

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра комп'ютерних наук

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
**на тему «Інформаційна технологія моніторингу та прогнозування
результатів футбольних матчів»**

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1КН-18м
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
Семенюк В.О.
Керівник: к. т. н., доц. Іванчук Я. В.
Рецензент: к.т.н., доц. Романюк О. В.

Вінниця - 2019 року

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КН _____
д.т.н., проф. Яровий А. А.

_____ (підпис)
“ _____ ” _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності: 122 – «Комп'ютерні науки»

08-22.МКР.021.18.000.ПЗ

Магістранта групи 1КН-18м Семенюка Вячеслава Олександровича

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Інформаційна технологія моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів»

Вхідні дані: кількість футбольних гравців — 11 од.; кількість футбольних команд — 20 од.; тривалість футбольного матчу — не більше 95 хв.; кількість показників параметричного опису футбольного матчу — 11 од.; загальна кількість вагових коефіцієнтів математичної моделі розв'язання задачі моніторингу — 10; значення відносного коефіцієнту прогнозування позитивних результатів футбольних матчів - від 0 до 1;

Короткий зміст частин магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Графічна: Схема загального алгоритму роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів; UML-діаграма класів інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів; контекстна та декомпозиційна діаграма блоків інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів; схема алгоритму роботи модулю моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів; результати тестування інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

2. Текстова (пояснювальна записка): вступ, аналіз предметної області та методи прогнозування результатів футбольних матчів, розробка нових методів та інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, програмна реалізація інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, економічна частина, висновки, перелік використаних джерел, додатки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ МКР

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Аналіз предметної області та методи прогнозування результатів футбольних матчів			Аналітичний огляд літературних джерел, задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Розробка нових методів та інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів			Математичні моделі, Розділ 2
3	Програмна реалізація інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів			Розділ 3
4	Підготовка економічної частини			Розділ 4
5	Апробація та/або впровадження результатів дослідження			Тези доповідей/акт впровадження
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації			Пояснювальна записка, графічний матеріал, презентація

Консультанти з окремих розділів магістерської кваліфікаційної роботи

1. Науковий керівник _____ (підпис) _____ **к. т. н., доц. кафедри КН**
наук. ступінь, вчене звання (посада)
 “ ____ ” _____ 20__ р. **Я. В. Іванчук**
ініціали та прізвище

2. Економічна частина _____ (підпис) _____ **кандидат економічних наук, доцент**
наук. ступінь, вчене звання (посада)
 “ ____ ” _____ 20__ р. **Бальзан М.В.**
ініціали та прізвище

Дата попереднього захисту роботи “ ____ ” _____ 20__ р.

Рецензент _____ (підпис) _____ **к.т.н., доц. Кафедри ПЗ**
наук. ступінь, вчене звання (посада)
Романюк О. В.
ініціали та прізвище

Завдання видав науковий керівник _____ (підпис) _____ **к. т. н., доц. кафедри КН**
наук. ступінь, вчене звання (посада)
Я. В. Іванчук
ініціали та прізвище
 “ ____ ” _____ 20__ р.

Завдання отримав магістрант _____ (підпис) _____ **В. О. Семенюк**
ініціали та прізвище
 “ ____ ” _____ 20__ р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ.....	12
1.1 Обґрунтування доцільності розробки інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	12
1.2 Аналіз методів і алгоритмів розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів	15
1.3 Характеристика та аналіз аналогів програмної реалізації системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	22
1.4 Висновок.....	26
2 РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ.....	28
2.1 Визначення критеріїв ідентифікації математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	28
2.1.1 Формулювання показників математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	28
2.1.2 Визначення коефіцієнтів сили впливу критеріїв ідентифікації математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	33
2.2 Розробка математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	34
2.3 Висновок.....	37
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ.....	38
3.1 Проектування програмних засобів моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	38

3.2 Розробка структури інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	40
3.3 Розробка алгоритму роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	43
3.4 Обґрунтування вибору мови програмування та середовища програмування інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	46
3.5 Тестування і аналіз результатів роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.....	50
3.6 Висновок.....	53
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	54
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	54
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи та конструкторсько–технологічної роботи.....	55
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	58
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності....	60
4.5 Висновок.....	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
Додаток А Інструкція користувача.....	70
Додаток Б Лістинг програми.....	73
Додаток В Графічна частина.....	80

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Люди завжди прагнули суперництва. До цієї властивості відноситься і схильність сперечатися з різного приводу. Укладати парі люди вміли вже в стародавні часи. Останнім часом спорт приваблює все більшу кількість людей, акумулює значні фінансові, матеріальні та інтелектуальні ресурси, і поступово перетворюється на важливий елемент економіки. Актуальність зумовлена розвитком букмекерських контор та наявністю великої кількості інформації, що потребує обробки та моніторингу. Прогнозування результатів спортивних змагань саме по собі є важливим завданням, складовою основи букмекерського бізнесу.

Футбол — це один з найпопулярніших видів спорту, який зацікавлює велику кількість вболівальників. Прогнозування футбольних матчів викликає цікавість з двох причин: продемонструвати можливості математичних методів та бажання отримати попередній результат випадкової події. Футбол, крім того, що найпопулярніший спорт ще і цілорічний.

Термін беттінг означає діяльність пов'язану з передбаченням подій та спрямовану на отримання прибутку. Беттінг спортивних подій пов'язаний передусім з розвитком букмекерських контор. Особливого поширення спортивний беттінг набуває у зв'язку з удосконаленням технологій електронних платежів [2].

Паралельно з розвитком професійного футболу удосконалювалася і професійна футбольна статистика, а також методи її реєстрації та аналітики на її основі. В даний час простий підрахунок тих чи інших ігрових показників футбольного матчу, що виконують групою статистів, поступово відходить на другий план.

Згодом професійна футбольна статистика перетворилася на складову частину і неодмінний атрибут сучасної футбольної аналітики. Важливою віхою розвитку даного елемента аналітики футбольного матчу можна вважати

введення математичної обробки статистичного матеріалу, що характеризує дії окремих гравців [3].

Кожна особа, що займається беттингом має брати до уваги велику кількість факторів, що безпосередньо впливають на спортивну подію. Але деякі параметри зовсім неочевидно залежать один від одного та мають достатній вплив на інші параметри. Саме непередбачуваність футболу та неочевидність зв'язків між факторами впливу складають головну проблему подібного прогнозування, через яку є неможливим факт абсолютно точного прогнозування результатів футбольних матчів, побудованого виключно на думках експертів або власних логічних висновках [2].

Прогнозуванням футбольних матчів широко цікавляться як вітчизняні, так і зарубіжні науковці, В. М. Кулик, Т. О. Коротеєва, які розробляли алгоритм прогнозування результатів футбольних матчів на основі нейронних мереж, Л. В. Бехтер, Н. И. Клевец, які застосовували в своїх моделях Кваліметричний метод, а також С. Мохаммад Арабзад, Мі Тайебі Араггі, Саді-Нежад Сохіль, Ноошин Гофрані, що писали наукову роботу по даній темі[4].

Глобалізація Інтернету серед населення сприяє тому, що кінцевий програмний продукт матиме вигляд Інтернет-сайту зі зрозумілим оформленням, з яким буде легко працювати.

Таким чином, теорія і практика футбольної професійної статистики є динамічним і перспективним напрямком розвитку сучасного футболу, службовцями вдосконалення ігрового і тренувального процесу, а також його моніторингу розвитку на різному рівні [4].

Актуальною проблемою є низька точність прогнозування результатів футбольних матчів наявними методами футбольної статистики та інформаційними технологіями.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська робота виконана відповідно до напрямку наукових досліджень кафедри комп'ютерних наук Вінницького національного технічного університету 22 К1 «Моделі, методи, технології та пристрої інтелектуальних

інформаційних систем управління, економіки, навчання та комунікацій» та плану наукової та навчально-методичної роботи кафедри.

Мета та завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення точності прогнозування результатів матчів спортивних ігор типу футбол з використанням інформаційних технологій у порівнянні з програмами аналогами за рахунок застосування основ кваліметрії та статистичних методів обробки даних.

Для досягнення мети розробки необхідно виконати такі **завдання**:

- провести аналіз відомих методів моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, обрати й обґрунтувати вибір методу, який задовольняє мету даної магістерської кваліфікаційної роботи;
- здійснити обґрунтування доцільності розробки інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів;
- здійснити розробку математичної моделі інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів;
- розробити алгоритм прогнозування результатів футбольних матчів на основі математичної моделі ;
- виконати програмну реалізацію інформаційної технології на основі алгоритму моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів;
- провести тестування програмного продукту та виконати аналіз отриманих результатів роботи веб-додатку моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Даний програмний продукт має бути зручним при використанні потенційним користувачем футбольного сайту, вихідні дані повинні бути максимально зрозумілі. Користувачу програмного засобу важливі точність та зручність у користуванні програмним засобом.

Розроблюваний програмний засіб орієнтований на легкість у використанні, швидкість роботи та найголовніше на точність результатів. Максимальна кількість футбольних команд для моніторингу та прогнозування результатів матчів - 140. Вихідні дані – результати моніторингу та

прогнозування у вигляді числових коефіцієнтів стану та коефіцієнтів перемоги футбольних команд.

Об'єкт дослідження — це процес обробки даних результатів футбольних матчів статистичними методами.

Предмет дослідження — це методи і програмні засоби моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

Методи дослідження. У роботі використані наступні методи наукових досліджень: системного аналізу структури інформаційної системи, статистичного аналізу та основи кваліметрії для створення точної математичної моделі та знаходження рейтингу футбольних команд, бінарного пошуку для знаходження числових значень коефіцієнтів футбольних показників, об'єктно-орієнтованого програмування для автоматизації розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- удосконалено математичний метод аналізу даних результатів футбольних матчів, який на відміну від існуючих, відрізняється використанням множини релевантних та комплексних коефіцієнтів, які характеризують ступінь конкурентноспроможності команди, що збільшує точність прогнозування результатів матчів;

- вперше розроблена інформаційна технологія моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, яка на відміну від існуючих використовує основи кваліметрії та методи статистичного аналізу, що сприяє підвищенню ефективності процесу створення точної математичної моделі для знаходження рейтингу футбольної команди та прогнозування результатів матчу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

- Розроблено алгоритм для підвищення точності моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів на основі застосування методів статистичного аналізу та кваліметрії;

- Розроблено програмне забезпечення для моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів на основі математичної моделі, в яку входить

збільшена кількість комплексних показників для визначення рейтингу, що мають високий коефіцієнт впливу на прогнозування результату матчів.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів з відомими, та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами, що отримані під час впровадження розроблених програмних засобів.

Особистий внесок магістранта. Усі результати, наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримані самостійно. У працях, написаних у співавторстві, здобувачу належать такі результати: [1] - математичні моделі прогнозування результатів футбольних матчів.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень були апробовані на XII міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2019» та опубліковані у збірнику даної конференції [1].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ

1.1 Обґрунтування доцільності розробки інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

На сьогодні, через ряд об'єктивних причин, одним з недостатньо досліджених, і в той же час виключно актуальним напрямком є прогнозування результатів футбольних матчів. Це завдання може слугувати не лише цікавим різновидом сучасних реальних задач оцінки та прийняття рішень, а й відмінним фундаментом для тестування різних методів прогнозування результатів процесу в умовах обмеженого статистичного матеріалу.

Моніторинг — комплекс наукових, технічних, технологічних, організаційних та інших засобів, які забезпечують систематичний контроль (стеження) за станом та тенденціями розвитку різних процесів. Це проведення низки однотипних замірів досліджуваного об'єкта і подальший аналіз, оцінка, порівняння отриманих результатів для виявлення певних закономірностей, тенденцій, змінних і їх динаміки [5].

Моніторинг в спорті найбільш широко став використовуватися в загальній системі підготовки спортсменів в середині 80-х років ХХ-століття. Уже на першому етапі розвитку спортивного моніторингу були визначені такі напрями наукового дослідження [5]:

- розробка описових моделей: кінематичних, біомеханічних і динамічних характеристик спортсменів самого високого рівня;
- розробка прогнозів рекордів у тих видах спорту, де здійснюється вимірювання результатів;
- моделювання ситуацій в ігрових видах спорту та поведінки спортсменів в єдиноборствах;
- аналіз методики тренування;
- пошук найбільш інформативних показників для моніторингу

працездатності спортсменів;

- прогнозування системи олімпійської підготовки.

У процесі моніторингу використовуються різні моделі: інформаційні, графічні, математичні, функціональні та ін. Структуру кожної моделі складають модельні характеристики та модельні показники.

Модельні характеристики розглядаються як ідеальні особливості стану спортсмена, за яких він може показати рекордні результати, або як показники, що дозволяють правильно визначити переважну спрямованість навчально-тренувального процесу, та з'ясувати контрольні показники, що можуть бути орієнтирами в процесі підготовки спортсменів. Модельні показники знаходяться у супідрядності до модельних характеристик і кількісно та якісно характеризують окремі сторони модельних характеристик [6].

Для розробки модельних характеристик використовуються декілька підходів. Наприклад, В. І. Баландін із співавторами у своїх дослідженнях застосовували дев'ятибальну шкалу. Дослідження були проведені на фехтувальниках високої кваліфікації. У кожному з видів зброї були отримані репрезентативні вибірки в межах 25-30 чоловік. Для усіх показників були розраховані середні значення (\bar{x}), а також стандартне відхилення – (S). Середина шкали (5 балів) є середнім результатом – $\pm 0,25S$. Кожний наступний бал менший від середнього результату на $0,5S$. Отже, результат 9 балів на $2S$ вище, а 1 бал – на $2S$ нижче середнього показника. Авторами за модельні характеристики приймалися результати, які на $1-1,5S$ перевищували середній результат групи (або 7–8 балів). На першому рівні визначається основна мета спортивної підготовки, а також прогноз змагальної діяльності, підготовленості та функціональних можливостей. Другий рівень передбачає розробку моделей змагальної діяльності, основних сторін підготовленості та функціональних можливостей. На основі цих моделей здійснюється підготовка (планування) спортсменів у межах структурних утворень тренувального процесу. На третьому рівні застосовується технологія реалізації мети прогнозування спортивних результатів [7].

Прогнозування — процес передбачення майбутнього стану предмета чи явища на основі аналізу його минулого і сучасного, систематично оцінювана інформація про якісні й кількісні характеристики розвитку обраного предмета чи явища в перспективі. Результатом прогнозування є прогноз — знання про майбутнє і про ймовірний розвиток сьогочасних тенденцій конкретного явища-об'єкту в подальшому існуванні[8].

Методи прогнозування діляться на: якісний, кількісний.

Кількісний підхід базується на математичних моделях й історичних даних. Кількісні методи діляться на два види: причинно-наслідкові й моделі часових рядів.

Якісний підхід покладається на освічену думку, інтуїцію й досвід професіоналів [9].

Прогнозування футбольних матчів базується на тоталізаторі.

Тоталізатор — це різновид азартної гри, де учасник (гравець) укладає парі або суперечка на можливий результат тієї чи іншої події. За великим рахунком спортивний тоталізатор представлений великою кількістю гравців. Але досягти певного успіху в грі на спортивному тоталізаторі можуть лише гравці, які бездоганно знають стратегії гри, які мають багаж необхідних знань в області спорту і майстерно використовують (поєднують) ці критерії [10].

Прибутковий, для гравців, спортивний тоталізатор будується на математичному аналізі і передбачає регулярні математичні розрахунки. В реальності все це виглядає наступним чином: букмекери виставляють свої коефіцієнти (котирування) на спортивні події; гравець робить свій аналіз спортивної події, проводить відповідні розрахунки, визначає суму ставки і робить свій прогноз.

При цьому спортивний тоталізатор має одну особливість, ставка тут робиться безпосередньо на результат спортивної події, але не проти самого букмекера, а проти ймовірності настання тої чи іншої спортивної події. А ось якраз на розрахунок цих самих котирувань для спортивного тоталізатора

букмекери і направляють більшу частину свого потенціалу: задіюють чималі кошти і величезні ресурси [11].

Щодо проблеми прогнозування й моделювання у футболі, то варто сказати, що вона також не обділена увагою вчених і науковців. У цій галузі розроблено питання моделювання тактичних дій у процесі підготовки юнацьких команд із футболу. Зроблено спробу прогнозування результатів футбольних матчів на основі нечітких правил та нечіткого багатofакторного аналізу. Досліджено моделювання спеціалізованих стандартних вправ у навчально-тренувальному процесі юних футболістів. Вивчали також прогнозування фізичної підготовленості юних футболістів. Розроблено модельні варіанти структури міжігрових мікроциклів для змагального періоду при різних варіантах побудови річного макроциклу [12]. Водночас аналіз літератури засвідчив, що практичні приклади прогнозування й моделювання в футболі на сьогодні розроблені недостатньо. В основі прогнозування результатів футбольних матчів лежить розрахунок рейтингу команд і розрахунок впливу факторів на результати матчів.

1.2 Аналіз методів і алгоритмів розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Моделі та комп'ютерні програми моніторингу футбольних матчів розробляються на протязі багатьох років. До методів і алгоритмів аналізу даних належать такі: штучні нейронні мережі, дерева рішень, символні правила, методи найближчого сусіда і к-найближчого сусіда, метод опорних векторів, байєсові мережі, лінійна регресія, кореляційно-регресійний аналіз; ієрархічні методи кластерного аналізу, неієрархічні методи кластерного аналізу, зокрема і алгоритми к-середніх і к-медіани; методи пошуку асоціативних правил, зокрема алгоритм Apriori; метод обмеженого перебору, еволюційне програмування і генетичні алгоритми, різноманітні методи візуалізації даних [13].

Штучні нейронні мережі. Математичні моделі, а також їх програмні або апаратні реалізації, побудовані за принципом організації й функціонування біологічних нейронних мереж – мереж нервових кліток живого організму. В одній з найпоширеніших архітектур – багат шаровому перцептроні зі зворотним поширенням помилки – імітується робота нейронів у складі ієрархічної мережі, де кожен нейрон вищого рівня з'єднаний своїми входами з виходами нейронів нижчого шару. На нейрони найнижчого шару подаються значення вхідних параметрів, на основі яких потрібно приймати якісь рішення, прогнозувати розвиток ситуації тощо. Процес побудови програм будується як еволюція у світі програм (цим підхід дуже подібний до генетичних алгоритмів). Коли система знаходить програму, що більш-менш задовільно виражає шукану залежність, вона починає вносити в неї невеликі модифікації й відбирає серед побудованих дочірніх програм ті, які підвищують її точність. У такий спосіб система “вирощує” кілька генетичних ліній програм, які конкурують між собою в точності вираження шуканої залежності [14].

Основним недоліком нейромережевої парадигми є необхідність у дуже великому обсязі навчальної вибірки.

Нейронна мережа прямого поширення. Синаптичні зв'язки у нейронних мережах прямого поширення побудовані наступним чином: нейрон отримує дані від не пустої множини нейронів, які в свою чергу розташовуються на нижчому рівні відносно нейрона, що розглядається. Завдяки цій особливості мережа й отримала назву «нейронна мережа прямого поширення», бо сигнали поширюються у чітко виділеному напрямі: від входу до виходу (через один або декілька прихованих шарів нейронів) [14]. Крім цього, кожен нейрон містить у собі зважену суму усіх своїх входів, яка оброблюється передатною функцією нейрона, після чого й отримується вихідний результат. Дана нейронна мережа в змозі змодельовати практично будь-яку складну функцію, причому складність цієї функції визначає кількість прихованих шарів та кількість нейронів на кожному з них. Тому точність прогнозу завжди залежить від доцільно та правильно обраного числа проміжних шарів та відповідних нейронів. Далі за

допомогою алгоритмів навчання відбувається калібрування синаптичних вагів, чия роль мінімізувати похибку, а саме різницю між існуючим прикладом та результатом роботи нейронної мережі [14].

Еволюційне програмування. Спеціальний модуль системи PolyAnalyst переводить знайдені залежності із внутрішньої мови системи на зрозумілу користувачеві мову (математичні формули, таблиці тощо). Інший напрямок еволюційного програмування пов'язане з пошуком залежності цільових змінних від інших у формі функцій якогось певного виду. Наприклад, в одному з найвдаліших алгоритмів цього типу – методі групового урахування аргументів (МГУА) – залежність шукають у формі поліномів. У цей час із систем, що продаються в Росії, МГУА реалізована у системі NeuroShell компанії Ward Systems Group. Вартість систем варіюється до середніх цінкових меж. До недоліків можна віднести підтримку лише Windows-платформи, а також неможливість об'єднання даних з різних баз даних в єдиний набір для перегляду. Це створює незручності при одночасному аналізі декількох груп інформації [15].

Системи міркувань на основі аналогічних випадків. Ідея систем міркувань на основі аналогічних випадків (case based reasoning, CBR) на перший погляд украй проста. Для того, щоб зробити прогноз на майбутнє або вибрати правильне рішення, ці системи знаходять у минулому близькі аналоги наявної ситуації й вибирають ту саму відповідь, що була для них правильною. Тому цей метод ще називають методом “найближчого сусіда” (nearest neighbour). Останнім часом поширення одержав також термін memory based reasoning, що акцентує увагу на тому, що рішення приймається на підставі усієї інформації, накопиченої у пам'яті. Системи CBR показують непогані результати у найрізноманітніших задачах. Головним їх мінусом є те, що вони взагалі не створюють якихось моделей або правил, що узагальнюють попередній досвід, – у виборі рішення вони ґрунтуються на усьому масиві доступних історичних даних, тому неможливо сказати, на основі яких конкретно чинників CBR системи будують свої відповіді [16].

Генетичні алгоритми. Перший крок під час побудови генетичних алгоритмів – це кодування вихідних логічних закономірностей у базі даних, які називаються хромосомами, а увесь набір таких закономірностей називають популяцією хромосом. Далі для реалізації концепції відбору вводиться спосіб зіставлення різних хромосом. Популяція обробляється за допомогою процедур репродукції, мінливості (мутацій), генетичної композиції. Ці процедури імітують біологічні процеси. Найважливіші серед них: випадкові мутації даних в індивідуальних хромосомах, переходи (кросинговер) і рекомбінація генетичного матеріалу, що міститься в індивідуальних батьківських хромосомах, і міграції генів [16].

Генетичні алгоритми мають багато недоліків. Критерій відбору хромосом і використовуваних процедур є евристичними й далеко не гарантують знаходження “кращого” рішення. Як і в реальному житті, еволюцію може “заклинити” на будь-якій непродуктивній галузі. І, навпаки, можна навести приклади, як два безперспективні батьки, які будуть виключені з еволюції генетичним алгоритмом, виявляються здатними зробити високоефективного нащадка. Це особливо стає помітно під час розв’язання високорозмірних задач зі складними внутрішніми зв’язками [16].

Метод опорних векторів. Метод опорних векторів (SVM) є відносно новою інтелектуальною технологією, що ґрунтується на концепції автоматичного навчання. SVMs використовуються для моделювання як об’єктів з дискретним виходом (задачі розпізнавання образів), так і для об’єктів з неперервним виходом (задачі регресійного аналізу). SVMs мають цікаві особливості, що принципово відрізняють їх від інших інтелектуальних технологій, наприклад, від нейронних мереж. SVMs завжди знаходять глобальний розв’язок задачі навчання, причому цей розв’язок має просту геометричну інтерпретацію. SVMs також забезпечують швидкість навчання на великих вибірках багатовимірних даних на рівні зі швидкістю налаштування нейронних мереж [17]. При виборі класифікаційної функції виду, найбільш важливим показником є так звана ємність (capacity). Мала ємність може не

забезпечити добрий рівень апроксимації складної функції, тоді як велика ємність може призвести до втрати властивостей узагальнення, тобто призвести до ефекту перенавчання. На відміну від нейронних мереж, які для уникнення ефекту перенавчання використовують метод “раньої зупинки алгоритму навчання”, в SVMs перенавчання є обмеженим, відповідно до статистичної теорії навчання на малих виборках даних. Найпростішою вирішувальною функцією є лінійна. Застосування лінійної вирішувальної функції в SVM зводиться процес навчання до пошуку гіперплощини з найширшою межею, що поділяє елементи вибірки на два класи [17]. До недоліків можна віднести: необхідність у повністю мічених вхідних даних, інтерпретувати параметри розв'язаної моделі важко.

Серед розглянутих методів, для обробки статистичних даних та формування оцінки стану футбольних команд підійде метод моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів на основі статистичного аналізу та кваліметрії.

Кваліметрія - це наука про методи кількісного оцінювання якості об'єктів (продукції, послуг, процесів, систем). Термін «кваліметрія» походить від латинського слова «qualitas» – якість та від грецького «metreo» – вимірювати. Сутність кваліметричного підходу полягає в тому, що будь-яке якісне явище можна розкласти на фактори і критерії, які допомагають краще розкрити це явище. Чим вищий рівень розвитку того чи іншого критерію, тим вища його оцінка [18].

Методологія та проблематика кількісного оцінювання якості продукції є предметом вивчення кваліметрії – наукової галузі, яка виникла на рубежі 60–70-х років минулого століття як результат вимог науково-технічного прогресу та інноваційних технологій у сфері пізнання фізичних явищ і процесів [18]. Підґрунтям для виникнення кваліметрії стала необхідність встановлення методологічної спільності способів кількісного оцінювання якості цілком різномірних об'єктів та необхідність теоретичного узагальнення цих способів.

Основні принципи кваліметрії:

- вимірності властивостей і оцінювання якості об'єкта;
- порівнянності якості об'єкта і якості еталонного зразка;
- порівнянності якості конкуруючих варіантів різних виконань об'єкта одного і того ж виду [18].

Кваліметрія ставить перед собою такі основні практичні завдання:

- розробку методів визначення чисельних значень показників якості об'єктів оцінювання, збір та обробку даних для їх обчислення та встановлення вимог до точності таких обчислень;
- розробку методів визначення оптимальних значень характеристик показників якості об'єктів оцінювання;
- обґрунтування вибору та встановлення складу показників якості продукції під час прогнозування та планування поліпшення якості;
- розробку єдиних методів і принципів вимірювання та оцінки рівня якості об'єктів оцінювання для забезпечення репрезентованості та можливості зіставлення результатів оцінки;
- розробку єдиних принципів та методів оцінки окремих властивостей показників якості продукції.

Рішення завдань щодо оцінки рівня якості об'єктів оцінювання в кожному окремому випадку має свою певну мету [18]:

- 1) порівняння різних можливих варіантів для вибору кращого;
- 2) порівняння різних можливих варіантів поліпшення якості виготовлення продукції на цьому підприємстві для вибору кращого;
- 3) аналіз ефективності проведення заходів щодо поліпшення якості продукції на підприємстві з метою забезпечення її конкурентоспроможності.

Розрізняють такі методи кваліметрії [18]:

- 1) загальну кваліметрію, яка включає розробку та вивчення загально-теоретичних проблем понятійного апарату вимірювання, оцінки;
- 2) спеціальні кваліметрії, які класифікуються за видами методів та моделей якості (наприклад, експертна кваліметрія, ймовірно-статистична кваліметрія);

3) предметні кваліметрії, які диференційовані за видами об'єктів оцінювання (кваліметрія продукції, кваліметрія процесів, кваліметрія послуг).

Порівняння методів прогнозування футбольних матчів наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння методів прогнозування футбольних матчів

№	Метод	Результат
1.	Прогнозування результатів футбольних матчів за допомогою методу опорних векторів	Перехід від неперевного значення виходу моделі до дискретного здійснюється за такими правилами: якщо значення прогнозованного показника не є від'ємним, тоді результат матчу буде «гостьова команда не переможе»; якщо значення прогнозованного показника є від'ємним, тоді результат матчу буде «команда-господарь поля не переможе»[17].
2.	Метод прогнозування футбольних матчів на основі статистичного аналізу та кваліметрії	Результати експериментів показують точність прогнозування на 70%. опираючись на результати експериментів було зроблено висновок, що саме основи кваліметрії та статистичного аналізу найкраще підходять для вирішення задачі прогнозування футбольних матчів[18].
3.	Метод зваженої суми показників для прогнозування футбольних матчів	Даний підхід має на увазі настроювання параметрів моделі аналітиком безпосередньо перед кожним матчем, тому було прийнято рішення не використовувати його для моніторингу результату футбольного матчу[19].
4.	Метод прогнозування за допомогою теорії нечітких множин	Система дає високий рівень прогнозування – 64%, при трьох можливих результатах (перемога! поразку! нічия). Система потребує налаштування коефіцієнтів, які потрібні для перерахунку термів. Причому, коефіцієнти для кожного чемпіонату можуть бути різними [15].

Опираючись на результати експериментів було зроблено висновок, що саме основи кваліметрії та статистичного аналізу найкраще підходять для

вирішення задачі моніторингу та прогнозування футбольних змагань у зв'язку з високою точністю прогнозування порівняно з іншими розглянутими методами.

Завдання полягає в створенні максимально точної моделі для моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, адже чим точніше розраховані ймовірності, тим точніші будуть прогнози на матчі.

Які показники використовувати при побудові моделі? Більшість припускає, що це результати минулих матчів, а саме голи. Якщо поглянути на гру з математичної точки зору — то це покаже всю несерйозність цього заходу.

1.3 Характеристика та аналіз аналогів програмної реалізації системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

На сьогоднішній день існує багато реалізацій систем моніторингу та прогнозування футбольних матчів, більшість з яких, це футбольні сайти на яких можна слідкувати за історією ігор команди, її успіхами у поточних змаганнях, лігах та дізнатися статистику кожного матчу.

Все це можливо завдяки сучасному прогресу в напрямку моніторингу та статистики футбольних змагань. Такі сайти як: sofascore.com, livescore.com, myscore.com, whoscored.com та безліч інших надають безкоштовні послуги по моніторингу, аналітиці та надання цікавих новин і статистичних даних, прогнозування результатів матчу і навіть переможця сезону. На цих сайтах використовуються різні методи статистики, аналітики та моніторингу і прогнозування матчів, наприклад, моделювання та експертні оцінки. Але всі вони мають недоліки.

Розглянемо деякі вже відомі та популярні реалізації веб-сайтів для прогнозування та моніторингу футбольних матчів.

Сайт «sofascore.com» – це сайт спортивних подій для перегляду у режимі реального часу з детальною статистикою по кожній команді та кожному гравцю. Одна зі сторінок сайту аналогу «sofascore.com» відображена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Одна зі сторінок сайту аналогу «sofascore.com»

Даний сайт дозволяє:

- Системно проаналізувати спортивну статистику;
- Проаналізувати рух коефіцієнтів;
- Дивитися матчі онлайн;
- Моніторити рахунок матчу, ігрову картину.

Недоліки:

Перший недолік - це складний інтерфейс користувача, не інтуїтивно-зрозумілий для простого відвідувача сайту, який не є активним футбольним вболівальником. Хоча даний сайт і має багато важливої для моніторингу матчів інформації, відвідувач може не розібратися з усіма числами, коефіцієнтами та таблицями наведеними на сайті. Це може призвести до того, що людина просто залишить сайт. Також важливим недоліком являється маленька кількість футбольних показників по яким проводиться моніторинг та прогнозування матчів, а методи прогнозування базуються на експертних оцінках, на які впливають суб'єктивні фактори експерта: його відношення до команди, прихильність до якоїсь однієї чи декількох команд за які він вболіває,

що призводить до не точної оцінки стану команди та хибних результатів прогнозу.

Ще одним аналогом системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів є сайт «livescore.com». Одна зі сторінок сайту аналогу «livescore.com» відображена на рисунку 1.3.

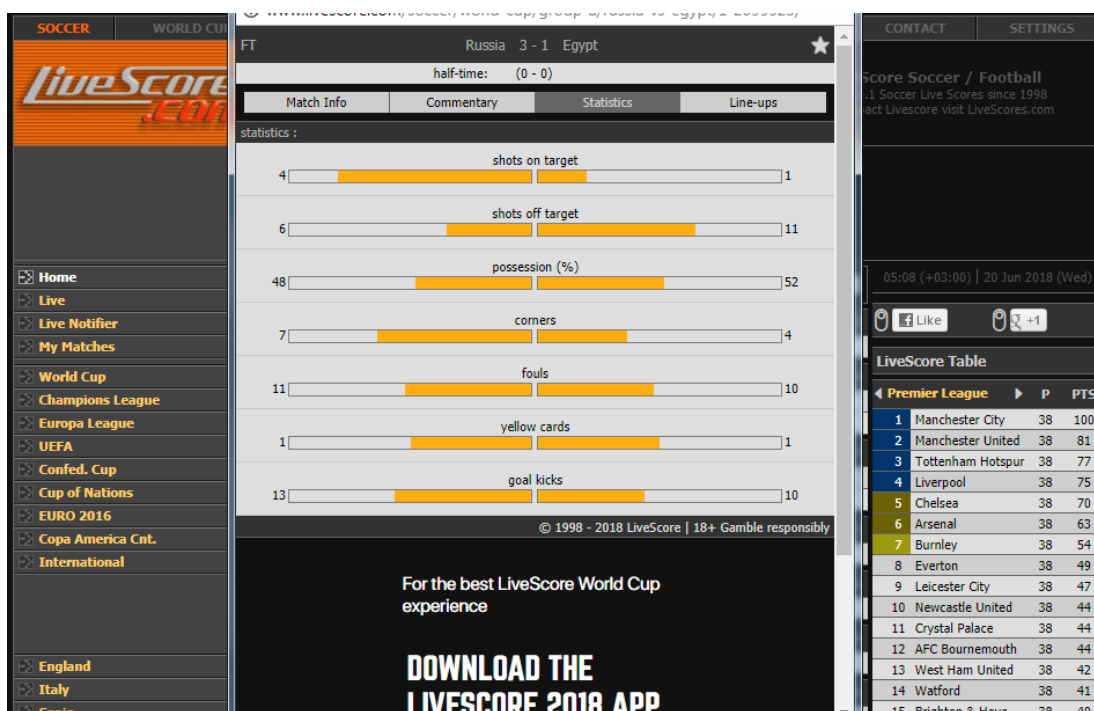


Рисунок 1.3 – Одна зі сторінок сайту аналогу «livescore.com»

Даний сайт дозволяє:

- Системно проаналізувати спортивну статистику;
- Проаналізувати рух коефіцієнтів.
- Моніторити рахунок матчу та ігрову картину.

Сайт простий і має дуже зрозумілий інтерфейс, але є інші недоліки.

Недоліки:

Присутній застарілий інтерфейс, немає цікавих актуальних новин і відсутня мобільна версія сайту, що зараз являється дуже актуальним в епоху гаджетів. Найголовніший недолік — це використання маленької кількості футбольних параметрів, що не мають високого коефіцієнту впливу, що в свою

чергу зменшує відсоток правильного формування прогнозу та аналізу стану команд.

Сайт «myscore.com.ua» – це сайт для моніторингу спортивних подій у режимі реального часу з детальною статистикою по кожній команді та кожному гравцю. Одна зі сторінок сайту аналогу «myscore.com.ua» відображена на рисунку 1.4.

The screenshot displays the Myscore.com.ua website interface. The top section shows a match result: Pontal (Ponte-Прета) vs. CSA, 1-1, on 20.06.2018 at 01:15. Below this is a league table for the Campeonato Brasileiro Série B, Tur 12. The table lists 19 teams with their respective statistics.

#	Команда	И	W	Н	L	Г	О	
1.	Форталеза	11	8	2	1	20:6	26	В
2.	Аваи	12	6	4	2	22:11	22	В
3.	ЦСА	12	6	3	3	18:13	21	Н
4.	Фигейренсе	11	6	2	3	18:12	20	В
5.	Коритиба	11	5	3	3	12:11	18	Н
6.	Сан-Бенто	11	3	8	0	14:11	17	Н
7.	Гуарани	12	4	4	4	17:15	16	Н
8.	Вила Нова	11	4	4	3	9:8	16	Н
9.	Пайсанду	11	4	4	3	12:13	16	Н
10.	Понте-Прета	12	4	3	5	11:13	15	Н
11.	Жувентуде	11	3	6	2	13:13	15	Н
12.	Санпайо Корреа	11	4	2	5	12:13	14	Н
13.	Атлетико Гойаниенсе	11	3	4	4	18:20	13	Н
14.	Лондрина	11	3	3	5	9:14	12	Н
15.	Оeste	11	2	6	3	12:15	12	Н
16.	Гояс	11	3	2	6	14:19	11	В
17.	Регатас	11	3	2	6	10:17	11	В
18.	Бразил де Пелотас	11	2	4	5	10:13	10	Н
19.	Guitar Pro B	11	2	3	6	12:16	9	Н

The right side of the screenshot shows a navigation menu with sports categories like КЕТБОЛ, ВОЛЕЙБОЛ, ГАНДБОЛ, ФУТЗАЛ, БЕЙСБОЛ, and ЗИМНИЕ. Below this is a section for '20/06 Ср' with a table of international matches, including Portugal vs. Morocco, Uruguay vs. Saudi Arabia, and Iran vs. Spain.

Рисунок 1.4 – Одна зі сторінок сайту аналогу «myscore.com.ua»

Хоча даний сайт і має багато важливої для моніторингу та прогнозування матчів інформації, недоліками також присутні.

Недоліки:

Невелика кількість футбольних турнірів по яким можна провести моніторинг і прогнозування результатів матчів, відсутня довгострокова статистика, не велика база статистичних даних. Низька швидкість оновлення даних, що в епоху високошвидкісного інтернету є критичним показником.

Порівняльний аналіз відомих технічних рішень прогнозування результатів футбольних матчів наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Порівняльний аналіз відомих технічних рішень прогнозування результатів футбольних матчів

Системи аналоги	Недоліки
sofascore.com	Затримка до оновлення даних — від 1 до 2 годин; кількість футбольних показників для визначення рейтингу команд — 8од.;
livescore.com	Затримка до оновлення даних — 30хв; відсутність математичної моделі для прогнозування; суб'єктивні фактори експертної оцінки, що негативно впливають на точність прогнозів; точність прогнозування матчів ~67%
myscore.com	Кількість футбольних ліг з повною статистикою - 10; кількість команд з повною стистикою - 5од.; кількість футбольних показників для визначення рейтингу - 5од.;

1.4 Висновок

Під час роботи над проаналізовано предметну область моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Визначено область використання методів моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, та основні проблеми що існують при створенні математичних моделей, і їх вирішення для підвищення точності і достовірності результатів.

Було визначено проблему в даній предметній області, описано стан розвитку науки і методів розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Розглянуто шляхи розробки модельних характеристик та роботи дослідників в даній предметній області. Розглянуто і описано принцип роботи тоталізатора, як основи букмекерського бізнесу, що є досить актуальним в наш час.

В результаті аналізу аналогів: sofascore.com, livescore.com, myscore.com, визначено їхні характеристики, переваги та недоліки.

2 РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ

2.1 Визначення критеріїв ідентифікації математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

2.1.1 Формулювання показників математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Футбол вважається самим дисперсійним видом спорту. Коли команда, що володіє ініціативою б'є по воротах в кілька разів більше за іншу, але зазнає поразки. Це тому, що футбол відрізняється від інших видів спорту низькими показниками результативності. А добра половина спроб «взяти ворота» має шанс на успіх менш ніж в 5% випадках. І лише невелика кількість «пострілів» перевищують 30%.

Є варіант побудови моделі прогнозування, ґрунтуючись на більш дрібних елементах гри, ніж голи, а саме, на ударах по воротах і володінні м'ячем.

Однією з найактуальніших та відносно нових підходів до прогнозування та беттінгу на сьогоднішній день є використання xG статистики. Завдяки xG статистиці можна поррахувати альтернативний результат матчу, без впливу фактора удачі. Дана модель привласнює коефіцієнт небезпеки (ймовірність забити гол) для кожного удару.

Розглянемо футбольні показники та визначемо саме ті, які найбільше впливають на результат матчу та найточніше можуть оцінити силу футбольної команди для створення рейтингу.

PPDA(Passes Allowed Per Defensive Action) - пресинг в футболі. *PPDA* - футбольний статистичний показник, який дозволить нам визначити інтенсивність пресингу в матчі.

В загальному випадку *PPDA* описується таким виразом:

$$PPDA = \frac{passes}{defense} \quad (2.1)$$

де *passes*— це сума усіх пасів за весь час матчу; *defense* — це сума: відборів, підкатів, перехоплень, фолів, а також невдалих відборів і підкатів.

Паси і відбори вважаються на всьому полі, а лише на ділянці 60% поля, найвіддаленіших від воріт команди, що обороняється.

$$ppda = \frac{\text{паси команди суперника}}{\text{відбори+підкати+перехоплення+фолі+невдалі відбори+підкати}} \quad (2.2)$$

З цієї формули стає зрозуміло, чим нижче у команди *PPDA*, тим інтенсивніше пресинг вона показує, адже падає показник співвідношення числа передач її суперника до оборонних дій команди.

xG — це кількість очікуваних голів від одного футболіста або всієї команди, обчислюється, виходячи з якості нанесених ударів за весь час чемпіонату. Кількість очікуваних голів знаходиться за такими факторами:

- Відстань до воріт. Чим ближче до воріт, тим вище ймовірність забити гол;
- Кут удару. Для визначення кута потрібно провести лінію, яка ділить поле навпіл в поздовжньому напрямку. Щодо цієї лінії і вважається кут від координат удару до точки середини воріт Рисунок 2.1 [13]. Чим менше кут, щодо лінії ділить поле навпіл, тим вище ймовірність забити гол.
- Ступінь блокування удару. Чим менше захисників на лінії удару і гірше позиція воротаря, тим вище ймовірність гола;
- Майстерність гравця, що б'є. Чим сильніше б'є гравець, тим вище ймовірність голу;
- Майстерність воротаря. Чим слабкіше воротар, тим вище ймовірність голу;
- Середнє значення реалізації ударів із зони нанесення удару.

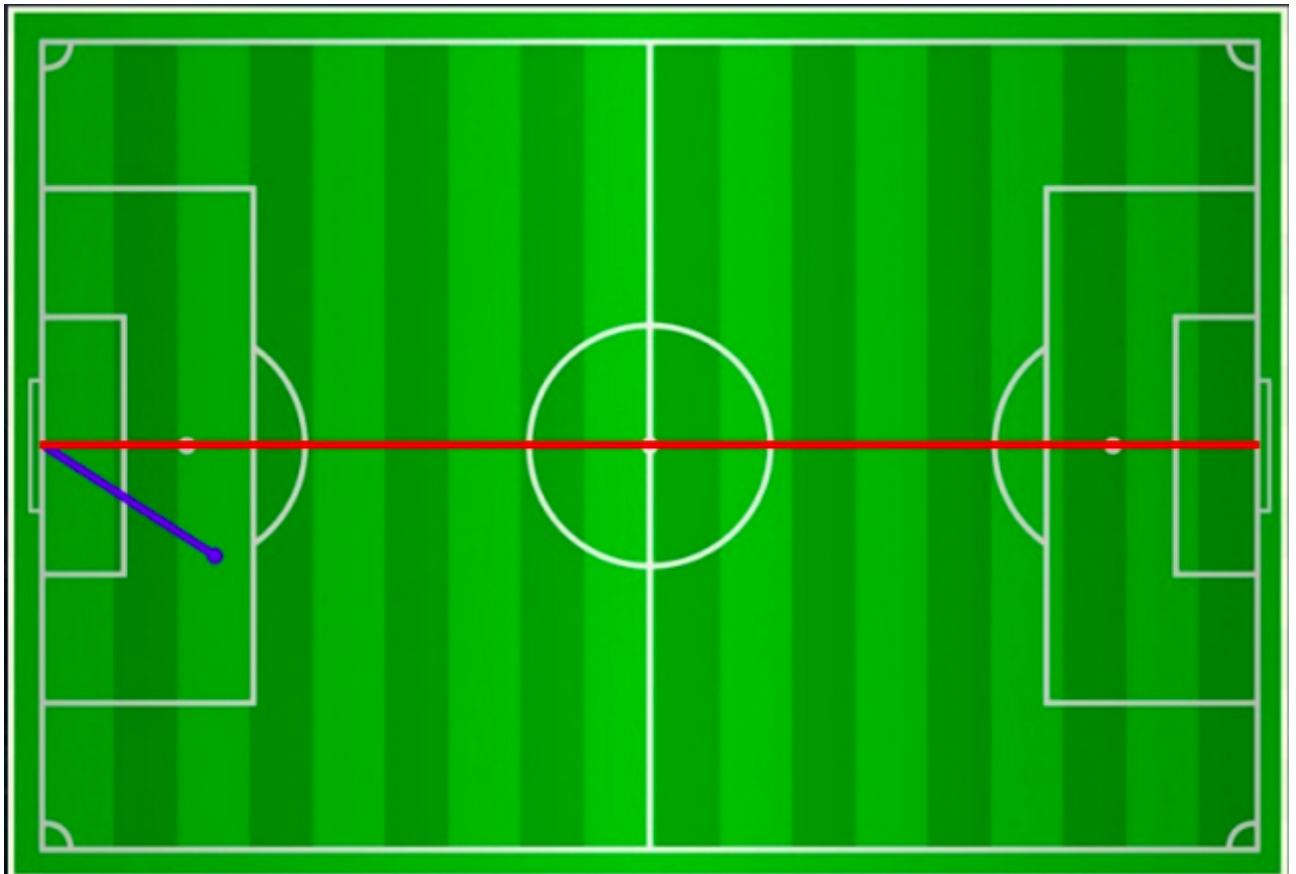


Рисунок 2.1 - Лінія для визначення кута удару по воротам

Розраховується xG за такою формулою:

$$xG = \frac{\text{майстерність} \cdot \text{середнє значення реалізації ударів}}{\text{дистанція} \cdot \text{кут удару} \cdot \text{захисники} \cdot \text{воротар}} \quad (2.3)$$

xGA — це кількість очікуваних голів з боку суперника, тобто, пропущених голів. Обчислюється, виходячи з якості нанесених ударів за весь час чемпіонату за такою формулою:

$$xGA = \frac{Skill_2 \cdot Impact}{Dist \cdot Angle \cdot Defend \cdot Gk} \quad (2.4)$$

де $Skill_2$ - майстерність гравця суперника, що б'є; $Impact$ - середнє значення реалізації ударів суперників із зони нанесення удару; $Dist$ - відстань до воріт; $Angle$ - кут удару по воротам; $Defend$ - ступінь блокування удару; Gk - майстерність воротаря.

$xG / 90$ — це кількість очікуваних голів від одного гравця або команди за 90 хвилин. Формула знаходження кількості очікуваних голів від одного гравця або команди за 90 хвилин виглядає наступним чином:

$$xG/90 = \frac{\sum_{i=1}^n xG \cdot T}{90} \quad (2.5)$$

де $\sum_{i=1}^n xG$ - це загальна сума очікуваних голів за всі матчі гравця або команди;

T_k — це загальний час усіх матчів гравця або команди;

$xGA / 90$ — це кількість очікуваних голів від одного гравця або команди суперника за 90 хвилин. Даний показник має вигляд:

$$xG/90 = \frac{\sum_{i=1}^n xG_A \cdot T_A}{90} \quad (2.6)$$

де $\sum_{i=1}^n xG_A$ - це загальна сума очікуваних голів за всі матчі гравця суперника або команди суперника; T_A — це загальний час усіх матчів гравця суперника або команди суперника; A — це команда суперника.

xG / Sh — це показник, що показує середню важкість удару команди, обчислюється шляхом ділення суми xG всіх ударів на кількість ударів команди.

Визначається наступним чином:

$$xG/Sh = \frac{\sum_{i=1}^n xG}{Sh} \quad (2.7)$$

де $\sum_{i=1}^n xG$ — це загальна сума очікуваних голів за всі матчі гравця або команди; Sh — це кількість ударів команди.

xGA / Sh — це середня тяжкість удару команди суперника, обчислюється шляхом ділення суми xG всіх ударів на кількість ударів команди. Визначається за формулою (2.8).

$$xGA/Sh = \frac{\sum_{i=1}^n xGA}{Sh_A} \quad (2.8)$$

де $\sum_{i=1}^n xGA$ — це загальна сума очікуваних голів за всі матчі гравця суперника або команди суперника, Sh_A — це кількість ударів команди суперника.

xGD — це різниця очікуваних забитих і очікуваних пропущених голів. Обчислюється шляхом віднімання показника xGA , тобто кількості пропущених голів, з показника xG - кількості очікуваних голів. Формула знаходження даного показника має наступний вигляд:

$$xGD = \sum_{i=1}^n xG - \sum_{i=1}^n xGA \quad (2.9)$$

де $\sum_{i=1}^n xG$ — це загальна сума очікуваних голів за всі матчі гравця або

команди; $\sum_{i=1}^n xGA$ — кількість очікуваних голів з боку суперника;

$GD - xGD$ — це показник, що оцінює везіння команд в попередніх матчах. З показника різниці забитих і пропущених в реальності голів віднімається різниця очікуваних забитих і пропущених голів. Формула везіння команди має вигляд:

$$GD - xGD = \sum_{i=1}^n GD - \sum_{i=1}^n xGD \quad (2.10)$$

де $GD = g - m$; g — це голи команди; m — це пропущені голи команди; $xGD = xG - xGA$

xG / xGA draw — це один з ключових показників, який демонструє реальну силу команд. Відношення різниці очікуваних забитих голів до очікуваних пропущених при нічийному рахунку. Формула знаходження даного показника має наступний вигляд:

$$xG/xGA \text{ draw} = \sum_{i=1}^n xG - \sum_{i=1}^n xGA \quad (2.11)$$

де $\sum_{i=1}^n xG$ — це загальна сума очікуваних голів за всі матчі гравця або

команди; $\sum_{i=1}^n xGA$ — кількість очікуваних голів з боку суперника;

$xG / xGA \text{ draw last } 5$ — це показник, що показує відношення різниці очікуваних забитих голів до очікуваних пропущених при нічийному рахунку за останні п'ять матчів. Формула має наступний вигляд:

$$xG/xGA \text{ draw last } 5 = \sum_{i=1}^5 xG - \sum_{i=1}^5 xGA \quad (2.12)$$

де $\sum_{i=1}^5 xG$ — це загальна сума очікуваних голів за 5 останніх матчів команди;

$\sum_{i=1}^5 xGA$ — кількість очікуваних голів з боку суперника за 5 останніх матчів;

2.1.2 Визначення коефіцієнтів сили впливу критеріїв ідентифікації математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Одним із завдань, що виникають при вирішенні завдання оцінки сили майстерності команди є знаходження ключових, основоположних факторів, що обумовлюють реальну силу футбольної команди. Деякі з цих факторів все ж більш значимі, а деякі впливають на реальну силу команди не на пряму, або ж не так суттєво, як ключові фактори. Саме тому важливим завданням є точно підібрати вагові коефіцієнти впливу на математичну модель для кожного з факторів.

Визначимо коефіцієнти впливу показників на оцінку команди та в подальшому на прогнозування результату матчу. Для цього створимо таблицю з коефіцієнтами кожного критерію.

У даному випадку будемо використовувати шкалу від 1 до 10, де 1 — це слабкий вплив критерія оцінки на знаходження рейтингу команди, а 10 — це найсильніший вплив критерія оцінки на знаходження рейтингу команди.

Коефіцієнти сили впливу кожного з показників на результат матчу наведені в таблиці 2.1. Значення коефіцієнтів знаходились тестуванням різних комбінацій значень коефіцієнтів впливу футбольних критеріїв. Був обраний набір значень коефіцієнтів впливу футбольних критеріїв для яких математична модель дала прогноз, що має найближче значення до дійсного результату матчу.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти впливу показників на результат матчу

Показник	Назва коефіцієнту	Значення коефіцієнту
PPDA	α	1
xG	β	10
xGA	γ	10
XG / 90	δ	3
XGA / 90	ε	2
xG / Sh	ζ	3
xGA / Sh	η	5
xGD	θ	2
GD-xGD	ι	1
xG / xGA draw	κ	4
xG / xGA draw last 5	λ	5

2.2 Розробка математичної моделі розв'язання задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Задача синтезу моделі прогнозування результатів футбольного матчу може бути поставлена як пошук функціонального відображення виду (2.13) [20]:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \rightarrow y \in d_1, d_2, d_3 \quad (2.13)$$

де x — вектор факторів впливу; y - результат футбольного матчу, якій оцінюється такими термами: d_1 - «Перемога», d_2 - «Нічия» і d_3 - «Поразка».

У даному випадку проводиться рейтингова оцінка двох футбольних клубів, що беруть участь у матчі [12].

Моніторинг стану футбольної команди відбувається наступним чином:

- система отримує певні числові значення показників команди;
- розраховується відносне значення показників параметричного опису футбольного матчу;
- розраховується відносний рейтинг команд.

При оцінюванні якості команди важливо пам'ятати про характеристики від яких залежить оцінка.

Для розрахунку рейтингу команди необхідно виконувати ряд дій:

1. Розрахувати відносну вагу для кожного показника математичної моделі. Для цього треба використати формули (2.2 — 2.12) для показників параметричного опису футбольного матчу.
2. Розрахувати відносне значення показників-стимуляторів команди за формулою (2.14).

$$Brel = coef_i \cdot Indicator \quad (2.14)$$

де $Brel$ — це відносне значення показника математичної моделі; $coef_i$ — це коефіцієнт сили впливу критерія на результат матчу з таблиці 2.1; $Indicator$ — це показник-стимулятор параметричного опису футбольного матчу.

2. Розрахувати відносне значення показників-дестимуляторів за формулою (2.14).

$$Brel = -coef_i \cdot Indicator \quad (2.15)$$

де $Brel$ — це відносне значення показника-дестимулятора математичної моделі;

$coef_i$ — це коефіцієнт сили впливу показників-дестимуляторів на результат матчу з таблиці 2.1; *Indicator* — це показник-дестимулятор параметричного опису футбольного матчу.

3. Розрахувати рейтинг команди за формулою (2.16).

$$\begin{aligned} TR_i = & \alpha \cdot PPDA + \beta \cdot xG - \gamma \cdot xGA + \delta \cdot (xG/90) - \\ & - \varepsilon \cdot (xGA/90) + \zeta \cdot (xG/Sh) - \eta \cdot (xGA/Sh) + \theta \cdot xGD - \\ & - \iota \cdot (GD - xGD) + \kappa \cdot (xG/xGDA_{draw}) + \lambda \cdot (xG/xGDA_{drawlast5}) \end{aligned} \quad (2.16)$$

В результаті обчислення суми показників-стимуляторів та показників-дестимуляторів рейтингу команди отримаємо рейтинг команди у вигляді числового коефіцієнта конкурентоспроможності.

Для інтерпретації отриманого рейтингу команди необхідно ввести так звану лінгвістичну інтервальну шкалу. У кваліметрії шкала вимірювань є засобом адекватного зіставлення і визначення чисельних значень окремих властивостей і якостей відмінності об'єктів [12].

Відносне значення рейтингу команди до загальної суми рейтингів двох, граючих одна проти одної, команд знаходиться за формулою:

$$X_i = \frac{TR_i}{TR_i + TR_j} \quad (2.17)$$

де X_i — це значення співвідношення рейтингу команди до суми рейтингів двох команд, TR — це рейтинг однієї команди; i, j — це футбольні команди, що грають одна проти одної.

У даній моделі використовується трьохрівнева лінгвістична шкала, наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Рівні шкали виведення результатів

Різниця рейтингу команд	Результат
$X_i > 55.7\%$	Перемога
$44.3\% \leq X_i \leq 55.7\%$	Нічия
$X_i < 44.3\%$	Поразка

2.3 Висновок

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було досліджено та проведено аналіз коефіцієнтів впливу футбольних показників на формування рейтингу команди. Описано та сформульовано комплексні футбольні показники математичної моделі для моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

Коефіцієнти було знайдено методом бінарного пошуку варіантів значень, після порівняння знайденого результату прогнозування, за допомогою створеної математичної моделі, з історичними даними Англійської Ліги Чемпіонів 19/20.

Було створено математичну модель з великою кількістю комплексних показників та відповідних коефіцієнтів впливу показників на результати моніторингу рейтингу конкурентоспроможності команди та прогнозування результатів футбольних матчів.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ

3.1 Проектування програмних засобів моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Методологія IDEF0 базується на побудові ієрархічної системи діаграм – одиничних описів фрагментів системи. Спочатку проводиться опис системи в цілому і її взаємодії з навколишнім середовищем (контекстна діаграма), після чого проводиться функціональна декомпозиція – система розбивається на підсистеми і кожна підсистема описується окремо (діаграми декомпозиції). Потім кожна підсистема розбивається на більш дрібні і так далі до досягнення потрібного ступеня деталізації [19].

Контекстна діаграма інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів відображена на рисунку 3.1.

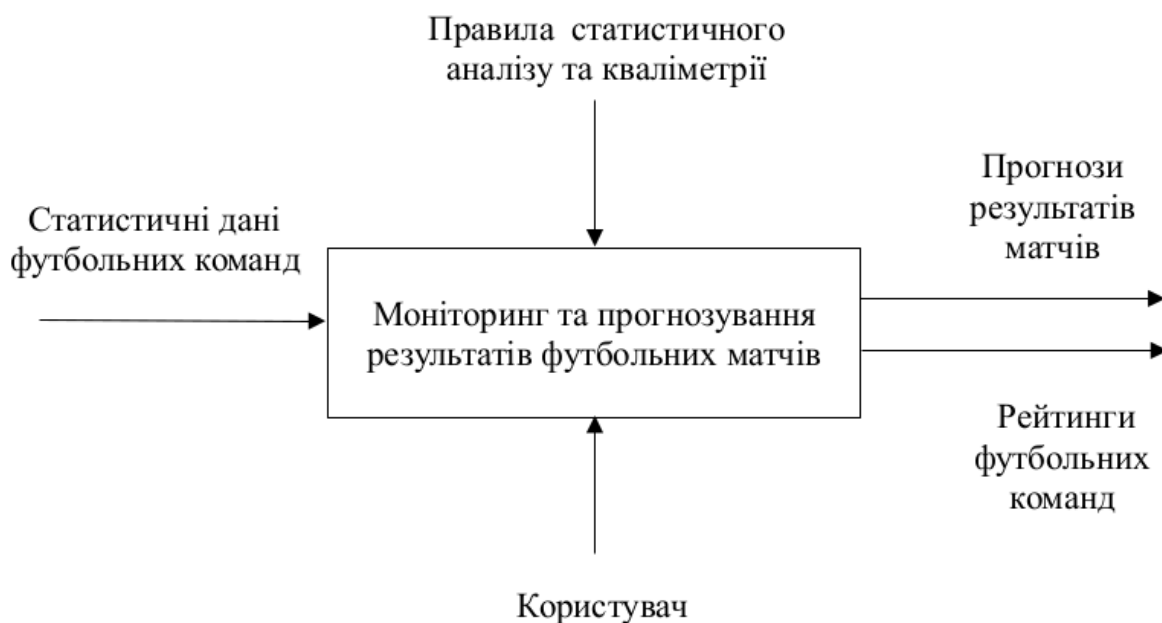


Рисунок 3.1 – Контекстна діаграма інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Головною задачею проекрованої системи є моніторинг та прогнозування результатів футбольних матчів. Вхідними даними для цього процесу є статистичні дані футбольних команд. На управлінні процесу моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів впливають певні правила статистичного аналізу та кваліметрії. Механізмом є користувач, а вихідними даними процесу моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів є прогноз результату матчу та рейтинг футбольної команди.

Діаграма декомпозиції системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів наведено на рис 3.2. Моніторинг та прогнозування результатів футбольних матчів складається з вибору футбольної ліги, моніторингу рейтингу футбольних команд, вибір команд, прогнозування результату матчу.

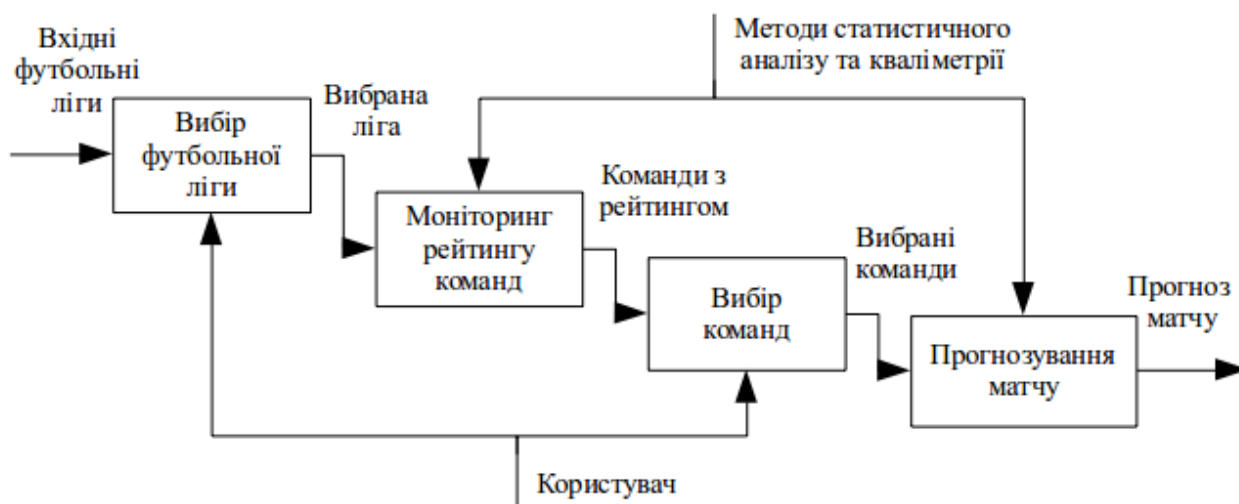


Рисунок 3.2 – Діаграма декомпозиції системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

3.2 Розробка структури інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Відповідно до поставленої мети було розроблено загальну структуру інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, що зображена на рис. 3.3.

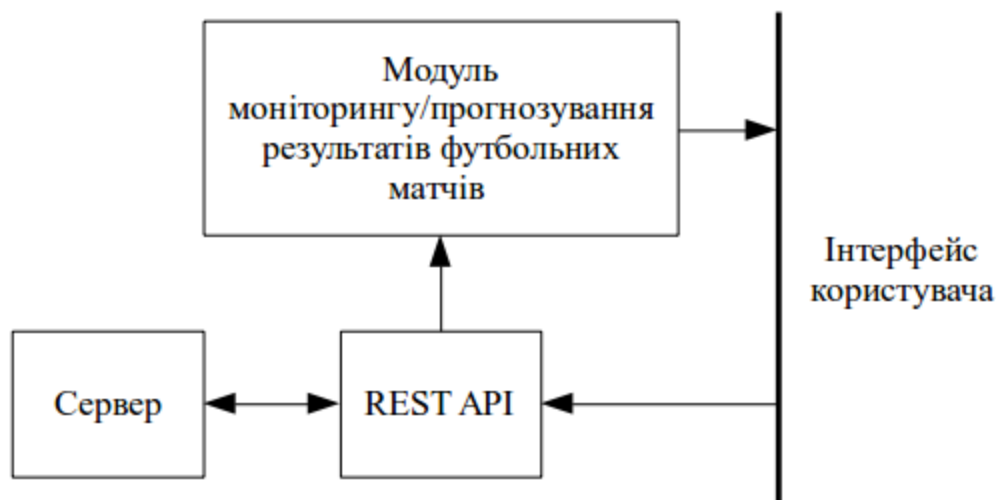


Рисунок 3.3 – Загальна структура інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

В основі роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів буде лежати модуль моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, що буде отримувати постійно оновлювані статистичні дані для обробки з серверу через шар зв'язку у формі REST API. Вихідні оброблені дані з модулів моніторингу та прогнозування будуть поступати до інтерфейсу користувача. В свою чергу інтерфейс користувача через REST API має зв'язок з сервером для передачі команд отримати потрібні дані.

В загальному вигляді система складається з наступних складових: модуль моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів; користувацький інтерфейс; REST API; сервер.

Модуль моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів реалізований у вигляді веб-додатку і складається з чотирьох класів: App, Table, Team і Predict.

Розроблена UML-діаграма класів інформаційної технології зображена на рис. 3.4.

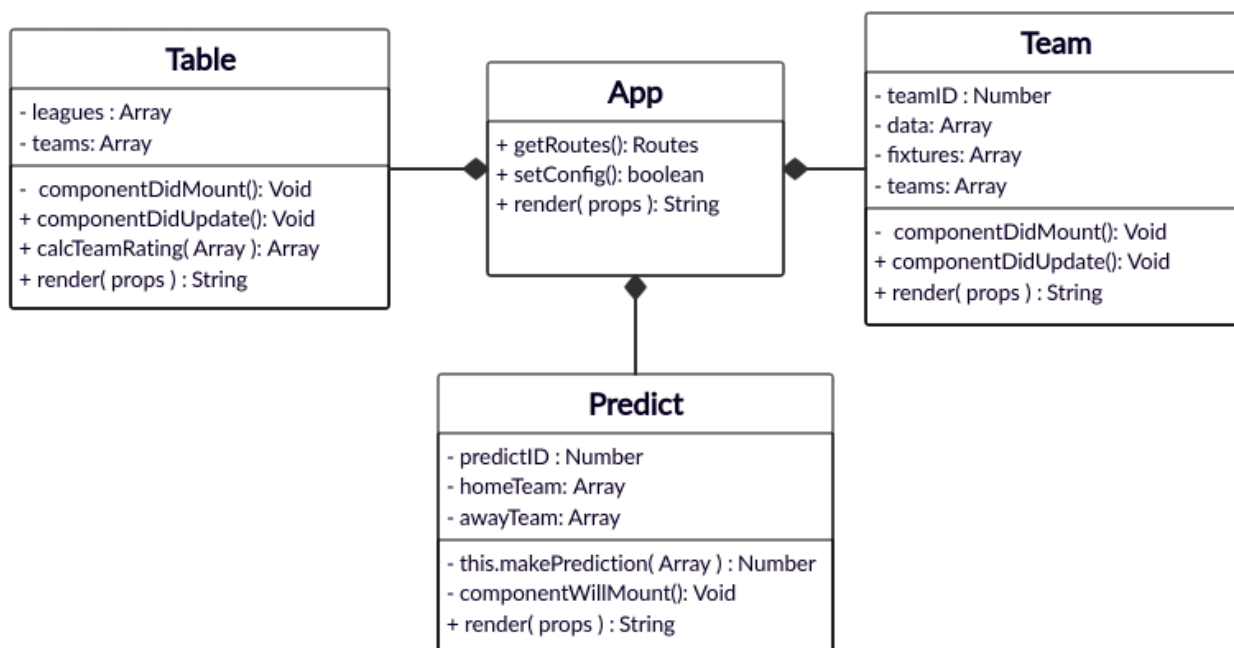


Рисунок 3.4 – UML-діаграма класів інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

App — це головний клас, що об'єднує всі інші класи. Відповідає за структурування усіх інших класів перед відображенням їх у користувацькому інтерфейсі. Має метод для візуалізації компонентів в інтерфейсі користувача, також в ньому реалізовується маршрутизація веб-додатку. Клас App має методи:

- `render()` — метод, який відображає всі компоненти які знаходяться в головному класі App;

- `getRoutes()` — метод, що повертає посилання на компоненти сторінок і відповідні їм url;

- `setConfig()` — це метод, що зберігає конфігурацію компонентів веб-додатку та підключених бібліотек;

Table — це клас, задача якого буде отримувати оновлені дані з серверу через шар зв'язку REST API. З цього класу відправляються запити для отримання списку футбольних ліг і усіх футбольних команд. Даний компонент відповідає за моніторинг рейтингу конкурентоспроможності футбольних команд шляхом обробки оновлюваних даних з серверу та за їхню візуалізацію в користувацькому інтерфейсі. Він має такі поля і методи:

- leagues - це поле списку футбольних ліг;
- teams - це поле списку футбольних команд ліги;
- componentDidMount() - метод життєвого циклу класового компоненту Table, що реалізовує потік отримання постійно оновлюваних даних з серверу, відсилає запити.

- componentDidUpdate() - метод життєвого циклу класового компоненту Table, що реагує на зміну футбольних статистичних даних і відображує нові дані на веб-сайті. Також завдяки цьому методу реалізовується моніторинг рейтингу футбольних команд.

- calcTeamRating() - метод класового компоненту Table, що знаходить рейтинг конкурентоспроможності футбольних команд і створює рейтингову таблицю чемпіонату.

- render() - метод життєвого циклу класового компоненту Table який відображає дані про усі футбольні команди в інтерфейсі користувача.

Team — це клас в якому реалізовується відбір команд для створення прогнозу на матч, отримання даних з серверу через REST API та формування списку команд суперників на основі статистичних даних футбольної ліги. Він має такі поля і методи:

- teamID — це номер обраної футбольної команди;
- data — це поле списку інформації про обрану футбольну команду;
- teams — це поле списку усіх можливих суперників обраної команди в даній футбольній лізі;
- fixtures — це список майбутніх футбольних матчів отриманий із серверу;

- `componentDidMount()` - метод життєвого циклу класового компоненту `Team`, що реалізовує потік отримання постійно оновлюваних даних про майбутні футбольні ігри вибраної команди та інформацію про обрану команду з серверу.

- `render()` - метод життєвого циклу класового компоненту `Team` який відображає дані про обрану команду та запланові ігри цієї команди в даній футбольній лізі.

`Predict` — це клас в якому відбувається обчислення відносного рейтингу та прогнозування результату матчу обраних користувачем команд. Він має такі поля і методи:

- `predictID` — це номер матчу обраних команд в футбольній лізі по якому шукається інформація про запланований матч в базі даних;

- `this.homeTeam` — це поле списку інформації про першу обрану футбольну команду, що грає вдома;

- `this.awayTeam` — це поле списку інформації про другу обрану футбольну команду, що грає на виїзді;

- `makePrediction()` — це метод в якому виконується логіка знаходження відносного рейтингу конкурентоспроможності обраних команд та прогнозування результатів футбольного матчу.

- `componentWillMount()` - метод життєвого циклу класового компоненту `Predict`, в якому відправляються запити до серверу щоб отримати інформацію про обрані користувачем команди з серверу.

- `render()` - метод життєвого циклу класового компоненту `Predict` який відображає результати прогнозування футбольного матчу обраних команд.

3.3 Розробка алгоритму роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Розробимо схему загального алгоритму роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Запропонована

схема загального алгоритму роботи системи моніторингу та прогнозування зображена на рис. 3.5.

Після запуску веб-сайту користувач вибирає футбольну лігу для моніторингу рейтингу команд вибраної ліги (блок 1). Далі відправляється запит на сервер щоб отримати статистичні дані кожної футбольної команди обраної ліги (блок 2). Потім відбувається вибірка з бази даних (блок 3).

Коли з бази даних прийшли статистичні дані про кожну команду вибраної користувачем ліги система розраховує рейтинг конкурентоспроможності команд (блок 4). Користувач вибирає футбольну команду для аналізу її майстерності та подальшого знаходження відносного коефіцієнту перемоги у матчі з командою суперника (блок 5). Далі програма здійснює розрахунок значень показників представлення математичні моделі (блок 6). Після цього система визначає значення коефіцієнту TR для першої команди (блок 7).

Якщо користувач не обрав дві футбольні команди (блок 8) знову виконується вибір команди і подальший розрахунок значень показників представлення математичні моделі та визначення значення коефіцієнту TR для другої команди (блоки 5 - 7).

Якщо користувач обрав дві футбольні команди система здійснює прогнозування результатів матчу обраних команд (блок 9). І в кінці на веб-сайті відображається результат прогнозування матчу (блок 10).

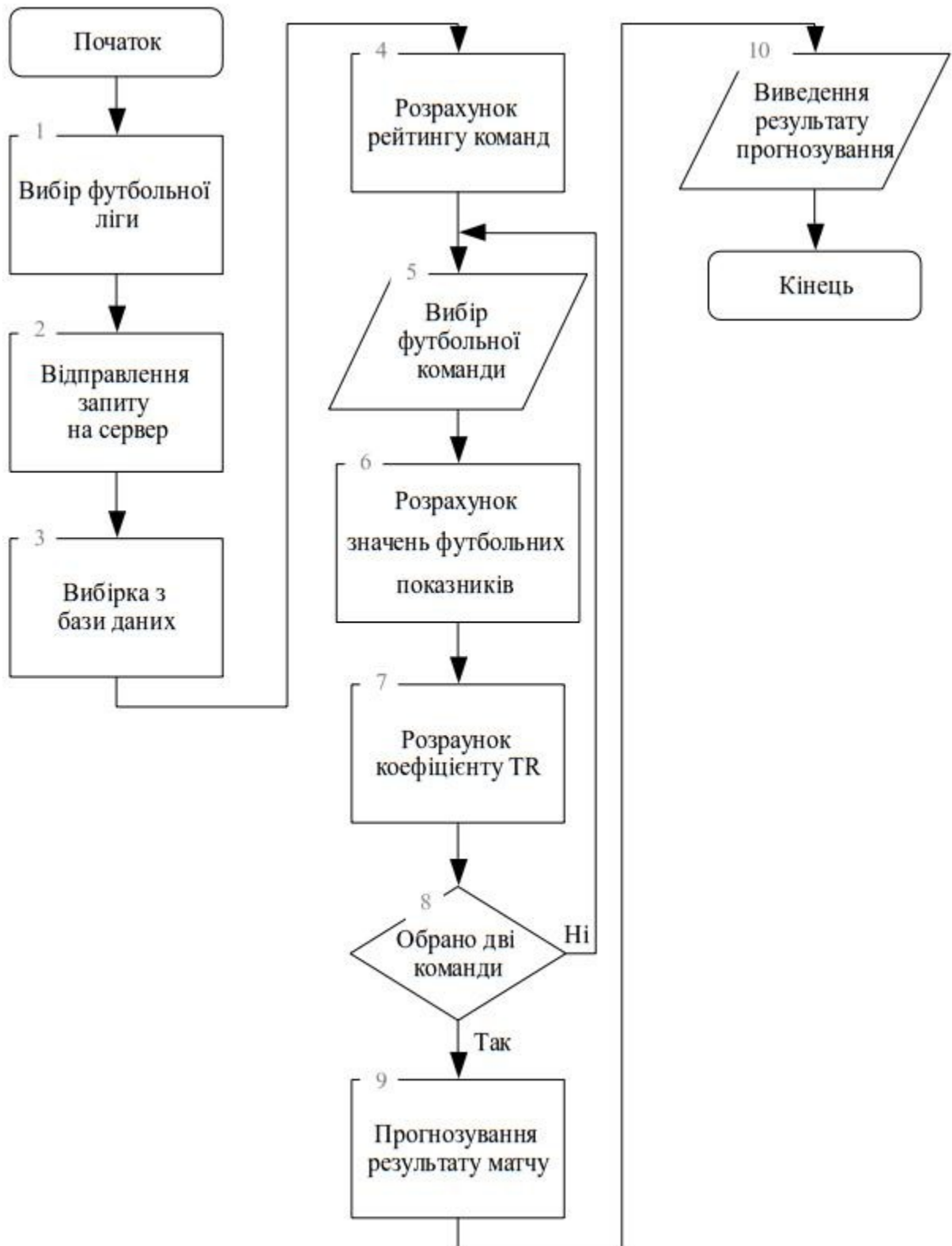


Рисунок 3.5 – Схема загального алгоритму роботи програми моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Схема алгоритму роботи модуля моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів зображена на рис. 3.6.

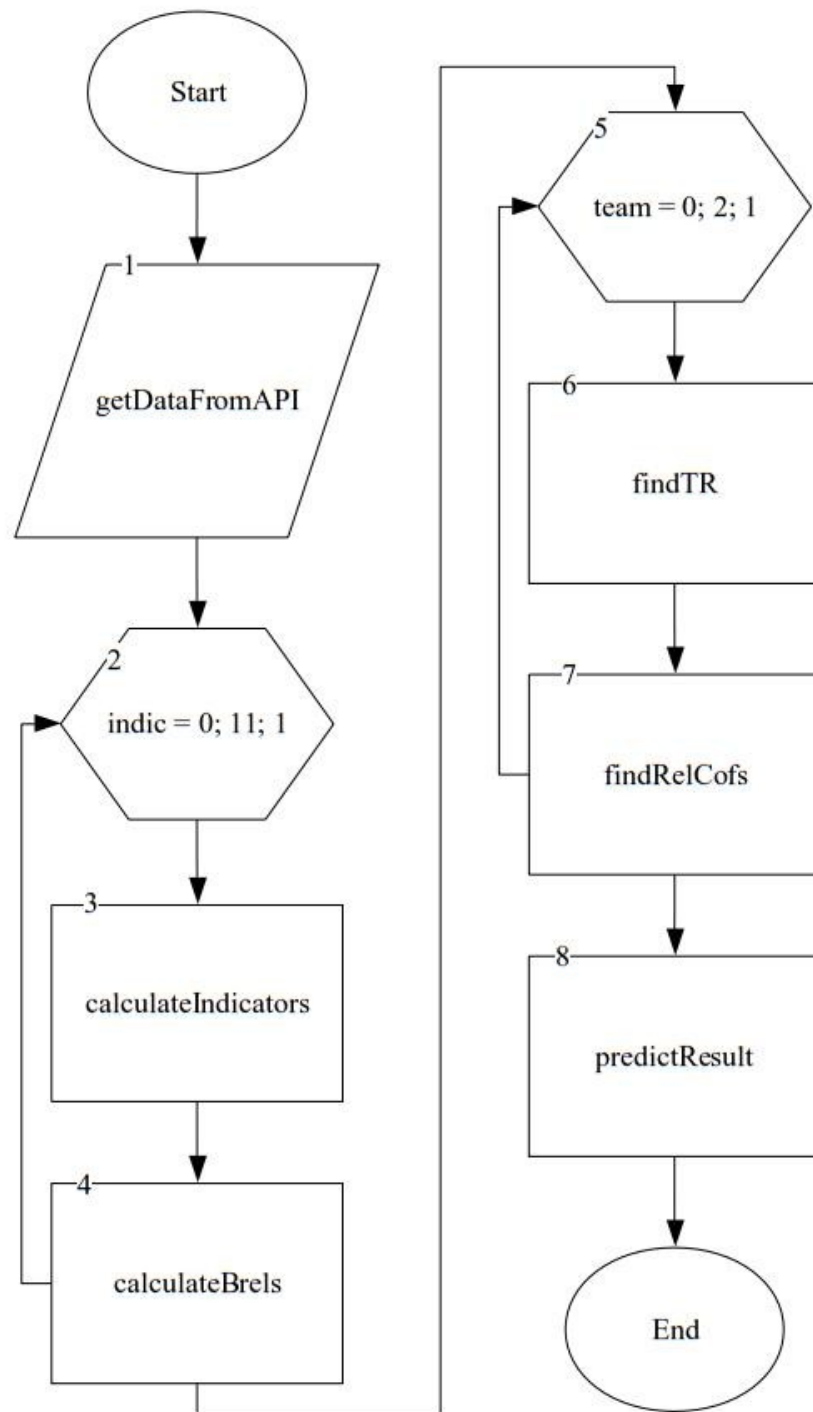


Рисунок 3.6 – Схема алгоритму роботи модуля моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Алгоритм роботи модуля моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів складається з наступних кроків:

1) Скачування статистичних даних про результати футбольних матчів з серверу виконується методом `getDataFromAPI`.

2) Виконується цикл, що проходиться по кожному футбольному показнику опису математичної моделі моніторингу та прогнозування.

3) На кожній ітерації циклу функція `calculateIndicators` розраховує значення футбольних показників для визначення рейтингу.

4) Далі в функції `calculateBrels` знаходиться відносне значення кожного з футбольних показників, шляхом перемноження їх на відповідні їм коефіцієнти впливу даних показників.

5) Виконується цикл для кожної футбольної команди, що були обрані користувачем системи.

6) В функції `findTR` вираховуються значення рейтингу футбольних команд.

7) В функції `findRelCofs` вираховується відносний рейтинг кожної команди, що обрав користувач системи.

8) Прогнозування результату футбольного матчу в функції `predictResult` шляхом порівняння відносних коефіцієнтів перемоги двох футбольних команд.

3.4 Обґрунтування вибору мови програмування та середовища програмування інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Здійснимо вибір мови програмування для розробки програмного забезпечення для моніторингу футбольних змагань.

JavaScript (JS) — динамічна, об'єктно-орієнтована мова програмування. Реалізація стандарту ECMAScript. Найчастіше використовується для створення сценаріїв веб-сторінок, що надає можливість на стороні клієнта (пристрої кінцевого користувача) взаємодіяти з користувачем, керувати браузером, асинхронно обмінюватися даними з сервером, змінювати структуру та зовнішній вигляд веб-сторінки [22].

Мова JavaScript дає можливість писати програми і безпосередньо їх вбудовувати в HTML-документи. Ці програми інтерпретуються браузером по мірі відображення частини документа в його вікні.

JavaScript має низку властивостей об'єктно-орієнтованої мови, але завдяки концепції прототипів підтримка об'єктів в ній відрізняється від традиційних мов ООП. Крім того, JavaScript має ряд властивостей, притаманних функціональним мовам, — функції як об'єкти першого класу, об'єкти як списки, каррінг, анонімні функції, замикання (closures) — що додає мові додаткову гнучкість [22].

JavaScript має C-подібний синтаксис. В порівнянні з мовою PHP, JavaScript має такі корінні відмінності: об'єкти, з можливістю інтроспекції і динамічної зміни типу через механізм прототипів; функції як об'єкти першого класу; обробка винятків; автоматичне приведення типів; автоматичне прибирання сміття; анонімні функції.

«Oracle» надає компілятор Java та віртуальну машину Java, які задовольняють специфікації Java Community Process, під ліцензією GNU General Public License.

Мова значно запозичила синтаксис із C і C++. Зокрема, взято за основу об'єктну модель C++, проте її модифіковано. Усунуто можливість появи деяких конфліктних ситуацій, що могли виникнути через помилки програміста та полегшено сам процес розробки об'єктно-орієнтованих програм. Ряд дій, які в C/C++ повинні здійснювати програмісти, доручено віртуальній машині. Передусім Java розроблялась як платформи-незалежна мова, тому вона має менше низькорівневих можливостей для роботи з апаратним забезпеченням, що в порівнянні, наприклад, з C++ зменшує швидкість роботи програм. За необхідності таких дій Java дозволяє викликати підпрограми, написані іншими мовами програмування.

PHP — скриптова мова програмування, була створена для генерації HTML-сторінок на стороні веб-сервера. PHP є однією з найпоширеніших мов, що використовуються у сфері веб-розробок (разом із Java, .NET, Perl, Python,

Ruby). PHP підтримується переважною більшістю хостинг-провайдерів. PHP — проект відкритого програмного забезпечення.

PHP інтерпретується веб-сервером у HTML-код, який передається на сторону клієнта. На відміну від скриптової мови JavaScript, користувач не бачить PHP-коду, бо браузер отримує готовий html-код. Це є перевага з точки зору безпеки, але погіршує інтерактивність сторінок.

Традиційність

Мова PHP здаватиметься знайомою програмістам, що працюють в різних областях. Багато конструкцій мови запозичені з C, Perl. Код PHP дуже схожий на той, який зустрічається в типових програмах мовами C або Pascal. Це помітно знижує початкові зусилля при вивченні PHP. PHP — мова, що поєднує переваги Perl та C і спеціально спрямована на роботу в Інтернеті, мова з універсальним і зрозумілим синтаксисом. І хоча PHP є досить молодою мовою, вона здобула таку популярність серед web-програмістів, що в наш час є найпопулярнішою мовою для створення веб-застосунків (скриптів).

Наявність сирцевого коду та безкоштовність

Стратегія Open Source, і розповсюдження початкових текстів програм в масах, безсумнівно справили благотворний вплив на багато проектів, в першу чергу — Linux хоч і успіх проекту Apache сильно підкріпив позиції прихильників Open Source. Сказане відноситься і до історії створення PHP, оскільки підтримка користувачів зі всього світу виявилася дуже важливим чинником в розвитку проекту PHP. Ухвалення стратегії Open Source і безкоштовне розповсюдження початкових текстів PHP надало неоціненну послугу користувачам. Окрім цього, користувачі PHP в усьому світі є свого роду колективною службою підтримки, і в популярних електронних конференціях можна знайти відповіді, навіть на найскладніші питання.

Порівняння мов програмування JavaScript і PHP зображені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння мов програмування JavaScript і PHP

Ознака порівняння	JavaScript	PHP
Сторона використання	Клієнт	Сервер
Концепція	Динамічна, ООП і прототипна мова	Процедурна і ООП мова
Громісткість коду	Середня	Велика
Інтерактивність сторінок	Скриптова мова, яку бачить користувач	HTML-код передається на сторону клієнта
Підтримка	Регулярний вихід пакетів оновлень щорічно	Непередбачуваність нових версій PHP
Підтримка Unicode	Так	Не підтримується Unicode у версіях до 6.0

Ефективність є дуже важливим чинником у програмуванні для середовищ розрахованих на багато користувачів, до яких належить і web. Важливою перевагою PHP є те, що ця мова належить до інтерпретованих. Це дозволяє обробляти сценарії з достатньо високою швидкістю. За деякими оцінками, більшість PHP-сценаріїв (особливо не дуже великих розмірів) обробляються швидше за аналогічні їм програми, написані на Perl. Проте хоч би що робили розробники PHP, виконавчі файли, отримані за допомогою компіляції, працюватимуть значно швидше — в десятки, а іноді і в сотні разів. Але продуктивність PHP достатня для створення цілком серйозних веб-застосунків.

VS Code — текстовий редактор від компанії Adobe, призначений для редагування JavaScript, HTML і CSS.

Основні особливості, які доступні на даний момент користувачеві: VS Code підтримує режим Live-розробки, при якому редагований контент (JavaScript, HTML і CSS); налагодження може виконуватися синхронно із браузером, розробник може встановити точку зупину або відкотитися на крок назад при перегляді результатів; вбудована підтримка препроцесорів LESS і SCSS.

Враховуючи всі переваги і недоліки, була обрана мова JavaScript тому, що інформаційна технологія моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів розробляється, як веб-додаток, а JavaScript був створений саме для таких цілей.

Враховуючи усі відомості, було обрано середовище програмування VS Code, так як воно має багато корисних інструментів для користувача і має зручний та легкий інтерфейс.

React (старі назви: React.js, ReactJS) — відкрита JavaScript бібліотека для створення інтерфейсів користувача, яка покликана вирішувати проблеми часткового оновлення вмісту веб-сторінки, з якими стикаються в розробці односторінкових застосунків. Розробляється Facebook, Instagram і спільнотою індивідуальних розробників [24].

React дозволяє розробникам створювати великі веб-застосунки, які використовують дані, котрі змінюються з часом, без перезавантаження сторінки. Його мета полягає в тому, щоб бути швидким, простим, масштабованим. React обробляє тільки користувацький інтерфейс у застосунках. Це відповідає видові у шаблоні модель-вид-контролер (MVC), і може бути використане у поєднанні з іншими JavaScript бібліотеками або в великих фреймворках MVC, таких як Angular.js [24]. Він також може бути використаний з React на основі надбудов, щоб піклуватися про частини без користувацького інтерфейсу побудови веб-застосунків. Як бібліотеку інтерфейсу користувача React найчастіше використовують разом з іншими бібліотеками, такими як Redux.

Особливості React JS:

- JSX: Розширення синтаксису Javascript, яке в основному рекомендується використовувати в React JS.

- Компоненти: React JS використовується як складова структура, яка використовується для роботи у великому проекті з різною модульною структурою.

- Односпрямований потік даних: він реалізує односторонній потік даних за допомогою шаблону Flux для збереження однонаправлених даних. Ліцензія: ліцензується під Facebook Inc.

3.5 Тестування і аналіз результатів роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів

Після реалізації всього веб-додатку в цілому потрібно було протестувати спроектовану математичну модель моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Для цього в якості вхідних даних були імпортовані п'ять вибірок з даними 1-14 турів Англійської Прем'єр-Ліги сезону 19/20. В кожній з цих вибірок вказані підсумкові рахунки футбольних матчів. Дані цих вибірок були імпортовані в базу, після чого почалось тестування інформаційної технології.

Інформаційна технологія моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів передбачена перш за все для отримання найбільш точного опису стану футбольної команди, моделювання рейтингу конкурентоспроможності футбольних команд та прогнозування результатів футбольних матчів за рахунок опрацювання статистичних футбольних даних.

Відповідною задачею, поставленою для виконання в даній магістерській кваліфікаційній роботі, є досягнення величини точності розрахунків – не менше 65% та максимальної швидкості роботи.

З метою перевірки працездатності було здійснено експериментальні дослідження з метою виявлення достовірності запропонованих прогнозів відповідно до вхідних даних.

Загальна кількість матчів 140, що дає в свою чергу великий обсяг даних для тестування.

Було проведено п'ять тестів, що являли собою пошук значень коефіцієнтів впливу футбольних показників опису математичної моделі, що забезпечують найбільшу точність, на основі 28 тестових записів. Записи було

подано в цикл, в якому порівнювалась достовірність прогнозів відносно вхідних даних. Для зменшення кількості ітерацій по комбінаціям коефіцієнтів футбольних показників, таким показникам, як xG та $GD-xGD$ був заданий коефіцієнт 10 та 3 відповідно. Це дозволило зменшити час обробки великої кількості даних і використати менше оперативної пам'яті обчислювальної машини. Коли кількість ітерацій зменшилась на декілька десятків тисяч, було визначено значення наступного показника, xGA . Після знаходження оптимального варіанту значення цього показника, наступні тести давали точніші результати прогнозування. Для визначення точності було використано метрику RMSE.

Встановивши усі значення коефіцієнтів футбольних показників опису математичної моделі та здійснивши порівняння прогнозів 140 матчів футбольних команд з вхідними даними, точність прогнозування дорівнювала 72% - що є дуже гарним результатом.

Для порівняння результатів тестування розробленої інформаційної технології прогнозування з системою аналогом livescore.com були проведені тестування результатів прогнозування сайту аналогу. Тестова вибірка складала ті ж самі дані, що і для тестування розробленого аналогу.

Результати тестування розробленої інформаційної технології прогнозування результатів футбольних матчів та системи аналога livescore.com наведені в таблиці 3.2.

Для подальшого розвитку інформаційної технології та збільшення точності можна проводити тестування більшої вибірки тестових значень та іншим числом футбольних показників. Збільшивши кількість футбольних команд та перебравши варіанти усіх можливих комбінацій коефіцієнтів футбольних показників, для прогнозування футбольних матчів, можна отримати більший процент точності прогнозів.

Для визначення точності результатів прогнозування футбольних матчів використовувалась метрика RMSE(Root Mean Square Error), тобто квадрат середньоквадратичної помилки.

Формула має наступний вигляд [25]:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_j)^2}{n}} \quad (3.1)$$

де y_i – спостережуване значення; \hat{y}_j – прогнозоване значення; n — загальна кількість помилок.

Таблиця 3.2 – Результати тестування розробленої інформаційної технології та системи аналога

Програмний засіб	Найменування показника	Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5
Розроблена система	Прогнози з точністю < 70%	20	17	15	16	9
	Прогнози з точністю > 70%	8	11	13	12	19
	Середній показник точності прогнозування результатів	43%	52%	57%	61%	72%
Система livescore.com	Прогнози з точністю < 70%	12	11	10	11	10
	Прогнози з точністю > 70%	16	17	18	17	18
	Середній показник точності прогнозування результатів	61%	63%	67%	63%	67%

За рахунок використання множини релевантних та комплексних коефіцієнтів, які характеризують ступінь конкурентноспроможності команди, точність прогнозування результатів матчів збільшилась на ~5%.

3.6 Висновок

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було спроектовано систему моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів за методологією IDEF0. Створено діаграму декомпозиції блоків системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

Розроблено структуру та алгоритм роботи інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

Обґрунтовано вибір мови програмування java-script, для програмної реалізації системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, наведено основні переваги та недоліки. Обґрунтовано вибір бібліотеки користувачького інтерфейсу React.js.

За результатами проведення експериментів зроблено висновок, що чим більше описових статистичних даних по матчам з правильними коефіцієнтами впливу конкретного критерію обробляється, тим точніші генеруються прогнози. Проведено тестування роботи веб-додатку, що підтвердило працездатність інформаційної системи і відповідність щодо точності сформованих прогнозів результатів футбольних матчів ($\geq 70\%$), що свідчить про досягнення мети проектування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки. Для проведення технологічного аудиту було залучено 2-х незалежних експертів. Такими експертами будуть доцент кафедри КН Іванчук Я.В. та доцент кафедри КН Озеранський В.С.

Здійснюємо оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями за 5-ти бальною шкалою.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта	
	Іванчук Я.В.	Озеранський В.С.
	Бали, виставлені експертами:	
1	4	4
2	3	3
3	3	4
4	4	4
5	3	3
6	3	4
7	4	3
8	3	4
9	4	4
10	4	4
11	3	4
12	3	4
Сума балів	СБ ₁ = 42	СБ ₂ = 45
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{2} = 43,5$	

Отже, з отриманих даних таблиці 4.1 видно, що нова розробка має високий рівень комерційного потенціалу.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи та конструкторсько-технологічної роботи.

Для розробки нового програмного продукту необхідні такі витрати. Основна заробітна плата для розробників визначається за формулою (4.1):

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (4.1)$$

де M - місячний посадовий оклад конкретного розробника; T_p - кількість робочих днів у місяці, $T_p = 21$ день; t - число днів роботи розробника, $t = 40$ днів.

Розрахунки заробітних плат для керівника і програміста наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунки основної заробітної плати

Працівник	Оклад М, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи, t	Витрати на оплату праці, грн.
Науковий керівник	5000	238,1	5	1190,5
Інженер- програміст	3500	166,66	40	6666,4
Всього:				7856,9

Розрахуємо додаткову заробітну плату:

$$Z_{дод} = 0,1 \cdot 7856,9 = 785,69 \text{ (грн.)} \quad (4.3)$$

Нарахування на заробітну плату операторів НЗП розраховується як 37,5... 40% від суми їхньої основної та додаткової заробітної плати:

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{\beta}{100}$$

$$H_{зп} = (785,69 + 7856,9) \cdot \frac{36,3}{100} = 3137,26 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок амортизаційних витрат для програмного забезпечення виконується за такою формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T}{12},$$

(4.3)

де $Ц$ – балансова вартість обладнання, грн; H_a – річна норма амортизаційних відрахувань % (для програмного забезпечення 25%); T – Термін використання ($T=3$ міс.).

Таблиця 4.3 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування програмного забезпечення	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Персональний комп'ютер	10000	25	3	625
Всього:				625

Розрахуємо витрати на комплектуючі. Витрати на комплектуючі розрахуємо за формулою:

$$K = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i, \quad (4.4)$$

де n – кількість комплектуючих; N_i - кількість комплектуючих i -го виду; C_i – покупна ціна комплектуючих i -го виду, грн; K_i – коефіцієнт транспортних витрат (прийmemo $K_i = 1,1$).

Таблиця 4.4 - Витрати на комплектуючі, що були використані для розробки ПЗ.

Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Ціна, грн.	Витрачено	Вартість витрачених матеріалів, грн.
Флешка	шт.	150	1	150
Пачка паперу	уп.	100	1	100
Ручка	шт.	10	1	10
Всього з урахуванням транспортних витрат				286

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n ; \quad (4.5)$$

де V – вартість 1кВт-години електроенергії ($V=1,7$ грн/кВт); P – установлена потужність комп'ютера ($P=0,6$ кВт); Φ – фактична кількість годин роботи комп'ютера ($\Phi=180$ год.); K_n – коефіцієнт використання потужності ($K_n < 1$, $K_n=0,8$).

$$V_e = 1,7 \cdot 0,6 \cdot 180 \cdot 0,8 = 146,88 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо інші витрати $V_{ін}$.

Інші витрати I_e можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які були виконували дану роботу, тобто:

$$V_{ін} = (1..3) \cdot (Z_o + Z_p). \quad (4.6)$$

Отже, розрахуємо інші витрати:

$$V_{ін} = 1 \cdot (7856,9 + 785,69) = 8642,59 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати на виконання даної частини роботи:

$$V = Z_o + Z_p + H_{зп} + A + K + V_e + I_e$$

$$B = 7856,9 + 785,69 + 3137,26 + 625 + 286 + 146,88 + 8642,59 = 21480,32 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо загальну вартість наукової роботи $B_{\text{заг}}$ за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ін}}}{\alpha} \quad (4.7)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях = 1.

$$B_{\text{заг}} = \frac{21480,32}{1} = 21480,32$$

Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} \quad (4.8)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Отже, розрахуємо загальні витрати:

$$ЗВ = \frac{21480,32}{0,9} = 23867,02 \text{ (грн.)}$$

4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.

Спрогнозуємо отримання прибутку від реалізації результатів нашої розробки. Зростання чистого прибутку можна оцінити у теперішній вартості

грошей. Це забезпечить підприємству (організації) надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності.

Оцінка зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. У цьому випадку збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta \Pi_i$ для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^n (\Delta \Pi_{\text{я}} \cdot N + \Pi_{\text{я}} \Delta N)_i \quad (4.9)$$

де $\Delta \Pi_{\text{я}}$ – покращення основного якісного показника від впровадження результатів розробки у даному році; N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки; ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки; $\Pi_{\text{я}}$ – основний якісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки; n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки.

В результаті впровадження результатів наукової розробки витрати на виготовлення інформаційної технології зменшаться на 20 грн (що автоматично спричинить збільшення чистого прибутку підприємства на 20 грн), а кількість користувачів, які будуть користуватись збільшиться: протягом першого року – на 300 користувачів, протягом другого року – на 200 користувачів, протягом третього року – 100 користувачів. Реалізація інформаційної технології до впровадження результатів наукової розробки складала 1500 користувачів, а прибуток, що отримував розробник до впровадження результатів наукової розробки – 500 грн.

Спрогнозуємо збільшення чистого прибутку від впровадження результатів наукової розробки у кожному році відносно базового.

Отже, збільшення чистого продукту $\Delta\Pi_1$ протягом першого року складатиме:

$$\Delta\Pi_1 = 20 \cdot 1500 + (500 + 20) \cdot 300 = 186000 \text{ грн.}$$

Протягом другого року:

$$\Delta\Pi_2 = 20 \cdot 1500 + (500 + 20) \cdot (300 + 200) = 290000 \text{ грн.}$$

Протягом третього року:

$$\Delta\Pi_3 = 20 \cdot 1500 + (500 + 20) \cdot (300 + 200 + 100) = 342000 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності

Визначимо абсолютну і відносну ефективність вкладених інвестором інвестицій та розрахуємо термін окупності.

Абсолютна ефективність $E_{\text{абс}}$ вкладених інвестицій розраховується за формулою:

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - \text{PV}), \quad (4.10)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

m – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, 3 роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки 2, 3, 4.

Рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, рисунок 4.1.



Рисунок 4.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

Розрахуємо вартість чистих прибутків за формулою:

$$ПП = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (4.11)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн; m – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1; t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки.

Отже, розрахуємо вартість чистого прибутку:

$$ПП = \frac{23867,02}{(1+0,1)^0} + \frac{186000}{(1+0,1)^2} + \frac{290000}{(1+0,1)^3} + \frac{342000}{(1+0,1)^4} = 629057,92 \quad (\text{грн.})$$

Тоді розрахуємо $E_{\text{абс}}$:

$$E_{\text{абс}} = 629057,92 - 23867,02 = 605190,9 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР буде доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v за формулою:

$$E_v = \sqrt[T]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1 \quad (4.12)$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн; PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн; $T_{\text{ж}}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Тоді будемо мати:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{605190,9}{23867,02}} - 1 = 1,97 \text{ або } 197\%$$

Далі, розраховану величина E_v порівнюємо з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування $\tau_{\text{мін}}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{\text{мін}}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f,$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні $d = 0,2$; f – показник, що характеризує ризикованість вкладень, величина $f = 0,1$.

$$\tau = 0,2 + 0,1 = 0,3$$

Оскільки $E_v = 197\% > \tau_{\text{мін}} = 0,3 = 30\%$, то у інвестор буде зацікавлений вкладати гроші в дану наукову розробку.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e}$$
$$T_{ок} = \frac{1}{1,97} = 0,50 \text{ року}$$

4.5 Висновок

В даному розділі було виконано оцінювання комерційного потенціалу розробки інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Проведено технологічний аудит з залученням двох незалежних експертів. Визначено, що рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього. Розраховано витрати на заробітну плату, амортизаційні відрахування, витрати на комплектуючі та на силову електроенергію. Загальна вартість реалізації становить 23867,02 грн.

Виконано прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки. Очікується, що основний прибуток буде отримуватись протягом трьох років. Чистий прибуток підприємства від впровадження розробки за три роки становить 629057,92 грн.

Також здійснено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Життєвий цикл наукової розробки становить 3 роки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій дорівнює 605190,9 грн. Відносна щорічна ефективність вкладених коштів становить 197%, при мінімальному порозі в 30%. А термін окупності інвестицій складає 0,50 роки. Тому фінансування розробки інформаційної технології цифрової корекції растрових зображень є доцільним для інвесторів і може принести їм потенційний прибуток.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено інформаційна технологія моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. При аналізі предметної області відзначено, що прогнозування та моніторинг результатів футбольних матчів відіграють важливу роль в сфері беттингу, в наукових дослідженнях та в інформаційних системах. Визначено, науково-технічною проблемою є відсутність ефективної реалізації інформаційної технології математична модель якої базується на основі показників результативності проведених ігор, що з високою точністю дозволить прогнозувати результат футбольного матчу.

Визначено основні проблеми, що виникають при вирішенні задачі моніторингу та прогнозування футбольних матчів, методи за допомогою яких їх можна усунути та вимоги до інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Було розглянуто та проаналізовано класифікацію методів обробки даних та відомі аналоги вирішення задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

В другому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було досліджено і описано критерії для створення математичної моделі прогнозування результатів футбольних матчів. Відібрано критерії, що впливають на створення математичної моделі прогнозування результатів футбольних матчів. Визначено значення, важливість та вплив кожного з критеріїв на формування рейтингу команди та прогнозування результату футбольного матчу. Створено та описано математичну модель рішення задачі моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів.

Третій розділ присвячено проектуванню та розробці програмного забезпечення інформаційної технології моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів. Виконано проектування системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів за методологією IDEF0. Відповідно до поставле-

них задач визначено структурну організацію програмного продукту та схему алгоритму роботи програми.

Обґрунтовано вибір мови програмування `java-script`, для програмної реалізації системи моніторингу та прогнозування результатів футбольних матчів, основними перевагами якої є: функції як об'єкти першого класу, об'єкти як списки, каррінг, анонімні функції, замикання (`closures`) — що додає мові додаткову гнучкість. Обґрунтовано вибір бібліотеки користувачького інтерфейсу `React.js`.

В ході економічного обґрунтування розробки проведено оцінювання економічного потенціалу розробки, спрогнозовано витрати на виконання науково-дослідної, технологічної роботи, дослідно-конструкторської спрогнозовано та конструкторсько-комерційні ефекти від реалізації результатів розробки, розраховано ефективність вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

В результаті виконання даної кваліфікаційної роботи поставлені задачі були виконані в повній мірі. Отже, мета магістерської роботи досягнута.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семенюк В.О. Математичні моделі прогнозування результатів футбольних матчів. Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії. / Семенюк В.О. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/26569> (дата звернення 05.09.2019) – Назва з екрана.

2. Беттінг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 15.09.2019) – Назва з екрана.

3. Полозов А. А. «Статистика и спорт» – Институт физической культуры, 2007, 207 с.

4. Класифікація методів прогнозування. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://lubbook.org/book_431_glava_40_79.Klasif%D1%96ka%D1%81%D1%96ja_metod%D1%96v. (дата звернення 18.10.2019) – Назва з екрана.

5. Інформаційні технології і автоматизація (Information technology and automation) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://card-file.onaft.edu.ua/handle/123456789/10174> (дата звернення 13.09.2019) – Назва з екрана.

6. Келли Мэрдок «JavaScript. Наглядный курс создания динамических Web-страниц»–Директ,2004.-288 с.

7. Football.ua: своя методика анализа футбольных матчей. Часть 2[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://football.ua/4-4-2/articles/212438-footballua-svoja-metodyka-analyza-futbolnykh-matchejj-chast-2.html> (дата звернення 23.10.2019) – Назва з екрана.

8. Дронов С.В. «Многомерный статистический анализ» –Изд-во Алт. гос. унив., 2003. – 213 с.

9. Математичне прогнозування результатів футбольних матчів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naub.oa.edu.ua/2015/>

10. Методика прогнозирования с помощью теории нечетких множеств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rudbet.com/5-9-metodika-prognozirovaniya-s-pomoshhyu-teorii-nechetkih-mnozhestv/> (дата звернення 18.10.2019) – Назва з екрана.

11. Вуколов Э.А. «Основы статистического анализа» – ФОРУМ, 2008, 464 с.

12. Костин А.В. «Квалиметрический анализ и рейтинг» – ФОРУМ, 2010, 169 с.

13. Прогнозування результатів футбольних матчів за допомогою машини опорних векторів / Штовба С. Д., Цаконас А. Д., Дуніас Г. Д. // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інститута. – 2003. – No1. – С. 181-186.

14. Передбачення [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B1%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F>. В. (дата звернення 14.09.2019) – Назва з екрана.

15. Прогнозування в спорті – як метод дослідження [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://library.vspu.net/bitstream/handle/123456789/1490/%D0%A04.14.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

16. Logit regression | r data analysis examples [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://stats.idre.ucla.edu/r/dae/logit-regression/> (дата звернення 20.10.2019) – Назва з екрана.

17. Логістична регресія [Электронный ресурс] – режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Логістична_регресія (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

18. Проблемы материальной культуры [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/24596/10-Reikin.pdf?sequence=1> (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

19. Прогнозування результатів футбольних матчів за допомогою машини опорних векторів [Електронний ресурс] – режим доступу: http://www.serhiy-shtovba.narod.ru/doc/Footbal_SVM_Ukr.pdf (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

20. Основы квалиметрии в управлении качеством продукции [Електронний ресурс] – режим доступу: https://studopedia.ru/7_63853_tema--osnovi-kvalimetrii-v-upravlenii-kachestvom-produktsii.html (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

21. Коэффициент детерминации [Електронний ресурс] – режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_детерминации (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

22. Анализ критериев эффективности модели прогнозирования [Електронний ресурс] – режим доступу: http://phdblog.org.ua/m/Analiz_kriteriev_effektivnosti_modeli_prognozirovaniya.html (дата звернення 18.09.2019) – Назва з екрана.

23. Методология IDEF0 [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://itteach.ru/bpwin/metodologiya-idef0> (дата звернення 12.10.2019) – Назва з екрана.

24. Построение контекстой диаграммы в нотации IDEF0 [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://khpriip.mipk.kharkiv.edu/library/technpgm/labs/lab02.html> (дата звернення 13.10.2019) – Назва з екрана.

25. Среднеквадратическая ошибка модели [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://statistica.ru/glossary/general/srednekvadraticeskaya-oshibka/> (дата звернення 01.11.2019) – Назва з екрана.

26. Методичні вказівки до економічної частини магістерських виконання студентами-магістрантами кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.