

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
Дослідження методів прогнозування результатів змагань
в інформаційній системі федерації підводного спорту
(тема)

Виконала:
Студентка 2 курсу, групи ІУСТМ-22-1
Уварова Вікторія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Інформаційні
управляючі системи та технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник професор кафедри ІУС
Наталія ВАСИЛЬЦОВА
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Допускається до захисту

Зав. кафедри


(підпис)

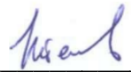
Костянтин ПЕТРОВ
(власне ім'я, прізвище)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
 Кафедра Інформаційних управляючих систем
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
 (код і повна назва)
 Тип програми освітньо-професійна
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)
 Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 
(підпис)

« 20 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

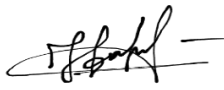
студентці Уваровій Вікторії Олександрівні
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів прогнозування результатів змагань в інформаційній системі федерації підводного спорту
затверджена наказом університету від 16 листопада 2023 р. № 1359Ст
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 16 січня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: науково-технічна література, публікації та інтернет-ресурси, що стосуються теми кваліфікаційної роботи, дані про результати участі спортсменів федерації підводного спорту та підводної діяльності України в змаганнях
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: аналіз існуючих методів вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті; розробка комбінованого методу прогнозування результатів змагань у підводному спорті; практична реалізація методів дослідження прогнозування змагань; експериментальна перевірка розробленого комбінованого методу прогнозування результатів змагань у підводному спорті, аналіз використаних методів для експериментальної перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань та проведення експерименту, аналіз практичного використання методів прогнозування результатів спортивних змагань

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження	20.11.2023-22.11.2023	виконано
2	Аналіз існуючих методів вирішення задачі прогнозування спортивних змагань	23.11.2023-26.11.2023	виконано
3	Постановка задачі дослідження	27.11.2023-28.11.2023	виконано
4	Розробка комбінованого методу прогнозування результатів змагань у підводному спорті	29.11.2023-08.12.2023	виконано
5	Опис і аналіз особливостей комбінованого методу прогнозування змагань у підводному спорті	09.12.2023-13.12.2023	виконано
6	Практична реалізація методів дослідження прогнозування змагань	14.12.2023-18.12.2023	виконано
7	Опис даних для дослідження та перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань	19.12.2023-20.12.2023	виконано
8	Експериментальна перевірка розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань та проведення експерименту	21.12.2023-01.01.2024	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	02.01.2024-07.01.2024	виконано
10	Підготовка презентаційного матеріалу	08.01.2024-10.01.2024	виконано
11	Перевірка роботи на плагіат	12.01.2024	виконано
12	Попередній захист	12.01.2024	виконано
13	Надання роботи на рецензію	12.01.2024	виконано
14	Захист	18.01.2024	виконано

Дата видачі завдання: «20» листопада 2023 р

Студентка 
(підпис)

Керівник роботи 
(підпис)

проф. каф. ІУС Наталія ВАСИЛЬЦОВА
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 110 сторінок, 24 рисунка, 12 таблиць, 2 додатка, 46 джерел.

АНАЛІЗ, ЗМАГАННЯ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, МЕТОД БАЙЄСА, ПРОГНОЗУВАННЯ, РЕЙТИНГ, СПОРТ

Кваліфікаційна робота спрямована на вивчення і дослідження методів вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті, які засновані на використанні рейтингових показників спортсменів.

Об'єктом дослідження в роботі є процеси прогнозування результатів змагань у підводному спорті. Предметом дослідження є методи вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті, які засновані на використанні рейтингових показників спортсменів.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження методів прогнозування результатів змагань у підводному спорті та розробка комбінованого методу для ефективного вирішення задачі прогнозування в інформаційній системі федерації підводного спорту та підводної діяльності України.

Для досягнення поставленої мети у магістерській кваліфікаційній роботі реалізовано такі задачі дослідження: проаналізовано існуючі моделі та методи вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті; вдосконалено існуючі методи прогнозування результатів змагань з урахуванням характерних особливостей підводного спорту, розроблено комбінований метод прогнозування результатів змагань; практично реалізовано методи вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті; експериментально перевірено розроблений метод технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань.

ABSTRACT

Explanatory note to the qualification work: 110 pages, 24 figures, 12 tables, 2 appendices, 46 sources.

ANALYSIS, COMPETITION, INFORMATION SYSTEM, MACHINE LEARNING, BAYES METHOD, FORECASTING, RATING, SPORTS

The qualification work is aimed at the study and research of methods of solving the problem of forecasting the results of competitions in underwater sports, which are based on the use of rating indicators of athletes.

The object of research in the work is the processes of forecasting the results of competitions in underwater sports. The subject of the study is methods of solving the problem of forecasting the results of competitions in underwater sports, which are based on the use of rating indicators of athletes. The purpose of the qualification work is to research the methods of forecasting the results of competitions in underwater sports and the development of a combined method to effectively solve the problem of forecasting in the information system of the Federation of Underwater Sports and Underwater Activities of Ukraine.

In order to achieve the set goal, the following research tasks were implemented in the master's qualification work: existing models and methods of solving the problem of predicting the results of competitions in underwater sports were analyzed; the existing methods of forecasting the results of competitions have been improved, taking into account the characteristic features of underwater sports, a combined method of forecasting the results of competitions has been developed; the methods of solving the problem of forecasting the results of competitions in underwater sports are practically implemented; the developed method of technology for solving the problem of forecasting the competition rating was experimentally verified.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз існуючих методів вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті.....	11
1.1 Опис та аналіз сучасного стану прогнозування результатів змагань у Федерації підводного спорту та підводної діяльності України.....	11
1.2 Аналіз існуючих методів вирішення задачі прогнозування результатів спортивних змагань.....	18
1.3 Огляд і аналіз існуючих інформаційних систем і технологій вирішення задачі прогнозування результатів змагань.....	30
1.4 Постановка задачі дослідження.....	33
2 Розробка комбінованого методу прогнозування результатів змагань у підводному спорті.....	36
2.1 Вибір і аналіз складових частин комбінованого методу прогнозування результатів змагань	36
2.2 Опис і аналіз особливостей комбінованого методу прогнозування результатів змагань у підводному спорті.....	44
2.3 Прогнозування стабільності результатів участі спортсменів у змаганнях.....	46
2.3.1 Визначення загального та середніх балів спортсменів на змаганнях.....	46
2.3.2 Визначення стандартного відхилення показників рейтингу спортсменів.....	48
2.4 Висновки до розділу 2.....	49
3 Практична реалізація комбінованого методу прогнозування результатів спортивних змагань.....	51

3.1	Опис сучасного стану автоматизації об'єкта дослідження.....	51
3.2	Розробка алгоритму реалізації методу прогнозування результатів змагань в ІС «Підводний спорт».....	62
4	Експериментальна перевірка розробленого метода прогнозування результатів змагань у підводному спорті.....	68
4.1	Опис даних для дослідження та перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань.....	68
4.2	Аналіз використаних методів для експериментальної перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань та проведення експерименту.....	73
4.3	Аналіз практичного використання методів прогнозування результатів змагань.....	78
	Висновки.....	80
	Перелік джерел посилання.....	82
	Додаток А Програмна реалізація байєсівської ймовірності та байєсівської регресії машинного навчання	88
	Додаток Б Графічний матеріал.....	91

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ІС – інформаційна система

ІТ – інформаційні технології

ПЗ – програмне забезпечення

СІС – спортивна інформаційна система

ФПСПД – Федерація підводного спорту та підводної діяльності України

СМАС – world confederation of underwater sport

DFD – data flow diagram

IDEF0 – integrated definition for process description capture

ML – machine learning

SVM – support vector machines

ВСТУП

Задачі прогнозування результатів змагань використовуються в різних областях, таких як спортивний менеджмент, ставки на спорт, аналіз команд та індивідуальних виступів [1].

Цей підхід дозволяє отримати важливі інсайти для ефективного управління та прийняття рішень.

Актуальність цього напрямку дослідження виявляється в пошуку оптимальних стратегій та передбаченні можливих варіантів розвитку подій.

Актуальність цієї роботи проявляється в необхідності забезпечення спортивних федерацій та Міністерства молоді та спорту України відповідним інформаційним продуктом, який би надав можливість вирішення можливих проблем, які пов'язані з формуванням рейтингу спортсменів та прогнозуванням результатів змагань.

Об'єктом дослідження в роботі є процес прогнозування результатів змагань у підводному спорті.

Предметом дослідження є методи прогнозування результатів змагань в інформаційній системі Федерації підводного спорту та підводної діяльності України.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження методів прогнозування результатів змагань у підводному спорті та розробка комбінованого методу для ефективного вирішення задачі прогнозування в інформаційній системі Федерації підводного спорту та підводної діяльності України.

Для досягнення даної мети в роботі надаються способи вирішити наступних задач:

- аналіз існуючих методів та моделей вирішення задачі прогнозування рейтингу змагань у підводному спорті;

- розробка комбінованого методу вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті з урахуванням характерних для неї обмежень;
- практична реалізація комбінованого методу вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті;
- експериментальна перевірка розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗМАГАНЬ У ПІДВОДНОМУ СПОРТІ

1.1 Опис та аналіз сучасного стану прогнозування результатів змагань у Федерації підводного спорту та підводної діяльності України

Підводний спорт на теперішній час не є олімпійським видом спорту, як і багато інших спортивних дисциплін. Аналіз цього спортивного виду діяльності за останні роки показав, що така ситуація може бути пов'язана з обмеженим доступом до спорядження із занять підводним спортом та специфікою цієї спортивної діяльності [1].

Даний вид спорту входить до списку видів спорту, які є на Всесвітніх Воєнних Іграх, тобто на мультиспортивних змаганнях, які організуються для спортсменів-військовослужбовців. Організатором таких змагань є Міжнародна рада військового спорту [2]. Включення воєнних видів спорту у склад олімпійських ігор може суперечити принципу «мирного призначення», оскільки воєнні змагання не спрямовані на сприяння спортивної духовності та мирних цілей.

В Україні підводний спорт швидко розвивається та організаційно існує в рамках Федерації підводного спорту та підводної діяльності України (ФПСД), яка має повноваження приймати, розвивати, змінювати і закривати дисципліни підводного спорту.

Однією із задач, яка вирішується для забезпечення якісного управління діяльністю в усіх спортивних напрямках, а також і в підводному спорті, є задача прогнозування результатів діяльності спортивних клубів, командних та особистих змагань спортсменів.

Прогноз у сфері спорту – це науково обґрунтоване судження про можливий стан спортсмена або певного об'єкту спортивної дійсності у

майбутньому, а також про найбільш імовірні шляхи досягнення такого стану, який приймається у якості мети [3]. На теперішній час прогнозування в спорті відбувається за основними часовими обмеженнями [4]:

- короткострокове прогнозування;
- середньострокове прогнозування;
- довгострокове прогнозування;
- наддовге прогнозування.

Занадто низька точність таких прогнозів обумовлюється зараз великою кількістю чинників, які складно враховуються, але впливають на перемогу в змаганнях і темпи зростання спортивних результатів. На кінцевий результат прогнозу може зробити вирішальний вплив кожний з чинників.

Як об'єкт дослідження в роботі розглядаються процеси довгострокового прогнозування результатів командних та особистих змагань спортсменів у підводному спорті.

Зазвичай під прогнозуванням результатів змагань розуміють прогнозування результатів спортсменів, команд, спортивних клубів чи результатів загальних змагань з урахуванням кількості отриманих очок.

Довгострокове прогнозування спрямоване на оптимізацію процесу відбору, підготовки та участі спортсменів в змаганнях протягом відносного тривалого часу (від 1 або 2 років до 3 або 4 років).

Довгостроковий прогноз в спортивній сфері має велике значення при розв'язанні таких задач [5]:

- відбір спортсменів або команд, які здатні досягти високих показників в різних видах спорту;
- орієнтації спортсменів на досягнення високих результатів в тій або іншій дисципліні конкретного вигляду, вибір ігрового амплуа (в іграх), вибір перспективної техніко-тактичної моделі змагання, що спирається на максимальне використання індивідуальних можливостей спортсменів;

- визначення оптимальної структури тренувального процесу, динаміки навантажень, найбільш вірогідного розвитку підготовленості, формування різних компонентів спортивної майстерності;

- вибір найбільш ефективних техніко-тактичних рішень (складнокоординаційні види, єдиноборство, ігри), здатних виявитися несподіваними для суперників, найбільш ефективними з позиції досягнення кінцевого результату діяльності змагання;

- виявлення складу основних суперників, їх технічної й тактичної оснащеності, фізичної та психічної підготовленості, особливостей діяльності змагання;

- вивчення умов майбутніх змагань, включаючи режим проведення змагань, кліматичні умови, особливості суддівства, інвентарю, устаткування;

- визначення спортивного результату, який може виявитися достатнім для перемоги, характеристик підготовленості, які дозволить забезпечити досягнення заданого результату.

Аналіз діяльності ФПСПД показав, що прогнозування результатів змагань зараз розглядається з урахуванням рейтингу спортсменів згідно з його визначенням у наказі Міністерства молоді та спорту України «Про затвердження положення про рейтинг з олімпійських та неолімпійських видів спорту в Україні» [6].

Особливість прогнозування результатів спортсменів, які розглядаються як їх рейтинг, полягає у тому, що цей рейтинг найчастіше формується на медальному заліку, який визначає подальшу пріоритетність спорту для Міністерства молоді та спорту України.

Особливістю даної спортивної діяльності є той факт, що заздалегідь невідомо, як виступить у змаганнях спортсмен чи спортивний клуб, виходячи з теперішньої ситуації в країні.

Також невідомо заздалегідь факт ймовірного, наприклад, травмування спортсмена перед важливими змаганнями тощо.

Результати спортсменів на змаганнях (після розрахунків й формування цих результатів) відправляються головному тренеру збірної команди України з підводного спорту, який здійснює загальне керівництво і несе відповідальність за розвиток та підготовку спортсменів в команді з підводного спорту.

Після завершення основних змагань, до яких відносяться Всесвітні Ігри, Чемпіонати Світу/Європи, Кубки Світу/Європи та Чемпіонати України, головні тренери надсилають результати цих змагань до Міністерства молоді та спорту України, після чого визначається кількість очок та подальша пріоритетність виду спорту. Урахування очок йде від 1 до 16 місця

Загальним положенням, яке надається в наказі [6], визначаються такі види рейтингу:

- рейтинг з олімпійських та неолімпійських видів спорту, визнаних в Україні (єдиний рейтинг);
- рейтинг закладів фізичної культури і спорту (рейтинг закладів);
- рейтинг у видах спорту;
- рейтинг спортсменів і тренерів у видах спорту.

Метою формування єдиного рейтингу з олімпійських та неолімпійських видів спорту є:

- залучення інститутів громадського суспільства до реалізації державної політики у сфері фізичної культури і спорту;
- визначення пріоритетності та головних напрямків розвитку олімпійських та неолімпійських видів спорту;
- створення належних умов для підтримки і розвитку пріоритетних олімпійських та неолімпійських видів спорту;
- уніфікація системи оцінювання виступів спортсменів та команд спортсменів України в офіційних спортивних змаганнях з олімпійських та неолімпійських видів спорту.

Рейтинги у різних видах спорту в Україні публікуються на офіційних веб-сайтах відповідних спортивних федерацій або повідомляються іншим

чином зацікавленим юридичним особам до 15 числа першого місяця наступного року. Окрім того, інформація передається до Міністерства молоді та спорту України до 31 числа першого місяця наступного року [6].

При підготовці команд до таких крупних змагань, як Олімпійські ігри, Всесвітні Ігри, Чемпіонати Світу/Європи тощо виникає багато проблем, що вимагають ефективного прогнозування.

За результатами аналізу діяльності ФПСПД з використанням методології IDEF0 (Integrated Definition for Process Description Capture Method) була розроблена схема взаємозв'язку процесів формування рейтингу змагань з підводного спорту [7].

Контекстна діаграма процесу формування рейтингу змагань у ФПСПД наведена на рисунку 1.1.

Схема типу «AS-IS», що представлена на рисунку 1.2, являє собою діаграму декомпозиції процесу формування спортивного рейтингу (формування вхідних даних). Діаграма зображує, як саме на теперішній час здійснюється процес формування рейтингу спортивних змагань.

Аналіз процесів формування рейтингу показав, що для забезпечення ефективності їх виконання необхідно розробити і використовувати автоматизований метод прогнозування результатів змагань.

Аналіз процесу, який пов'язаний з формуванням рейтингу змагань, показав, що основними функціями, які складають задачу, є: відстеження усіх необхідних даних; урахування визначення рейтингу згідно з наказом Міністерства молоді та спорту України; опрацювання даних; формування рейтингу; архівування даних рейтингу.

У разі отримання однакової кількості очок єдиний рейтинг, рейтинг у видах спорту та рейтинг закладів визначається за кращими результатами спортсменів на Олімпійських іграх, Всесвітніх іграх з неолімпійських видів спорту, Чемпіонатах світу та інших [6].

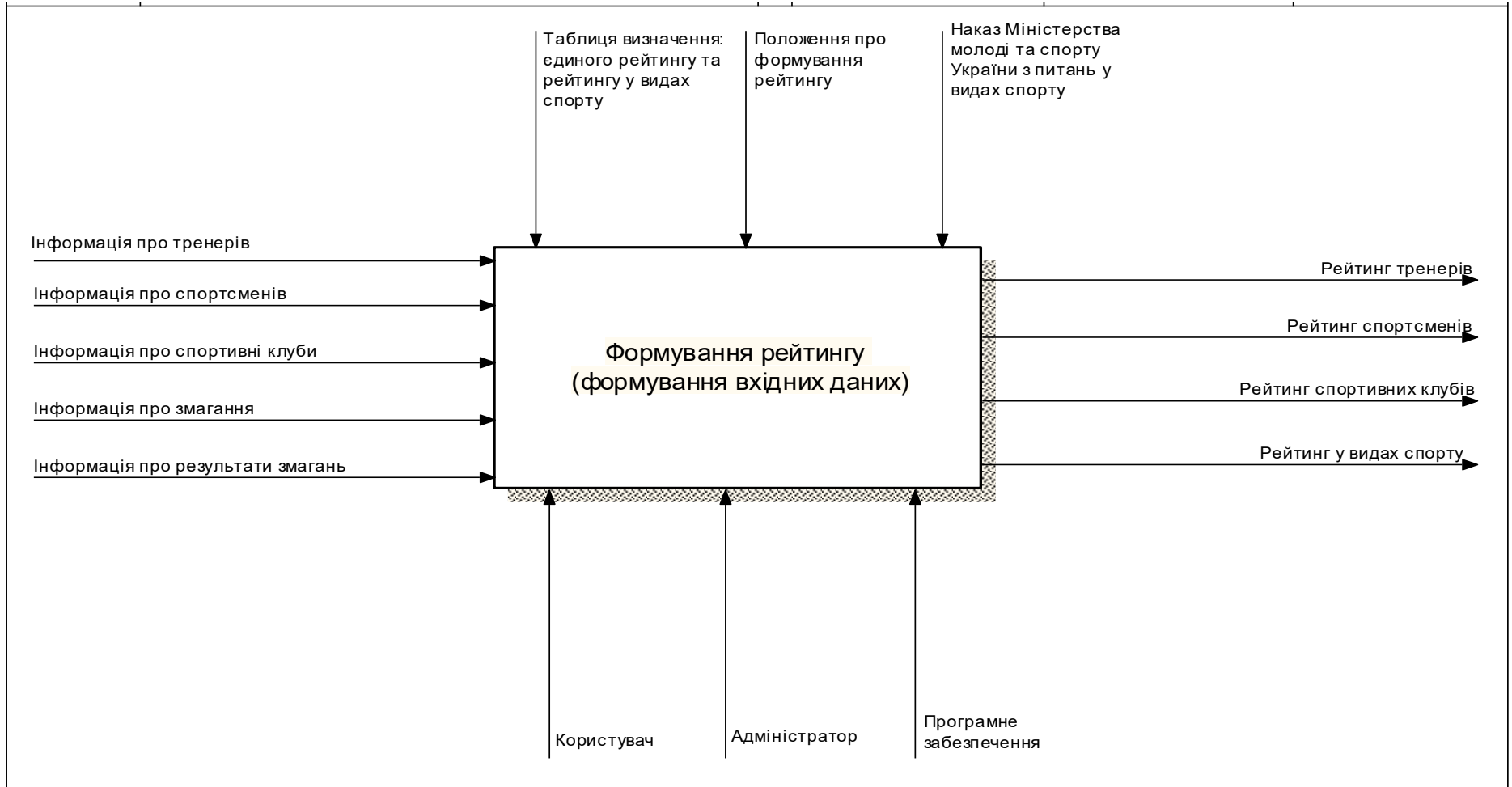


Рисунок 1.1 – Контекстна діаграма процесу формування спортивного рейтингу

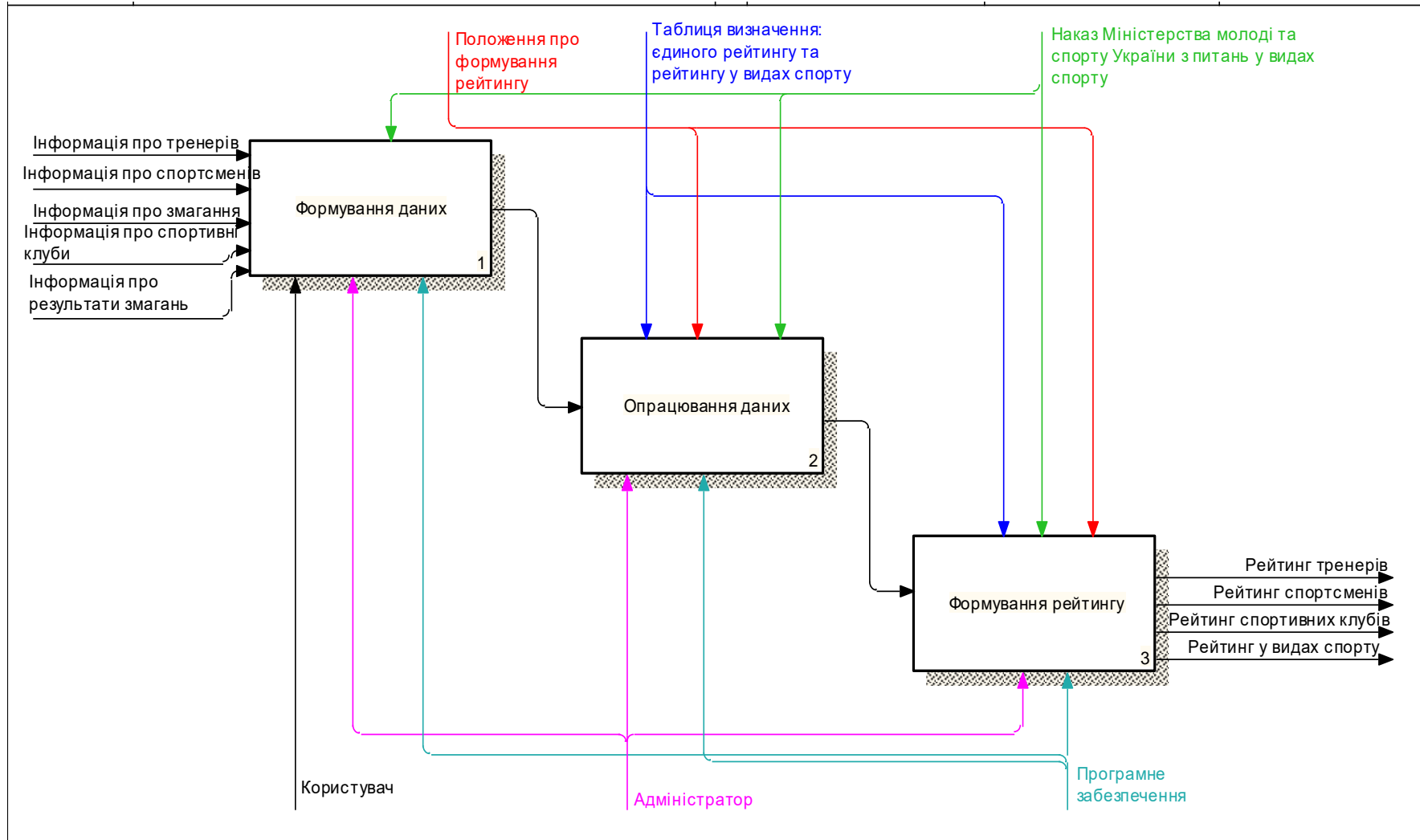


Рисунок 1.2 – Діаграма декомпозиції процесу формування рейтингу (формування вхідних даних)

За підсумками рейтингів адміністративно-територіальні одиниці, організації та заклади, окремі спортсмени, що посіли на змаганнях 1-3 місця, нагороджуються пам'ятними кубками та дипломами Міністерства молоді та спорту України.

1.2 Аналіз існуючих методів вирішення задачі прогнозування результатів спортивних змагань

У сучасному спортивному світі, де конкуренція надзвичайно високою, прогнозування результатів змагань стає ключовою складовою для розвитку та популяризації різних видів спорту. Визначення успішності спортсменів або команд вимагає не лише аналізу історичних даних, а й використання сучасних методів прогнозування, щоб отримати об'єктивні та надійні результати [8].

Огляд та аналіз, проведений в даному розділі роботи, присвячений розгляду існуючих методів прогнозування результатів змагань.

Розглянемо сучасні математичні методи, які використовуються для прогнозування результатів спортивних змагань, та їх ролі у розвитку спорту в цілому:

- методи машинного навчання (ML) [9];
- статистичні методи [10];
- байєсівські методи [11];
- методи оптимізації [12];
- методи теорії ігор [13];
- методи експертного оцінювання [14];
- методи побудови динамічних моделей [15].

Були проаналізовані переваги та недоліки сучасних математичних методів прогнозування, які можна використовувати в спортивній діяльності. Результати аналізу наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз переваг та недоліків сучасних математичних методів прогнозування, які можна використовувати в спортивній діяльності

Метод	Характеристики	Переваги	Недоліки
Методи машинного навчання	Використовують алгоритми для вивчення шаблонів у даних	Здатність робити прогнози на основі великої кількості даних	Потребують великої кількості даних для ефективної роботи
Статистичні методи	Засновані на статистичних моделях та методах	Здатність розраховувати ймовірність та довірчі інтервали	Можуть бути чутливими до викидів та аномалій у даних
Байєсівські методи	Використовують теорему Байєса для оцінки ймовірностей	Добре працюють при обмежених вхідних даних	Вимагають апріорних ймовірностей, які можуть бути суб'єктивними
Методи оптимізації	Максимізують або мінімізують обрану функцію відносно параметрів	Ефективні для оптимізації конкретних функцій	Задачі можуть зупинятися тільки на локальних екстремумах
Методи теорії ігор	Вивчають стратегії взаємодії між учасниками	Допомагають у розумінні стратегічних аспектів змагань	Складно моделюються ускладнені взаємодії та стратегії
Методи експертного оцінювання	Використовують експертні знання та думки для прогнозування	Можуть бути ефективними в випадках обмежених даних	Залежать від якості та об'єктивності експертних рішень
Методи побудови динамічних моделей	Створюють моделі, які враховують зміну в часі	Допомагають у прогнозуванні тенденцій та динаміки	Вимагають точних даних для побудови й оновлення даних

У таблиці 1.2 наведений аналіз сучасних методів прогнозування з використанням визначених критеріїв.

Таблиця 1.2 – Аналіз сучасних методів прогнозування з використанням визначених критеріїв

Критерії якісного прогнозу	Сучасні методи прогнозування						
	Методи машинного навчання	Статистичні методи	Байєсівські методи	Методи оптимізації	Методи теорії ігор	Методи експертного оцінювання	Методи побудови динамічних моделей
Обробка обмежених даних	-	-	+	+	-	+	+/-
Ефективність при використанні великої кількості даних	+	+/-	+	+/-	-	+/-	+
Чутливість до викидів та аномалій	-	-	+/-	+/-	+/-	+/-	-
Залежність від суб'єктивних оцінок	-	-	+	-	-	-	-
Обчислювальні витрати	-	+/-	-	+/-	+/-	+/-	-
Здатність моделювати стратегії	-	-	-	-	+	-	-
Залежність від точності даних	+	+	-	+/-	+/-	+/-	+

Зокрема розглядається використання методів машинного навчання, байєсівського підходу, теорії ігор та інших методів та методологій, які впливають на точність та об'єктивність визначення рейтингів у різних видах спорту. Акцент робиться на новітніх тенденціях та підходах, що дозволяють покращити якість прогнозування та враховувати різні аспекти спортивної діяльності [16].

Методи машинного навчання широко використовуються у спортивній сфері. В аспекті аналізу діяльності спортсменів методи ML використовують статистичні дані для визначення сильних та слабких сторін. Також вони використовуються для прогнозування травм, визначення оптимального часу відновлення та рекомендацій щодо тренувального процесу.

У сфері тренування методи ML можуть адаптувати програми тренувань до індивідуальних потреб кожного спортсмена на основі його фізичного стану та показників втоми.

В аспекті стратегічного аналізу результатів змагань методи ML можуть прогнозувати дії суперників, аналізувати гравців та визначати оптимальні тактики. Використання методів ML у спорті сприяє підвищенню ефективності тренувань, покращенню стратегій загань та зниженню ризику травм [17].

У загальному вигляді задачу машинного навчання можна сформулювати як пошук функції f , яка переводить множину вхідних даних X у вихідні дані Y . Ця функція намагається апроксимувати невідому залежність (функцію), яка визначає зв'язок між вхідними та вихідними даними за формулою:

$$Y = f(x) + \varepsilon, \quad (1.1)$$

де Y – вихідні дані (цільова змінна);

x – вхідні дані;

$f(x)$ – невідома функція;

ε – помилка чи шум, який враховує невизначеність та стохастичність процесу.

Методи машинного навчання, зокрема Random Forest, Support Vector Machines (SVM) та Gradient Boosting, дозволяють аналізувати складні залежності між різними факторами, такими як індивідуальні досягнення, фізична форма, стратегії гри [18]. Вони спроможні автоматично адаптуватися до змін в умовах змагань та забезпечувати точні та надійні прогнози.

Random Forest є ансамблевим методом, який об'єднує декілька дерев прийняття рішень для досягнення кращої загальної продуктивності [19].

Support Vector Machines – це метод розробки моделі для вирішення задач класифікації та регресії, яка знаходить гіперплощину, що найкраще розділяє дані [20]. Модель надається як формула:

$$f(x) = \text{sign}(w * x + b), \quad (1.2)$$

де $f(x)$ – функція рішення;

w – вектор ваг;

x – вектор вхідних ознак;

b – зсув (bias).

Gradient Boosting – це ансамблевий метод, який будує послідовні слабкі моделі (зазвичай дерева рішень) та коригує їхні помилки [21].

Формула для простої версії градієнтного бустінгу (регресія) представляється як:

$$F(x) = F_0(x) + \eta * h_1(x) + \eta * h_2(x) + \dots + \eta * h_M(x), \quad (1.3)$$

де $F(x)$ – фінальна ансамблева модель;

$F_0(x)$ – початкова модель;

η – темп навчання (learning rate);

$h_i(x)$ – i -слабка модель.

Формула, за якою визначається логістична функція втрати має вигляд:

$$L(y, F(x)) = - \sum_{i=1}^N [y_i * \log(p_i) + (1 - y_i) * \log(1 - p_i)], \quad (1.4)$$

де $L(y, F(x))$ – функція втрат;

$F(x)$ – функція відгуку ансамблю для вхідного прикладу x ;

N – кількість елементів;

y_i – істинна мітка класу для прикладу i ;

p_i – ймовірність належності прикладу i до класу 1 за логістичною функцією відгуку (sigmoid function).

Ймовірність p_i визначається за формулою:

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-F(x)}}, \quad (1.5)$$

де p_i – ймовірність події i , яка знаходиться між 0 та 1;

e – число Ейлера;

$F(x)$ – функція, яка залежить від змінної x ;

$e^{-F(x)}$ – експоненційна функція.

Статистичні методи використовуються для обробки та аналізу великої кількості даних про гравців, таких, як результати гри, ведення статистики щодо голів, часу гри, кількості травм та інше. Це дозволяє тренерам та аналітикам здійснювати об'єктивний аналіз і визначати ключові аспекти виступу гравців. За допомогою цих методів можна визначати ефективність тренувань та адаптувати їх до потреб індивідуальних гравців. Аналіз статистичних даних щодо фізичного стану, втоми та відновлення дозволяє максимізувати результативність тренувань. Такі методи стають важливим

інструментом у спортивній аналітиці, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення та оптимізувати різні аспекти спортивного процесу [22].

Використання байєсівських методів здійснюється для визначення ймовірностей різних результатів та оновлення цих ймовірностей на основі нових даних. Це може бути корисним для прогнозування рейтингів у змаганнях з невизначеними або змінними умовами.

Байєсівські методи в спортивній аналітиці використовують теорію ймовірностей для моделювання та аналізу невизначеностей, прийняття рішень та оцінювання ймовірностей подій [11].

Основні аспекти використання байєсівських методів у спорті включають оцінювання ймовірностей успіху, оптимізацію стратегій та прогнозування травм.

Ці методи можуть адаптуватися в реальному часі, враховуючи попередні знання та нові докази (дані). Вони також застосовуються для аналізу стратегій суперників та оцінювання впливу різних факторів на гравців [23].

З іншого боку, байєсівські методи, що ґрунтовані на теорії Байєса, дозволяють враховувати апіорні ймовірності та оновлювати їх, використовуючи нові дані. Це забезпечує більш стійкі та адаптивні прогнози в умовах невизначеності та змін.

Ці байєсівські методи використовують:

- апіорні ймовірності (Prior);
- функцію правдоподібності (Likelihood);
- апостеріорні ймовірності (Posterior).

Prior надає можливість використовувати початкову інформація (чи вірування) про ймовірності подій перед отриманням даних.

Likelihood дозволяє використовувати ймовірність того, що дані будуть отримані при певних значеннях параметрів чи певних умовах.

Posterior дозволяє використовувати оновлені ймовірності подій після врахування нових даних, обчислених за допомогою теорії Байєса.

Баєсівський метод використовує теорему Байєса для оновлення ймовірностей подій на основі наявних даних та попередніх знань [24].

Основна формула баєсівського методу має наступний вигляд:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}, \quad (1.6)$$

де $P(A|B)$ – умовна ймовірність, яка є ймовірністю події A за умови істинності події B ;

A та B – події;

$P(A)$ та $P(B)$ – ймовірності A та B безвідносно одна до одної;

$P(B|A)$ – ймовірність події B за умови істинності події A .

Правило Байєса – це теорема Байєса у формі шансів, яка може бути представлена наступною формулою:

$$O(A_1 : A_2 | B) = O(A_1 : A_2) * \Lambda(A_1 : A_2 | B), \quad (1.7)$$

де $O(A_1 : A_2 | B)$ – взаємна ймовірність між A_1 та A_2 за умови B ;

A_1 та A_2 – дві різні події;

B – умова події A_1 та A_2 ;

$O(A_1 : A_2)$ – об'єктивна (безумовна) ентропія між A_1 та A_2 ;

$\Lambda(A_1 : A_2 | B)$ – умовна ймовірність між A_1 та A_2 за умови B .

Умовна ймовірність між A_1 та A_2 за умови B визначається за формулою:

$$\Lambda(A_1 : A_2 | B) = \frac{P(B | A_1)}{P(B | A_2)}, \quad (1.8)$$

де $P(B|A_1)$ – ймовірність того, що подія B відбудеться за умови, що відбулася подія A_1 ;

$P(B|A_2)$ – ймовірність того, що подія B відбудеться за умови, що відбулася подія A_2 .

$L(A_1 : A_2 | B)$ називається коефіцієнтом Байєса або відношенням правдоподібності. Шанси між двома подіями є відношенням ймовірностей цих двох подій.

Отже, використовуємо формулу:

$$O(A_1 : A_2) = \frac{P(A_1)}{P(A_2)}, \quad (1.9)$$

де $O(A_1 : A_2)$ – відношення ймовірностей подій A_1 та A_2 ;

A_1 та A_2 – події;

$P(A_1)$ – ймовірність події A_1 ;

$P(A_2)$ – ймовірність події A_2 .

Взаємна ймовірність визначається за формулою:

$$O(A_1 : A_2 | B) = \frac{P(A_1 | B)}{P(A_2 | B)}, \quad (1.10)$$

де $O(A_1 : A_2 | B)$ – відношення умовних ймовірностей подій A_1 та A_2 , при умові події B ;

A_1 та A_2 – події;

B – умова подій A_1 та A_2 ;

$P(A_1|B)$ – умовна ймовірність події A_1 за умови події B ;

$P(A_2|B)$ – умовна ймовірність події A_2 за умови події B .

Таким чином, це правило визначає, що апостеріорні шанси є апріорними шансами, помноженими на коефіцієнт Байєса.

Методи оптимізації в спортивному контексті широко використовуються для покращення ефективності та результативності. Вони включають в себе розробку оптимальних тренувальних програм, визначення оптимальних стратегій гри та максимізацію використання ресурсів. Ці методи дозволяють аналізувати та вдосконалювати процеси тренувань, адаптувати підходи до індивідуальних потреб гравців, а також знаходити оптимальні рішення в умовах обмежень. Використання методів оптимізації допомагає спортивним командам досягати кращих результатів, мінімізувати травми та ефективно використовувати ресурси для досягнення найвищого потенціалу [11].

Теорія ігор в спортивному контексті є важливим інструментом для аналізу стратегічної взаємодії між різними учасниками. Вона дозволяє розглядати спортивні події як ігрові сценарії, де гравці приймають стратегічні рішення, впливаючи один на одного.

Теорія ігор застосовується для розуміння оптимальних стратегій, визначення слабких та сильних сторін гравців, а також прогнозування можливих варіантів розвитку подій.

У спортивному вимірі ця теорія може бути використана для планування тактичних кроків, враховуючи можливі дії суперників, та для оптимізації стратегій гри з метою досягнення перемоги [25].

Експертні оцінки в світі спорту є невід'ємним ресурсом, що дає важливий внесок в розуміння різних аспектів гри та тренувань.

Тренери, фахівці з фізіології та аналітики завдяки своїм глибоким знанням можуть доповнити статистичні дані, розкриваючи інтуїцію гравців, їхні лідерські якості та інші важливі аспекти. Вони допомагають у виокремленні аспектів виступу гравців, тому що такі аспекти не завжди відображаються у статистичних даних.

Експертні думки стають основою для розробки оптимальних стратегій гри та спортивних тренувань [26].

Динамічні методи й моделі в спорті враховують важливі зміни в часі. Вони застосовуються для прогнозування різних аспектів у спортивному середовищі. Наприклад, такі моделі можуть аналізувати фізичний стан спортсменів, прогнозувати їхню витривалість та форму перед матчами та змаганнями. Також вони можуть використовуватися для прогнозування динаміки гри, враховуючи тактичні зміни та стратегії суперників.

Завдяки динамічним моделям тренери та аналітики можуть краще розуміти та оптимізувати тренувальні процеси та приймати обґрунтовані рішення під час змагань [27].

Було проведено порівняльний аналіз трьох методів:

- методу машинного навчання;
- методу Байєса;
- статистичного методу.

Для аналізу використовується таблиця 1.3, де додаткові критерії відіграють ключову роль у визначенні ефективності методу для вирішенні задачі прогнозування результатів спортивних змагань.

Використання методів прогнозування результатів змагань вимагає ретельного розгляду ряду особливостей та факторів, які можуть впливати на точність та ефективність прогнозів.

Розглянемо основні параметри й особливості, які слід враховувати при використанні таких методів:

- тип змагань та спортивний контекст;
- обсяг та якість даних;
- динаміка змагань;
- різноманітність факторів впливу;
- зміна умов та специфічність правил;
- доступність даних у реальному часі;
- залежність від короткострокових чи довгострокових прогнозів;
- використання комбінованих методів.

Таблиця 1.3 – Порівняльний аналіз методів прогнозування за додатковими критеріями

Додаткові критерії	Методи машинного навчання	Байєсівські методи	Статистичні методи
Точність	Висока	Середня	Низька
Чутливість	Висока	Середня	Низька
Врахування взаємодії факторів	Висока	Середня	Низька
Специфічність	Висока	Середня	Низька
Час виконання	Так	Так	Ні
Відповідність задачі	Так	Так	Так
Врахування природи даних	Так	Ні	Так
Масштабованість	Так	Так	Ні
Здатність до оновлення	Так	Так	Ні
Ймовірнісний підхід	Ні	Так	Ні
Можливість роботи з малою кількістю даних	Ні	Так	Ні
Фактори спорту	Так	Ні	Так
Форма спортсмена	Так	Ні	Так
Умови змагань	Так	Ні	Так
Тривалість тренувань	Так	Ні	Так

В даному розділі розглядаються базові концепції та формули розглянутих методів для прогнозування результатів змагань за медальним заліком у видах спорту. Розуміння цих методів дозволить ефективно моделювати та прогнозувати результати спортивних змагань, сприяючи подальшому розвитку аналітики та стратегічного планування у світі спорту.

1.3 Огляд і аналіз існуючих інформаційних систем і технологій вирішення задачі прогнозування результатів змагань

Розвиток в області прогнозування рейтингів видів спорту, спортсменів та спортивних клубів в Україні на теперішній час є актуальним та перспективним напрямком.

Спортивні інформаційні системи (СІС) стали важливою складовою спортивного управління та аналітики. Вони впроваджують технології збору, обробки та аналізу даних у різних аспектах спортивної діяльності.

До СІС відносяться такі класи систем:

- системи аналізу відеоданих;
- системи моніторингу фізичного стану спортсмена;
- інформаційні системи управління командою;
- системи управління турнірами та рейтингами;
- комплексні інформаційні системи.

Системи аналізу відеоданих використовують відеоаналіз для стеження за гравцями, оцінки їх рухів та тактичного аналізу гри.

Системи моніторингу фізичного стану спортсмена застосовують датчики для відстеження фізичних параметрів та втоми.

Інформаційні системи управління командою допомагають керувати складами команди та стратегічним плануванням гри.

Системи управління турнірами та рейтингами надають інформацію про результати змагань та статистику.

Ці інноваційні рішення сприяють підвищенню ефективності та результативності в сучасному спорті [28].

Комплексні спортивні інформаційні системи, зазвичай, складаються з модулів, що надає можливість збирати та налаштовувати СІС з метою

отримання необхідної конфігурації для різних видів спорту та забезпечити необхідний функціонал.

Загальна структура комплексних СІС складається з окремих компонентів, які можна об'єднати у декілька великих груп:

- збір та акумуляція даних;
- відстеження та аналіз відеоданих;
- моніторинг фізичного стану спортсменів;
- інформаційні системи управління командою;
- системи управління турнірами та рейтингами.

Збір та акумуляція даних – це систематичний процес збирання та об'єднання різноманітних інформаційних показників для подальшого використання у вирішенні аналітичних завдань та прийняття управлінських рішень в спортивному середовищі [29].

Відстеження та аналіз відеоданих – це процес використання відеоматеріалів для детального стеження та аналізу рухів, стратегій та індивідуальних навичок учасників спортивних подій. Цей підхід дозволяє здійснювати об'єктивний та докладний аналіз для покращення тренувального процесу та стратегій команд [30].

Моніторинг фізичного стану спортсменів – це систематичний аналіз та вимірювання фізичних параметрів та показників з метою визначення їхнього стану, рівня втоми та відновлення після тренувань. Цей процес допомагає тренерам і медичним фахівцям адаптувати тренувальні програми та мінімізувати ризики травм, забезпечуючи оптимальні умови для досягнення високих результатів [31].

Інформаційні системи управління командою – це технологічні рішення, що дозволяють тренерам та керівництву команд систематизувати та оптимізувати процеси керування складом, розподілу ролей та стратегічного планування гри для досягнення кращих результатів.

Системи управління турнірами та рейтингами – це технологічні платформи, що дозволяють організаторам спортивних подій ефективно планувати та вести турніри, а також розраховувати та оновлювати рейтинги учасників для об'єктивної оцінки їхньої продуктивності [32].

Серед СІС в Україні на даний момент найбільш популярними є:

- The Score [33];
- ESPN [34];
- Bleacher Report [35];
- Yahoo Sports [36];
- FotMob [37].

The Score – це спортивна інформаційна система, яка надає користувачам широкий спектр інформації зі світу спорту. Сервіс орієнтований на надання останніх новин, статистики, результатів матчів, а також можливості ведення ставок та прогнозів на спортивні події.

ESPN є великим медіа-конгломератом, який спеціалізується на спортивних трансляціях, новинах та інших розважальних програмах. ESPN також має свій власний мобільний додаток, який надає користувачу доступ до різноманітної спортивної інформації та контенту.

Bleacher Report – це медіа-компанія та спортивний інформаційний ресурс, який надає спектр спортивної інформації, новин, статей, аналітики та інших контентів. Спеціалізується на різних видах спорту та має акцент на взаємодії з фанатами. Bleacher Report надає користувачам можливість слідкувати за улюбленими командами, гравцями, отримувати персоналізовані рекомендації та брати участь в обговореннях спортивних подій.

Yahoo Sports – це інтернет-платформа та мобільний додаток, які надають користувачам широкий спектр спортивних новин, статистики, результатів, аналізів та можливість участі в фантазі-спорті. Забезпечує оновлення інформації про різні види спорту, включаючи футбол, баскетбол, хокей, бейсбол та інші. Користувачі можуть створювати власні налаштування

для слідування за улюбленими командами та гравцями, а також брати участь у форумах та обговореннях спортивних подій.

FotMob – це мобільний додаток, спеціалізований на наданні інформації про футбольні матчі. Додаток пропонує користувачам широкий спектр сервісів, включаючи оновлення результатів у реальному часі, статистику гравців та команд, новини, розклад матчів і багато іншого. FotMob дозволяє футбольним фанатам отримувати оновлення та аналізи про свої улюблені команди і гравців, а також здійснювати прогнози для матчів. Додаток спрямований на задоволення потреб футбольних ентузіастів і надає зручний інтерфейс для відстеження подій у світі футболу. Усі додатки є у вигляді веб чи мобільних додатків, які можуть використовувати будь-які користувачі.

Загалом, ці програмні продукти спрямовані на поліпшення спортивного досвіду, оптимізацію тренувань та прийняття управлінських рішень в галузі спорту за допомогою передових технологій та аналітичних інструментів.

1.4 Постановка задачі дослідження

Аналіз сучасних методів вирішення задачі прогнозування результатів спортивних змагань показав, що більшість з них не використовується для прогнозування спортивних рейтингів, а лише допомагають у аналізі спортивних результатів, виходячи з отриманого часу чи результату спортсменів.

З математичної точки зору задача прогнозування результатів змагань, в яких беруть участь члени Федерацією підводного спорту (спортсмени, спортивні команди, спортивні клуби), є задачею моделювання, що базується на методах та елементах теорії ймовірності.

Прогнозування результатів змагань при формуванні рейтингу спортсменів та спортивних клубів представляє собою складну задачу через низку визначальних факторів, що пов'язані зі специфікою предметної області, якою є спортивна діяльність. Особливістю даної спортивної діяльності є той факт, що заздалегідь невідомо, як виступить спортсмен, команда чи спортивний клуб, виходячи з теперішньої ситуації у країні. Також невідомо заздалегідь факт ймовірного травмування спортсмена перед важливими змаганнями.

Спорт – це динамічна та непередбачувана сфера, де різноманіття чинників впливає на кінцевий результат. Аналіз історичних даних та статистики допомагає виявити тенденції, але не завжди забезпечує повну картину результатів.

Проведений в першому розділі роботи аналіз методів, які можна використати для прогнозування результатів змагань, показав, що методи машинного навчання і методи, які використовують байєсівські моделі, є найбільш підходящими для прогнозування рейтингу за медальним заліком у видах спорту та для визначення стабільності та пріоритетності спортсменів.

Машинне навчання дозволяє виявляти складні зв'язки у великих даних, а байєсівські моделі ефективно оцінюють ймовірності та адаптуються до нових даних, що робить їх ефективними для спортивного прогнозування.

Прогнозування рейтингу в спортивних змаганнях є важливою задачею для спрощення аналізу та порівняння виступів команд або спортсменів. Для досягнення цієї мети використання методів машинного навчання та байєсівських моделей виявляється ефективним.

Об'єктом дослідження в роботі є процеси прогнозування результатів змагань у підводному спорті.

Предметом дослідження є методи вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті, які засновані на використанні рейтингових показників спортсменів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження методів прогнозування результатів змагань у підводному спорті та розробка комбінованого методу для ефективного вирішення цієї задачі в інформаційній системі федерації підводного спорту та підводної діяльності України.

Для досягнення поставленої мети у магістерській кваліфікаційній роботі пропонується такі задачі дослідження:

- аналіз існуючих методів та моделей вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті;
- розробка комбінованого методу вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті з урахуванням характерних для неї обмежень;
- практична реалізація комбінованого методу вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті;
- експериментальна перевірка розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті.

2 РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗМАГАНЬ У ПІДВОДНОМУ СПОРТІ

2.1 Вибір і аналіз складових частин комбінованого методу прогнозування результатів змагань

Формування рейтингу змагань та подальше прогнозування результатів змагань для визначення пріоритетності виду спорту є важливою задачею для Міністерства молоді та спорту України, а також для федерації підводного спорту та підводної діяльності України.

Аналіз методів прогнозування в спортивній діяльності, проведений в першому розділі магістерської роботи, показав, що для формування і розробки комбінованого методу прогнозування змагань клубів, команд і спортсменів у підводному спорті найбільше підходять дві групи методів. Це методи машинного навчання та байєсівський метод.

Обрані методи допомагають ефективно прогнозувати результати змагань у підводному спорті, а також у інших видах спорту.

Використання методів машинного навчання та байєсівських моделей і методів для прогнозування результатів змагань за медальним заліком у видах спорту вносить значний внесок у розвиток аналізу та стратегічного планування в спорті.

Ці методи дозволяють здійснювати точні та адаптивні прогнози, враховуючи різноманітні фактори, такі, як індивідуальні досягнення, фізична форма, стратегії змагань та інші важливі параметри [38].

Забезпечуючи високу точність прогнозів, ці методи стимулюють розвиток аналітики та сприяють підвищенню якості стратегічного планування команд та тренерських рішень. Також вони адаптивні до змін, що робить їх ефективними в умовах динаміки змагань та змін у складі команд.

Застосування цих методів в спортивному аналізі відкриває нові можливості для розвитку та покращення ефективності учасників, сприяючи розширенню меж спортивних досягнень та вдосконаленню стратегій у сучасному підводному спорті.

При прогнозуванні результатів змагань існує залежність цих результатів від рейтингу спортсменів та тренерів, спортивних клубів та видів спорту.

Машинне навчання, яке використовується для вирішення задачі прогнозування результатів змагань у підводному спорті, є галуззю штучного інтелекту, яка зосереджена на розробці алгоритмів, що можуть вчитися на даних і робити прогнози або приймати рішення на основі цих даних. Системи можуть вчитися на досвіді, ідентифікувати закономірності та приймати рішення з мінімальною людською участю [39].

При вирішенні задачі прогнозування результатів спортивних змагань з використанням методу машинного навчання дослідження починається з отримання детальної вхідної інформації про:

- завойовані місця та отримані медалі;
- кількість завойованих очок спортсменів чи спортивних клубів після кожних вагомих змагань;
- статистику з попередніх змагань.

Одним із методів машинного навчання, який використовує принципи байєсовської статистики, є байєсівська регресія. Вона включає оцінку параметрів регресійної моделі шляхом використання апіорних і апостеріорних розподілів [40].

Цей метод дозволяє враховувати невизначеність у моделі та адаптуватися до нових даних, що робить його особливо корисним в умовах з обмеженими або змінними даними.

Модель байєсівської лінійної регресії для прогнозування загальної кількості балів спортсменів на основі їх середніх балів у змаганнях на Кубок

світу та стабільності результатів, які отримані, може бути представлена у вигляді наступної формули:

$$P(\beta_0, \beta_1 | \text{дані}) \propto P(\beta_0, \beta_1) \times P(\text{дані} | \beta_0, \beta_1), \quad (2.1)$$

де $P(\beta_0, \beta_1 | \text{дані})$ – умовна ймовірність параметрів моделі β_0 та β_1 при заданих даних;

β_0 – параметр регресії (точка перетину);

β_1 – параметр регресії (коефіцієнт нахилу);

$P(\beta_0, \beta_1)$ – апіорна ймовірність параметрів моделі β_0 та β_1 , тобто ймовірність їх значень до отримання даних;

$P(\text{дані} | \beta_0, \beta_1)$ – ймовірність отримання даних при заданих значеннях параметрів β_0 та β_1 , тобто ймовірність даних при певній моделі.

Параметри регресії β_0 та β_1 визначаються при використанні формули простої лінійної регресії

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon, \quad (2.2)$$

де y – залежна змінна;

β_0 – параметр регресії (точка перетину);

β_1 – параметр регресії (коефіцієнт нахилу);

x – незалежна змінна;

ε – випадкова похибка, яка враховує неможливість ідеального прогнозування.

Для спрощення аналізу використовується нормальний закон для апіорного та апостеріорного розподілу.

Це наведено в наступній формулі:

$$P(\beta_0, \beta_1 | \text{дані}) \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{(\beta_0 - \mu_{\beta_0})^2}{\sigma_{\beta_0}^2} + \frac{(\beta_1 - \mu_{\beta_1})^2}{\sigma_{\beta_1}^2}\right]\right) \times \\ \times \prod_{i=1}^N P(y_i | \beta_0, \beta_1, x_i), \quad (2.3)$$

де $P(\beta_0, \beta_1 | \text{дані})$ – апостеріорна ймовірність параметрів моделі β_0 та β_1 , при заданих даних;

β_0 – параметр регресії (точка перетину);

β_1 – параметр регресії (коефіцієнт нахилу);

$\mu_{\beta_0}, \mu_{\beta_1}, \sigma_{\beta_0}^2, \sigma_{\beta_1}^2$ – параметри апіорного розподілу для β_0 та β_1 ;

N – кількість точок даних;

$P(y_i | \beta_0, \beta_1, x_i)$ – функція правдоподібності для даних;

y_i – спостереження;

x_i – вхідні дані;

$\prod_{i=1}^N P(y_i | \beta_0, \beta_1, x_i)$ – добуток ймовірностей спостережень y_i при відомих параметрах β_0 та β_1 та відповідних значеннях x_i .

Модель тренується на зібраних даних, а потім використовується для оцінки майбутнього виступу спортсменів на змаганнях.

Байєсівська регресія відрізняється від звичайної лінійної регресії тим, що вона використовує весь розподіл ймовірностей параметрів, а не лише одне найкраще оцінене значення, що дозволяє краще розуміти невизначеність та варіативність у прогнозах.

Розглянемо використання в комбінованому методі прогнозування складової, яка пов'язана з методом Байєса.

У теорії ймовірностей та статистиці теорема Байєса описує ймовірність події, спираючись на обставини, що могли би бути пов'язані з цією подією.

Байєсова ймовірність – це одна з інтерпретацій поняття ймовірності [46]. На протилежність до інтерпретування ймовірності як «частоти» або

«схильності» певного явища, Байєсова ймовірність є величиною, яка визначається з метою представлення стану знання або переконання [42].

Цей метод може використовуватися для аналізу та прогнозування результатів спортивних змагань, оскільки він дозволяє ефективно поєднувати попередні результати змагань та історичні дані з новою інформацією.

У спорті часто є доступними великі масиви історичної статистики та даних про попередні змагання, що можуть бути надійною основою формування апіорних ймовірностей. Баєсівська статистика дозволяє логічно інтегрувати ці довготривалі спостереження та знання з актуальними результатами останніх змагань, а також гнучко оновлювати оцінки ймовірностей, враховуючи нові дані, що є ключовим у прогнозуванні результатів спортивних подій.

Введемо поняття байєсівської ймовірності перемоги, як оцінки ймовірності настання події (перемоги спортсмена), що заснована на принципах байєсівської статистики.

Початкова ймовірність (апіорна ймовірність) є початковою оцінкою ймовірності перемоги спортсмена до врахування нових даних. Це може бути засноване на попередніх результатах спортсмена, рейтингу чи інших відомих факторах. Оновлення ймовірності (байєсівське оновлення) використовується, коли з'являються нові дані (результати нових змагань). Це оновлення засноване на правилі Байєса, що дозволяє перерахувати ймовірність, враховуючи нову інформацію. Правило Байєса наведено у вигляді формули:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)}, \quad (2.4)$$

де $P(A|B)$ – оновлення ймовірності події A після отримання даних B ;

A та B – події;

$P(B|A)$ – ймовірність отримання даних B за умови події A ;

$P(A)$ – початкова ймовірність події A ;

$P(B)$ – початкова ймовірність даних B .

Якщо спортсмен виграє (посідає призове місце), ймовірність його перемоги у майбутньому підвищується, що може бути розраховано за формулою:

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) * P(H)}{P(E|H) * P(H) + P(E|\neg H) * P(\neg H)}, \quad (2.5)$$

де P – ймовірність;

$P(H|E)$ – оновлена (апостеріорна) ймовірність гіпотези H після врахування події E ;

$P(E|H)$ – ймовірність події E (перемога), якщо гіпотеза H вірна;

$P(H)$ – апріорна ймовірність гіпотези H (ймовірність перемоги до врахування події);

$P(\neg E|H)$ – ймовірність події E (поразка), якщо гіпотеза H вірна;

$P(E|\neg H)$ – ймовірність події E (перемога), якщо гіпотеза H невірна.

Якщо спортсмен програє, ймовірність його перемоги у майбутньому знижується, що наведено у наступній формулі:

$$P(H|E) = \frac{P(\neg E|H) * P(H)}{P(\neg E|H) * P(H) + P(\neg E|\neg H) * P(\neg H)}, \quad (2.6)$$

де $P(H|E)$ – оновлена (апостеріорна) ймовірність гіпотези H після обліку події E ;

$P(H)$ – апріорна ймовірність гіпотези H (ймовірність перемоги до обліку події);

$P(\neg E|H)$ – ймовірність події E (поразка), якщо гіпотеза H вірна;

$P(\neg E|\neg H)$ – ймовірність події E (поразка), якщо гіпотеза H невірна.

Кінцева ймовірність (апостеріорна ймовірність) є оновленою ймовірністю, яка враховує як початкові припущення, так і усі нові дані.

Ця ймовірність є байєсівською оцінкою і представляє собою найбільш обґрунтоване припущення про шанси спортсмена або команди на перемогу у майбутніх змаганнях.

Одним з етапів прогнозування результатів спортивних змагань, яке пов'язане з визначенням байєсівських оцінок, є використання байєсівського прогнозування.

В ньому свідчення про справжній стан спортивної діяльності виражається у термінах міри переконання, або точніше, байєсових ймовірностей.

Суть байєсівського прогнозування результатів у даній задачі полягає в об'єднанні попередніх знань про спортсмена або команду з новими даними, щоб отримати оновлену та більш точну оцінку їхніх можливостей.

Процес включає у себе:

- визначення початкової ймовірності на основі попередніх даних;
- оновлення ймовірності з використанням нових результатів;
- утворення кінцевої оцінки ймовірності.

Використання методу Байєса для оновлення ймовірностей прогнозів можуть бути отримані на основі нових даних. Апріорні ймовірності можуть бути визначені на основі рейтингу чи попередніх досягнень, а функція правдоподібності – на основі розподілу результатів та інших факторів.

За допомогою кінцевої ймовірності можна робити прогнози стосовно можливих результатів спортивних подій, враховуючи характер інформації у світі спорту, який постійно змінюється. Тобто гнучкість та постійна можливість оновлення оцінок роблять байєсівське прогнозування ефективним інструментом для прогнозування спортивних результатів.

При використанні комбінованого методу прогнозування результатів змагань очікуються наступні результати:

– модель машинного навчання буде здатна здійснювати точні прогнози на основі історичних даних та ознак спортсменів чи спортивних клубів;

– байєсівський аналіз може допомогти вдосконалити прогнози, особливо з урахуванням нових даних та змін в спортивному середовищі.

Це дослідження може бути основою для розробки ефективних моделей прогнозування в спортивному середовищі. Подальші дослідження можуть включати оптимізацію параметрів моделі, розгляд різних аспектів функцій втрати та врахування динаміки змагань в часі.

Використовуючи метод Байєса та методи машинного навчання для прогнозування результатів змагань з плавання, можна зробити висновок, що в контексті Всесвітніх змагань апріорна ймовірність базується на історії досягнень плавців чи команд, а функція правдоподібності – на характеристиках стилю та траси.

У машинному навчанні вхідними даними можуть бути результати попередніх змагань, вік гравців чи спортсменів, фізична підготовка тощо, а моделі – регресійні чи класифікаційні для прогнозування часу, медалей та інших результатів.

Для змагань на Кубок Світу з плавання можна використовувати аналогічний підхід, враховуючи рейтинг команд та спортсменів, технічні показники та інші параметри.

Важливо проводити оновлення за допомогою байєсівського аналізу при отриманні нових даних для уточнення прогнозів.

Дослідження можуть сприяти вдосконаленню стратегій та прийняттю рішень в спортивному середовищі.

В контексті підводного плавання в ластах можна розглядати випадки використання метода Байєса та машинного навчання.

У першому випадку може бути використана апріорна ймовірність, яку позначимо як P (швидкість плавання) на основі попередніх рекордів та

статистики спортсменів. Функція правдоподібності P (час досягнення конкретного часового результату) оцінює ймовірність в залежності від форми плавця, умов басейну та індивідуальних технічних характеристик.

У іншому випадку щодо прогнозування медалей на Всесвітніх іграх, метод Байєса використовує апріорну ймовірність успіху P (медаль) на основі історії завойовування медалей. Функція правдоподібності P (отримання медалі) оцінює ймовірність в залежності від рейтингу, форми попередніх результатів.

У машинному навчанні використовуються такі ознаки, як рейтинг, історія завойовування медалей, вік, стиль плавання тощо.

У методі Байєса для прогнозування часів у плаванні у бі-ластах використовується апріорна ймовірність P (швидкість плавання) та функція правдоподібності P (час досягнення конкретного часового результату). Апріорна ймовірність визначається на основі попередніх рекордів та статистики спортсменів.

Позначимо S як випадкову величину, що представляє швидкість плавання.

Функція правдоподібності оцінює ймовірність досягнення конкретного часу та залежить від спортсмена F , умов басейну B та індивідуальних технічних характеристик T .

2.2 Опис і аналіз особливостей комбінованого методу прогнозування результатів змагань у підводному спорті

На основі проведеного аналізу об'єкта дослідження у розділі 1 даної роботи визначено, що процес формування рейтингу спортсменів і змагань на

теперішній час виконується на основі поданої інформації головного тренера, виходячи з результатів завершених змагань.

Оскільки існує багато факторів, які впливають на прогнозування та формування рейтингів у подальшому, тому при формуванні рейтингів робляться деякі припущення.

Ці допущення полягають в наступному:

- спортсмен, який бере участь у змаганнях на Кубок Світу, може обирати лише три індивідуальні дистанції та одну естафетну;
- спортсмен може завоювати лише одну медаль на одній дистанції;
- спортсмен для участі у змаганнях на Кубок Світу повинен бути зареєстрованим офіційно у спортивному клубі, за який він буде брати участь у змаганнях;
- підрахування очок для спортивних клубів визначається за загальною кількістю балів спортсменів цього клубу;
- підрахування кількості очок, завойованих спортсменом, визначається до 16 місця;
- результати щодо змагань повинні бути підкріплені офіційними протоколами змагань та чеками щодо проживання, участі у змаганнях, щодо трансферних послуг та білетами на проїзд.

З урахуванням усіх встановлених припущень необхідно забезпечити:

- достовірність та точність даних;
- чесні та рівні умови;
- вчасне та регулярне оновлення даних;
- ефективність прогнозування;
- захист даних;
- співпрацю та взаємодію.

2.3 Прогнозування стабільності результатів участі спортсменів у змаганнях

2.3.1 Визначення загального та середніх балів спортсменів на змаганнях

Розрахунок загальних балів спортсменів – це процес підрахунку сукупної кількості балів, які спортсмен набрав за свої виступи у різних змаганнях. У цьому підході враховуються всі результати спортсмена, при цьому кожне змагання може мати свою систему нарахування балів, що визначається в наступній формулі:

$$R_A = A \times R \times D \times P, \quad (2.7)$$

де R_A – множина усіх можливих результатів для формування рейтингу;

A – множина спортсменів;

R – множина місць;

D – множина дистанцій;

P – множина кількості балів.

Підмножину декартового добутку для результатів спортсменів A , де елементи підмножини відповідають можливим комбінаціям номерів для конкретного спортсмена на конкретному змаганні, представимо як формулу:

$$R_A \subseteq \{(a, r, d, p) \mid a \in A, r \in R, d \in D, p \in P\}, \quad (2.8)$$

де R_A – множина можливих комбінацій номерів для конкретного спортсмена на конкретному змаганні;

a – ліцензійний номер спортсмена;

r – номер місця, яке посів спортсмен;

d – назва дистанції, на якій отримано результат;

p – кількість балів;

A – множина спортсменів;

R – множина місць;

D – множина дистанцій;

P – множина кількості балів.

Загальна кількість балів, яку отримав спортсмен на усіх змаганнях для подальшого формування рейтингу спортсменів за балами розраховується за формулою:

$$P_{total} = \sum_{i=1}^n P(r_i), \quad (2.9)$$

де P_{total} – загальна кількість балів спортсмена на усіх змаганнях;

n – кількість змагань;

$P(r_i)$ – кількість балів за місце r_i ;

r_i – номер місця, яке посів спортсмен у змаганні.

Розрахунок середніх балів спортсмена у змаганнях на Кубок Світу дозволяє визначити середню кількість балів, яку спортсмен заробив у серії певних змагань.

Цей розрахунок робиться шляхом сумування всіх балів, зароблених спортсменом у змаганнях, і поділу їх на кількість таких змагань, у яких брав участь спортсмен. Розраховане середнє значення дає уявлення про стабільність та середній рівень продуктивності спортсмена у серії змагань.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$P_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_{cup}(r_i), \quad (2.10)$$

де P_{avg} – середня кількість балів спортсмена у змаганнях на Кубок Світу;

n – кількість разів участі у змаганнях на Кубок Світу;

$P_{cup}(r_i)$ – бали за місце r_i , яке нараховано в змаганнях на Кубках Світу;

r_i – номер місця, яке посів спортсмен на змаганні.

2.3.2 Визначення стандартного відхилення показників рейтингу спортсменів

Стандартне відхилення у теорії ймовірності та статистиці – це один з найпоширеніших показників розсіювання значень випадкової величини відносно її математичного сподівання, тобто центру розподілу. Стандартне відхилення має ту ж розмірність, що випадкова величина.

Проведений аналіз предметної області показав, що обчислення стабільності у спортивній статистиці (як одного з суттєвих показників підвищення рейтингу спортсменів), яке базується на стандартному відхиленні, використовується для оцінки послідовності результатів спортсмена у серії змагань.

Отже, стандартне відхилення є мірою розсіювання або варіативності результатів навколо їх середнього значення.

У контексті спортивних результатів стандартне відхилення дозволяє оцінити, наскільки результати спортсмена відрізняються від змагання до змагання. Низьке стандартне відхилення вказує на те, що результати спортсмена порівняно стабільні та передбачувані, тобто він показує приблизно однакові результати протягом усіх змагань. Високе стандартне відхилення, навпаки, свідчить про великий розкид результатів, що може вказувати на нестабільність форми, різницю рівня складності змагань або інші фактори, що впливають на продуктивність спортсмена.

Обчислення стандартного відхилення результатів спортсмена проводиться за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \mu)^2}, \quad (2.11)$$

де σ – стандартне відхилення;

n – кількість разів участі у змаганнях на Кубок Світу;

r_i – номер місця, яке посів спортсмен на змаганні;

μ – середнє значення результатів у змаганнях на Кубок Світу.

Середнє значення результатів у змаганнях на Кубок Світу обчислюється за формулою:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i, \quad (2.12)$$

де n – кількість разів участі у змаганнях на Кубок Світу;

r_i – номер місця, яке посів спортсмен на змаганні.

Таким чином, обчислення стандартного відхилення результатів спортсмена дає важливу інформацію для тренерів, аналітиків та самих спортсменів, дозволяючи оцінити їхню стабільність та передбачити потенційні результати у майбутніх змаганнях.

2.4 Висновки до розділу 2

Об'єднання методу машинного навчання та методу Байєса для досягнення мети прогнозування результатів спортивних змагань із

врахуванням рейтингу спортсменів та медалей дозволяє використовувати комбінований підхід для вирішення задачі прогнозування.

Машинне навчання дозволяє використовувати моделі для аналізу та прогнозу різноманітних ознак, що впливають на результати змагань. Зокрема, це може включати попередні результати змагань, фізичну підготовку, технічні навички та інші параметри спортсменів чи команд [48].

Байєсівський підхід, який базується на принципах гнучкості та адаптивності, дозволяє постійно оновлювати ймовірності успіху, враховуючи нові результати та обставини, які змінюються.

Об'єднання (комбінація) цих методів може бути представлена так:

- методи машинного навчання використовуються для ініціального аналізу та прогнозу на основі великої кількості даних;
- байєсівський метод (підхід) використовується для динамічного оновлення прогнозів, враховуючи нові результати та зміни в характеристиках спортсменів чи команд.

Комбінація цих підходів може дати змогу враховувати якість та актуальність прогнозів у динаміці, що допомагає покращити точність та надійність прогнозування результатів спортивних подій.

У розділі 2 розглянуто визначення загальних та середніх балів для оцінки продуктивності (стабільності) спортсменів у змаганнях. Загальні бали враховують результати усіх виступів з використанням відповідної системи нарахування балів. Середні бали у змаганнях на Кубок Світу обчислюються як середнє значення балів за участь у серії змагань.

Ці методи надають об'єктивний підхід до оцінки стабільності та середнього рівня успішності спортсменів.

У розділі 2 також висвітлено використання стандартного відхилення для оцінки стабільності та розподілу результатів спортсменів на змаганнях на Кубок Світу. Низьке стандартне відхилення вказує на стабільні результати, високе – на їх великий розкид.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОРТИВНИХ ЗМАГАНЬ

3.1. Опис сучасного стану автоматизації об'єкта дослідження

У федерації підводного спорту та підводної діяльності України вже існує ІС «Підводний спорт», яка складається з модулів та реалізує формування рейтингу спортсменів та календар змагань для спортсменів на спортивний сезон.

ІС «Підводний спорт» складається з таких модулів:

- «Календар змагань»;
- «Формування звітів»;
- «Фінансування спортивних подій»;
- «Формування рейтингу спортсменів, команд, клубів»;
- «Введення даних про спортсменів».

Треба зазначити, що формування рейтингу здійснюється шляхом заповнення таблиці та аналізу результатів спортсменів за сезон.

Схема взаємодії модулів ІС «Підводний спорт» представлена на рисунку 3.1.

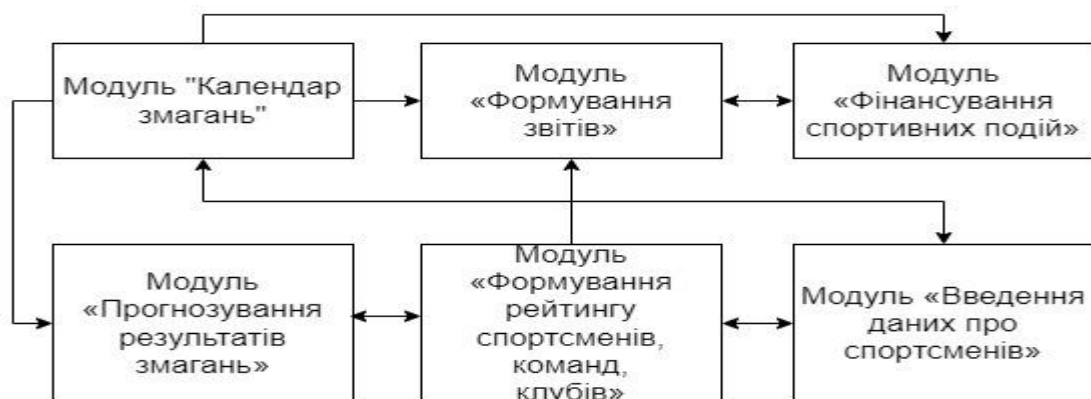


Рисунок 3.1 – Схема взаємодії модулів ІС «Підводний спорт»

Тобто, проводиться аналіз усіх результатів спортсменів за спортивний сезон та сортувальним методом визначаються місця від найсильнішого результату до найслабшого результату, після чого розпочинається підрахування балів за місця згідно з таблицею визначення рейтингів.

Формування календарю змагань проводиться за матеріалами планування спортивних змагань на спортивний сезон Міжнародною федерацією підводного спорту та підводної діяльності CMAS (World Confederation of Underwater Activities).

У таблиці 3.1 наведено опис програмних модулів ІС «Підводний спорт», які представляють собою компоненти системи, що відповідають за різні функціональні аспекти системи та взаємодіють між собою для її ефективного функціонування.

Таблиця 3.1 – Опис програмних модулів ІС «Підводний спорт»

Модуль	Опис
Модуль «Календар змагань»	Відповідає за керування інформацією про змагання, включаючи їхню дату, місце та інші деталі. Користувачі мають можливість переглядати, додавати та редагувати інформацію про майбутні та минулі змагання
Модуль «Формування звітів»	Дозволяє отримувати структуровану та зрозумілу інформацію про події та результати змагань
Модуль «Фінансування спортивних подій»	Виходячи з формування звітів надає подальшу змогу для фінансування спортивних подій для спортсменів
Модуль «Прогнозування результатів змагань»	Дозволяє спрогнозувати результати змагань для спортсменів, враховуючи попередні змагання
Модуль «Формування рейтингу спортсменів, команд, клубів»	Надає можливість підтримки формування рейтингу спортсменів
Модуль «Введення даних про спортсменів»	Надає можливість створювати, зберігати та використовувати дані про спортсмена

Запропонована ІС федерації підводного спорту України (ІС «Підводний спорт») реалізує:

- використання модуля «Формування рейтингу спортсменів»;
- розрахунок стабільності участі спортсменів у змаганнях;
- визначення ймовірності (байєсівської) перемоги та прогнозування результатів змагань.

Стабільність спортсменів на змаганнях є ключовим аспектом (параметром) у визначенні ефективності виступу на змаганнях та подальшому прогнозуванні результатів змагань. Стабільність вказує на те, наскільки регулярно та послідовно спортсмен досягає певного рівня успіху у своїх виступах. Стабільність результатів грає важливу роль.

Спортсмен, який регулярно досягає подібних результатів на різних змаганнях, вважається стабільним. Це вказує на надійність та очікувану продуктивність спортсмена, що є важливим фактором при прогнозуванні його майбутніх виступів.

Для реалізації прогнозування результатів змагань використовуються функції стабільності спортсмена на попередніх змаганнях та результати балів за місяць спортсменів.

Прогнозування результатів спортивних змагань може бути у подальшому інструментом для оптимізації тренувального процесу, дозволяючи тренерам та спортсменам зосередитися на розвитку сильних сторін та подоланні слабкості.

Врахування попередніх виступів і стабільності допомагає пристосовувати тренувальні програми для досягнення кращих результатів, можливість адаптувати стратегії й підходи до змагань, що сприяє підвищенню ефективності виступів.

Крім того, вони є важливим інструментом для менеджменту та реклами, дозволяючи спонсорам та організаторам спортивних заходів приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій та рекламних компаній.

Прогнозування результатів спортсменів є ключовим елементом стратегічного управління та розвитку в кожній галузі спорту.

Саме тому функціонально і організаційно оновлена ІС «Підводний спорт» федерації підводного спорту та підводної діяльності України буде найважливішим інструментом для управління спортсменами та зможе надати більшу ефективність для визначення пріоритетності спортсменів для подальших виступів.

Формування рейтингу спортсменів пропонується розробляти з процесом «Архівування даних», який надасть можливість аналізувати та порівнювати рейтинги спортсменів, спортивних клубів та тренерів за декілька спортивних сезонів.

Модифікація модуля «Формування рейтингу спортсменів» надасть можливість користувачам у подальшому прогнозувати результати рейтингів спортсменів, спортивних клубів, тренерів та рейтинг у видах спорту.

Діаграму потоків даних процесу формування рейтингу змагань з додаванням процесу архівування рейтингів представлено на рисунку 3.2.

В рамках розробки модуля «Формування рейтингу спортсменів» ІС «Підводний спорт» було реалізовано логічну та фізичну структуру бази даних (БД), яка містить у собі усі необхідні атрибути та дані для проведення аналізу рейтингу спортсменів.

Схеми логічної та фізичної структури БД модуля «Формування рейтингу спортсменів» наведені на рисунках 3.3 та 3.4 відповідно.

На рисунку 3.5 наведено схему роботи модуля «Формування рейтингу спортсменів» ІС «Підводний спорт».

Проведений аналіз роботи модуля «Формування рейтингу спортсменів» показав, що даний модуль дозволяє лише сформувати рейтинг спортсменів без врахування таких аспектів, як стабільність, байєсівська ймовірність перемоги та прогнозування результатів спортсменів.

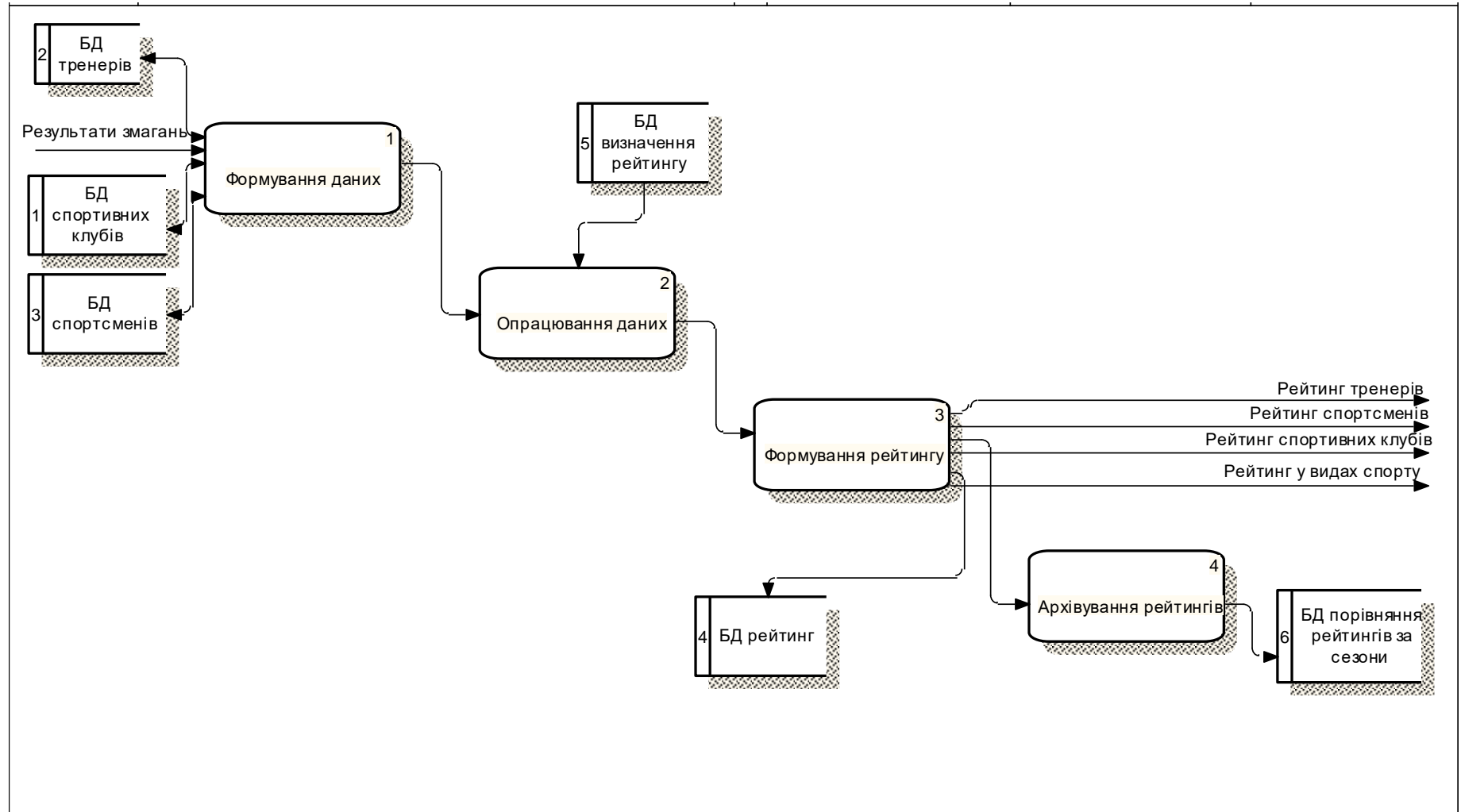


Рисунок 3.2 – Діаграма потоків даних процесу формування рейтингу змагань

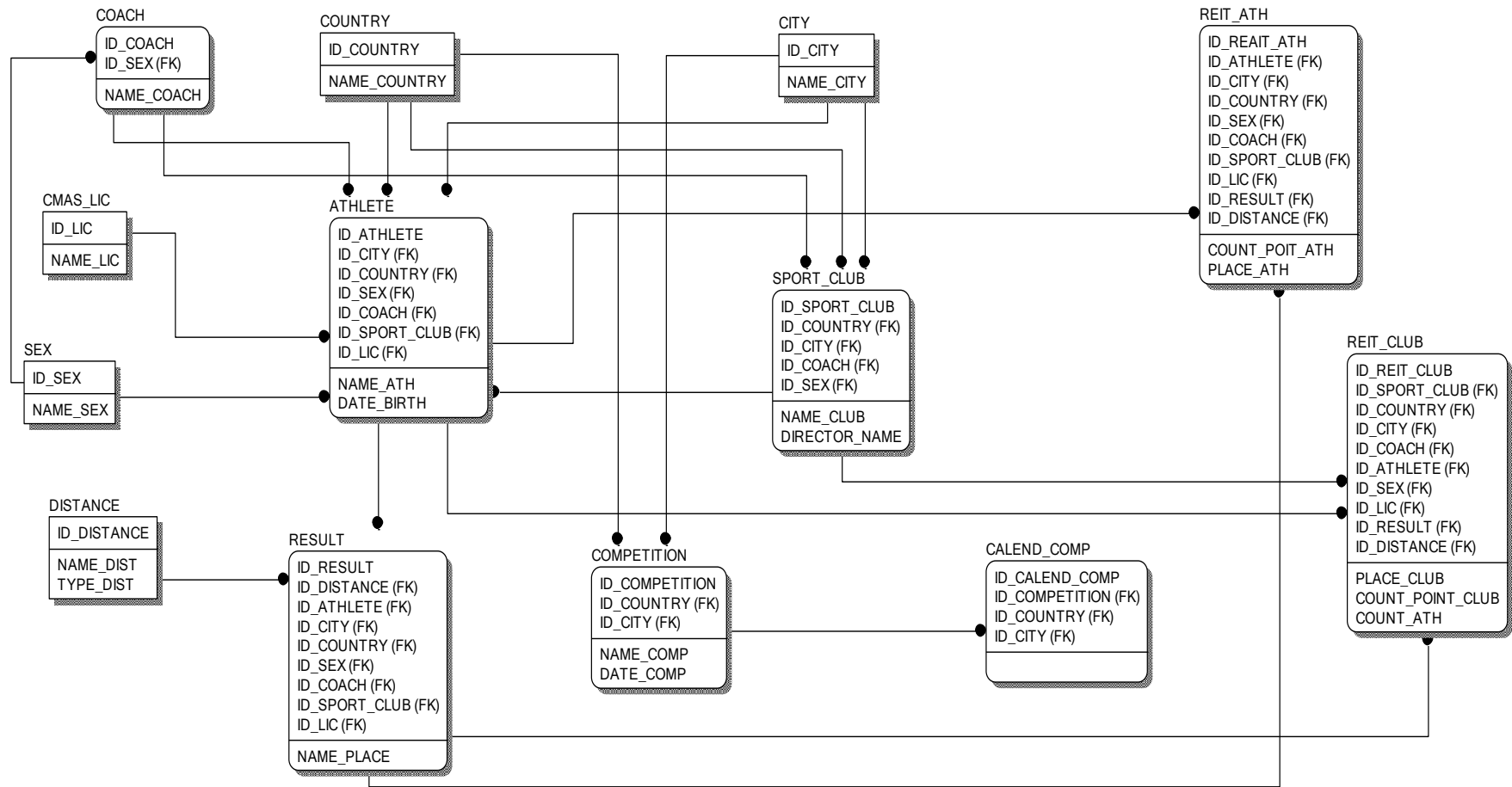


Рисунок 3.3 – Схема логічної структури бази даних модуля «Формування рейтингу спортсменів»

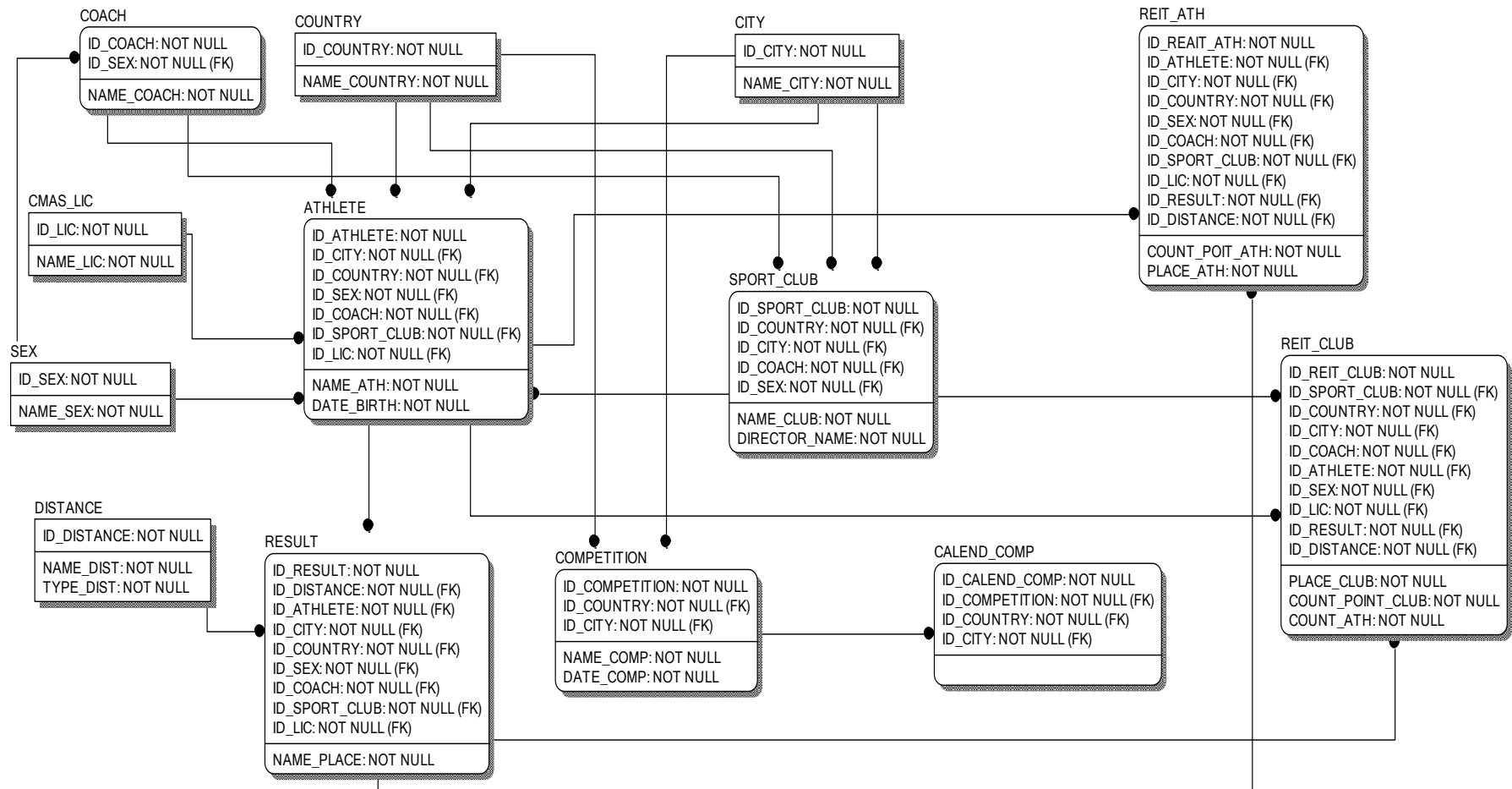


Рисунок 3.4 – Схема фізичної структури бази даних модуля «Формування рейтингу спортсменів»

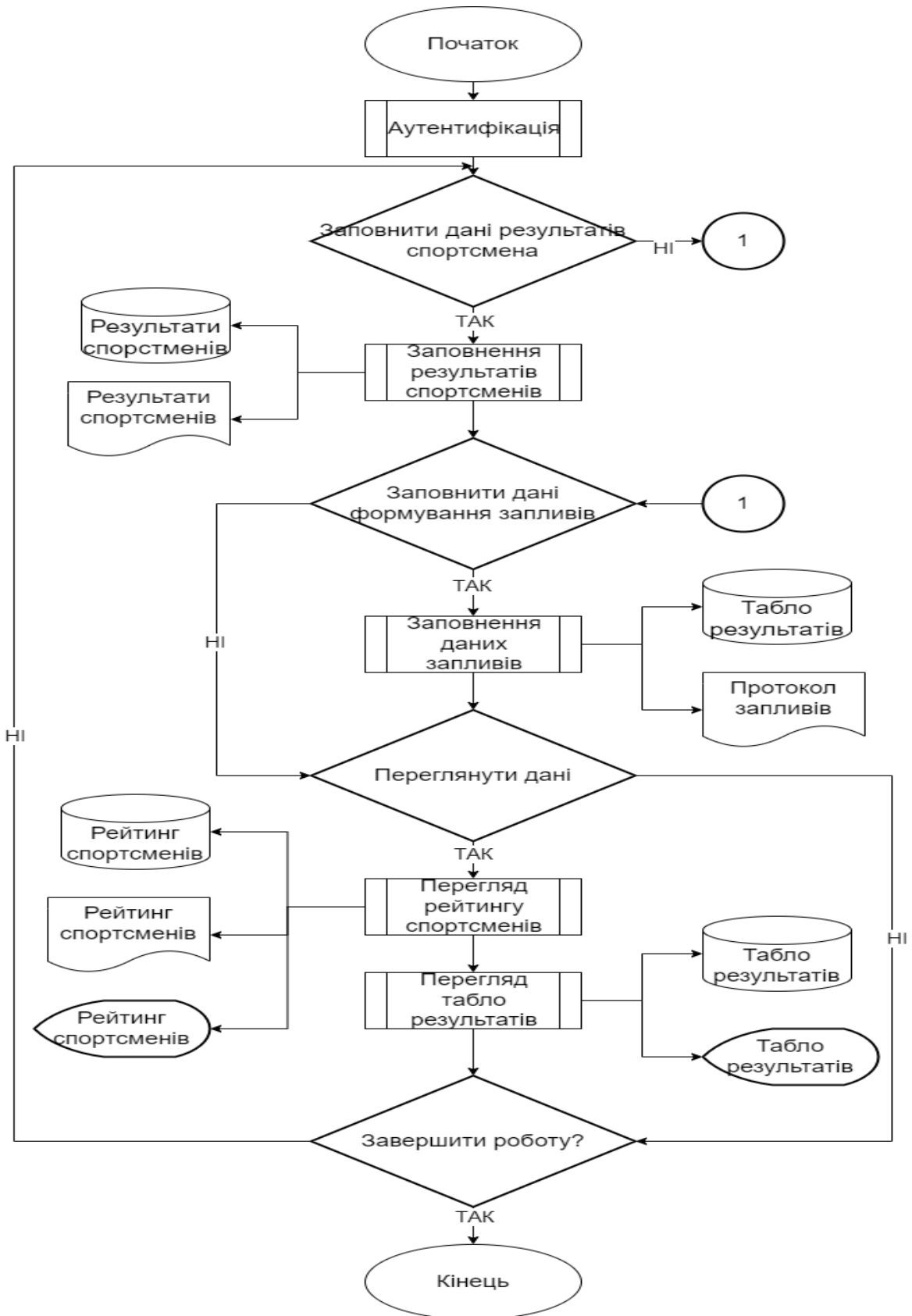


Рисунок 3.5 – Схема роботи модуля «Формування рейтингу спортсменів» ІС «Підводний спорт»

На етапі розробки модуля «Прогнозування результатів змагань» інформаційної системи федерації підводного спорту та підводної діяльності України було розроблено:

- контекстну діаграму процесу прогнозування результатів спортивних змагань у підводному спорті;
- діаграму декомпозицію процесу прогнозування змагань.

Контекстна діаграма процесу прогнозування результатів змагань наведена на рисунку 3.6.

Вихідними даними при формуванні контекстної діаграми процесу прогнозування рейтингу спортсмену є:

- рейтинг спортсменів;
- прогноз змагань;
- стабільність спортсменів;
- байєсівська ймовірність перемоги.

У діаграмі декомпозиції процесу прогнозування результатів змагань, яка представлена на рисунку 3.7, наведено процеси прогнозування результатів спортивних змагань, а саме:

- введення даних (процес «ввести дані»);
- проведення розрахунку загальних і середніх балів (процес «підрахувати загальні та середні бали»);
- проведення розрахунку стабільності спортсменів (процес «розрахувати стабільність»);
- проведення розрахунку ймовірності перемоги спортсмена (процес «розрахувати байєсівську ймовірність перемоги»);
- провести прогнозування результатів змагань (процес «спрогнозувати результати змагань»).

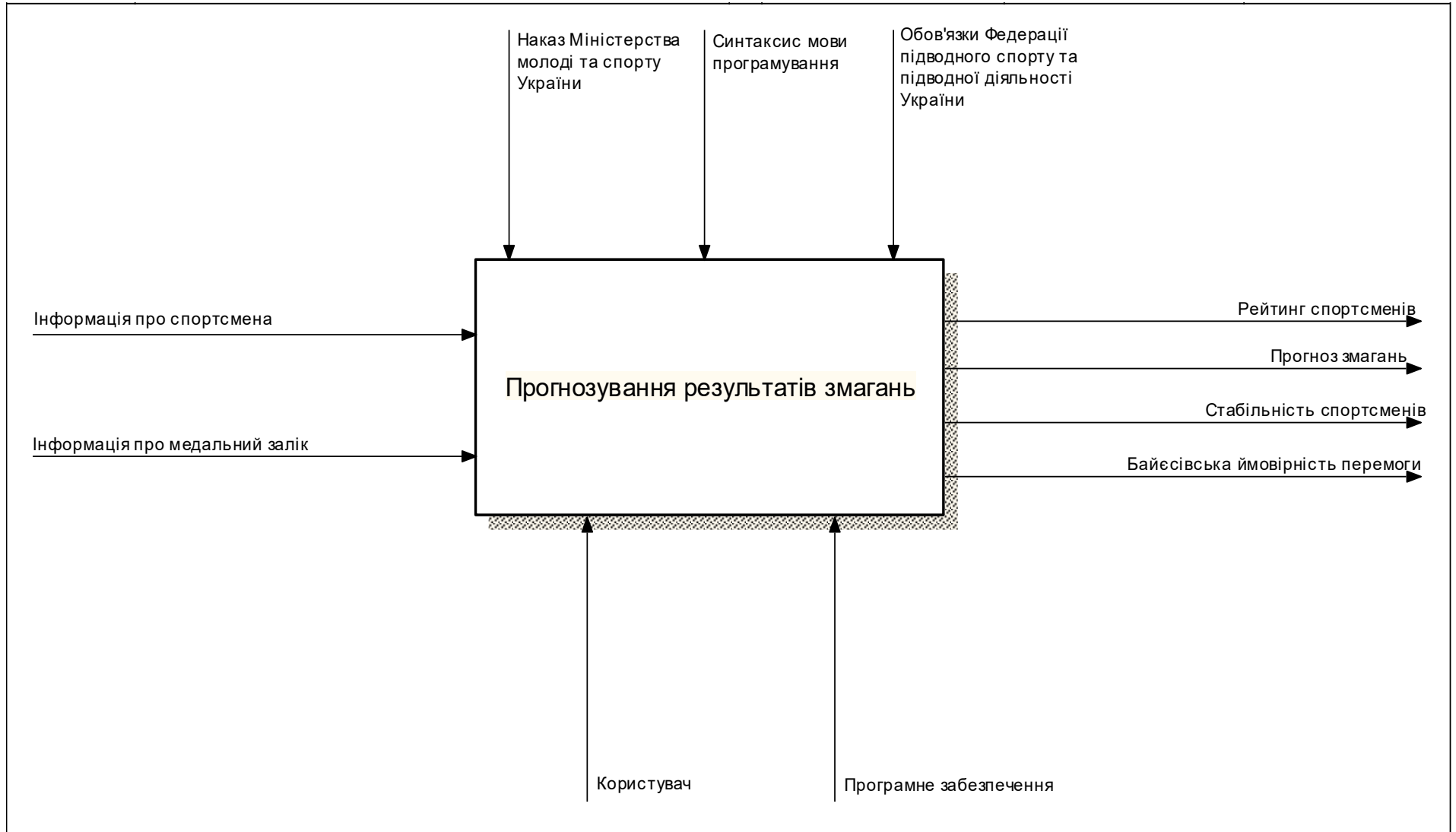


Рисунок 3.6 – Контекстна діаграма процесу прогнозування результатів змагань

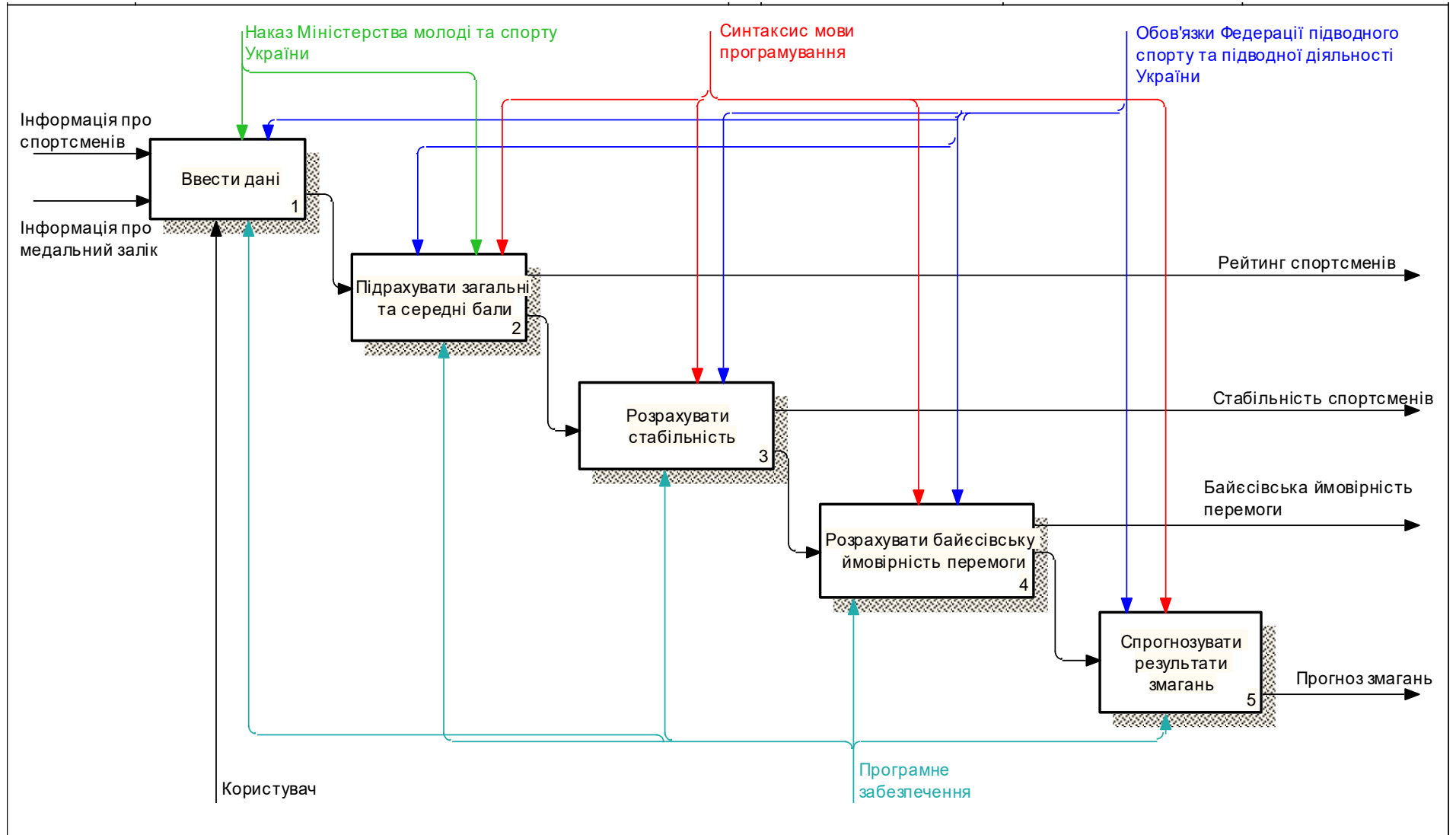


Рисунок 3.7 – Діаграма декомпозиції процесу прогнозування результатів змагань

3.2. Розробка алгоритму реалізації методу прогнозування результатів змагань в ІС «Підводний спорт»

Розглянемо процес формування рейтингу спортсменів, який відбувається з використанням методу звичайного підрахування балів після надання необхідних даних щодо виступу спортсменів, про формування даних для запливів та надання інформації щодо спортсменів.

Формування рейтингу спортсменів не дає гарантію для подальших виступів спортсменів, бо з початком наступного сезону проводяться планові змагання в Україні.

Для проведення ефективної роботи із спортсменами, для отримання впевненості тренерів щодо подальших змагань вирішується задача прогнозування результатів спортсменів для наступних змагань, яка буде використовувати моделі та методи, що розглянуто у розділі 2.

Розроблений алгоритм вирішення задачі прогнозування результатів змагань має наступні кроки.

Крок 1. Внесення даних спортсменів та даних про медальний залік за попередні змагання. Збереження даних у БД.

Крок 2. Перевірка даних на коректність, якщо дані вірні – перехід до кроку 3, якщо сформована похибка, то здійснюється перехід до кроку 1.

Крок 3. Перевірка на наявність змагань. Якщо істина – перехід до кроку 6, якщо похибка – перехід до кроку 4.

Крок 4. Формування даних щодо змагань. Якщо істина – перехід до кроку 5, якщо похибка – перехід до кроку 5.

Крок 5. Перевірка на наявність змагань у цьому році. Якщо істина – перехід до кроку 7, якщо похибка – перехід до кроку 6.

Крок 6. Пропонування існуючих змагань, перехід до кроку 4.

Крок 7. Перевірка участі спортсмена в змаганнях на Кубок Світу.

Якщо істина – перехід до кроку 8, якщо похибка – перехід до кроку 9.

Крок 8. Перевірка на кількість дистанцій у змаганнях на Кубок Світу.
Якщо істина – перехід до кроку 9, якщо похибка – перехід до кроку 4.

Крок 9. Розрахунок загальної кількості балів за змагання за формулами (2.7) та (2.8).

Крок 10. Розрахунок середньої кількості балів за змагання на Кубок Світу за формулою (2.9).

Крок 11. Розрахунок початкової ймовірності перемоги за формулами (2.4) – (2.6).

Крок 12. Перевірка, чи є перемоги на попередніх змаганнях. Якщо істина – перехід до кроку 13, якщо перемога відсутня – перехід до кроку 14.

Крок 13. Якщо спортсмен посідає призове місце, ймовірність його перемоги збільшується (розрахунок за формулою (2.5)). Здійснюється перехід до кроку 15.

Крок 14. Якщо спортсмен не посідає призове місце, ймовірність його перемоги зменшується (розрахунок за формулою (2.6)). Перехід до кроку 15.

Крок 15. Виведення результатів щодо початкової ймовірності перемоги. Перехід до кроку 16.

Крок 16. Перевірка наявності нових даних. Якщо дані є – перехід до кроку 17, якщо нові дані відсутні, то здійснюється перехід до кроку 19.

Крок 17. Розрахунок байєсівського оновлення даних за формулою (2.4).
Перехід до кроку 18.

Крок 18. Виведення оновлених даних та перехід до кроку 19.

Крок 19. Тренування байєсівської регресії. Розрахунок байєсівської регресії за формулами (2.1) – (2.3). Перехід до кроку 20.

Крок 20. Розрахунок стабільності спортсмена за формулою (2.9).

Якщо висока стабільність спортсмена, то здійснюється перехід до кроку 21, якщо низька, то відбувається перехід до кроку 22.

Крок 21. Отримання високих ймовірностей на перемогу.

Проводиться перехід до кроку 24.

Крок 22. Розрахунок стабільності здійснюється за формулою (2.9). Якщо стабільність спортсмена низька, то перехід до кроку 23.

Крок 23. Отримання середніх чи низьких ймовірностей на перемогу, перехід до кроку 24.

Крок 24. Виведення таблиці результатів. Якщо істина – перехід до кроку 25, якщо похибка – перехід до кроку 26.

Крок 25. Виведення таблиці з результатами та збереження їх у БД. Перехід до кроку 26.

Крок 26. Завершення роботи програми.

Схема описаного вище алгоритму роботи задачі прогнозування наведена на рисунку 3.8.

При реалізації даного алгоритму отримані наступні результати.

Байєсівський підхід до прогнозування результатів змагань у сфері підводного спорту може принести значні переваги порівняно з простим підрахуванням результатів вручну для формування рейтингу спортсменів.

Байєсівська ймовірність забезпечує коректну обробку невизначеності, дозволяє ефективно управляти нестабільністю даних і враховувати нову інформацію.

Байєсівське оновлення даних дозволяє системі адаптуватися до змін у спортивній динаміці, забезпечуючи більш точні та надійні результати прогнозування.

Стабільність прогнозів є ще однією перевагою для визначення результативності спортсменів під час спортивного чи декількох спортивних сезонів.

Байєсівське прогнозування забезпечує більшу точність та об'єктивність, особливо в умовах, які змінюються. Оновлення ймовірностей на основі нових даних дозволяє системі залишатися актуальною та ефективною.

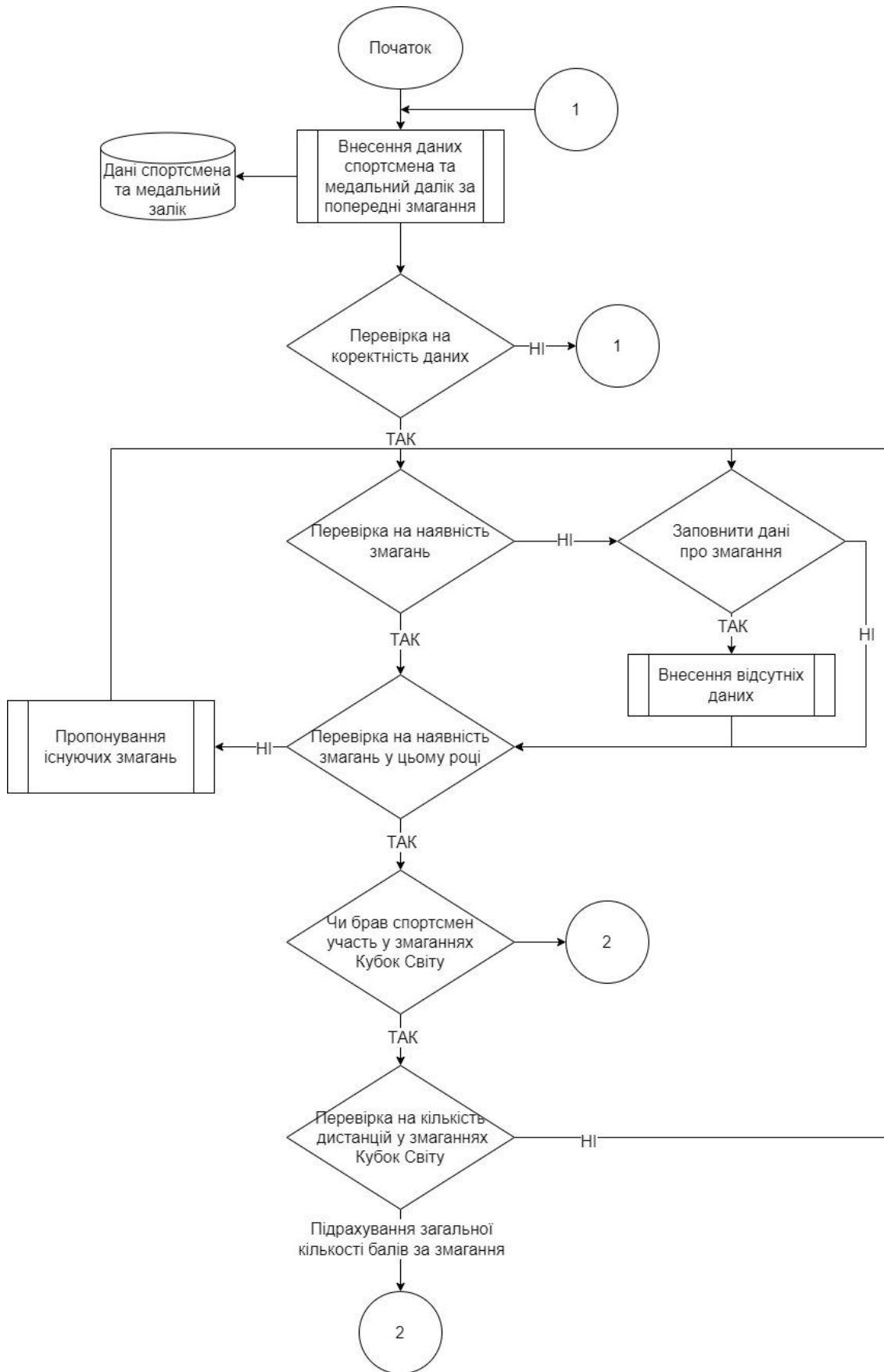


Рисунок 3.8 – Схема роботи задачі прогнозування в ІС «Підводний спорт»

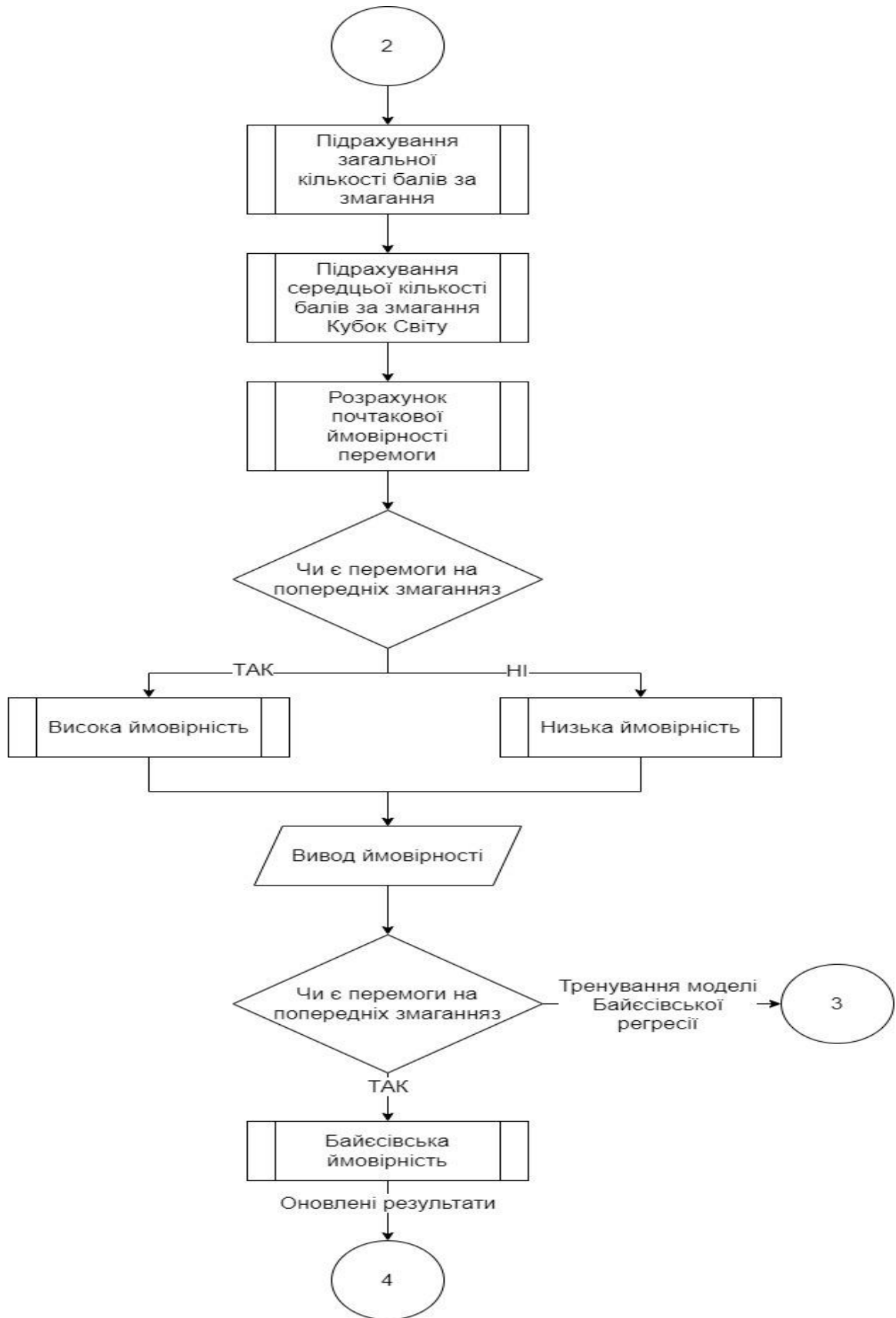


Рисунок 3.8, аркуш 2

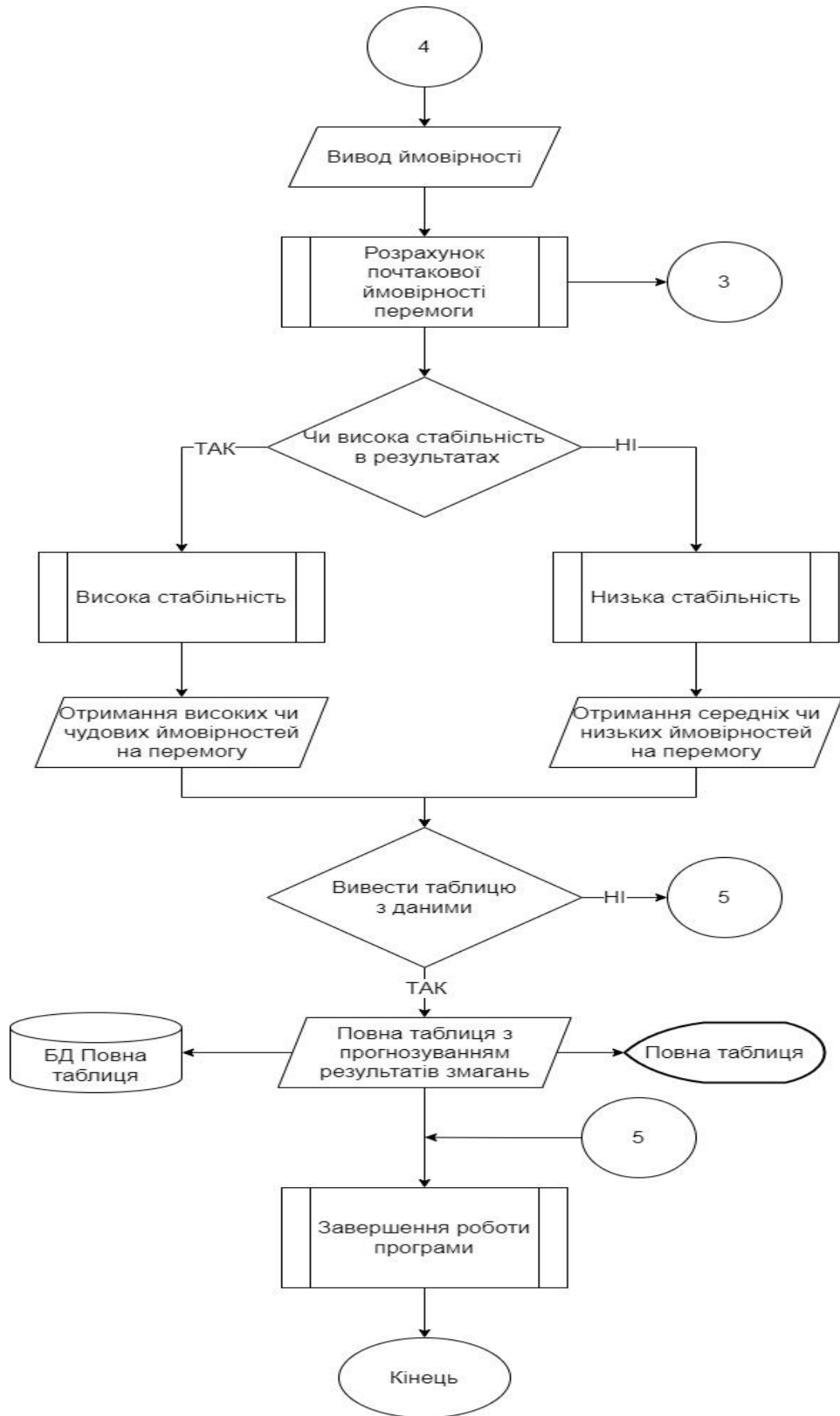


Рисунок 3.8, аркуш 3

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗМАГАНЬ У ПІДВОДНОМУ СПОРТІ

4.1. Опис даних для дослідження та перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань

Дослідження методів прогнозування результатів змагань при розробці ІС «Підводний спорт» у федерації підводного спорту та підводної діяльності України стала необхідністю для вирішення задачі управління спортсменами та визначення подальшого тренувального процесу.

Прогнозування результатів змагань буде надавати необхідну інформацію для спортсменів, тренерів щодо наступних виступів спортсменів.

Користувачі зможуть оцінити ймовірність перемоги на наступних змаганнях, на основі попередніх змагань, переглянути стабільність спортсменів, яка визначається за рахунок відхилення результатів впродовж будь-якого періоду часу.

Автоматизація вирішення задачі прогнозування результатів спортсменів має декілька переваг, які роблять її ефективною порівняно із традиційними методами або експертними оцінками.

Ось декілька аспектів, які роблять автоматизовані функції прогнозування бажаними:

- об'єм і швидкість (система може обробляти великі обсяги даних і використовувати розрахунки швидше, ніж це може зробити людина, тобто це може бути особливо важливо при аналізі великої кількості статистичних даних та показників форми);

- точність та об'єктивність (система працює на основі алгоритмів і моделей, що дозволяє уникнути емоційного впливу та суб'єктивності, тобто

вона може об'єктивно аналізувати дані і враховувати різні фактори, що поліпшує точність прогнозів);

- можливість аналізу багатьох факторів (система може одночасно аналізувати велику кількість факторів, які впливають на результати спортивних змагань, а також може враховувати статистику спортсменів, попередні результати команд, тенденції розвитку проходження дистанції, та інші ключові параметри);

- автоматизація процесу (автоматизовані функції працюють безперервно і можуть оновлюватися миттєво при отриманні нових даних, що дозволяє швидко реагувати на зміни у факторах, які можуть впливати на результати змагань);

- ітеративний аналіз (можливо проводити ітеративний аналіз, вдосконалюючи прогнозні можливості на основі нових даних та взаємодії з реальними результатами змагань).

На рисунку 4.1 представлені вхідні дані, які необхідні для подальшої реалізації дослідження методів прогнозування результатів змагань.

Вхідними даними є: ім'я спортсмена; стать; рік народження; результати участі у Чемпіонаті Світу; результати участі у змаганнях на Кубок Світу 1, результати участі у змаганнях на Кубок Світу 2; ім'я тренера.

Формування рейтингу спортсменів здійснюється кожен спортивний сезон за медальним заліком спортсменів.

Федерація підводного спорту та підводної діяльності України підраховує усі медалі спортсменів за спортивний сезон, після чого використовує таблицю, яка формується Міністерством молоді та спорту України для підрахування очок за медалі.

Оцінювання результатів спортсменів при отриманні медалей у змаганнях розраховуються за таблицею єдиного рейтингу спортсменів згідно з наказом №530 Міністерства молоді та спорту України [6].

Ім'я спортсмена	Стать	Рік народження	Чемпіонат Світу – Місця	Кубок Світу 1 – Місця	Кубок Світу 2 – Місця	Ім'я тренера
Уварова Вікторія	Ж	2001	50 sf – 1 місце 100 sf – 1 місце 50 ap – 2 місце 4x100 – 1 місце	50 sf – 1 місце 100 sf – 1 місце 50 ap – 1 місце 4x100 – 1 місце	50 sf – 1 місце 100 sf – 1 місце 50 ap – 1 місце 4x100 – 1 місце	Шляховська А.А.
Шляховська Ольга	Ж	1989	200 im – 3 місце 400 sf – 2 місце 1500 sf – 3 місце 400 im – 1 місце	200 im – 2 місце 400 sf – 2 місце 1500 sf – 1 місце 400 im – 3 місце	200 im – 4 місце 400 sf – 5 місце 1500 sf – 2 місце 400 im – 1 місце	Шляховська А.А.
Березна Вірсавія	Ж	2002	200 sf – 4 місце 400 sf – 3 місце 4x100 – 1 місце 800 sf – 5 місце	50 bf – 2 місце 100 bf – 5 місце 4x100 – 1 місце 200 bf – 3 місце	50 bf – 1 місце 100 bf – 5 місце 4x100 – 2 місце 200 bf – 4 місце	Альошков О.В.
Гречко Софія	Ж	2005	---	200 sf – 1 місце 400 sf – 2 місце 4x100 – 1 місце 800 sf – 3 місце	200 sf – 1 місце 400 sf – 1 місце 4x100 – 2 місце 800 sf – 4 місце	Яковлев Є.О.
Макаренко Анастасія	Ж	2006	50 ap – 4 місце 100 sf – 3 місце 200 sf – 1 місце 4x100 – 5 місце	50 ap – 1 місце 100 sf – 2 місце 200 sf – 2 місце 4x100 – 3 місце	50 ap – 1 місце 100 sf – 5 місце 200 sf – 2 місце 4x100 – 4 місце	Годована М.О.
Антоняк Анастасія	Ж	1996	800 sf – 5 місце 1500 sf – 6 місце 400 im – 3 місце 100 im – 5 місце	800 sf – 4 місце 1500 sf – 3 місце 400 im – 2 місце 100 im – 1 місце	800 sf – 6 місце 1500 sf – 2 місце 400 im – 2 місце 100 im – 7 місце	Альошков О.В.

Рисунок 4.1 – Вхідні дані для реалізації дослідження методів прогнозування результатів змагань

Ім'я спортсмена	Стать	Рік народження	Чемпіонат Світу – Міся	Кубок Світу 1 – Міся	Кубок Світу 2 – Міся	Ім'я тренера
Макаренко Анастасія	Ж	2006	50 ap – 4 місце 100 sf – 3 місце 200 sf – 1 місце 4x100 – 5 місце	50 ap – 1 місце 100 sf – 2 місце 200 sf – 2 місце 4x100 – 3 місце	50 ap – 1 місце 100 sf – 5 місце 200 sf – 2 місце 4x100 – 4 місце	Годована М.О.
Антоняк Анастасія	Ж	1996	800 sf – 5 місце 1500 sf – 6 місце 400 im – 3 місце 100 im – 5 місце	800 sf – 4 місце 1500 sf – 3 місце 400 im – 2 місце 100 im – 1 місце	800 sf – 6 місце 1500 sf – 2 місце 400 im – 2 місце 100 im – 7 місце	Альошков О.В.
Ячник Валерія	Ж	2007		100 imj – 9 місце 200 imj – 5 місце 50 sfj – 5 місце 50 apj – 2 місце	100 imj – 7 місце 200 imj – 3 місце 50 sfj – 7 місце 50 apj – 2 місце	Шляховська А.А.
Резник Валентина	Ж	2001	100 im – 10 місце 200 im – 9 місце 50 bf – 11 місце	100 imj – 1 місце 200 imj – 6 місце 50 bfj – 4 місце 100 bfj – 2 місце	100 imj – 2 місце 200 imj – 4 місце 50 bfj – 4 місце 100 bfj – 2 місце	Золотов О.Ю
Вакарева Єлизавета	Ж	2001	100 bf – 3 місце 200 bf – 5 місце 400 bf – 2 місце 4x100 – 8 місце	100 bf – 3 місце 200 bf – 4 місце 400 bf – 2 місце 4x100 – 8 місце	100 bf – 5 місце 200 bf – 1 місце 400 bf – 8 місце 4x100 – 2 місце	Красногор Т.С.
Краснокутська Вікторія	Ж	2005	200 imj – 13 місце 400 imj – 8 місце 200 bfj – 12 місце 4x100 – 3 місце	200 imj – 5 місце 400 imj – 2 місце 200 bfj – 4 місце 4x100 – 2 місце	200 imj – 8 місце 400 imj – 2 місце 200 bfj – 4 місце 4x100 – 2 місце	Краснокутський В.О.

Рисунок 4.1, аркуш 2

Ім'я спортсмена	Стать	Рік народження	Чемпіонат Світу – Міся	Кубок Світу 1 – Міся	Кубок Світу 2 – Міся	Ім'я тренера
Воробйова Вероніка	Ж	2008	200 sfj – 4 місце 400 sfj – 3 місце 800 sfj – 3 місце 400 bfj – 9 місце	200 sfj – 2 місце 400 sfj – 1 місце 800 sfj – 5 місце 400 bfj – 2 місце	200 sfj – 6 місце 400 sfj – 2 місце 800 sfj – 3 місце 400 bfj – 3 місце	Шляховська А.А.
Сміщенко Сергій	М	2000	50 sf – 12 місце 100 sf – 4 місце 100 im – 9 місце 200 im – 15 місце 50 ap – 4 місце	50 sf – 3 місце 100 sf – 3 місце 50 ap – 1 місце 100 im – 8 місце	50 sf – 12 місце 100 sf – 1 місце 50 ap – 3 місце 100 im – 7 місце	Годована М.О.
Захаров Олексій	М	2001	200 sf – 1 місце 400 sf – 1 місце 800 sf – 6 місце 1500 sf – 2 місце	200 sf – 1 місце 400 sf – 2 місце 800 sf – 4 місце 1500 sf – 7 місце	200 sf – 1 місце 400 sf – 1 місце 800 sf – 1 місце 1500 sf – 1 місце	Шляховська А.А.

Рисунок 4.1, аркуш 3

Дані для розрахунку єдиного рейтингу представлені на рисунку 4.2.

Аналіз цих даних показує, які змагання є найбільш пріоритетними. Олімпійські Ігри та Всесвітні Ігри мають найбільшу кількість балів за завойовані місця. В таблиці показаний також поділ на вікові категорії спортсменів (дорослі, молодь та юнаки).

Дослідження методів прогнозування в ІС «Підводний спорт» дозволить прискорити час підрахування балів для формування рейтингу спортсменів.

Визначено обмеження щодо змагань на Кубок Світу.

Максимальна кількість балів за змагання на Кубок Світу, яку можна отримати – 8000. Це визначено тим, що спортсмен має змогу брати участь тільки у трьох індивідуальних дистанціях та одній естафетній дистанції.

Це обмеження є важливим критерієм для подальшого прогнозування результатів. Воно визначається за наступною формулою:

$$V_{\text{індивідуальні}} + V_{\text{естафети}} \leq 8000, \quad (4.1)$$

де $V_{\text{індивідуальні}}$ – кількість балів за індивідуальні дистанції (загалом за три);

$V_{\text{естафети}}$ – кількість балів за естафетну дистанцію.

4.2 Аналіз використаних методів для експериментальної перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань та проведення експерименту

Дослідження методів прогнозування результатів змагань у сфері підводного спорту в ІС «Підводний спорт» враховує різноманітність факторів, які можуть впливати на результати змагань.

Зайняте місце	Олімпійські Ігри	Всесвітні Ігри, Всесвітня шахова Олімпіада	Європейські Ігри, Всесвітні Ігри з єдиноборств	Юнацькі Олімпійські Ігри	Чемпіонати			Чемпіонати серед молоді та юнаків			Чемпіонати серед юнаків			Кубки (дорослі, фінал)		
					світу	Європи	України	світу	Європи	України	світу	Європи	України	світу	Європи	України
1	12000	9000	3000	2000	6000	3000	300	3000	1500	150	1500	750	75	2000	1000	150
2	10000	7500	2500	1500	5000	2500	250	2500	1250	125	1250	625	60	1500	750	125
3	8000	6000	2000	1000	4000	2000	200	2000	1000	100	1000	500	50	1000	500	100
4	3000	2250	750	500	1500	750	75	750	375	40	375	190	20	700	350	40
5	2500	1875	625	450	1250	625	60	625	315	30	315	160	18	600	300	30
6	2000	1500	500	400	1000	500	50	500	250	25	250	125	15	500	250	25
7	1500	1125	375	350	750	375	40	375	180	18	180	90	13	375	185	20
8	1000	750	250	300	500	250	25	250	125	13	125	65	10	250	125	13
9	800	600	200	250	400	200	-	200	-	-	100	-	-	200	-	-
10	700	525	175	200	350	175	-	175	-	-	85	-	-	175	-	-
11	600	450	150	150	300	150	-	150	-	-	75	-	-	150	-	-
12	500	375	125	100	250	125	-	125	-	-	65	-	-	125	-	-
13	400	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	300	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	200	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	100	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 4.2 – Таблиця визначення єдиного рейтингу спортсменів у видах спорту

В даному дослідженні акцент робиться на розрахунку і використанні стабільності, байєсівської ймовірності, байєсівського оновлення та машинного навчання. Ці методи мають властивості, які роблять їх особливо ефективними у контексті прогнозування результатів спортивних змагань.

Детальне розглядання цих підходів в рамках дослідження розкриває їхню потужність та можливості в контексті специфічних умов підводного спорту та виявляє їхній внесок у підвищення точності та передбачуваності результатів спортивних змагань.

Результати використання розробленого модуля представлені на рисунку 4.3 (у вигляді діаграми результатів прогнозу) та у таблиці 4.1.

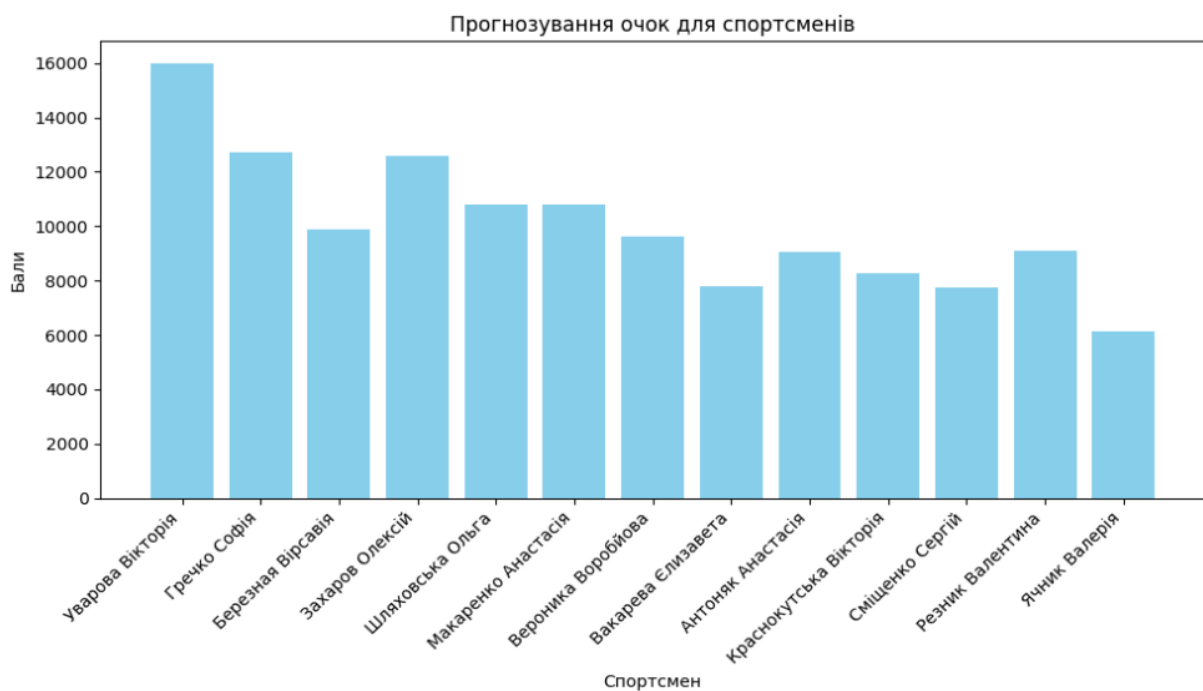


Рисунок 4.3 – Діаграма результатів прогнозів наступних змагань для спортсменів

У таблиці 4.1 наведена необхідна інформація для прогнозування наступних двох змагань на Кубки Світу, розрахункова стабільність спортсмена, (виходячи з результатів попередніх змагань на Кубки Світу), байєсівська ймовірність перемоги.

Таблиця 4.1 – Результати експериментальної перевірки розробленої технології вирішення задачі прогнозування результатів змагань

Рей-тин-гове місце	Ім'я спортсмена	Загальна кількість балів	Кубок Світу 1	Кубок Світу 2	Загальна кількість балів за Кубки Світу	Середнє значення за Кубки Світу	Стабіль-ність спортсмена	Байєсів-ська ймовір-ність пере-моги	Прогноз	Опис прогнозу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Уварова Вікторія	39000	8000	8000	16000	2000.0	0.0	1.0	16000	Високий рівень успіху
2	Гречко Софія	35700	6500	6200	12700	1585.5	1.05	0.76	<12000	Чудові шанси на успіх
3	Березна Вірсавія	30900	5100	4800	9900	1237.5	1.54	0.09	<9000	Середні шанси на успіх
4	Захаров Олексій	30575	4575	8000	12575	1571.88	2.05	0.76	>13000	Чудові шанси на успіх
5	Шляховська Ольга	27300	6000	4800	10800	1350.0	1.32	0.03	<10000	Чудові шанси на успіх
6	Макаренко Анастасія	23550	6000	4800	10800	1350.0	1.32	0.03	<9000	Середні шанси на успіх

Кінець таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	Воробйова Вероніка	19500	5600	4000	9600	1200.0	1.58	0.0	<9000	Середні шанси на успіх
8	Вакарева Єлизавета	18550	3450	4350	7800	975.0	2.52	0.0	>8000	Середні шанси на успіх
10	Краснокутсь ка Вікторія	13200	4300	3950	8250	1031.25	2.0	0.0	<8000	Середні шанси на успіх
11	Сміщенко Сергій	11500	4250	3500	7750	968.75	3.63	0.0	<7000	Низькі шанси на успіх
12	Резнік Валентина	10150	4700	4400	9100	1137.5	1.54	0.0	<9000	Середні шанси на успіх
13	Ячник Валерія	6150	2900	3250	6150	768.0	2.4	0.0	>7000	Низькі шанси на успіх

Лістинг коду розрахунку початкової байєсівської ймовірності наведений на рисунку А.1. Лістинг коду налаштування моделі ML для байєсівської регресії (частина 1) наведений на рисунку А.2. Лістинг коду налаштування моделі ML для байєсівської регресії (частина 2) наведений на рисунку А.3.

Виходячи з результатів можна зазначити, що переваги методу Байєса включають можливість оновлення ймовірностей з урахуванням нових даних та врахування невизначеності в результатах.

Також машинне навчання дозволяє будувати моделі, здатні передбачати майбутні спортивні результати, що спрощує аналіз та прийняття рішень у спортивній сфері.

4.3. Аналіз практичного використання методів прогнозування результатів змагань

Прогнозування результатів спортивних змагань є важливим для формування і проведення тренувального процесу. Це дозволить тренерам планувати ефективні тренування. Знання очікуваних результатів допомагає адаптувати підходи до підготовки спортсменів.

Також прогнози можуть служити мотивацією для спортсменів, стимулюючи їх до більших зусиль. Порівняння прогнозованих та реальних результатів є корисним інструментом для аналізу вдосконалення навичок та стратегій підготовки спортсменів до змагань.

У сфері спорту, де конкуренція завжди висока, прогнозування дозволяє командам або окремим спортсменам адаптуватися до стратегій супротивників, отримуючи конкурентну перевагу.

Крім того, прогнозування може сприяти розумінню факторів, які впливають на результати, та допомагати в управлінні ризиками, таким чином забезпечуючи ефективне прийняття рішень при передбачуваних обставинах.

Стабільність спортсменів дозволяє підтримувати надійність та консистентність у результатах. У контексті прогнозування результатів спортивних змагань стабільність важлива для того, щоб метод не втрачав ефективність при зміні умов або надходженні нових даних.

У свою чергу байєсівська ймовірність надає можливість враховувати апріорні знання та оновлювати прогноз з використанням нових даних. У випадку спортивних змагань, де можливість врахування попередніх результатів та факторів є важливою, байєсівський підхід дозволяє ефективно поєднати інформацію, яка надходить з різних джерел.

Виходячи з цього, байєсівське оновлення є ключовим для адаптації до нових умов та коригування прогнозів залежно від нової інформації. У спортивних змаганнях на результати можуть впливати різні фактори, такі як форма гравців, травми, погодні умови тощо. Байєсівське оновлення дозволяє враховувати ці зміни.

Також, машинне навчання може використовуватися для аналізу великої кількості даних та виявлення складних залежностей між різними факторами та результатами змагань. Моделі машинного навчання можуть автоматично виявляти та використовувати закономірності, що робить їх ефективними для прогнозування результатів спортивних подій.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної кваліфікаційної роботи було проведено аналіз процесів прогнозування результатів змагань у Федерації підводного спорту та підводної діяльності України (як об'єкта автоматизації).

Було проведено аналіз існуючих методів вирішення задачі прогнозування результатів змагань, ознайомлено та проаналізовано роботи науковців з прогнозування результатів спортивних змагань. Це дозволило виявити, що процес прогнозування результатів змагань в Україні відрізняється від проведення такого типу прогнозування у країнах Європи та Америки, які на теперішній час досить інтенсивно використовують різні інформаційні технології, в тому числі біохімічний аналіз для спортсменів. Це показує, що дослідження даної тематики є досить актуальним та потребує подальшого розвитку методів прогнозування майбутніх результатів змагань з використанням попередніх результатів змагань спортсменів.

На основі результатів проведених досліджень поставлено і виконано задачу аналізу існуючих математичних методів для вирішення задачі прогнозування результатів змагань, які запропоновані у розділі 2. Застосування даних методів для вирішення задачі прогнозування результатів спортсменів та подальшого формування рейтингу спортсменів у Федерації підводного спорту та підводної діяльності України проводилось згідно з наказом №530 Міністерства молоді та спорту України про визначення рейтингу у видах спорту.

В роботі запропонований комбінований метод прогнозування результатів змагань, який об'єднав переваги методу Байєса та ймовірності Байєса. За допомогою методу оновлення Байєса підраховувалась ймовірність з появу нових даних. Також для визначення стабільності результатів спортсменів у попередніх змаганнях було запропоновано використання

стандартного відхилення. Використання байєсівської регресії, яка є методом машинного навчання, дозволило реалізувати функцію прогнозування результатів спортсменів на змаганнях.

В роботі проведено експеримент з використання вхідних даних щодо результатів спортсменів, який показав, що реалізований метод дозволяє отримати необхідні дані для визначення прогнозу у наступних змаганнях.

В ході роботи було вирішено задачу прогнозування результатів змагань для Федерації підводного спорту та підводної діяльності України з метою покращення ефективності та визначення пріоритетності спортсменів у наступних змаганнях.

Виходячи з цього розроблене рішення для розв'язання задачі прогнозування результатів спортивних змагань є ефективним, дозволить використовувати цей підхід для прогнозування результатів змагань в інших видах спорту.

За тематикою кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді на тему «Інформаційна технологія формування рейтингу спортсменів у підводному спорті» на V Міжнародній науково-теоретичній конференції «Science of XXI century: development, main theories and achievements» (26.01.2024, м. Гельсінкі, Фінляндська Республіка). [43].

Кваліфікаційна робота виконувалась згідно з вимогами методичних вказівок з організації та виконання кваліфікаційної роботи [44] та національним стандартом ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення» [45].

Перелік джерел посилання оформлено згідно з національним стандартом ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [46].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Неолімпійський спорт : навч. посіб. / Є. В. Імас та ін. Київ : НУФВСУ, Олімп. л-ра, 2015. 184 с.

2. Міжнародна рада військового спорту. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B0_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83 (дата звернення: 21.11.2023).

3. Прогнозування в спорті. URL: <https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/3733/1/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B2%20%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%96.pdf> (дата звернення: 21.11.2023).

4. Запорожанов В. Н. Прогнозування та моделювання у спорті / В. А. Запорожанов, В. Н. Платонов // Теорія спорту / под. ред. В. Н. Платонова. Київ: Вища школа, 1987. ч.3. С. 350-371.

5. Прогнозування спортивного тренування, його суть, значення та види. URL:https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/421737/mod_resource/content/2/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%28%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B01%29.pdf (дата звернення: 22.11.2023).

6. Про затвердження Положення про рейтинг з олімпійських та неолімпійських видів спорту в Україні: наказ М-ва молоді та спорту України

від 09.07.2020 № 530. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0785-20#Text> (дата звернення: 24.11.2023).

7. Integration Definition for Function Modeling (IDEF0). Software Standard, Modeling Techniques. National Institute of Standards and Technology, 1993. 80 p.

8. Павленко В. О., Насонкина Е.Ю., Павленко Є. Є. Сучасні технології підготовки в обраному виді спорту: підручник. Харків, 2020. 550 с.

9. Rao С., Govindaraju V. Handbook of Statistics: Machine Learning: Theory and Applications. 2013. 552 с.

10. Особливості прогнозування результативності спортсменів як фактора підвищення ефективності навчально-тренувального процесу. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/6740/1/%D0%AF%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B01110yatptp.pdf> (дата звернення: 24.11.2023).

11. Байєсівський аналіз даних : монографія / П. І. Бідюк, І. О. Калініна, О. П. Гожий. Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2021. 208 с.

12. Методи оптимізації та комп'ютерні технології: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В.І. Захарчук. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 144 с.

13. Aumann R.J. Lectures on Game Theory. San Francisco: Westview Press, 1989. 120 с.

14. Експертні методи прогнозування URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%A4%D0%86%D0%9D%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9E%D0%92%D0%95%20%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%9D%D0%9E%D0%97%D0%A3%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF/page11.html (дата звернення: 01.12.2023).

15. Коршевніук Л.О., Терентьєв О.М., Бідюк П.І Методика побудови математичних моделей динамічних процесів. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19603/1/Terentiev_CAIT_2013.pdf (дата звернення: 01.12.2023).

16. Костюкевич В. М. Теорія і методика спортивної підготовки (на прикладі командних ігрових видів спорту): навч. посіб. Вінниця: Планер, 2014. 616 с.

17. Келлер В. С. Теоретико-методичні основи підготовки спортсменів / Келлер В. С., Платонов В. М. Львів : Українська спортивна Асоціація, 1992. 269 с.

18. Сучасні інформаційні технології та системи : монографія / Н. Г. Аксак, Л. Е. Гризун, О. В. Щербаков та ін. ; за заг. ред. д-ра екон. наук, професора В. С. Пономаренка. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. 271 с.

19. Breiman L. Random Forests. *Machine Learning*. 45 (1). 2001. P. 5–32.

20. Christmann A., Steinwart I. Consistency of kernel based quantile regression. *Appl. Stoch. Models Bus. Ind.*, 2008. vol. 24(2). P. 171–183.

21. Bache K., Lichman M. *UCI Machine Learning Repository*. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013.

22. Інноваційні та інформаційні технології у фізичній культурі, спорті, фізичній терапії та ерготерапії: Матеріали I Всеукраїнської електронної науково-практичної конференції з міжнародною участю (Київ, 19 квітня 2018 р.) / під заг. ред. О.А. Шинкарук. К.: НУФВСУ, 2018. 131 с.

23. Платонов В. М. Фізична підготовка спортсмена / Платонов В. М., Булатова М. М. К.: Олімпійська література, 1995. 320 с.

24. Terentyev A. N. Bayesian networks in credit scoring / A. N. Terentyev, L. T. Gasanova / The second international conference on control and optimization with industrial applications (COIA-1008), June 2-8, 2008, Baku, Azerbaijan. Baku: Institute of applied mathematics BSU, 2008. P. 171.

25. Теорія і методика підготовки спортсменів: управління, контроль,

відбір, моделювання та прогнозування в олімпійському спорті: навч. посіб. / О. А. Шинкарук. К., 2013. 136 с.

26. Катренко А. В., Пасічник В. В. Прийняття рішень: теорія та практика : підручник. Львів : Новий Світ – 2000, 2020. 447 с.

27. Костюкевич В.М. Теорія і методика тренування спортсменів високої кваліфікації: Навчальний посібник. Вінниця: «Планер», 2007. 273 с.

28. Інноваційні і цифрові технології у процесі підготовки спортсменів в умовах формального і неформального навчання : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції / відповід. ред. Д.В. Бермудес, наук.ред. Д.В. Бермудес. Суми : СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2022. 114 с.

29. Прийняття управлінських рішень. URL : <http://biblio.umsf.dp.ua/jspui/bitstream/123456789/4070/1/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D1%8F%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D1%83%D0%BF%D1%80%20%D1%80%D1%96%D1%88%D0%B5%D0%BD%D1%8C%202020.pdf> (дата звернення: 20.12.2023).

30. Cees G.M. Snoek, Marcel Worring, Arnold W.M. Smeulders, Early versus Late Fusion in Semantic Video Analysis ISLA, Informatics Institute University of Amsterdam Kruislaan, 2005.

31. Самокиш І.І. Стан і основні проблеми моніторингу освітньої діяльності у закладах вищої освіти в цілому й у сфері фізичної культури і спорту зокрема / І. І. Самокиш // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури /фізична культура і спорт/. К.: НПУ, 2022. Вип. 3. К (147) 22. С. 350-357.

32. Борисова О. Система організації та управління професійним тенісом у сучасних умовах: особливості її функціонування. URL: <https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/16804/1/%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9E.%20%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0.pdf> (дата

звернення: 20.12.2023).

33. The Score. URL: <https://www.thescore.com/> (дата звернення: 27.12.2023).

34. ESPN URL: <https://www.espn.com/> (дата звернення: 27.12.2023).

35. Bleacher Report. URL: <https://bleacherreport.com/> (дата звернення: 27.12.2023).

36. Yahoo Sports. URL: <https://sports.yahoo.com/> (дата звернення: 27.12.2023).

37. FotMob. URL: <https://www.fotmob.com/ru/players/oreilly> (дата звернення: 27.11.2023).

38. Akmeşe Ö. F., Kör H, Erbay H. Use of machine learning techniques for the forecast of student achievement in higher education, ITLT, 2021. vol. 82 (2). P. 297–311.

39. Machine Learning. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/machine-learning> (дата звернення: 03.01.2023).

40. Байєсова ймовірність. URL: https://vue.gov.ua/%D0%91%D0%B0%D0%B9%D1%94%D1%81%D0%B0_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B0 (дата звернення: 10.01.2023).

41. Огірко О. І., Галайко Н. В. О-36 Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О. І. Огірко, Н. В. Галайко. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.

42. Машинне навчання. URL: <http://surl.li/phkze> (дата звернення: 15.01.2023).

43. Васильцова Н. В., Уварова В. О. Інформаційна технологія формування рейтингу спортсменів у підводному спорті // V Міжнародна науково-теоретична конференція «Science of XXI century: development, main theories and achievements» (26.01.2024, м. Гельсінкі, Фінляндська Республіка).

44. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи (для студентів усіх форм навчання другого (магістерського) рівня

вищої освіти спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітньо-професійної програми «Інформаційні управляючі системи та технології») / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Саєнко В.І., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 30 с.

45. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання, Чинний від 22.06.2015. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с.

46. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. / Видання офіційне. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.