нового співробітника і відображає екран із списком всіх співробітників.

### **UC12 Edit employee**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: редагування інформації про співробітника, що є частиною директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір співробітника з директорії.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю редагування інформації про співробітника.

### **UC13 Remove employee**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: видалення інформації про співробітника з директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір співробітника з директорії.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю редагування інформації про співробітника

### **UC14 Display of the catalog of places**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: виведення інформації про заклади обслуговування, що є в директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: натискання «Ресторани та кав'ярні» з переліку меню.

Післяумова: додаток відкриває екран з директорією закладів обслуговування.

### **UC15 Add place**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: додавання закладу обслуговування у директорію.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: введення інформації про заклад обслуговування; натискання «Додати».

Післяумова: додаток відкриває оновлену директорію зі зміненими даними.

### **UC16 Edit place**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: редагування інформації про заклад обслуговування, що є частиною директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір закладу обслуговування з директорії.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю редагування інформації про заклад обслуговування.

### **UC17 Remove place**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: видалення закладу обслуговування з директорії.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір закладу обслуговування з директорії.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю видалення інформації про заклад обслуговування з директорії.

### **UC18 Simulation of product sales**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: виконання симуляцію продаж продуктів у закладі обслуговування протягом вибраного періоду часу.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: вибір закладу обслуговування зі списку(директорія), налаштування часу та натискання «Симулювати».

Післяумова: додаток симулює продажі в обранному закладі з директорії протягом вибраного періоду часу.

### **UC19 Forecasting demand for products**

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: здійснення прогнозування продажів для обраного товару протягом вибраного періоду часу для певного закладу обслуговування.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: натискання «Прогнозування» та налаштування необхідних параметрів.

Післяумова: додаток здійснює прогнозування та виводить результати на екран.

### UC20 Display of system events

Актори: системний адміністратор або менеджер закладу.

Мета актора: відображення подій, що відбуваються у системі.

Задіяні актори: база даних.

Передумова: натискання «Системний журнал» з переліку меню.

Післяумова: додаток відкриває екран з можливістю перегляду всіх подій, що відбулися.



Рисунок 1.3 – Діаграма варіантів використання системи (користувач з правами системного адміністратора)



Рисунок 1.4 – Діаграма варіантів використання системи (користувач з правами менеджера закладу)

Менеджер опрацьовує дані співробітників, продукції, ресторани та кав'ярні, проводить симуляцію продаж у ресторанах та кав'ярнях, здійснює прогнозування попиту продаж у ресторанах та кав'ярнях.

Крім виконання функцій менеджера закладу, системний адміністратор також може реєструвати нових користувачів у системі та надавати їм права доступу відповідно до їхніх ролей.

## 1.2 Схема функціональної структури

На рис. 1.5 зображено діаграму декомпозиції моделі прогнозування попиту продукції в нотації IDEF0. Діаграма показує зв'язки між різними компонентами системи та зовнішнім світом, а також завдання, які виконує кожен елемент.

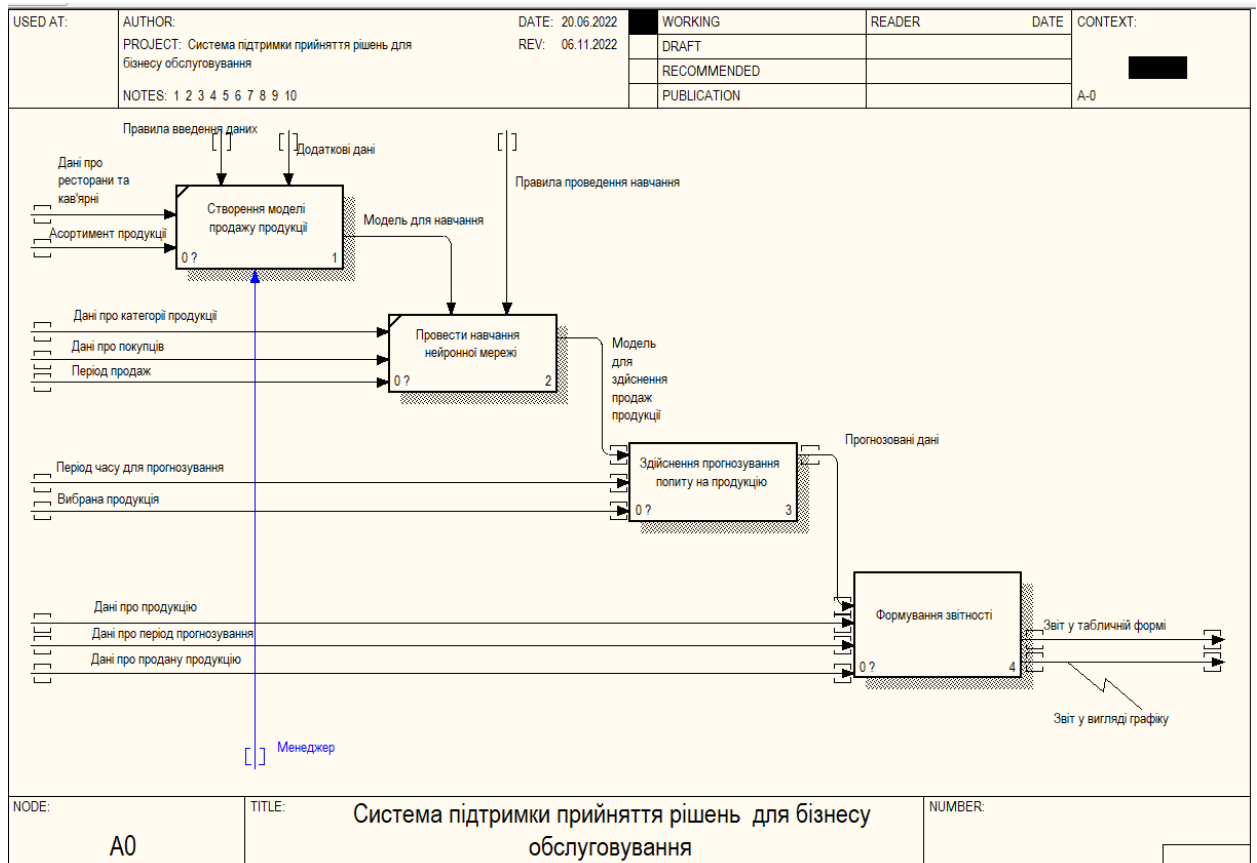


Рисунок 1.5 – Діаграма декомпозиції моделі прогнозування попиту

### 1.3 Рішення з інформаційного забезпечення

#### 1.3.1 Вхідні дані

Для проведення навчання моделі прогнозування попиту необхідний певний перелік параметрів, що показаний у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Вхідні дані для проведення навчання моделі прогнозування попиту на продукцію

Назва параметру	Тип даних	Розмір
Назва навчальної моделі	string	Рядок символів Unicode
Кількість епох для навчання	int	32 біт
Кількість покупців	int	32 біт

Продукція	int	32 біт
Ціна на продукцію	double	64 біт
Знижка на продукцію	double	64 біт
Категорія продукції	int	32 біт
Період продажу продукції	DateTime	Структура

Вхідними даними для створення нового користувача будуть дані, що представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Вхідні дані для створення облікового запису користувача

<i>Назва параметру</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Розмір</i>
Прізвище	string	Рядок символів Unicode
Ім'я	string	Рядок символів Unicode
Нікнейм облікового запису	string	Рядок символів Unicode
Пароль	string	Рядок символів Unicode
Загальна інформація	string	Рядок символів Unicode
Ідентифікатор ролі	int	32 біт

### 1.3.2 Вихідні дані

Вихідними даними системи є формування звітності у табличній та графічній формах, що містять інформацію прогнозовані дані про кількість покупців, кількість придбаних товарів, дату продажі, загальні витрати на товар та прогнозований прибуток.

Результати формування звітності по прогнозуванню продаж продукції представлені в таблиці 1.7.

В залежності від того, як буде навчена нейронна мережа, зможе робити прогнозування для вибраної продукції закладу (ресторану або кав'ярні) за вибраний період часу.

Таблиця 1.7 – Вихідні дані прогнозування попиту на продукцію

<i>Назва параметру</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Розмір</i>
Період продажу	DateTime	Структура
Продукція	int	32 біт
Кількість проданої продукції	int	32 біт
Кількість продавців	int	32 біт
Кількість покупців	int	32 біт
Загальна виручка	double	64 біт
Прибуток	double	64 біт
Заклад	int	32 біт

### 1.3.3 Структура бази даних

Засобами СУБД MS Access створено ER діаграму бази даних системи підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування.

Як можна побачити із рис. 1.6 база даних проекту складається із 11 сутностей дослідженої предметної області, а саме:

1. Таблиця «Institutions» – зберігає інформацію про всі заклади бізнесу обслуговування (ресторани та кав'ярні).
2. Таблиця «InstitutionsTypes» – зберігає інформацію про типи закладів.
3. Таблиця «NeuralNetworkLearning» – зберігає інформацію про навчання нейронної мережі.
4. Таблиця «Posts» – зберігає інформацію про посади працівників.
5. Таблиця «Products» – зберігає інформацію про продукцію.
6. Таблиця «ProductsCategorys» – зберігає інформацію про категорії продукції.
7. Таблиця «Userinfo» – зберігає інформацію про всі логіни та паролі користувачів.



8. Таблиця «Worker» – зберігає інформацію про працівників.
9. Таблиця «SalesSimulations» – зберігає загальні дані симуляції продаж у закладах.
10. Таблиця «SalesSimulationsData» – результати симуляції продаж продукції у закладах.
11. Таблиця «Authorizationlog» – зберігає дані про авторизацію користувачів у систему з часом їх перебування.

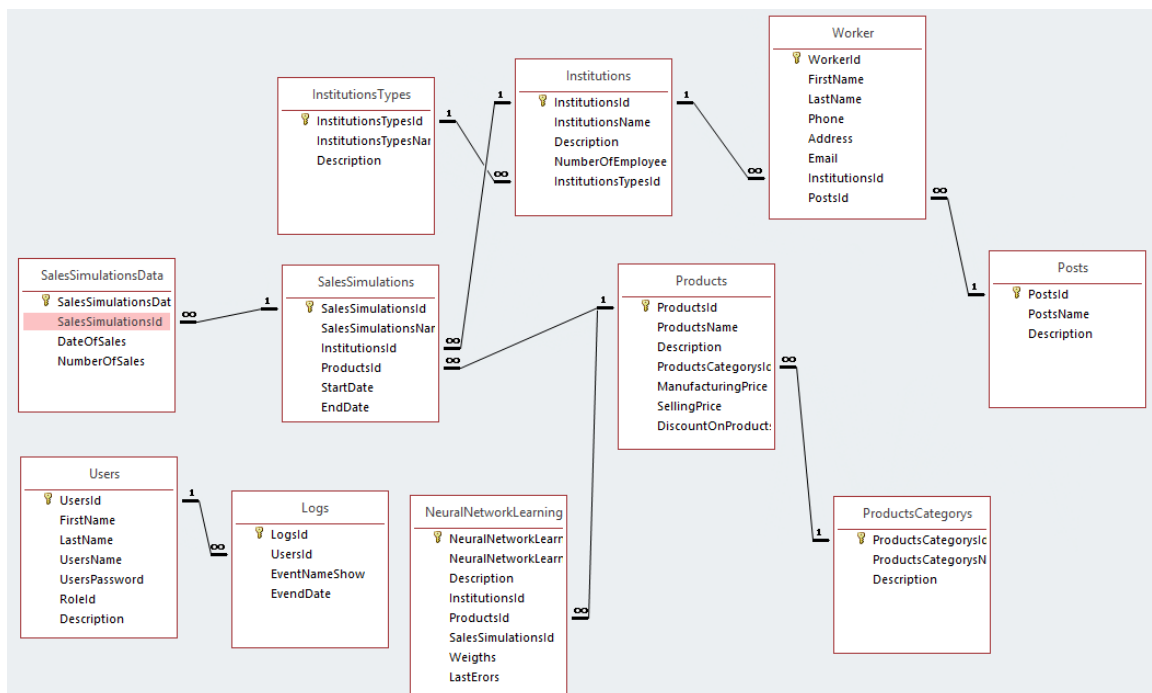


Рисунок 1.6 – ER діаграма бази даних проекту

#### 1.4 Висновки до розділу 1

Створення системи підтримки прийняття рішень завжди передбачає аналіз даних і створення візуалізації бізнес-процесів для клієнта, а також проектів сховищ з урахуванням його потреб. Крім того, цей процес включає в себе технологічні процеси.

Безліч компаній виробляє десятки програмних продуктів, які вирішують конкретні проблеми, пов'язані зі створенням і запуском узагальнених СППР. До них відносяться інструменти для вивантаження, перетворення та завантаження даних; засоби аналізу OLAP; і багато іншого.

Незалежний аналіз ринку разом із принаймні кількома інструментами конкурентів є складним і трудомістким процесом. Під час побудови або проектування системи підтримки прийняття рішень значні фінансові та часові витрати можуть бути результатом програмних помилок. Помилки програмного забезпечення також можуть спричинити фінансові втрати та крах бізнесу. Це пояснюється тим, що створення систем підтримки прийняття рішень потребує високого рівня фінансових і людських ресурсів.

Крім того, вибір неправильного програмного забезпечення може призвести до збільшення тривалості проекту та перезавантаження даних.

Як наслідок, глибоке розуміння архітектури сховищ даних має вирішальне значення, оскільки це запобігає помилкам, які призводять до значного збільшення часу виконання проекту та можливості максимізувати ефективність від впровадження системи підтримки прийняття рішень.

У цьому розділі описуються основні процеси предметного середовища, в тому числі автоматизації, які можуть змінюватися. Досліджено поведінку користувачів системи та створено діаграми прецедентів. Визначено мету та завдання, необхідні для її досягнення. Уточнюється весь обсяг вихідної інформації, яка надходить до програми, та звітної інформації, яка формується в результаті діяльності програми. На основі дослідження створено ER-діаграму бази даних проекту.

## 2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ПРОДАЖ ПРОДУКЦІЇ

### 2.1 Суть задачі прогнозування попиту на продаж продукції

Прогнозування попиту — це науковий прогноз загальної структури попиту та попиту споживачів на товари та послуги [7]. Воно засноване на дослідженнях, причинах, відносинах, тенденціях та науково обґрунтованих моделях прогнозування ринку.

У будь-якій ринковій системі потреби користувачів товарів та послуг зосереджені на цілі та рушійній силі економічного розвитку. Таким чином, проблема дослідження та прогнозування попиту є першим та найважливішим інструментом для організації маркетингової діяльності всередині компанії, а також для регулювання ринку та товарів, які впливають на економіку держави в цілому.

Для прогнозування характерні такі риси:

- прогноз завжди помилковий;
- при оцінюванні помилок прогнози стають більш точнішими;
- для більшого набору імен прогноз більш точніший;
- прогноз точніший за більш короткий період часу;
- прогнозування не замінює потреби розрахунків.

Товари, пов'язані з попитом, не повинні прогнозуватись, але повинні розраховуватися на основі потреб кінцевого продукту, які можна прогнозувати.

Прогнозування споживчого попиту необхідне для розробки стратегій розвитку виробничої та торгової діяльності підприємств.

Бізнес-процес, відомий як прогнозування попиту, вимагає трьох ключових компонентів: інструментів, людей і процесу. Клієнтам потрібні

точні прогнози товарів відповідно до їх потреб та причин формування попиту.

Під час розробки процесу прогнозування попиту необхідно враховувати такі фактори:

- як організовані функції маркетингу та продажу?
- хто має можливість впливати на попит у компанії?
- де отримати інформацію, необхідну для прогнозів?

Ефективний прогноз починається з поліпшення якості інформації, що надходить. Збір вихідних даних має бути організований з урахуванням принципів регулярності і точності.

Існує безліч методів прогнозування попиту. Для зручності можна назвати лише дві групи: експертні і статистичні[8].

Перший заснований на експертній оцінці та має суб'єктивний характер. Суть у тому, щоб переводити різні експертні думки до формул, які формують прогнози. Експертні методи включають: методи введення в експлуатацію, мозковий штурм, анкетування.

Статистичні методи включають використання статистичних розрахунків у тому, щоб мати картину майбутнього з урахуванням минулого. Типовим прикладом є методика розрахунку середнього значення.

Прогноз — це оцінка значення змінної (чи низки змінних) у певний час у майбутньому. Найчастіше метою прогнозування для бізнесу є надання інформації для процесу планування. Факт прогнозування полягає в тому, що якщо можна хоча б приблизно передбачити майбутнє, ми можемо обрати кращу поведінку, щоб бути в кращому становищі в майбутньому.

Система прогнозування попиту дозволяє перетворювати прогнози на плани продажів з урахуванням різних обмежень, що стали основою для планування фінансових показників, маркетингової діяльності, закупівель товарів. І найголовніше, прогнозування попиту, дозволяє досягти позитивних фінансових результатів. Для якісного прогнозу попиту, для підприємств усіх рівнів необхідно мати належного рівня маркетингові служби.

## 2.2 Аналітичний огляд існуючих методів розв'язання задачі прогнозування

Для дослідження та подальшого порівняння ефективності нами було обрано багатошаровий перцептрон (MLP), радіально-базисну мережу (RBN) та узагальнено-регресійну мережу (GRNN).

### 2.2.1 Багатошаровий перцептрон (MLP)

Багатошарові перцептрони ефективні при вирішенні тих же завдань, що і одношарові перцептрони, але мають значно більшу обчислювальну здатність у порівнянні з одношаровими перцептронами. Завдяки цьому вони здатні точніше описати багатовимірні зв'язки з високим ступенем нелінійності та високим ступенем перехресного та групового впливу вхідних змінних на вихід.

При необхідності використання мереж складнішої структури додаються нові приховані шари або нарощується кількість нейронів у прихованих шарах (рис. 2.1).

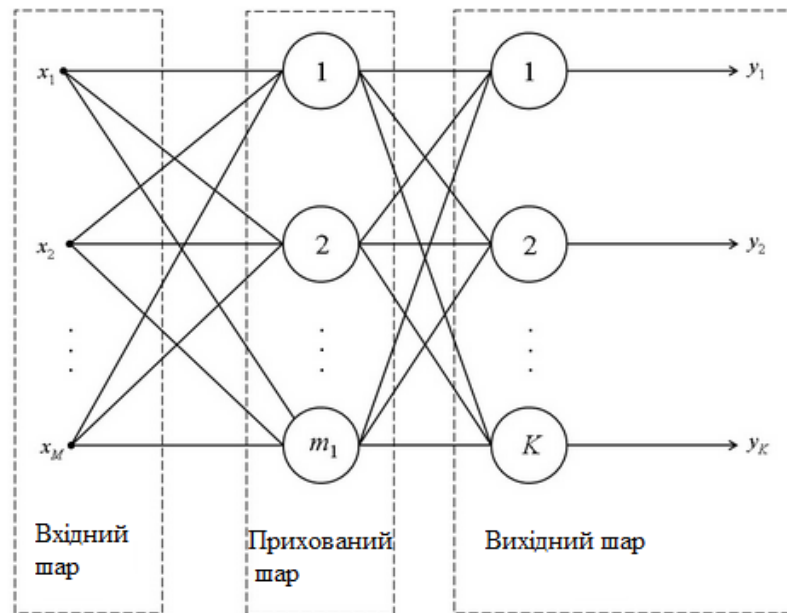


Рисунок 2.1 – Схема багатошарової штучної нейронної мережі

Кількість вагових коефіцієнтів, що налаштовуються в процесі навчання багатошарового перцептрону з  $L$  прихованими шарами  $m_l$  нейронів у кожному, розраховується наступним чином:

$$N_w = (M + 1)m_1 + \sum_{l=2}^L (m_{l-1} + 1)m_l + (m_L + 1)K \quad (2.1)$$

Для кожного нейрона в мережі встановлюються додаткові зв'язки з елементами вхідного вектора, крім синаптичних зв'язків з іншими нейронами також налаштовується зв'язок з фіктивним єдиним входом (коефіцієнт зміщення).

Для більшості завдань, які вирішуються за допомогою багатошарових перцептронів, вибір архітектури нейронної мережі повинен ґрунтуватися на наступному правилі: «Правила 2-5»: кількість вагових коефіцієнтів, що налаштовуються в процесі навчання, повинна бути в 2–5 разів меншою, ніж кількість прикладів навчальної вибірки. Якщо співвідношення менше двох, здатність мережі узагальнювати інформацію з навчання втрачається, а значення одиниці – це просто відповіді на кожен приклад. Якщо кількість прикладів занадто велика для обраної архітектури мережі, модель нейронної мережі часто просто усереднює значення різних комбінацій вхідних векторів,

втрачаючи здатність конкретно реагувати на окремі випадки та збільшуючи максимальну помилку вибірки.

Крім того, кількість нейронів у прихованому шарі, що передує вихідному шару, має бути не меншою за кількість самих виходів.

Метою навчання багат шарового перцептрона є мінімізація загальної помилки. Цільовою функцією для цього є загальна помилка з навчального набору. У результаті цю проблему можна розглядати як будь-яку багатовимірну задачу оптимізації, яка є детермінованою, градієнтною або стохастичною.

### 2.2.2 Узагальнено регресійна нейронна мережа (GRNN)

Узагальнено-регресійна нейронна мережа (англ. General Regression Neural Network) – різновид радіально-базисних мереж, призначений для вирішення завдань регресії з використанням ядерної апроксимації. Узагальнено-регресійна штучна нейронна мережа, на відміну від класичного регресійного аналізу, не вимагає завдання функціональної залежності, що зв'язує вхідні та вихідні змінні. Всі вхідні образи будь-яким чином розбиваються на кілька кластерів. Якщо кількість образів невелика, кожен образ може утворити свій кластер. GRNN складається з чотирьох шарів: вхідні модулі, які утворюють повний зв'язок із шаром образів; шар образів; шар підсумовування; вихідний шар. Функцією активації служить Гауссова функція. GRNN навчається з учителем.

Архітектура мережі представлена на рис. 2.2.

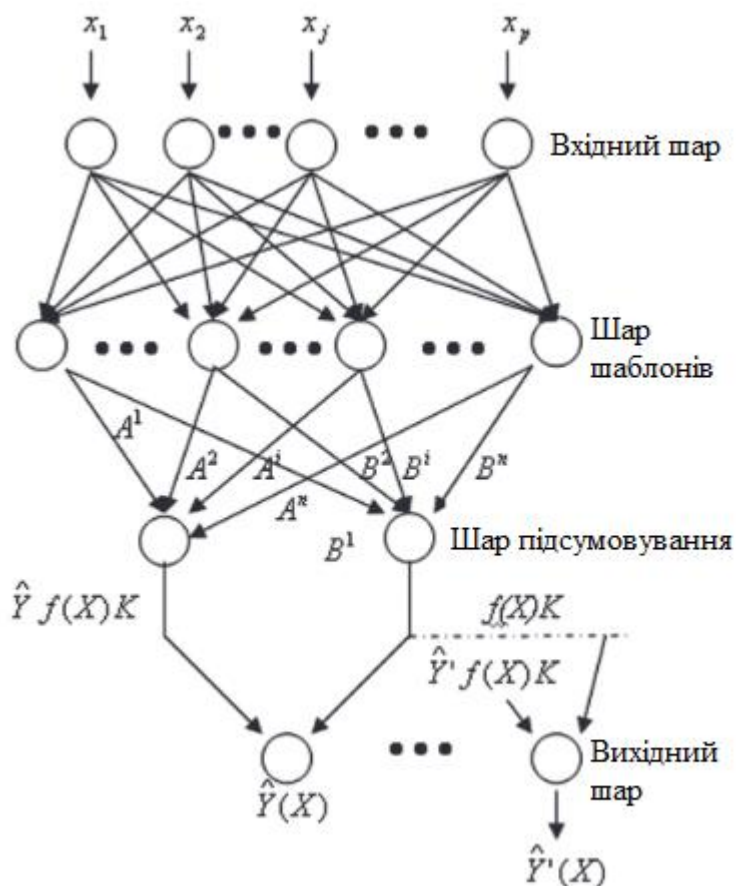


Рисунок 2.2 – Архітектура мережі GRNN

На вхідний шар подається навчальна вибірка. При цьому ваговим коефіцієнтам присвоюються значення вибірки та подаються на шар образів, у шарі образів вагові коефіцієнти проходять через функцію активації, яка має такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.2)$$

де  $D_i^2$  – квадрат Евклідової відстані;

$$D_i^2 = (X - X^i)^T (X - X^i) \quad (2.3)$$

$\sigma$  — параметр згладжування, для найрезультативнішого значення мережі вибирається в проміжку від 2 до 6. Перетворені на попередньому кроці значення подаються на шар підсумовування, що складається з двох нейронів: S-нейрон накопичує суму зважених виходів шару образів.

$$\sum_{i=1}^n Y^i \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.4)$$



$D$ -нейрон обчислює суму незважених виходів шару образів

$$\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.5)$$

У вихідному шарі розраховується виважене середнє за формулою (2.6):

$$\hat{Y}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n Y^i \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right)}{\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{D_i^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (2.6)$$

### 2.2.3 Радіально-базисна мережа (RBN)

Особливе сімейство нейронних мереж утворюють мережі з радіальною базисною функцією (РБФ-мережі), в яких приховані нейрони реалізують функції, так що центр маси обчислюється як точка, радіально зосереджена навколо вибраного центру та має значення, відмінне від нуля, лише поблизу цього центру. Подібні функції, визначені у вигляді  $\varphi(x) = \varphi(\|x - c\|)$ , називаються радіальними базисними функціями.

У мережах такого типу функція прихованого нейрона полягає у відображенні радіального простору навколо однієї конкретної точки або навколо групи цих точок, утворюючи кластер. Комбінація всіх сигналів, які надходять від усіх нейронів, виконана вихідним нейроном, дозволяє отримати повне тривимірне уявлення про простір.

Типова радіальна мережа має вхідний рівень, який подає сигнали в мережу, які описуються вхідним вектором  $x$ , прихований рівень, який містить нейрони радіального типу, і вихідний рівень, який складається з одного або кількох лінійних нейронів. Метою вихідного нейрона є виключно об'єднання зважених підсумків сигналів, створених прихованими нейронами.

Таким чином, субоптимальні рішення шукаються в менших розмірних просторах, які наближають точне рішення з достатньою точністю.

Наближений розв'язок можна отримати при обмежені  $K$  базисними функціями за допомогою :

$$F(x) = \sum_{i=1}^K \omega_i \cdot \varphi(\|x - c_i\|), \quad (2.7)$$

де  $K < p$ , а  $c_i$  ( $i = 1, 2, \dots, K$ ) – множина центрів, які потрібно визначити.

У разі, якщо прийняти  $K = p$ , можна отримати точне рішення  $c_i = x_i$ .

Завдання апроксимації радіальної базисної мережі полягає у підборі відповідної кількості радіальних функцій та їх параметрів, а також у такому підборі ваг ( $i = 1, 2, \dots, K$ ), щоб рішення рівняння (2.7) було найближчим до точного.

Проблему підбору параметрів радіальних функцій та значень вагів мережі можна зробити, знайшовши найменшу можливу суму параметрів функції:

$$E = \sum_{i=1}^p \left[ \sum_{j=1}^K \omega_j \cdot \varphi(\|x_i - c_j\|) - t_1 \right]^2, \quad (2.8)$$

де  $K$  — кількість радіальних нейронів, а  $p$  позначає кількість  $(x, t)$  пар, при цьому  $x$  є вхідним вектором, а  $t$  — його відповідне очікуване значення.

Найчастіше як радіальна функція застосовується функція Гауса. При розміщенні її центру в точці  $c_i$  вона може бути визначена як

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp \left[ -\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2} \right] \quad (2.9)$$

У цьому виразі  $\sigma_i$  – параметр, від якого залежить ширина розмаху функції.

Архітектура радіальної мережі подібна до багатошарової структури S-подібної мережі з одним прихованим шаром (рис. 2.3).

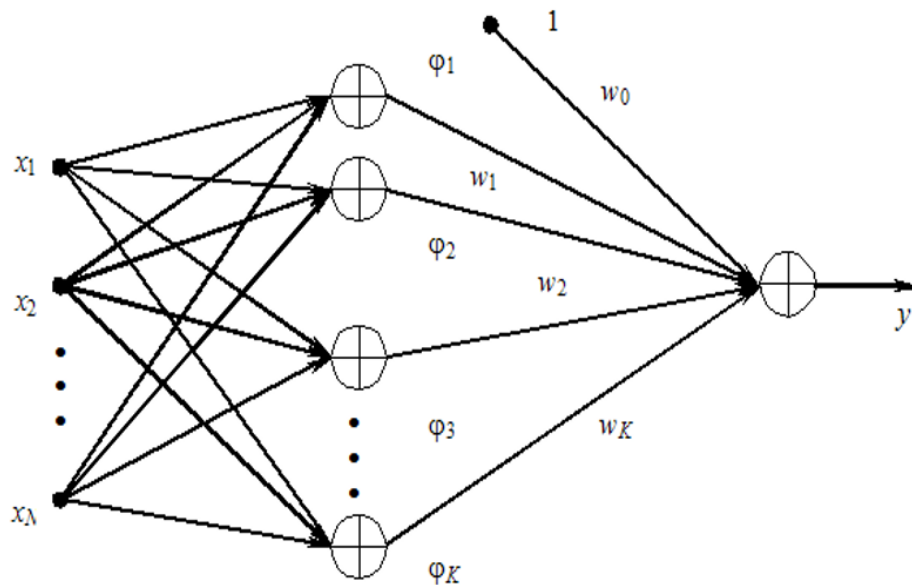


Рисунок 2.3 – Архітектура радіальних мереж

І сигмоподібна, і радіальна мережі мають один прихований вузол із фіксованою структурою. Лінійні нейрони існують на виході сигмовидних мереж, тоді як нелінійні існують у радіальних.

Одним із найпростіших, хоч і не найефективнішим, способом визначення параметрів базисних функцій вважається випадковий вибір. У цьому випадку центри  $c_i$  базових функцій вибираються випадковим чином на основі рівномірного розподілу. Такий підхід припустимий стосовно класичних радіальних мереж за умови, що рівномірний розподіл навчальних даних добре відповідає специфіці завдання.

Нейронні мережі з радіальними базисними функціями знаходять застосування як під час вирішення завдань класифікації чи апроксимації функції багатьох змінних, так і під час прогнозування, тобто у прикладних областях, у яких сигмоїдальні мережі використовуються протягом багатьох років. Вони виконують ті самі функції, як і сигмоїдальні мережі, проте реалізують інші методи обробки даних, пов'язані з локальними відображеннями. Завдяки цій особливості забезпечується значне спрощення та, як наслідок, прискорення процесу навчання.

## 2.3 Структура нейронної мережі

Для побудови структури нейронної мережі необхідно визначити вхідні та вихідні дані.

### 2.3.1 Вхідні дані

Для проведення навчання моделі прогнозування попиту необхідний певний перелік параметрів, що показаний у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вхідні дані для проведення навчання моделі прогнозування попиту на продукцію

<i>Назва параметру</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Розмір</i>
Назва навчальної моделі	string	Рядок символів Unicode
Кількість епох для навчання	int	32 біт
Кількість покупців	int	32 біт
Продукція	int	32 біт
Ціна на продукцію	double	64 біт
Знижка на продукцію	double	64 біт
Категорія продукції	int	32 біт
Період продажу продукції	DateTime	Структура

### 2.3.2 Вихідні дані

Вихідними даними системи є формування звітності у табличній та графічній формах, що містять інформацію про прогнозовані дані, кількість покупців, кількість придбаних товарів, дату продажу, загальні витрати на товар та прогнозований прибуток.

Результати формування звітності по прогнозуванню продаж продукції представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані прогнозування попиту на продукцію

<i>Назва параметру</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Розмір</i>
Період продажу	DateTime	Структура
Продукція	int	32 біт
Кількість проданої продукції	int	32 біт
Кількість продавців	int	32 біт
Кількість покупців	int	32 біт
Загальна виручка	double	64 біт
Прибуток	double	64 біт
Заклад	int	32 біт

В залежності від того, як буде навчена нейронна мережа, ми маємо можливість робити прогнозування для обраної продукції закладу обслуговування за обраний період часу.

2.4      Метод навчання нейронної мережі за допомогою алгоритму зворотного розповсюдження помилки

Алгоритм зворотнього розповсюдження помилки — популярний алгоритм навчання плоскошарових нейронних мереж прямого поширення (багатошарових персептронів). Відома техніка машинного навчання, яка використовує навчальні приклади, задані певними значеннями. Для цього методу навчання потрібен вчитель.

Основна ідея алгоритму полягає в тому, щоб використовувати вихідну помилку нейронної мережі для обчислення значення корекції ваги нейрона в його прихованому шарі.:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (y - y')^2 \quad (2.9)$$

У цьому рівнянні  $k$  є кількістю вихідних нейронів мережі,  $y$  — цільовим значенням, а  $y'$  — фактичним вихідним значенням. Алгоритм є ітераційним і використовує принцип «покрокового» навчання (онлайн-навчання), який регулює ваги нейронів мережі після застосування одного навчального прикладу до його входу.

Вагова матриця має прямий і зворотний прохід через мережу кожного разу, коли виконується алгоритм. Напрямок цих проходів змінюється залежно від просування вхідних векторів через мережу. Коли вагова матриця виконує прямий прохід, ці вектори показують поточний стан своїх значень. Помилка нейронної мережі представлена як різниця між цільовим значенням і фактичним значенням. Під час другого проходу ця помилка поширюється від виходів нейронної мережі до її входів. Індивідуальні ваги нейронів коригуються відповідно до правила:

$$\Delta w_{j,i}(n) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} \quad (2.10)$$

де  $w_{ij}$  — вага  $i$ -го зв'язку та  $j$ -го нейрона,  $\eta$  — параметр швидкості навчання, який дозволяє додатково керувати величиною кроку корекції  $\Delta w_{j,i}$ . Початковий інтервал визначається експериментально і використовується для визначення мінімальної помилки. Обраний інтервал в процесі навчання більш точно підлаштовується під цю помилку.

Враховуючи, що вихідна сума  $j$ -го нейрона дорівнює:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_{i,j} x_i \quad (2.11)$$

можна показати, що:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{i,j}} = \frac{\partial E}{\partial S_j} \frac{\partial S_j}{\partial w_{i,j}} = x_i \frac{\partial E}{\partial S_j} \quad (2.12)$$

З останнього виразу випливає, що диференціал  $\partial S_j$  активаційної функції нейронів мережі  $f(s)$  повинен існувати і не дорівнювати нулю в будь-якій точці, тобто активаційна функція має бути диференційована на всій числовій осі. Тому для застосування методу зворотного поширення використовують сигмоїдні активаційні функції, наприклад, логістичний або гіперболічний тангенс.

Таким чином, алгоритм використовує так званий стохастичний градієнтний спуск, «просуваючись» у багатовимірному просторі ваг у напрямку антиградієнта з метою досягти мінімуму функції помилки.

Для методу навчання нейронної мережі даний алгоритм був вибраний у зв'язку із стійкістю до аномалій та викидів у даних.

2.5 Метод надання підтримки для прогнозування та аналізу тенденцій за допомогою даних часових рядів.

Створення мережі, яка точно прогнозує попит на товари закладів обслуговування, вимагає ретельного і точного навчання.

При навчанні нейронної мережі навчальна вибірка формується з бази даних. Вона містить параметри, які впливають на попит товарів закладу обслуговування, а також отримані значення попиту на товари протягом вибраного періоду часу при симуляції продажу товару.

На рисунку 2.4 зображено метод надання підтримки при прийнятті рішень для прогнозування та аналізу тенденцій за допомогою даних часових рядів.

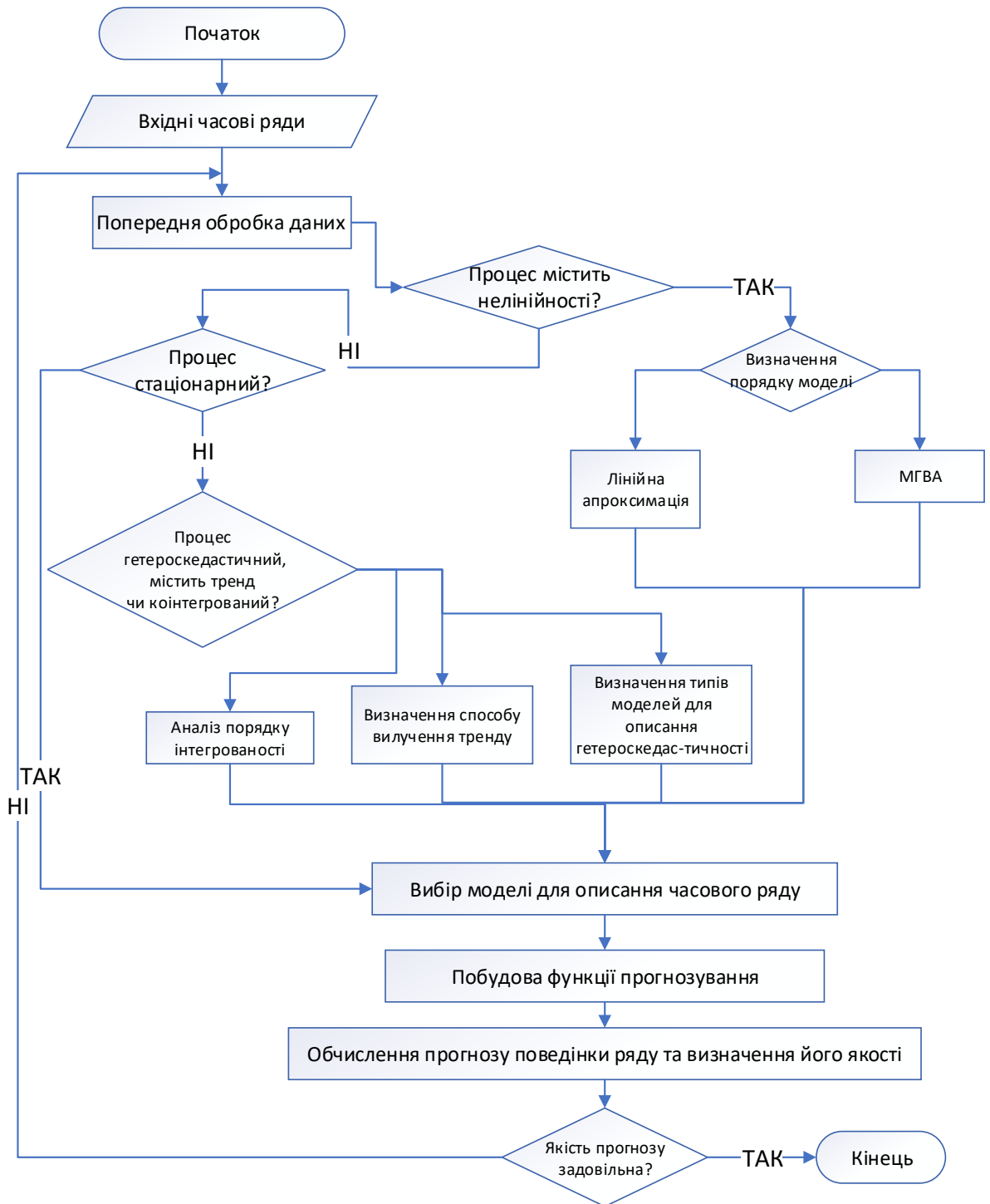


Рисунок 2.4 – Алгоритм процесу аналізу та прогнозування

Перш ніж аналізувати дані, користувач повинен виконати попередню обробку та аналіз даних. Перевірити наявність нелінійностей. Також відповісти на питання: «Чи є процес стаціонарним, гетероскедастичним?». Зробити уточнення згідно з отриманими відповідями на поставленні запитання. Після отримання моделі часових рядів розрахувати критерії її



адекватності та перейти до наступного етапу. На основі обраної моделі побудувати формулу прогнозу. Потім виконати розрахунок, щоб визначити точність прогнозу щодо майбутньої поведінки ряду. Нарешті, оцінити точність прогнозу шляхом побудови функції прогнозування. Коли особа, яка приймає рішення, зазначає, що точність прогнозу недостатня, то алгоритм розпочинається з самого початку. При досягненні необхідної точності процес завершується.

2.6 Вибір методу та нейромережі згідно досліджень та висновків за ними

Для навчання моделей процесу попиту на продукцію бізнесу обслуговування було використано вибірку Coffee shop sample data від IBM Cognos Analytics. Цей вибірковий модуль даних містить репрезентативні дані про роздрібну торгівлю для вигаданої мережі кав'ярень.

Перейдемо до побудови обраних нейронних мереж: багатошаровий перцептрон, узагальнено регресійна нейронна мережа та радіально-базисна мережа. Усі вони були побудовані за допомогою мови програмування C# та бібліотеки Accord.NET.

GNU Limited Public License версії 2.1 дозволяє громадськості переглядати вихідний код Accord.NET. Програмне забезпечення — це платформа для наукових обчислень, створена за допомогою .NET.

Платформа включає набір бібліотек, доступних у вихідному коді, а також через інсталювачі та пакети NuGet, що виконуються. Програмне забезпечення підтримує багато областей, включаючи штучний інтелект, обробку зображень, машинне навчання та нейронні мережі, а також підтримує такі бібліотеки, як візуалізація та робота з графіками. Деякі з основних областей, які він охоплює, пов'язані з лінійною алгеброю, чисельною оптимізацією та статистикою. Спочатку проект був створений для

розширення можливостей AForge.NET Framework, але з тих пір він ввімкнув AForge.NET у себе. Нові випуски об'єднали обидві платформи під назвою Accord.NET.

Для початку, розглянемо радіально базисну мережу. Було створено екземпляр RBN-мережі з чотирма вхідними вузлами (по одному на кожне вхідне значення даних), п'ятьма прихованими вузлами обробки та трьома вихідними (по одному на кожне вихідне значення даних). Найкраща кількість прихованих вузлів переважно визначається методом спроб і помилок. Вибір п'яти прихованих вузлів був довільним.

Навчання RBN-мережі проходить у три етапи. У першому визначаються центроїди. Їх можна вважати репрезентативними  $x$ -значеннями, вибраними з навчальних даних. RBN-мережа вимагає по одному центроїду на кожен прихований вузол, потрібні п'ять центроїдів. Алгоритм навчання вибирає  $x$ -значення з елементів навчальних даних.

На другому етапі визначаються інтервали ширини. Їх можна розглядати як значення, що описують відстань між центроїдами. RBN-мережа вимагає по одному значенню на кожен прихований вузол. Було обчислений єдиний загальний інтервал ширини зі значенням 3.3318 всіх п'яти прихованих вузлів замість обчислення п'яти роздільних значень.

На третьому етапі було визначено вагові значення та зміщення. Ці значення вважатимуться числовими константами. Якщо в RBN-мережі є  $NI$  вхідних вузлів,  $NH$  прихованих вузлів та  $NO$  вихідних, то необхідні  $(NH*NO)$  вагових значень та  $NO$  зсувів. Оскільки RBN-мережа має архітектуру «4-5-3», їй потрібно  $5 * 3 = 15$  вагових значень плюс три зміщення, що дає в результаті 18 вагових значень та зміщень.

При створенні багатошарового персептрона — або MLP — були додані додаткові шари вилучення. Було реалізовано три приховані шари з шарами усунення після кожного. Це дало змогу уникнути перенапруження мережі. Швидкість дії рівня є основним параметром кожного рівня, що варіюється від 0 до 1. Якщо встановлено значення 0, кожен вихід мережі скасовується, а

якщо встановлено значення 1, усі скасовані виходи множаться на  $1/(1 - \text{швидкість})$ . Інші результати залишаються без змін.

Останньою мережею була обрана узагальнено-регресійна мережа (GRNN).

Узагальнено-регресійна мережа – це свого роду нейронна мережа з радіальною базовою функцією. GRNN має сильну здатність до нелінійного відображення та швидкість навчання, а також має більш сильні переваги, ніж RBN. Мережа, нарешті, сходиться до оптимальної регресії з кластером великого розміру вибірки, коли вибіркові дані малі, ефект передбачення хороший, і він також може обробляти нестабільні дані. Хоча здається, що GRNN не має точності радіального базису, насправді вона має великі переваги в класифікації та припасуванні, особливо коли точність даних відносно низька.

GRNN – це покращена версія RBN з аналогічною структурою. Різниця в тому, що існує додатковий рівень підсумовування, і зв'язок ваги між прихованим шаром і вихідним шаром (суперпозиція методом найменших квадратів гаусових ваг) видаляється.

Навчання проходить у таких етапах:

1. Вхідний шар – вектор, розмірність  $m$ , кількість вибірок  $n$ , а лінійна функція – передавальна.

2. Прихований шар та вхідний шар повністю пов'язані, і в шарі немає жодного зв'язку. Кількість нейронів у прихованому шарі дорівнює кількості вибірок, тобто  $n$ , а передавальна функція є радіальною базовою функцією.

3. У додатковому шарі є два вузли: перший вузол – це вихідна сума кожного вузла прихованого шару, а другий – це зважена сума очікуваного результату і кожного вузла прихованого шару.

4. Виходом вихідного шару є другий вузол, поділений на перший вузол.

Кількість епох навчання всіх мереж було встановлено у 400 циклів, втім навчання припиняється якщо значення функції втрат для тестових даних не буде покращувати результат протягом 10 епох.

Як видно із табл. 2.3 фаворитом навчання стала модель GRNN. Це пояснюється тим, що дана нейрона мережа має сильну здатність до нелінійного відображення та швидкість навчання, а також має більш сильні переваги, ніж мережі із якими проводилось тестування.

Таблиця 2.3 – Результати навчання нейронних мереж

<i>Мережа</i>	<i>К-сть epoch навчання</i>	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>	<i>RMSPE</i>
RBN	153	0,2211	0,4861	2,3832
MLP	326	0,0957	0,3103	1,6298
GRNN	128	0,0869	0,2501	1,3299

Однак, як і очікувалося, більш складні мережеві структури значно збільшують час і обчислювальні ресурси, необхідні для отримання моделі.

Отже, узагальнено-регресійну мережу було збережено для подальшого використання у СППР.

Результати прогнозування за допомогою GRNN можна побачити на таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Приклад прогнозування за допомогою GRNN

Реальні значення	5426	8539	6521	5321	7388	4071	9151
Прогнозовані	5611	8456	6218	5452	7183	3981	9254

Не зважаючи на наявну похибку, результати прогнозування можна вважати прийнятними, так як вони в достатній мірі описують ситуацію відносно майбутнього попиту на продукцію бізнесу обслуговування. Також, саму похибку можна пояснити відносно обмеженою кількістю даних, які вона використовувала для навчання.

## 2.7 Висновки до розділу 2

У цьому розділі ми дослідили основну інформацію про штучні нейронні мережі та їх використання. Пояснили багато різних типів нейронних мереж, які можуть передбачити потребу в продуктах в закладах обслуговування. Також було викладено метод надання підтримки для прогнозування та аналізу тенденцій за допомогою даних часових рядів.

На завершення ми додали короткий виклад процесу дослідження; це включає представлення методології для розробки моделей-кандидатів, їх оцінки та визначення нейронної мережі для побудови системи. Найкращою моделлю нейронної мережі в дослідженні стала модель узагальненої регресії, яка в подальшому використовується для розробки інформаційної системи, і допомагає приймати рішення в сфері бізнесу обслуговування.

## 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1 Обґрунтування вибору засобів розробки

Обрано Visual Studio 2019 і С# для створення інтерфейсу користувача. Аспекти мови С#, які роблять її популярною для великих програмних проєктів[16]:

- використання професіоналами для розробки великих програмних проєктів;
- сучасна мова програмування з широким спектром застосування;
- забезпечення підтримки об'єктно-орієнтованої парадигми;
- прихильність до компонентного мислення;
- добре організована і структурована.

Завдяки цьому можна розробляти ефективні програми.

С# — це об'єктно-орієнтована мова програмування, що конкурує з традиційним мовам високого рівня, таким як С++ і Java.

.NET Framework — це безкоштовна кросплатформна платформа для розробки, яку можна використовувати для створення широкого спектру програм. Вона підтримує кілька мов і має великі бібліотеки коду, які спрощують створення програм для мобільних пристроїв, настільних комп'ютерів та веб-сервісів.

Платформа .NET була створена з наступними цілями [18]:

- функціональна сумісність;
- підтримка різноманітними інформаційними платформами;
- мовна самостійність;
- бібліотека стандартних пакетів класів;
- легкість освоєння;
- безпечність.

Нами було обрано інтерфейсну платформу .Net, а саме технологію WinForms. WinForms складно вважати застарілою. Її технології залишаються корисними для багатьох проектів розробки додатків. Сучасні IDE постачаються з широким набором інструментів, які ідеально підходять для створення індивідуального інтерфейсу. Крім того, ці програми підтримують C# і .Net, що робить їх ідеальними для створення програми, що розробляється.

Створення облікової системи для складу вимагає наявності як серверної, так і клієнтської частини програми. Обидва можуть бути створені за допомогою доступних бібліотек, простого синтаксису та доступної мови дизайну інтерфейсу користувача. Платформа .Net і C# відповідають цим критеріям. Об'єктно-орієнтований підхід дає можливість проектувати систему без додаткових витрат на розробку. Програмна платформа .Net забезпечує безпеку, ефективність і підтримку багатьох платформ. Ця платформа дає змогу додавати нові функції без збільшення загальних витрат на розробку.

Система керування базами даних Microsoft Access є частиною набору офісних програм Microsoft Office. MS Access — це система керування базами даних, яка має багато функцій, таких як сортування, підключення до зовнішніх таблиць і баз даних і виконання відповідних запитів. Нами було прийнято рішення розробки бази даних за допомогою програми Microsoft Access.

Переваги використання включають вбудовані бібліотеки, що дозволяють створювати програмиз використанням простого інтерфейсу; об'єднання всіх даних в одному файлі дозволяє створювати резервні копії та легкий доступ до них. Також виробник постійно оновлює програмне забезпечення, яке підтримує багато мов програмування; дані можна легко перемикати між форматами завдяки широкій універсальності, а наявність передових інтегрованих інструментів розробки додатків додає ще більше вподобань до цього середовища розробки. Для захисту Microsoft Access

використовує базу даних паролів; а також додаткової безпеки можна досягти за допомогою процедур VBA. Медіа не розповсюджується вільно та не є комерційним.

Оскільки СУБД Access побудована на основі реляційної моделі, вона може зберігати інформацію у своїй пам'яті, яку не потрібно дублювати. Це полегшує ефективне використання пам'яті та уникає непотрібного дублювання даних. Оскільки СУБД Access має відкритий вихідний код, немає потреби в додаткових ліцензіях для розробки чи використання. Натомість це значно здешевлює використання будь-якої системи, заснованої на цій базі даних. Це гарантує, що розроблений продукт залишається безпечним і надійним. Таким чином, СУБД Access задовольняє всі наші потреби.

Робота з базою даних вимагає створення наступних класів (рис. 3.1):

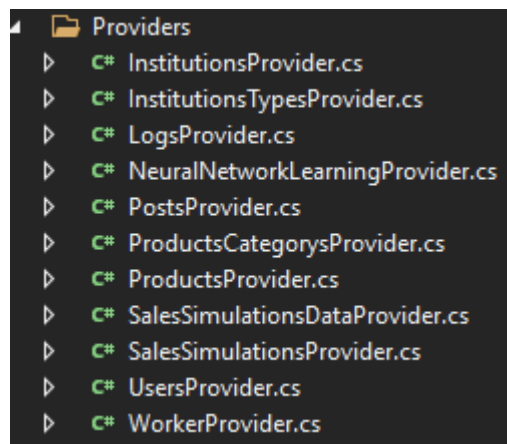


Рисунок 3.1 – Перелік класів для реалізації бази даних

Функції класу дозволяють вибирати, редагувати, вставляти та видаляти дані. Вони також дозволяють маніпулювати вибором даних із кількох таблиць.



### 3.2 Архітектура проекту

Щоб відповідати певним стандартам якості, у процесі розробки необхідно впровадити додаткові правила. Ці стандарти вимагають, щоб розроблений продукт був стабільним, гнучким, протестованим, доступним і масштабованим.

Необхідність збалансувати гнучкість і стабільність у розробці системи спонукала нас до використання шаблону Layers. Це ділить систему на дві частини: клієнт і сервер.

Дизайн системи спирається на підхід DDD і принципи SOLID [20].

Для створення покупця було обрано інтерфейс користувача Windows Forms.

Додаткові компоненти складають основу сервера, як-от:

- 1) Business Logic Layer, що надає програмі логіку та обчислення, необхідні для бізнесу.
- 2) Data Acces Layer, що є рівнем доступу до даних.
- 3) Data Base, що є базою даних для зберігання.

З огляду на всі перелічені шаблони структура цього проекту виглядає так.

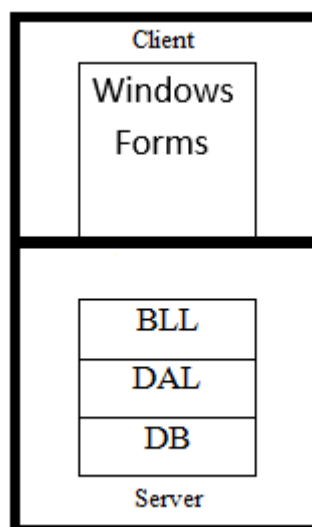


Рисунок 3.2 – Структура проекту

Компоненти мають реалізувати гнучкі контракти завдяки інтерфейсам, які вони містять.

Щоб не відставати від темпів бізнесу, що постійно змінюється, кожен компонент повинен швидко адаптуватися до нових змін. Найкраще цього досягти ми маємо змогу за допомогою шаблону Dependency Injection.

### 3.2.1 Обґрунтування особливостей розробки бази даних

Діаграма сутності-зв'язку — це тип блок-схеми, яка показує, як різні об'єкти, концепції та люди пов'язані один з одним у системі. Її часто використовуються для проектування, налаштування та впровадження реляційних баз даних у дослідженнях, освіті та розробці програмного забезпечення. Крім того, вони зазвичай використовуються в бізнес-інформаційних системах, щоб показати, як різні елементи взаємодіють один з одним.

Діаграми та моделі ER використовують стандартні символи, такі як прямокутники, ромби та овали, для представлення зв'язків, атрибутів та сутностей. Ці символи дотримуються тієї ж граматичної логіки, що й іменники та дієслова; вони відповідають структурі речення.

Діаграми структури даних, або DSD, є «родичами» діаграм ER. Замість того, щоб відображати зв'язки між окремими об'єктами, DSD відображають зв'язки між елементами в системі. ER-діаграми зазвичай додаються до DSD для візуального представлення потоку інформації в процесі або системі.

Моделі даних і ERP можуть включати до трьох рівнів деталізації.

Концептуальні моделі даних корисні, оскільки вони дають загальне уявлення про архітектуру системи. Ці моделі відображають загальну структуру моделі та всі її частини [21].

Логічне моделювання даних вимагає більш конкретної інформації, ніж концептуальна модель. Логічна модель даних містить більш детальні

операційні та транзакційні компоненти, ніж концептуальна. Його потрібно впроваджувати за допомогою технології, на якій він заснований.

Для створення баз даних потрібна суміш як технічної, так і фізичної інформації. Отже, створюючи базу даних, використовуйте як технічну, так і фізичну модель, яка буде основою для проекту.

Зазвичай легко помітити, що в проектах розробки програмного забезпечення використовуються поєднання трьох діаграм, але деякі діаграми мають схожі характеристики за розміром і деталями. Наприклад, діаграми DFD використовують той самий рівень деталізації, що й діаграми ER. Однак ці подібності не змінюють того факту, що всі діаграми DFD мають однакову базову структуру. Крім того, деякі розробники програмного забезпечення додають спеціальні ієрархії до діаграм ER, якщо дизайн їх баз даних вимагає більше рівнів інформації. Розробник може додавати нові підкласи та суперкласи шляхом розширення вгору чи вниз. Іншими словами, вони створюють нові імена груп, додаючи букву «e» до назви батьківського класу.

ER-діаграми показують зв'язки між елементами, з'єднуючи їх лініями. Вони показують лише реляційні дані, тому люди повинні розуміти, що вони призначені лише для показу зв'язків і відносин між елементами.

Діаграми ER корисні лише для представлення структурованих даних, оскільки вони вимагають поділу інформації на рядки, стовпці та поля. Будь-які дані, які не організовані таким чином, будуть марними. Це також стосується даних, які є частково структурованими. Будь-яку корисну частину даних доведеться ігнорувати.

Застосування моделей ER для інтеграції з існуючою базою даних є складним завданням через різні задіяні архітектури. Це тому, що застосування моделей ER вимагає розуміння інтеграції бази даних.

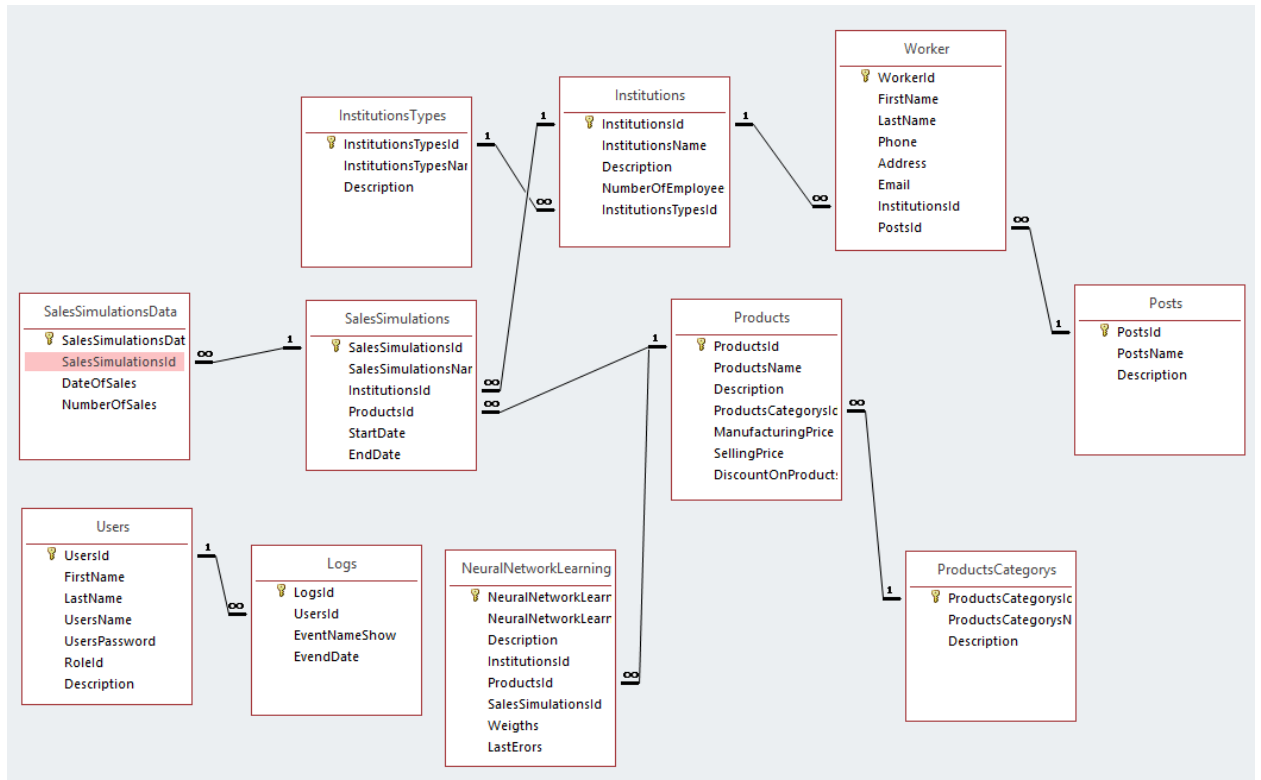


Рисунок 3.3 – ERD діаграма

Як ми бачимо на рис. 3.3 наша база даних складається із 11 сутностей. Нижче детально розглянуто атрибути та значення кожної із них.

У табл. 3.1 представлено опис атрибутів сутності «Institutions». В даній таблиці зберігається інформація про всі заклади бізнесу обслуговування.

Таблиця 3.1 – Атрибути сутності «Institutions»

№п/п	Найменування	Тип даних	Призначення
1	InstitutionsId	Автоінкремент	Ідентифікатор закладу
2	InstitutionsName	Текст	Назва закладу
3	Description	Текст	Опис закладу
4	NumberOfEmployees	Ціле число	Кількість працівників
5	InstitutionsTypesId	Ціле число	Тип закладу

Таблиця «InstitutionsTypes» містить інформацію про типи закладів бізнесу обслуговування, її атрибути зображені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Атрибути сутності «InstitutionsTypes»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	InstitutionsId	Автоінкремент	Ідентифікатор закладу
2	InstitutionsName	Текст	Назва типу закладу
3	Description	Текст	Опис типу закладу

У табл. 3.3 представлено опис атрибутів сутності «Logs». В даній таблиці зберігається інформація про активність користувачів системи.

Таблиця 3.3 – Атрибути сутності «Authorizationlog»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	LogsId	Автоінкремент	Ідентифікатор події
2	UsersId	Ціле число	Ідентифікатор користувача
3	EventNameShow	Текст	Опис системної події
4	EvendDate	Дата й час	Дата та час події

Таблиця «NeuralNetworkLearning» містить інформацію про навчання нейронної мережі, її атрибути зображені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Атрибути сутності «NeuralNetworkLearning»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	NeuralNetworkLearningId	Автоінкремент	Ідентифікатор нейронної мережі
2	NeuralNetworkLearningName	Текст	Назва нейронної мережі
3	Description	Текст	Деталі навчання нейронної мережі
4	InstitutionsId	Ціле число	Ідентифікатор закладу

Продовження таблиці 3.4

5	ProductsId	Ціле число	Ідентифікатор продукту
6	SalesSimulationsId	Ціле число	Ідентифікатор симуляції
7	Weighths	Подвійне з плаваючою крапкою	Вага нейрона
8	LastErrors	Подвійне з плаваючою крапкою	Значення останньої помилки

У табл. 3.5 представлено опис атрибутів сутності «Posts». В даній таблиці зберігається інформація про посади працівників.

Таблиця 3.5 – Атрибути сутності «Posts»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	PostsId	Автоінкремент	Ідентифікатор посади
2	PostsName	Текст	Назва посади
3	Description	Текст	Опис посади

Таблиця «Products» містить інформацію про продукції закладів бізнесу обслуговування, її атрибути зображені у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Атрибути сутності «Products»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	ProductsId	Автоінкремент	Ідентифікатор продукції
2	ProductsName	Текст	Назва продукції
3	Description	Текст	Опис продукції
4	ProductsCategorysId	Ціле число	Категорія

## Продовження таблиці 3.6

5	ManufacturingPrice	Подвійне з плаваючою крапкою	Ціна виготовлення
6	SellingPrice	Подвійне з плаваючою крапкою	Ціна продажу
7	DiscountOnProducts	Подвійне з плаваючою крапкою	Знижка на продукцію

У табл. 3.7 представлено опис атрибутів сутності «ProductsCategorys». В даній таблиці зберігається інформація про категорії продукції.

Таблиця 3.7 – Атрибути сутності «ProductsCategorys»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	ProductsCategorysId	Автоінкремент	Ідентифікатор категорії
2	ProductsCategorysName	Текст	Назва категорії
3	Description	Текст	Опис категорії

Таблиця «SalesSimulations» містить інформацію про проведення симуляції продаж у закладах, її атрибути зображені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Атрибути сутності «SalesSimulations»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	SalesSimulationsId	Автоінкремент	Ідентифікатор симуляції
2	SalesSimulationsName	Текст	Назва симуляції
3	InstitutionsId	Ціле число	Ідентифікатор закладу
4	ProductsId	Ціле число	Ідентифікатор продукції

## Продовження таблиці 3.8

5	StartDate	Дата й час	Початок періоду симуляції
6	EndDate	Дата й час	Закінчення періоду симуляції

В табл. 3.9 представлено опис атрибутів сутності «SalesSimulationsData». В даній таблиці зберігається інформація про всі згенеровані дані продажу вибраного продукту та закладу.

Таблиця 3.9 – Атрибути сутності «SalesSimulationsData»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	SalesSimulationsDataId	Автоінкремент	Ідентифікатор даних симуляції
2	SalesSimulationsId	Ціле число	Ідентифікатор симуляції
3	DateOfSales	Дата й час	Дата продаж
4	NumberOfSales	Ціле число	Кількість продаж

Таблиця «Users» містить інформацію про користувачів системи, її атрибути зображені у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Атрибути сутності «Userinfo»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	UsersId	Автоінкремент	Ідентифікатор користувача
2	FirstName	Текст	Ім'я користувача
3	LastName	Текст	Прізвище користувача
4	UserName	Текст	Ім'я користувача в системі



## Продовження таблиці 3.10

5	UsersPassword	Текст	Пароль
6	RoleId	Ціле число	Ідентифікатор ролі
7	Description	Текст	Додатковий опис

В табл. 3.11 представлено опис атрибутів сутності «Worker». В даній таблиці зберігається інформація про всіх працівників закладів обслуговування.

Таблиця 3.11– Атрибути сутності «Worker»

<i>№п/п</i>	<i>Найменування</i>	<i>Тип даних</i>	<i>Призначення</i>
1	WorkerId	Автоінкремент	Ідентифікатор працівника
2	FirstName	Текст	Ім'я працівника
3	LastName	Текст	Прізвище працівника
4	Phone	Текст	Номер телефону
5	Address	Текст	Адреса
6	Email	Текст	Електронна адреса
7	InstitutionsId	Ціле число	Ідентифікатор закладу
8	PostsId	Ціле число	Ідентифікатор посади

## 3.2.2 Обґрунтування розробки Business Logic Layer

Бізнес-логіка — це набір правил, принципів і залежностей, які керують поведінкою об'єктів у певній сфері людської діяльності. Ось чому бізнес-логіка називається реалізацією правил і обмежень для автоматизованих операцій. Бізнес-логіка — це правила, яким повинні відповідати дані конкретної предметної області. Її називають логікою домену, оскільки вона є синонімом цього терміна.

Бізнес-логіка передбачає реалізацію певної предметної області в інформаційній системі. Зазвичай цей рівень містить формули для розрахунку щомісячних внесків із кредитів, автоматичне надсилання електронних повідомлень менеджеру проекту, відмову від готелю при скасуванні рейсу авіакомпанією тощо. Багато функцій бізнес-логіки передбачають автоматичне надсилання повідомлень електронної пошти керівнику проекту після виконання частин завдання працівниками, які стоять нижче за них в ієрархії управління проектом.

Бізнес-вимоги розробляються та вдосконалюються шляхом створення бізнес-моделей. Це досягається за допомогою певної логіки, яка представлена вигляді ієрархії. Концепти створюють концептуальні аналітичні моделі предметного поля, також відомі як онтологія. Для компаній правила є частиною їх повсякденної діяльності. Діаграми для конкретних видів діяльності називаються діаграмами діяльності при цьому вони містять діаграми та графіки відповідно до звітів про перехід станів.

Моделі бізнес-процесів використовуються для пояснення відповідних бізнес-процесів. Перед проектуванням системи дизайнери використовують діаграми на уніфікованій мові моделювання або подібній до неї для представлення бізнес-логіки. Під час програмування системи програмісти використовують класи та методи для представлення бізнес-логіки. Різні мови програмування використовують різні підходи — одні використовують об'єктно-орієнтовані методи програмування, а інші — процедурні методи програмування.

Багаторівнева інформаційна система має два або більше шарів інфраструктурних послуг, що чергуються. Перший рівень взаємодіє з інфраструктурними службами нижчого рівня, такими як база даних або файлова система. Він також взаємодіє з Data Access Layer, який взаємодіє зі службами додатків, і User Interface Layer. Останній рівень інтерфейсу — це рівень інтерфейсу користувача, який взаємодіє із зовнішніми системами або системами, призначеними для використання людиною.

BLL займається бізнес-питаннями, які не пов'язані з базою даних чи інтерфейсом користувача. Третій рівень містить клас Neurons Business Logic Layer, представлений зображенням на рис. 3.4. Цей клас реалізує пошук і генерацію звітів за допомогою нейронів.

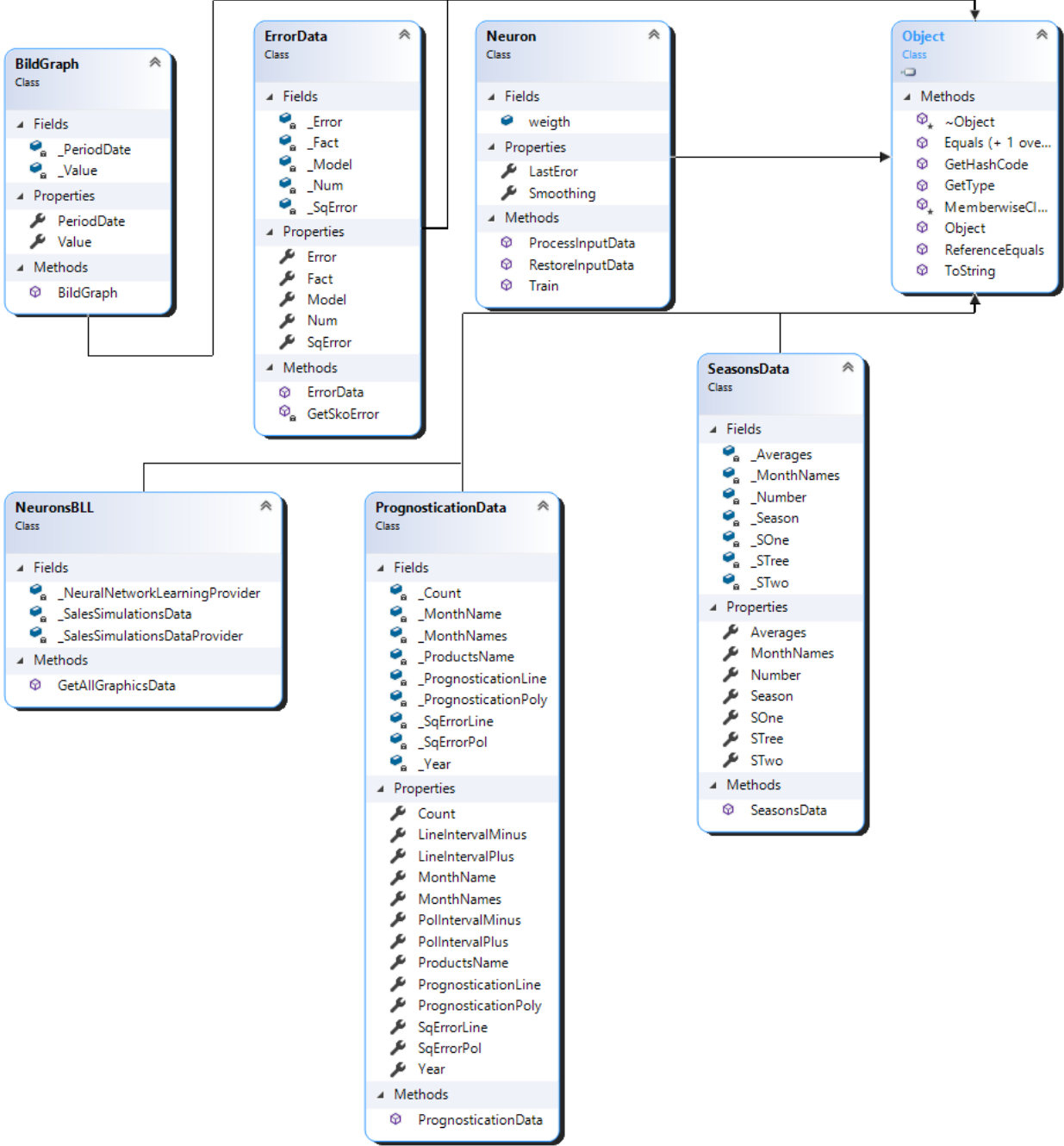


Рисунок 3.4 – Діаграма класу BLL «Система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування»

У класі «NeuronsBLL» реалізовано публічний метод «GetAllGraphicsData», що повертає дані для зображення графіку прогнозованих даних.

На рис. 3.5 показано діаграму класів домену, що створена шляхом організації таблиць у певні класи. Ці класи спрощують обробку даних, надаючи зручний доступ до таблиць у конкретних базах даних.

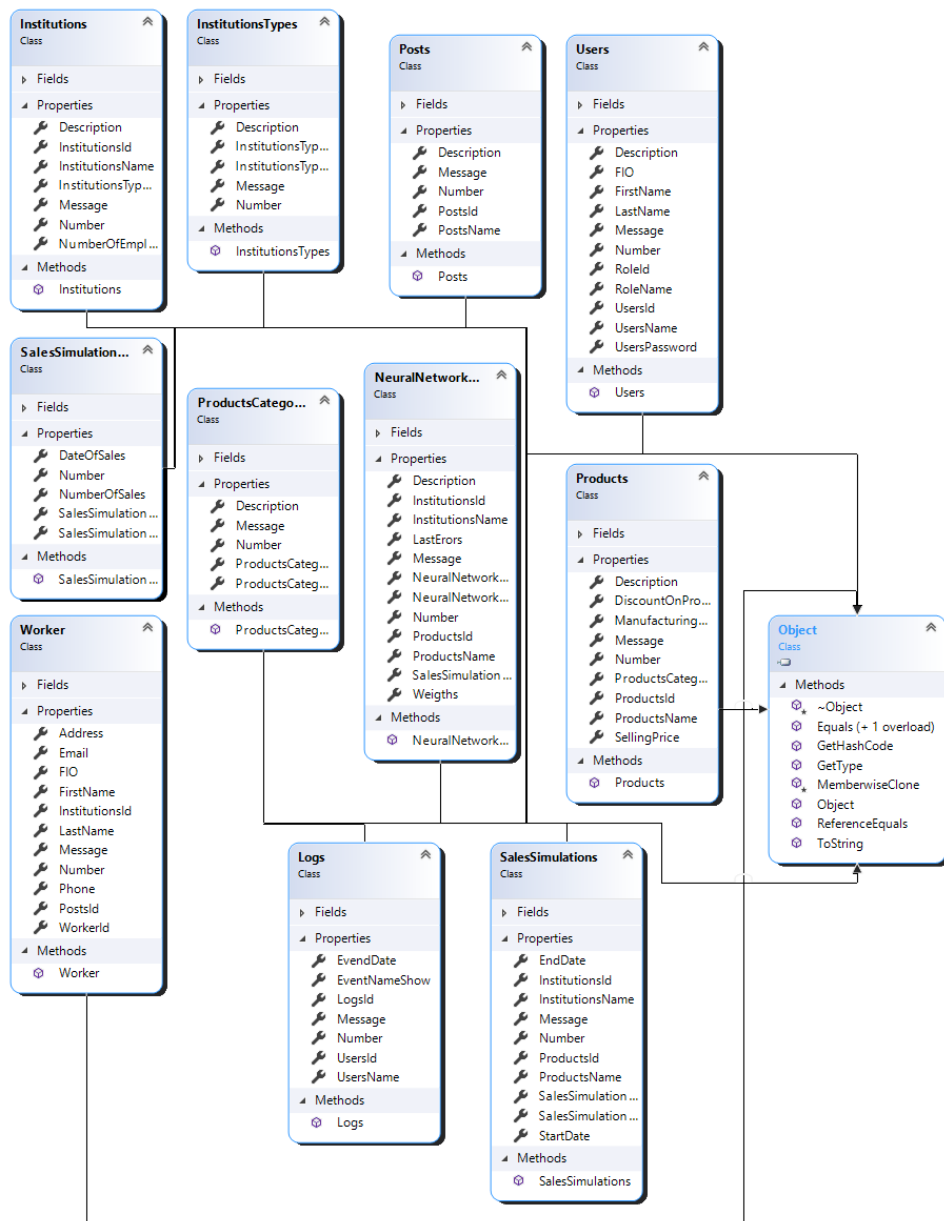


Рисунок 3.5 – Діаграма класів домену

### 3.2.4 Обґрунтування розробки рівня User Interface

Додавання інтерактивності до веб-сайту або інтерфейсу користувача програми досягається за допомогою елементів User Interface, таких як кнопки, параметри меню, прапорці та смуги прокрутки. Вони називаються елементами інтерфейсу і створюються розробниками програмного забезпечення.

Щоб забезпечити узгодження, програмне забезпечення використовує візуальну мову, що міститься в інтерфейсі користувача. Це робить програму легкою для розуміння та навігації будь-кому.

У програмах елементи інтерфейсу користувача належать до однієї з чотирьох груп: Input Controls, Navigation Components, Informational Components, Containers.

Створення класичних програм за допомогою Visual Studio вимагає використання платформи Visual Forms, яка доступна користувачам через пакет Windows Forms. Цей інтерфейс робить створення програм простим і ефективним.

На рис 3.6 зображено схему «Системи підтримки прийняття рішень у сфері обслуговування» з правами системного адміністратора.

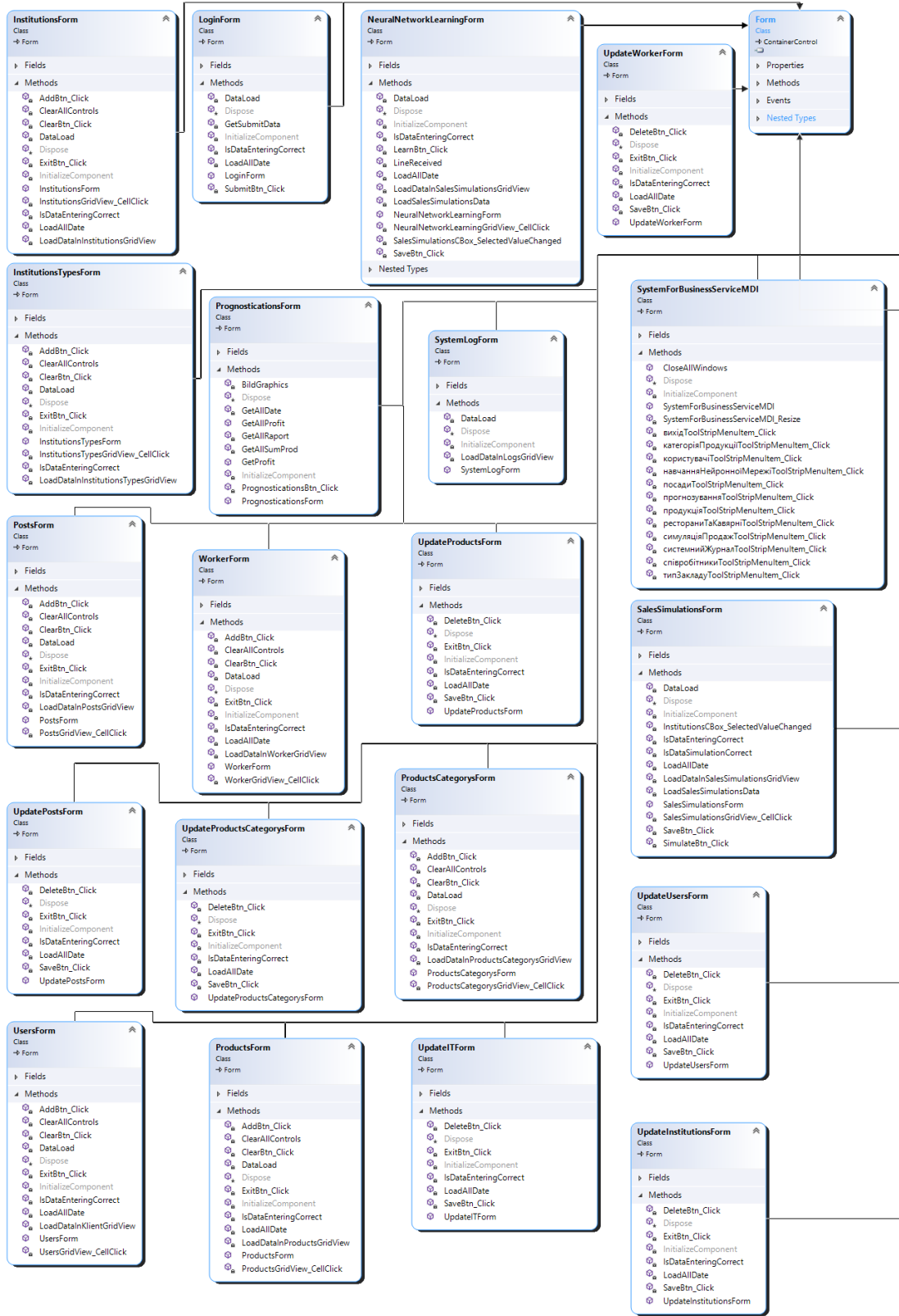


Рисунок 3.6 – Діаграма інтерфейсу програми «Система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування»

### 3.2.5 Обґрунтування розробки Data Access Layer

Data Access Layer — це рівень комп'ютерної програми, який забезпечує простий доступ до даних, що зберігаються в постійному сховищі, такому як реляційна база даних. Ця аббревіатура часто використовується в середовищі Microsoft.NET.

В об'єктно-орієнтованому програмуванні Data Access Layer повертає атрибути об'єкта замість рядка даних із таблиці бази даних. Це дозволяє реалізувати більш абстрактні клієнтські модулі для користувача, який його використовує. Для цього створюється клас із методами доступу до даних, які безпосередньо посилаються на відповідні процедури бази даних. Цей рівень приховує основну складність сховища даних, реалізуючи іншу опцію, яка може отримувати або записувати записи з файлової системи.

Замість надання конкретних команд, таких як «створити, видалити або оновити» для таблиці, програмісти можуть створювати класи зі збереженими процедурами, які вони можуть викликати для виконання своїх завдань. Це дозволяє їм отримати доступ до об'єкта, який містить запитувані дані, або виконати дії створення, видалення й оновлення за допомогою простих функцій на рівні доступу до даних.

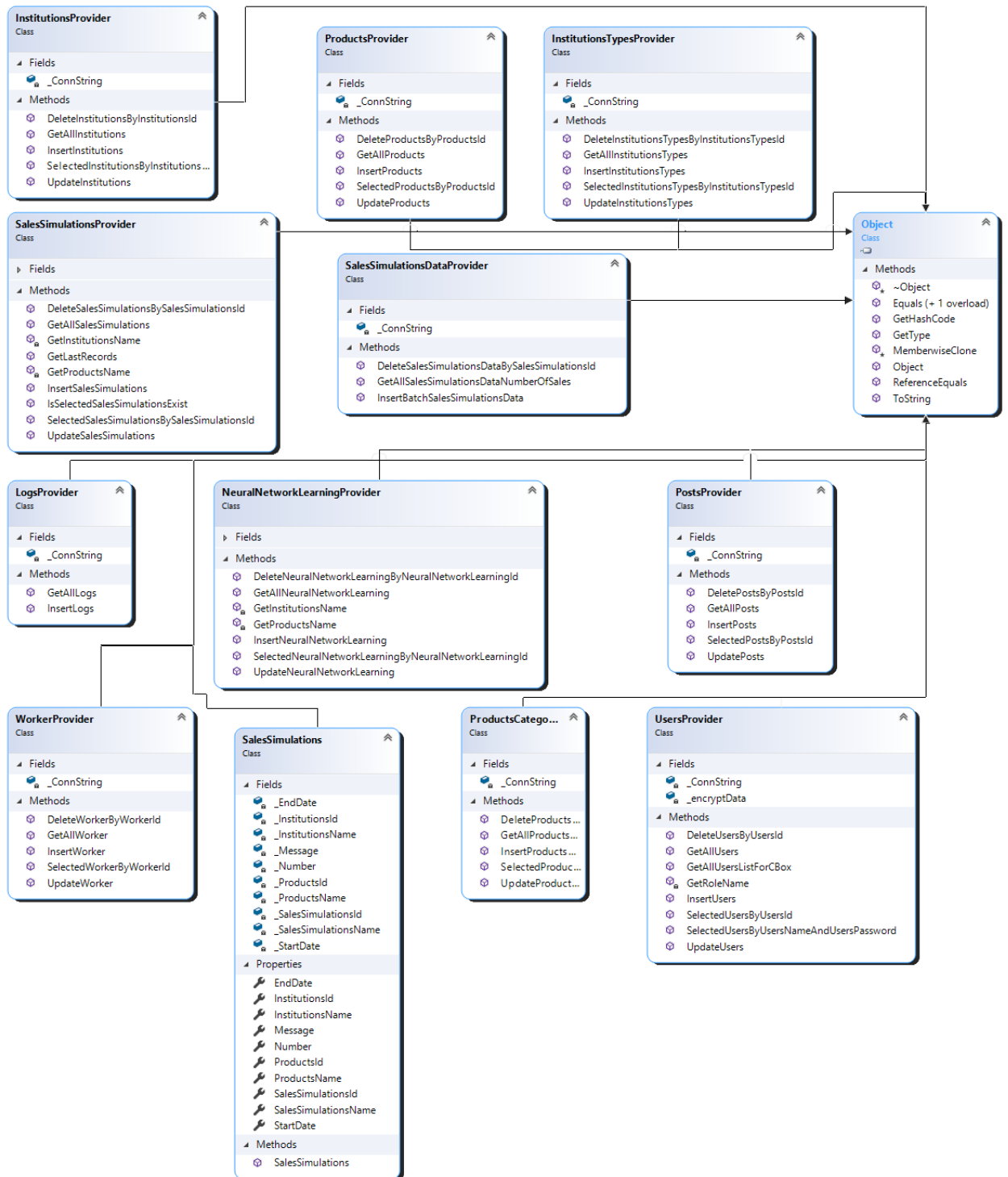


Рисунок 3.7 – Діаграма станів з визначенням методів взаємодії з базою даних



### 3.3 Інструкція користувача

На початку необхідно запустити додаток «Система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування». Після запуску програми відобразиться вікно з проханням ввести логін і пароль.

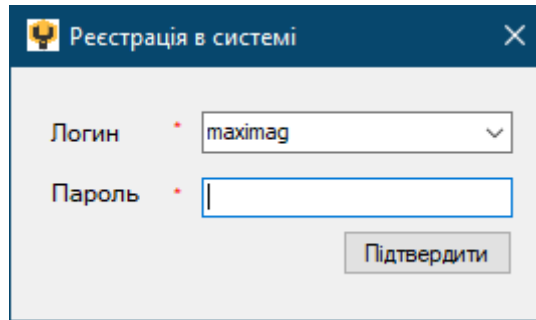


Рисунок 3.8 – Вікно реєстрації для користувача у системі

При некоректному вводі даних, програма буде попереджувати про це користувача відповідним повідомленням.

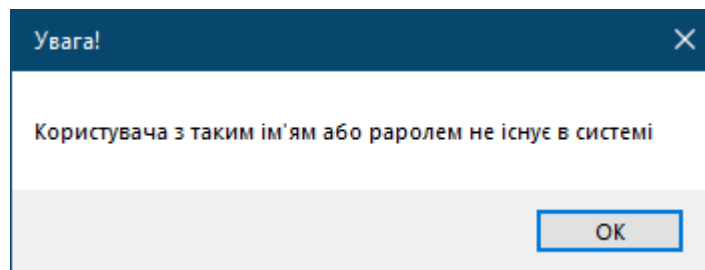


Рисунок 3.9 – Повідомлення про некоректне заповнення поля

При введенні даних програма автоматично поміщає їх у верхній частині списку. Крім того, користувачі можуть вибрати назву з випадаючого списку.

Головне вікно програми, що меню з можливістю використання всього функціоналу, з'являється після ідентифікації користувача системи.

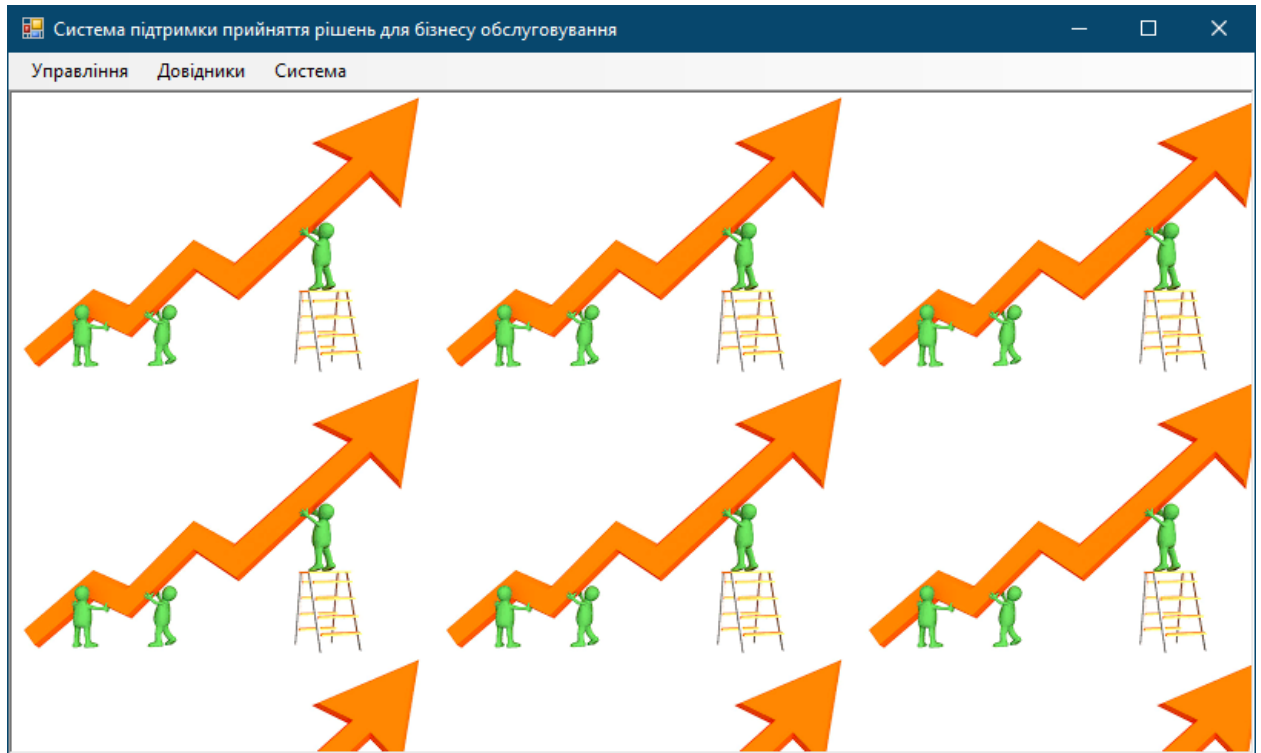


Рисунок 3.10 – Вікно доступу до функціоналу програми

Щоб здійснити прогнозування попиту на обраний товар бізнесу обслуговування необхідно наповнити інформаційну систему, а саме інформацією про категорії продукції, продукцію, заклади обслуговування, типи закладів, співробітників та їх посади.

Ви можете змінювати та видаляти дані про категорії товарів, товари, заклади обслуговування та їх типи, співробітників та їх посади.

Спочатку потрібно додати інформацію про тип закладу обслуговування. Для цього необхідно зайти в меню програми «Довідники» і обрати «Тип закладу обслуговування», після чого з'явиться відповідне вікно, як показано на рис. 3.11.

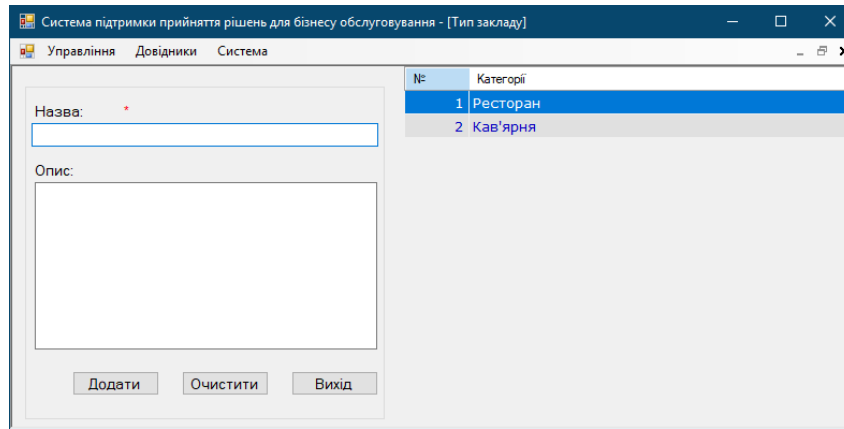


Рисунок 3.11 – Типи закладів бізнесу обслуговування

На рис 3.12 зображено вікно для редагування даних про заклади.

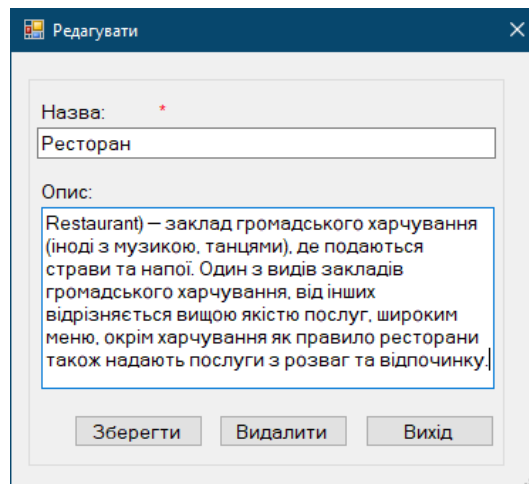


Рисунок 3.12 – Вікно для редагування даних типу закладу

Додавання інформації про самі заклади бізнесу обслуговування здійснюється при переході по меню програми «Довідники» → «Заклади обслуговування», що показано на рис. 3.13.

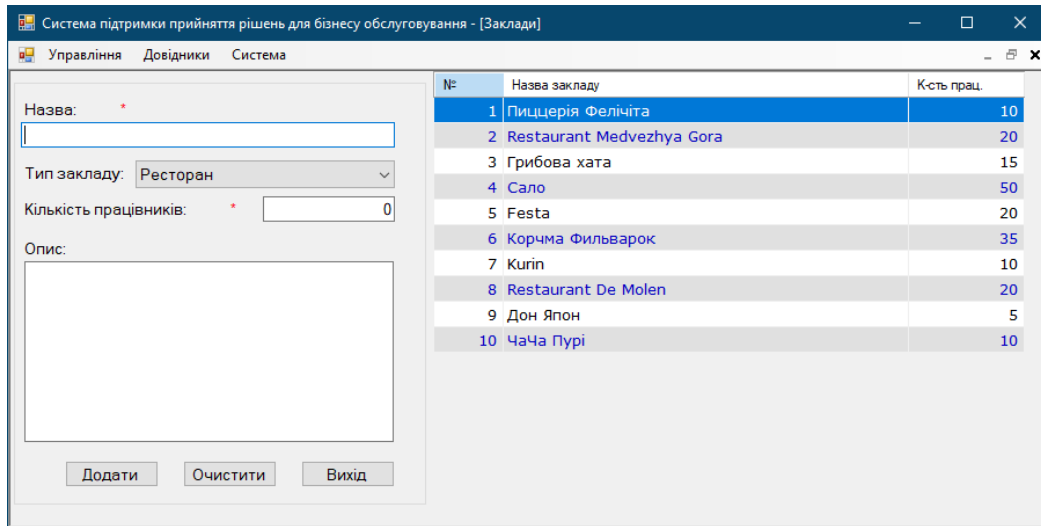


Рисунок 3.13 – Вікно для опрацювання закладів бізнесу обслуговування

Щоб додати інформацію про співробітника, необхідно зайти в меню програми «Довідник» і обрати з переліку «Співробітник», у відповідному вікні ввести всі необхідні дані про співробітника (рис. 3.14) і натиснути кнопку «Додати». Новий співробітник з'явиться у списку всіх співробітників у правій частині екрану.

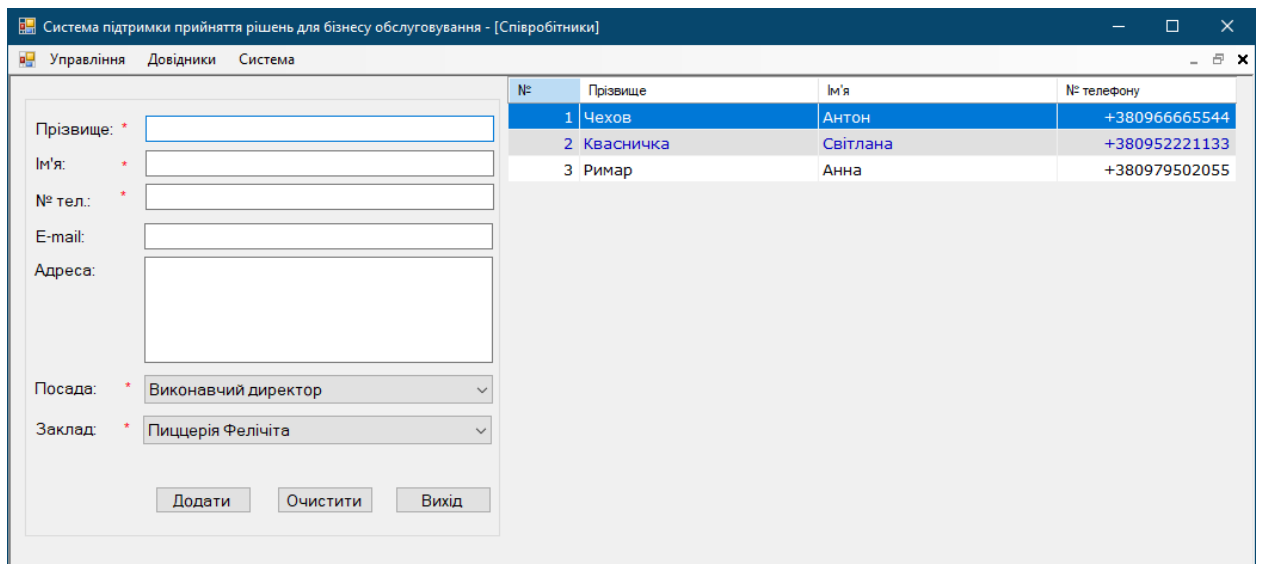
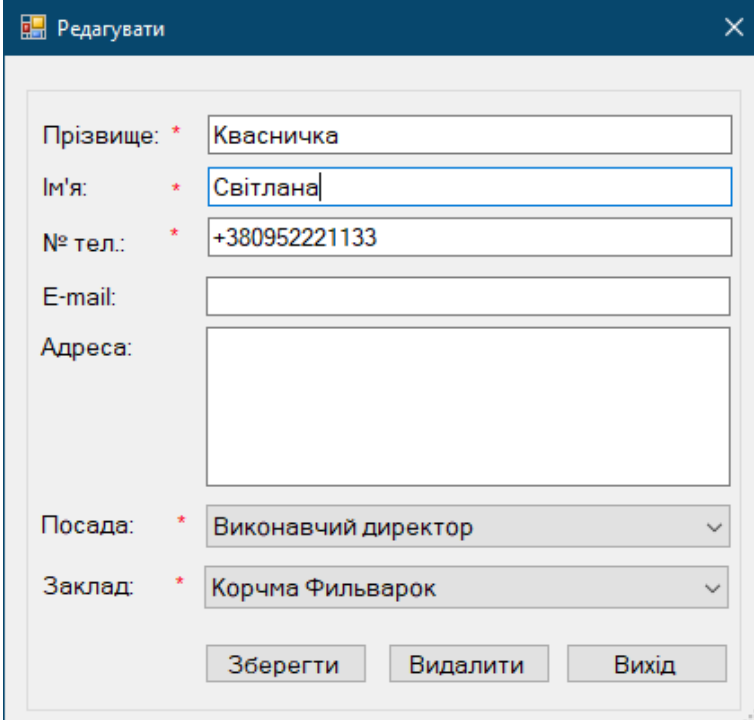


Рисунок 3.14 – Вікно для опрацювання даних про співробітників

На рис 3.15 зображено вікно для редагування даних про співробітників.



The image shows a Windows-style dialog box titled "Редагувати" (Edit). It contains several input fields and dropdown menus. The fields are: "Прізвище:" (Last Name) with the value "Квасничка"; "Ім'я:" (Name) with the value "Світлана"; "№ тел.:" (Phone Number) with the value "+380952221133"; "E-mail:" (empty); "Адреса:" (Address) (empty). Below these are two dropdown menus: "Посада:" (Position) with the selected value "Виконавчий директор" and "Заклад:" (Branch) with the selected value "Корчма Фільварок". At the bottom of the dialog are three buttons: "Зберегти" (Save), "Видалити" (Delete), and "Вихід" (Exit).

Рисунок 3.15 – Вікно для редагування даних співробітників

Той самий процес використовується для редагування інформації про товари та їх типи, а також про посади співробітників.

Програма дозволяє виконувати основні функції після завершення наповнення програми даними. Вони включають навчання нейронної мережі шляхом збору даних із симуляції продажів продукції та прогнозування з використанням даних, зібраних за допомогою цих симуляцій.

Для проведення симуляції продажів необхідно увійти в меню програми «Управління» і обрати «Симуляція продажів», після чого з'явиться вікно, зображене на рис. 3.16. Після встановлення параметрів прогнозування, таких як: заклад обслуговування, товар і період продажів, потрібно натиснути «Симулювати», після чого програма згенерує продажі продукту вибраної організації для вибраного продукту.

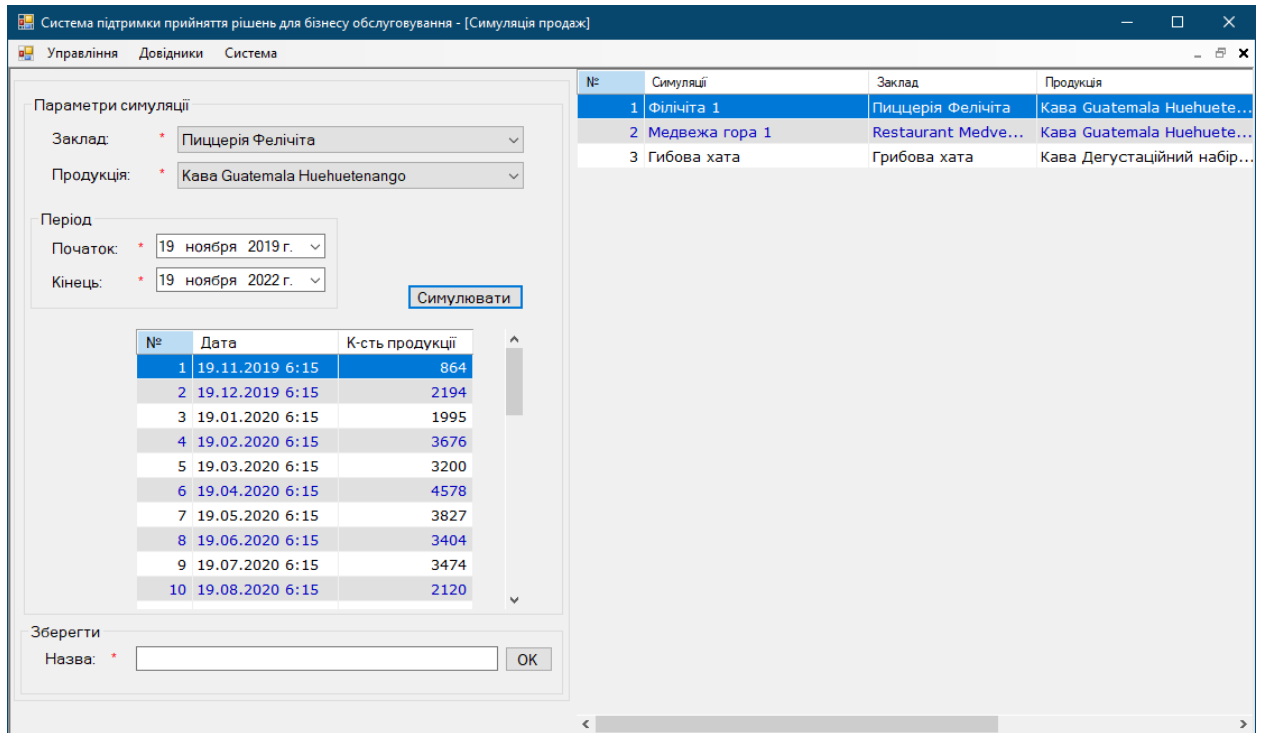


Рисунок 3.16 – Вікно для проведення симуляції продаж

Завршивши цей процес, дане зберігаюьбся шляхом вводу назви для збереження у зазначене поле на екрані.

Далі відбувається навчання нейронної мережі:користувач системи обирає «Управління» в головному вікні програми та з переліку обирає пункт «Навчання нейронної мережі», після чого з'явиться вікно, зображене на рис. 3.17. Користувач обирає необхідну симуляцію продажів і натискає «Навчати».

Наступним вікном є повідомлення про успішне навчання нейронної мережі.

Дані, утворенні цим процесом, також можна зберегти. Користувач присвоює назву проведеному навчанню та натискає кнопку «ОК», після чого програма додає дані про навчання у базу даних.

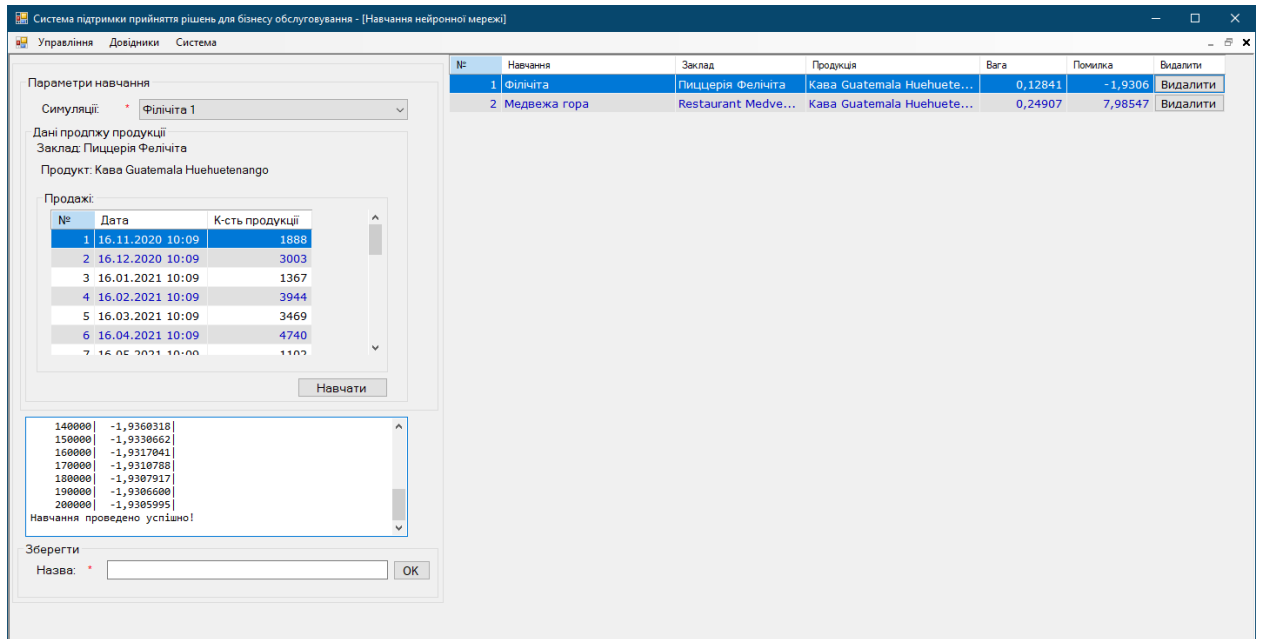


Рисунок 3.17 – Процес навчання нейронної мережі для подальшого прогнозування

Після збереження даних користувач прогнозує попит на відповідний товар. Для цього йому необхідно в головному вікні програми обрати «Управління» і натиснути «Прогнозування» з переліку. Після чого з'явиться вікно, зображене на рис. 3.18. Для прогнозування необхідно обрати параметри та натиснути «Прогнозувати».

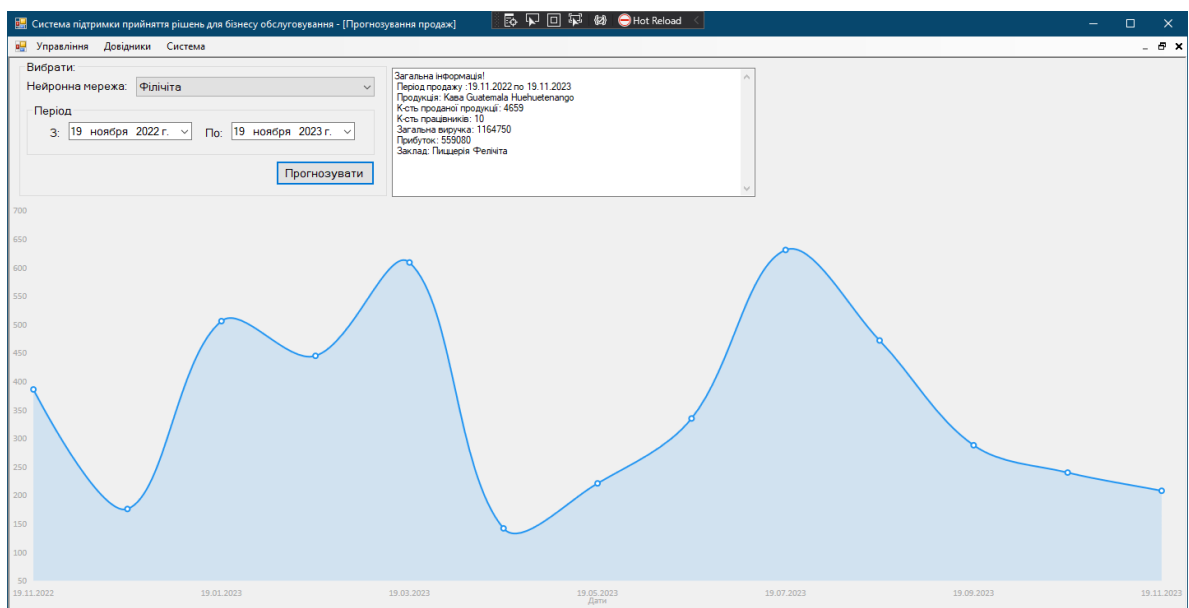


Рисунок 3.18 – Вікно для здійснення прогнозування

Також програма відображає додаткові дані після завершення прогнозування, а саме період продажу, назва товару, інформація про кількість проданих товарів, інформація про кількість працівників закладу, загальна виручка та прогнозований прибуток.

Незважаючи на те, що функціональні можливості цього програмного забезпечення обмежені, його зручний інтерфейс полегшує використання.

Тестування програми не виявило жодних технічних проблем і несподіваних результатів.

#### 3.4 Особливості програмної реалізації алгоритму прогнозування продаж

Діаграма класів використовуваних для роботи алгоритму прогнозування представлена на рис. 3.19.

Клас `ErrorData` використовується для розрахунку і зберігання даних з помилками прогнозування.

Клас має наступні публічні властивості:

`int Num` – номер періоду;

`double Fact` – фактичне значення продажів за даний період;

`double Model` – розрахункове значення моделі за даний період;

`double Error` – помилка моделі (фактичне значення мінус значення моделі);

`double SqError` – середньоквадратична помилка.

Розрахунок значення середньоквадратичної помилки здійснюється за допомогою методу, код якого представлено в лістингу А.1.



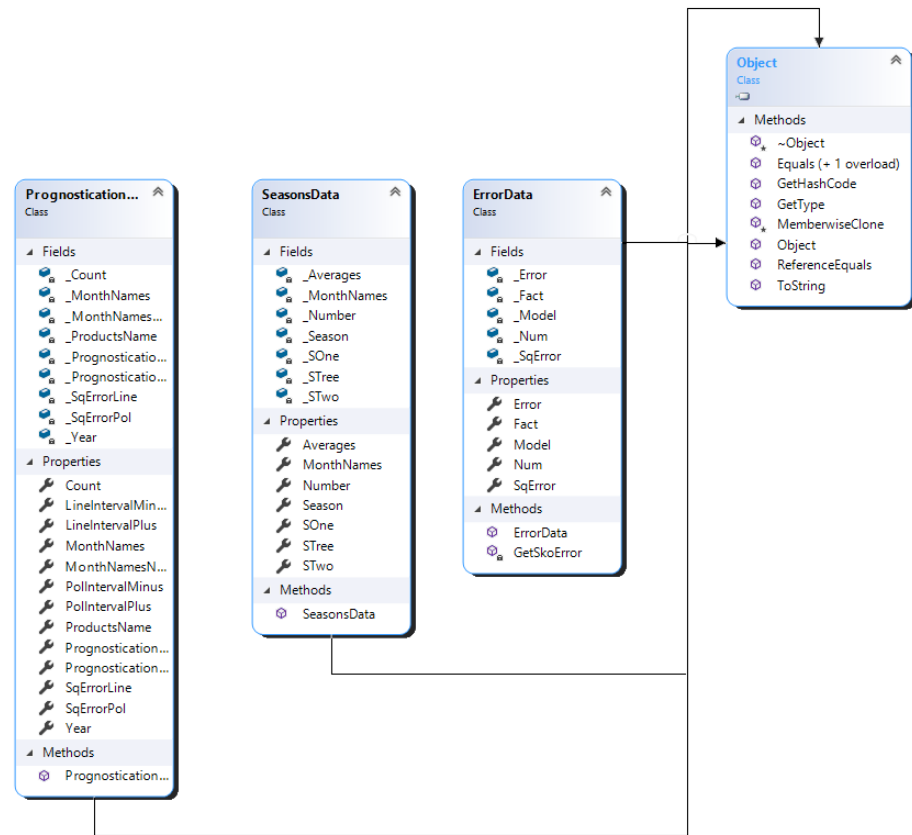


Рисунок 3.19 – Діаграма класів для роботи алгоритму прогнозування

Клас `PrognosticationData` містить результати прогнозування, а саме містить наступні публічні властивості:

`string MonthName` – назва місяця;

`int MonthNames` – номер місяця;

`int Year` – рік;

`string ProductsName` – назва продукції;

`int Count` – фактичне значення продаж за місяць;

`double PrognosticationLine` – прогнозоване значення лінійної моделі;

`static double SqErrorLine` – квадратична помилка лінійної моделі;

`double PrognosticationPoly` – прогнозоване значення поліноміальної моделі;

`static double SqErrorPol` – квадратична помилка поліноміальної моделі.

Для розрахунку довірчих інтервалів реалізовані наступні автовластивості, що показані в лістингу А.2.

Клас SeasonsData містить дані розрахунку сезонної компоненти та реалізує наступні властивості:

int Number – номер періоду;

string MonthNames – назва місяця;

double SOne – сезонна компонента першого року;

double STwo – сезонна компонента другого року;

double STree – сезонна компонента третього року;

double Averages – середнє значення сезонної компоненти за період;

double Season – обчислене значення сезонної компоненти.

Для роботи алгоритму прогнозування необхідні дані за минулі періоди.

При виборі товару здійснюється вибірка даних із бази даних. В результаті виконання запиту виходить список сумарних продаж, що згрупований по роках і місяцях продажів.

Наступний етап роботи алгоритму прогнозування передбачає отримання рівняння лінійного і поліноміального тренда. Для цих цілей в програмі використовуються класи бібліотеки для наукових обчислень Accord.NET. Код отримання рівнянь тренда за допомогою даної бібліотеки представлений в лістенінгу А.3.

На наступному кроці алгоритму виробляється обчислення сезонної компоненти моделі. Код методу, що реалізує даний крок, представлений в лістенінгу А.4.

З значення продажів за місяць віднімаються значення, обчислені за допомогою рівняння тренду. Сезонні компоненти обчислюються для кожного року лінійної і поліноміальної моделі.

На наступному кроці роботи алгоритму обчислюються дані для розрахунку помилки моделі. Код, який реалізує даний крок представлений у лістенінгу А.5. Метод обчислює місячні значення продажів отримані за допомогою рівняння тренда, скориговані сезонною компонентою за даний період. Далі за допомогою методу LINQ проводиться розрахунок середньоквадратичної помилки кожної моделі.

Після обчислення помилки алгоритм реалізує прогнозування значень продажів на наступний рік. Код, який реалізує фінальний крок алгоритму представлений у лістингу А.6. Для обчислення прогнозного значення дані, обчислені за допомогою рівняння тренду за прогнозований період, складаються зі значенням сезонної компоненти в даний період. У класі `PrognosticationData`, після заповнення полів даними, на підставі значень середньоквадратичної помилки обчислюються довірчі інтервали кожної моделі.

### 3.5 Процедура розгортання програмного забезпечення

Програмний продукт розгортається як окрема програма, встановлена на комп'ютері користувача.

Програму слід розмістити в каталозі під назвою, наприклад, «Система підтримки прийняття рішень для закладів обслуговування». З кореневого каталогу проекту скопіюйте папку «Debug». Щоб підтвердити запуск програми, натисніть ліву кнопку миші та двічі клацніть файл «`SystemForBusinessService.exe`» для Windows у системі.

Протокол запуску програми використовує стандартні методи Windows.

### 3.6 Висновки до розділу 3

Нами було розроблено систему підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування за допомогою мови програмування `C#` у середовищі Visual Studio 2019.

Поставлені задачі були реалізовані шляхом наступних функціональних вимог:

- створення, редагування та видалення облікових засобів користувачів;
- створення, редагування та видалення даних співробітників;
- створення, редагування та видалення даних про посади співробітників;
- створення, редагування та видалення даних про категорій товарів;
- створення, редагування та видалення даних про товари;
- створення, редагування та видалення даних про заклади обслуговування;
- створення, редагування та видалення даних про типи закладів обслуговування;
- симуляція продажів товарів у закладах обслуговування;
- навчання нейронної мережі на основі даних з проведеної симуляції;
- прогнозування попиту на обраний товар протягом обраного періоду часу;

доступ до звітності про активністів користувачів у системі.

## 4 РОЗРОБКА ВЛАСНОГО СТАРТАП ПРОЕКТУ

Сучасне бізнес-середовище характеризується економічною нестабільністю та дедалі гострішою конкуренцією, що висуває підвищені вимоги до ефективності та якості прийняття рішень на всіх рівнях управління бізнесом. Підтримка прийняття рішень – це використання інтелектуальних методів і засобів аналізу даних з метою отримання актуальної вичерпної інформації про стан і тенденції розвитку бізнесу. При цьому кількість інформації, яку необхідно враховувати для прийняття максимально зваженого рішення, постійно зростає.

Метою створення системи стало підвищення ефективності процесу керування для бізнесу обслуговування, а саме прогнозування попиту на обрану продукцію.

Більшість з сфери обслуговування використовують програмне забезпечення задля організації введення бухгалтерського обліку. Не використовуючи переваги сучасних технологій підприємці прагнуть замінити паперовий документообіг на електронний.

Підприємці малого бізнесу не є обізнаними в сфері інформаційних технологій, тому навіть не замислюються про використання можливостей інтелектуального аналізу даних для реалізації бізнес-процесів.

Все це означає, що проблема, яку вирішує стартап, є актуальною. І тому проект може досягнути успіху на ринку та стати основним вибором для переважної кількості цільової аудиторії.

### 4.1 План розробки стартапу та масштабування його на ринок

Ми надамо програму розвитку стартапу і виведення його на ринок.

По-перше, необхідно провести маркетинговий аналіз, який включає:

- конкурентний аналіз для розуміння існуючих підходів, які люди використовували для вирішення проблем;
- формування концепції самого проекту та підбір цільової аудиторії;
- розроблення стратегії виведення продуктів на ринок на основі аналізу ринкового середовища.

Наступний крок – організація стартап-проекту. Завдання до виконання:

- розроблення загального плану і утвердження графіку розробки та випуску продукту;
- планування обсягу виробництва та підрахунок потенційних ресурсів, що необхідні для виконання плану;
- розрахунок витрат на реалізацію проекту та запуск проекту.

Надалі є необхідність проведення фінансово-економічного аналізу та оцінення ризиків запуску проекту:

- визначити розмір інвестиційних втрат;
- розрахувати основні фінансово-економічні показники проекту (собівартість, ціну продукту/послуги, податковий збір та чистий прибуток) та визначити показники інвестиційної привабливості проекту (рентабельність продажів, період окупності проекту);
- визначити основні ризики проекту та способи для їх уникнення.

Фінальним етапом являється розробка заходів з комерціалізації продукту. Це є важливим для їх масштабування.

Для залучення інвесторів та пошуку різних шляхів фінансування проектів необхідно:

- дослідити інтереси потенційних інвесторів;
- скласти інвестиційну пропозицію, яка містить опис продукту, а також можливі шляхи його розвитку та розповсюдження;
- обрати спосіб взаємодії з потенційно зацікавленими особами.

## 4.2 Опис ідеї стартап-проекту

Стартап-проект полягає у прогнозуванні попиту на продукцію у ресторанах та кав'ярнях, проведення експериментів, знаходження оптимальних значень параметрів (кількості проданої продукції, максимальної знижки, цін на продукцію) для отримання максимального прибутку від проданої продукції; на основі отриманих даних створення стратегії розвитку, що підвищить економічну ефективність та рентабельність бізнесу в цілому. У таблиці 4.1 наведена інформаційна карта стартапу.

Таблиця 4.1 – Інформаційна карта стартап-проекту

Назва проекту	NOTApp – Not typical application
Автори проекту	Маренич Марія Сергіївна
Коротка анотація	Додаток призначений для оптимізації управління бізнес-процесами у сфері обслуговування та підвищення економічної ефективності і прибутковості бізнесу.
Термін реалізації проекту	6 місяців

## Продовження таблиці 4.1

Необхідні ресурси	Розробники програмного забезпечення, що готові працювати віддалено з власними комп'ютерами та доступом до Інтернету. Ліцензійне програмне забезпечення для розробки. Фінансові кошти на оплату заробітної плати виконавцям на термін 6 місяців.
Опис проблеми, яку вирішує проект	Продукт вирішує задачу стабілізації доходів малого бізнесу під час коливань в економічній галузі країни.
Головні цілі та завдання проекту	Розробка системи, співпраця з представниками бізнесу обслуговування, успішне впровадження конкурентоспроможного продукту.
Очікувані результати	Привернення європейських інвесторів до реалізації стартапу задля покращення стану малого бізнесу обслуговування в Україні.

## 4.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Тепер можна розібрати ідею стартапу та провести конкурентний аналіз. У таблиці 4.2 наведений опис ідеї стартапу.



Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартапу

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
<p>Основною ідеєю є створення комплексної СППР, яка полегшить організацію процесу керування закладами бізнесу обслуговування у нестабільному економічному стані.</p>	<p>Робота з комерційними базами даних</p>	<p>Система максимально адаптована до наявних умов функціонування закладів</p>
	<p>Прогнозування попиту на обрану продукцію</p>	<p>Система дозволяє створити стратегію вдосконалення життєдіяльності установи за рахунок мінімізації часу та людських ресурсів.</p>

Далі проведемо порівняльний аналіз конкурентів проекту та наведемо результати у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Порівняльний аналіз конкурентів проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
		Власний проект	Streamli ne	Relex Solutions	Oracle Demantra			
1	Точність прогнозува ння	Застосуванн я моделі на основі нейронної мережі	Визнача ється в залежно сті від вхідних даних	Визначає ться в залежнос ті від вхідних даних	Визначаєть ся в залежності від вхідних даних			+
2	Ризики невірного прогнозу	Наявні, через недостатню повну кількість вхідних параметрів.	Визнача ється в залежно сті від вхідних данихм	Визначає ться в залежнос ті від вхідних данихм	Визначаєть ся в залежності від вхідних данихм		+	
3	Доступніст ь зручність	Windows Forms	Розробл ений власнор уч інтерфейс	Розробле ний власнору ч інтерфейс	Розроблен ий власноруч інтерфейс		+	

Далі аналізуємо реальність технічно здійснити ідею проекту ( таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Технологічна здійсненність продукту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення Системи підтримки прийняття рішень	Використання мови програмування C#	Наявні	Доступні
2		.NET Framework	Наявні	Доступні
3		Шаблони Layers, Dependency Injection	Наявні, необхідні допрацювання	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: C#				

#### 4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Далі проведемо попередній аналіз ринку для запуску стартап-проекту (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1200

## Продовження таблиці 4.5

3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Позитивна, зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	13%

Тепер проведемо характеристику потенційних клієнтів, які можуть бути зацікавлені в проекті (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреби, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Статистичні показники роботи закладів обслуговування	Аналітики, управлінці	Низька ціна, висока якість статистичних даних.	Простота використання

Продовження таблиці 4.6

2	Створення якісного прогнозу попиту на товар.	Заклади обслуговування	Зацікавлені в зручності користуванні, доступній ціні, клієнтській підтримці	Доступна ціна, надійність
3	Створення достовірного середньострокового прогнозу попиту на вибраний продукт	Мережі закладів обслуговування	Зацікавлені насамперед в якості середньострокових прогнозів, точності прогнозів, клієнтській підтримки, адаптації під власні потреби	Відмінна якість, репутація, успішний досвід

Розрахуємо коефіцієнти факторів загроз (табл. 4.7) та можливостей (табл. 4.8). Проведемо аналіз загроз для визначення ймовірних перешкод при виведенні продукту на ринок. Фактори можливостей потрібно обчислювати для того, щоб точно знати сприятливі умови.

Таблиця 4.7 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Незважаючи на те, що ринок є відкритим і малорозвиненим, на ньому вже є кілька великих гравців, які добре відомі на ринку і вже мають свою цільову групу покупців.	Визначити точки підвищеної цінності для користувача
2	Ціна збуту	Конкуренти можуть пропонувати меншу ціну за рахунок гіршої якості	Сконцентруватися на створенні якісного додатку та сформувати маркетингову стратегію

Таблиця 4.8 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Гнучкі ціни	Зниження вартості товару для підвищення попиту на нього	Зосередитись на маркетингу, розвивати як самостійний продукт

Продовження таблиці 4.8

2	Зручність експлуатації	Прості дії в роботі з додатком для менеджера, що в перше має досвід з аналізом даних	Реалізувати зрозумілий та логічний інтерфейс
3	Якість та гарантії	Забезпечити найвищу якість послуг	Пропонувати рішення з найкращими результатами, а також забезпечувати всю необхідну технічну підтримку

Далі розглянемо питання конкуренції, а саме визначимо її тип та рівень (таблиця 4.9).

Таблиця 4.9 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	У чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною )
1. Тип конкуренції: досконала	Чимало систем/команд з дослідження даних	Максимізація продажів додатку
2. За рівнем конкурентної боротьби: міжнародний	На ринку представлені системи, розроблені в інших країнах.	Розширити цільову аудиторію, розробити інтерфейс на різних мовах





## Продовження таблиці 4.9

3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Можливість працювати з закладами обслуговування	Покращити персоналізацію згідно до вимог клієнтів
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Можливість конкуренції між моделями прогнозів інших інформаційних систем та команд аналітиків.	Розширення функціональних можливостей системи
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Різні компанії пропонують різну якість	Використання різних методів прогнозування призводить до отримання різної точності
6. За інтенсивністю: марочна	Відомий бренд забезпечує значні переваги	Приділити підвищену увагу формуванню розвитку власного бренду

Наступний етап – аналіз конкуренції за моделлю 5 сил конкуренції Майкла Портера (таблиця 4.10).

Таблиця 4.10 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти у галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товарозамінники
	Інші системи підтримки прийняття рішень	Гнучкість щодо формування цін, капіталовкладення	Змінні витрати постачальників, вартісна диференціація	Управління контролем якості, системно інформації	Ціноутворення, рівень лояльності споживачів
Висновки	Жорстка конкуренція	Існують як перспективи виходу на ринок, так і поява нових потенційних конкурентів	Постачальники не домінують на ринку і не встановлюють умови роботи на ньому	Клієнти не формують умови роботи на ринку	Перешкоди для роботи на ринку внаслідок наявності товарів-замінників

Ґрунтуючись на отриманих результатах аналізу конкуренції (табл. 4.10), характеристиках ідеї стартап-проекту (табл. 4.5), характеристиках потенційних споживачів та їх вимог до продукту (табл. 4.6) та факторах ринкового середовища (табл. 4.7 та 4.8), сформовано та аргументовано перелік основних чинників конкурентоспроможності (табл. 4.11).



Таблиця 4.11 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Зручність експлуатації	Система дозволяє будувати оптимальні прогнози з мінімальним залученням користувача
2	Якість	Відмінна якість прогнозу, наявність достатньої кількості допоміжної статистичної інформації
3	Обслуговування	Співпраця з підприємствами - насамперед малого та середнього бізнесу

Наразі проведемо аналіз сильних та слабких сторін продукту (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін системи

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Зручність експлуатації	15		3			2		1
2	Якість	18	2	1	1		2		
3	Обслуговування	6					4	1	1

Тепер проведемо SWOT-аналіз продукту (таблиця 4.13).

Таблиця 4.13 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони Відмінна якість прогнозу Користувацький інтерфейс Зручність експлуатації	Слабкі сторони Нестача власної клієнтської бази Порівняно невеликі можливості функціоналу
Можливості Рівень попиту Динаміка зміни показників рівня доходів підприємств Підвищення рівня ефективності системи	Загрози Збільшення рівня конкуренції Зменшення обсягів продажів

Таким чином, проведений SWOT-аналіз забезпечив можливість визначення сильних та слабких сторін, можливостей та загроз, обумовлених конкуренцією та особливостями планування стартап-проекту. Надалі проведемо прогнозування альтернативної ринкової поведінки для інтегрування стартап-проекту в ринок та орієнтовного часу реалізації системи з урахуванням проектів, які потенційно можуть бути представлені на ринку, і відобразимо отримані результати в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Альтернативи ринкового впровадження стартап проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стрімкий вихід на ринок з «сухою» якістю продукту, ймовірні ризики з точністю прогнозування та рівнем	30%	3 місяці

	попиту на нього		
--	-----------------	--	--

Продовження таблиці 4.14

2	Поетапний реліз готового налагодженого продукту. Відмінна якість та оптимальна ціна.	70%	6 місяців
---	---	-----	-----------

Даним пунктом проведено розгорнутий аналіз ринку та продукту. Крім того, згідно отриманих результатів конкурентного аналізу, визначених факторів ринку та його сприятливості, опису ідеї та характеристик стартап-проекту, отримано заключення: наявні цілком допустимі умови для виходу продукту на ринок.

#### 4.5 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

При плануванні ринкової стратегії продукту, передусім, слід проаналізувати цільову аудиторію проекту (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит у межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Малі підприємства	Висока	50%	Низька	Висока

## Прововження таблиці 4.15

2	Середні підприємства	Висока	35%	Середня	Середня
3	Великі підприємства	Середня	20%	Висока	Висока
Які цільові групи обрано: 1, 2					

Здійснивши попередній аналіз цільових груп, визначимо основну стратегію розвитку продукту (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	1 та 2	Диференційованого маркетингу	Масштабування та максимізація	Оптимальних витрат

Для роботи в обраних сегментах ринку сформовано базову стратегію розвитку (таблиці 4.17, 4.18).

Таблиця 4.17 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Ні	Так	Ні	Виклику лідера

Таблиця 4.18 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Якість, точність, простота у використанні	Лідерство по витратах	Відмінна якість прогнозу, простота користувацького інтерфейсу, зручність експлуатації	Система, яка краще всіх покращує якість користувацьких зображень Система з простим інтерфейсом



#### 4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Після проведеного комплексного аналізу, можемо повноцінно описати ключові переваги концепції потенційного товару (таблиця 4.19) та побудувати концепцію маркетингових комунікацій (таблиця 4.20).

Таблиця 4.19 – Ключові переваги концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Статистичні показники роботи закладів обслуговування	Базова статистика та середньострокові прогнози	Ця статистика має бути максимально детальною та зручною для сприйняття
2	Створення якісного прогнозу попиту на товар.	Прогнозування при малому обсязі даних	Впровадження СППР на підприємствах, що нещодавно розпочали свою діяльність.
3	Створення достовірного середньострокового прогнозу попиту на вибраний продукт	Чітке прогнозування продажів складає основу функціонування кожного підприємства.	Побудова короткострокових та середньострокових прогнозів, за допомогою нейронних мереж з метою підвищення точності прогнозів

#### 4.7 Висновки до розділу 4

Даний розділ був присвячений дослідженню стартап-проекту. В якості такого була представлена система підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування, яка дозволяє будувати прогноз попиту на обраний товар.

В межах розділу було здійснено дослідження розробки стратегій виходу на ринок та маркетингових стратегій для цього. Зокрема, даний ринок є сприятливим з невеликою кількістю конкурентів. Оскільки вони надають лише можливість для роботи з програмним забезпеченням для аналітиків, а запропонована система є універсальною для управлінців та доступною за ціною, стартап-проект має всі шанси стати монополістами на ринку малих підприємств.

Також були опрацьовані сильні та слабкі сторони проекту, SWOT аналіз, аналіз конкурентів та цільової аудиторії. На основі всіх досліджень був сформований концепт маркетингової стратегії для обраних цільових аудиторій.

## ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ

Даний проект розроблявся для підтримки прийняття рішень в сфері бізнесу обслуговування. Розробку інформаційної системи було виконано у середовищі Microsoft Visual Studio 2019 при використанні мови програмування C # та СУБД MS Access. Дана інформаційна система повинна значно полегшити роботу менеджерів, а саме тим, що розроблене ПЗ має зручний перегляд даних, додавання та вилучення записів та виконання пошуку і фільтрації потрібних записів за допомогою запитів.

В результаті виконання дипломної роботи були розглянуті основні типи нейронних мереж, що використовуються для прогнозування часових рядів. Для реалізації системи підтримки прийняття рішень для бізнесу обслуговування були обрані засоби розробки, а також обґрунтований вибір методу прогнозування.

На підставі обраного методу був розроблений алгоритм побудови прогнозу та оцінки його помилки. Розроблений алгоритм був реалізований програмно і впроваджений в інформаційну систему бізнесу обслуговування. Програма показала досить хороші результати точності прогнозування та повністю відповідає поставленим вимогам.

Система відповідає висунутим до розробки вимогам, володіє інтерактивними елементами управління і інтуїтивно-зрозумілим інтерфейсом. Графічна оболонка має просту навігаційну структуру, що полегшує доступ до необхідної інформації.

У подальших дослідженнях доцільно впровадити такі елементи, які б враховували на рівні ймовірностей рідкісні події, що інколи трапляються у світі (наприклад, передсвяткові дні, введення карантину, тощо). Це може кардинально змінити реальні цифри у порівнянні з прогнозами найкращих економічних математичних моделей.

У подальших дослідженнях можна удосконалити створену модель, збільшуючи кількість видів прогнозованих товарів та факторів, що впливають на споживчий попит.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Customer models for artificial intelligence-based decision support in fashion online retail supply chains / A. Pereira та ін. *Decision support systems*. 2022. С. 113795. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2022.113795>.
2. Customer models for artificial intelligence-based decision support in fashion online retail supply chains / A. Pereira та ін. *Decision support systems*. 2022. С. 113795. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2022.113795>.
3. Етимологічний словник української мови / ред.: О. С. Мельничук та ін. Київ : Наук. думка, 2006. Т. 5 : Р-Т. 705 с.
4. Бугай А. С. Короткий тлумачний математичний словник. Київ, 1964. 428 с.
5. Бугай А. С. Короткий тлумачний математичний словник. Київ, 1964. 428 с.
6. UML-діаграма прецедентів. *Gazette в Україні*. 2021. URL: <https://gazette.com.ua/rizne/uml-diagrama-pretsedentiv.html>.
7. Бозуленко О., Бозуленко О. Сутність прогнозування попиту населення. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2018. Т. 29(68), № 5. С. 34–38. URL: [https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/29\\_68\\_5/10.pdf](https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/29_68_5/10.pdf).
8. Проскурович О. В. Прогнозування попиту на продукцію харчової промисловості : автореф. Хмельницький, 2014. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/536.pdf>.
9. Проектний аналіз / уклад. А. Є. Кальницький. Ужгород : ДВНЗ «Ужгор. нац. ун-т», 2011. 62 с. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/15238/1/Проектний%20аналіз.pdf>
10. Прогноз – етимологія. Етимологічний словник української мови Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні НАН України. URL: <https://goroh.pp.ua/Етимологія/прогноз>.

11. Аналіз часових рядів. Вікіпедія. 2016. URL: [https://www.wiki.uk-ua.nina.az/Аналіз\\_часових\\_рядів.html](https://www.wiki.uk-ua.nina.az/Аналіз_часових_рядів.html).
12. Терещенко О. Фінансова діяльність суб'єктів господарювання. Київ : КНЕУ, 2003. 554 с. URL: <https://buklib.net/books/28429/>.
13. Лекція 8. Прийняття рішень з використанням експертних оцінок при розв'язуванні задачі в ГСВ. URL: [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/145514/mod\\_resource/content/1/Л8\\_Пл,Мд%20та%20Вф.пр%20в%20ГСВ.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/145514/mod_resource/content/1/Л8_Пл,Мд%20та%20Вф.пр%20в%20ГСВ.pdf).
14. Premium Mobile Kitchen Trailers «Streamline». Streamline. URL: <https://streamline.ua/en/about/>.
15. Relex Solutions. crunchbase. URL: <https://www.crunchbase.com/organization/relex>.
16. What is oracle demantra?. HCLTech: Supercharging Progress | Digital, Engineering and Cloud. URL: <https://www.hcltech.com/technology-qa/what-is-oracle-demantra>.
17. Скит Дж. С # для професіоналів: тонкощі програмування. 3-тє вид. Вільямс. 608 с.
18. .NET 5. URL: <https://temofeev.ru/info/articles/predstavlyaem-net-5/>.
19. Програма для роботи з базами даних Microsoft Access. URL: <https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/access>.
20. Бранець І. Чому SOLID – важлива складова мислення програміста. Розбираємося на прикладах з кодом. ДОУ. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/solid-principles/>.
21. Що таке концептуальна модель даних? - визначення з техопедії - Розвиток 2022. Icy Science. URL: <https://uk.theastrologypage.com/conceptual-data-model>.

## ДОДАТОК А. Лістинги програм

**Лістинг 1. Код методу для розрахунку середньоквадратичної помилки для періоду**

```

/// Розрахунок середньоквадратичної помилки для періоду ///
private double GetSkoError()
{
return Math.Pow(Error, 2) / Math.Pow(Model, 2);
}

```

**Лістинг 2. Автовластивості класу PrognosticationData**

```

public double LineIntervalPlus { get { return
PrognosticationLine * (1 + SqErrorLine); } }
public double LineIntervalMinus { get { return
PrognosticationLine * (1 - SqErrorLine); } }
public double PolIntervalPlus { get { return
PrognosticationPoly * (1 + SqErrorPol); } }
public double PolIntervalMinus { get { return
PrognosticationPoly * (1 - SqErrorPol); } }

```

**Лістинг 3. Код методу для отримання тренду**

```

// перший параметр для знаходження рівняння тренду від 1 до 36
місяців
var inputs = Enumerable.Range(1, 36).Select(i =>
(double)i).ToArray();
// 2 параметр - щомісячне значення продаж для 36 місяців
var outputs = _data.Select(data =>
(double)data.Count).ToArray();
// обчислення лінійного тренду

```

```

var ols = new OrdinaryLeastSquare();
linearRegression = ols.Learn(inputs, outputs);
//обчислення поліноміального тренду
var ls = new PolynomialLeastSquare() {
Degree = 2;
};
// розрахунок рівняння
_polynomialRegress = ls.Learn(inputs, outputs);

```

#### Лістинг 4. Обчислення сезонної компоненти моделі

```

private void CalcSeason(out List<SeasonsData>
SeasonsDataList, Func<double, double> transformsMethod) {
SeasonsDataList = new List<SeasonsData>();
for (int i = 1; i <= 12; i++) {
var season = new SeasonsData {
Number = i, // номер періоду
// фактичне значення - значення по рівнянню
тренду
SOne = _data[i - 1].Count - transformsMethod(i),
STwo = _data[i + 12 - 1].Count - transformsMethod(i +
12),
STree = _data[i + 24 - 1].Count - transformsMethod(i +
24),
MonthNames =
CultureInfo.CurrentCulture.DateTimeFormat.GetMonthName(i)
// присвоюємо місяцю назву
};
//дістаємо колекцію, з розрахованими сезонними
компонентами
// за кожен місяць Averages=(SOne + STwo + STree) / 3;
SeasonsDataList.Add(season);
}

```



```

// обчислюємо середнє значення сезонної компоненти за 12
// місяців
var sumSeasonAverages = SeasonsDataList.Sum(data =>
data.Averages);
// обчислюємо із кожного місяця сезонної компоненти
// середнє значення
// дістаємо зкоректовану сезонну компоненту
foreach (var SeasonsData in SeasonsDataList) {
    SeasonsData.Season = SeasonsData.Averages -
sumSeasonAverages;
}
}
}

```

### Лістинг 5. Розрахунок помилки моделі

```

private void CalculateErrors(Func<double, double>
transformsMethod, List<SeasonsData> SeasonsData, out List<ErrorData>
errorData) {
    errorData = new List<ErrorData>();
    int j = 1;
    for (int i = 0; i < _data.Count; i++) {
        var error = new ErrorData {
            Num = i + 1, // номер періоду
            Fact = _data[i].Count, // фактичне значення
            // значення тренду +
            // зкоректоване значення сезонної компоненти
            Model = transformsMethod(i) + SeasonsData[j -
1].Averages
        };
        // в класі обчислюється помилка моделі - Error
        // фактичне значення - значення по моделі прогнозування
        errorData.Add(error);
        j++;
    }
}

```

```

        // вибірка скоректованої сезонної компоненти за 12
місяців, тобто період прогнозування
        if (j == 12) {
            j = 1;
        }
    }
}

```

### Лістинг 6. Результат прогнозування

```

private void PrognosticationResult() {
    // дані поточного місяця
    var currentYearData = _fullData.Where(data => data.Year ==
DateTime.Now.Year).ToList();
    var first = currentYearData.First(); // берем цифру
текущего года
    _PrognosticationData = new List<PrognosticationData>(12);
    for (int i = 1; i <= 12; i++) {
        var dat = new PrognosticationData {
            Year = first.Year,
            MonthNames = i,
            ProductsName = first.ProductsName
        };
        if (i < currentYearData.Count) {
            dat.Count = currentYearData[i - 1].Count;
        }
        dat.PrognosticationLine = _linearRegression.Transform(i +
36) + _SeasonsDataLinear[i - 1].Season;
        dat.PrognosticationPoly = _polynomialRegress.Transform(i
+ 36) + _SeasonsDataPolynominal[i - 1].Season;
        _PrognosticationData.Add(dat);
    }
    dataGridViewPrognostication.DataSource =
_PrognosticationData;
}

```

}