

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних для  
спортивного скаутингу

Виконав: студент курсу VI , групи СТм-61

спеціальності 126 Інформаційні системи та

технології

(шифр і назва спеціальності)

Попірняк В.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Фриз М.Є.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мацюк О.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Шкодзінський О.К.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2020

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«22» грудня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Папірняку Володимирі Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних для спортивного скаутингу

Керівник роботи Фриз М.Є., к.т.н., доцент кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2020р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації щодо інформаційних технологій інтелектуального аналізу спортивних даних та скаутингу

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Інформаційні технології інтелектуального аналізу спортивних даних – стан та перспективи досліджень. 2. Методи аналітичного інтелектуального опрацювання відомостей щодо спортивного скаутингу. 3 Засоби та інструменти аналітичного опрацювання спортивних відомостей про скаутинг. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стадник І.П., професор		

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	21.09.20-27.09.20	Виконано
2.	Підбір наукових джерел щодо інформаційних технологій інтелектуального аналізу спортивних даних про скаутинг.	28.09.20-04.10.20	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел щодо інформаційних технологій інтелектуального аналізу спортивних даних	05.10.20-11.10.20	Виконано
4.	Виконання дослідження щодо розроблення та використання елементів інформаційних технологій інтелектуального аналізу спортивних даних	12.10.20-18.10.20	Виконано
5.	Оформлення розділу «Інформаційні технології інтелектуального аналізу спортивних даних – стан та перспективи досліджень»	19.10.20-25.10.20	Виконано
6.	Оформлення розділу «Методи аналітичного інтелектуального опрацювання відомостей щодо спортивного скаутингу»	26.10.20-01.11.20	Виконано
7.	Оформлення розділу «Засоби та інструменти аналітичного опрацювання спортивних відомостей про скаутинг»	02.11.20-08.11.20	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	09.11.20-15.11.20	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.11.20-22.11.20	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	23.11.20-29.11.20	Виконано
11.	Нормоконтроль	30.11.20-05.12.20	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	09.12.20	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.12.20	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.20	

Студент

(підпис)

Папірняк В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Фриз М.Є.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних для спортивного скаутингу // кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Папірняк Володимир Іванович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СТм-61 // Тернопіль, 2020 // С. – 78, рис.– 15, табл. – 10, кресл. – , додат. – 6 , бібліогр. – 165.

Ключові слова: аналітичне видобування, відео, дані, інструмент, метод, потік, опрацювання, спорт, скаутинг.

Кваліфікаційна робота присв'ячена дослідженню інформаційних технологій інтелектуального аналітичного опрацювання даних для потреб спортивного скаутингу. У першому розділі подано опис актуальності досліджень в галузі спортивного «скаутингу». Проведено аналіз стану досліджень щодо інтелектуального аналізу даних в спортивній галузі. Розглянуто перспективні напрямки використання засобів спортивної аналітики. У другому розділі описана спортивна підготовка, як невідемна складова спортивного «скаутингу». Досліджені інтелектуальні методи опрацювання даних, що використовуються в спорті та «скаутингу». Проаналізовано особливості використання засобів аналітичного опрацювання даних у розрізі видів спорту. У третьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання використання засобів графічної аналітики для практичного опрацювання спортивних ігор. Описано розроблений генератор синтетичних даних. У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання попередження аварій на виробництвах із застосуванням хлору, вплив хлору на людей, перша допомога та профілактика уражень.

## ANNOTATION

Information technologies of data mining for sport Scouting // qualification work of «Master» degree // Papirniak Volodymyr Ivanovych // Ternopil' Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, group STm-61 // Ternopil, 2020 // P. – 78, fig.– 15, tables – 10, chair. – , annexes – 6, references – 165.

Keywords: analytical extraction, video, data, tool, method, flow, processing, sports, scouting.

The qualification work is devoted to the study of information technology of intelligent analytical data processing for the needs of sports scouting. The first section describes the relevance of research in the field of sports "scouting". An analysis of the state of research on data mining in the sports industry. Perspective directions of use of means of sports analytics are considered. The second section describes sports training as an integral part of sports "scouting". Intelligent data processing methods used in sports and "scouting" are studied. Peculiarities of the use of means of analytical data processing in the context of sports are analyzed. The developed synthetic data generator is described. The section "Occupational health and safety in emergencies" discusses the prevention of accidents at work with chlorine, the impact of chlorine on people, first aid and injury prevention.

Докладніше про цей текст оригіналуЩоб дізнатися більше про переклад, введіть текст оригіналу

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ANN (англ. Artificial Neural Networks) – Штучна нейронна мережа.

BA (англ. Bat Algorithm) – Алгоритм кажанів.

BN (англ. Bayesian Networks) – Мережі Байєса.

CBN (англ. Case-Based Reasoning) – Міркування на підставі прецедентів.

CNN (англ. Convolutional Neural Networks) – Згорткові нейронні мережі.

CVAT (англ. Computer Vision Annotation Tool) – Інструмент анотації комп'ютерного бачення.

DE (англ. Differential Evolution) – Диференціальна еволюція.

DT (англ. Decision Tree) – Дерева прийняття рішень.

DTW (англ. Dynamic Time Warping) – Динамічне викривлення часу.

EPTS (англ. Electronic Performance and Tracking Systems) – Електронні системи продуктивності та відстеження.

GB (англ. Gradient Boosting) – Посилення градієнта.

IoT (англ. Internet of Things) – Інтернет речей.

LSTM (англ. Long Short-term Memory) – Довга короткочасна пам'ять.

LR (англ. Linear Regression) – Лінійна регресія.

NB (англ. Naive Bayes) – Наївний Байєс.

PSA (англ. Particle Swarm Optimization) – Оптимізація рою частинок.

RF (англ. Random Forests) – Випадкові ліси.

RNN (англ. Recurrent Neural Networks) – Рекурентні нейронні мережі.

SST (англ. Smart Sports Training) – «Розумне» спортивне тренування.

SVM (англ. Support Vector Machines) – Підтримка векторних машин.

IT – Інформаційні технології.

TRL (англ. Technology Readiness Level) – Рівень технологічної готовності.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ СПОРТИВНИХ ДАНИХ – СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	10
1.1 Актуальність досліджень в галузі спортивного «скаутингу».....	10
1.2 Стан досліджень щодо інтелектуального аналізу даних в спортивній галузі.....	12
1.3 Перспективні напрямки використання спортивної аналітики .....	15
1.4 Висновки до першого розділу .....	18
2 МЕТОДИ АНАЛІТИЧНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ВІДОМОСТЕЙ ЩОДО СПОРТИВНОГО СКАУТИНГУ .....	19
2.1 Спортивна підготовка, як основна інформаційна складова спортивного «скаутингу» .....	20
2.2 Інтелектуальні методи опрацювання даних, що використовуються в спорті та «скаутингу».....	22
2.3 Особливості використання засобів аналітичного опрацювання даних у розрізі видів спорту .....	30
2.4 Висновки до другого розділу .....	36
3 ЗАСОБИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ СПОРТИВНИХ ВІДОМОСТЕЙ ПРО СКАУТИНГ .....	37
3.1 Використання засобів графічної аналітики для практичного опрацювання спортивних ігор.....	37
3.2 Генератор синтетичних даних для потреб «скаутингу» .....	38
3.2.1 Генератор даних VovaSocceR .....	40
3.2.2 Опис атомарних подій .....	42
3.2.3 Опис складних подій .....	43
3.2.4 Вихідний формат .....	45

3.2.5 Детектор подій VovaSocceR.....	48
3.2.6 Сценарій перевірки VovaValidatoR .....	50
3.3 Висновок до третього розділу .....	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	54
4.1 Заходи щодо забезпечення сприятливих умов зорової роботи користувача ЕОМ.....	54
4.2 Попередження аварій на виробництвах із застосуванням хлору. Вплив хлору на людей. Перша допомога. Профілактика уражень. ....	57
ВИСНОВКИ .....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....	62
ДОДАТКИ	



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Спортивна галузь активно впроваджує інноваційні інформаційні технології для тренування професійних спортсменів та при проведенні змагань на міжнародному та національних рівнях. В якості джерел даних активно використовуються носимі, персональні «розумні» пристрої, Інтернет-речі, системи відеотрансляції матчів, соціальні медіаресурси, тощо. Завдяки чому відбувається накопичення великих за обсягом колекцій та наборів даних щодо тренувань та змагань спортсменів. Зібрані відомості використовуються спортивними «скаутами», котрі проводять рекрутинг молодих та перспективних спортсменів у спортивні команди усіх рівнів. Експоненційне зростання обсягів накопичених даних причинило формування ряду актуальних завдань, щодо розроблення ефективних засобів та інструментів аналітичного опрацювання спортивних відомостей для потреб спортивного «скаутингу».

**Мета і задачі дослідження.** Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ступеня повноти подання інформації щодо спортивних тренувань та матчів. Для досягнення поставленої мети потрібно було виконати наступні завдання:

- Проаналізувати стан досліджень в заданій предметній області.
- Дослідити методи аналітичного інтелектуального опрацювання спортивних даних для потреб скаутингу.
- Дослідити особливості використання засобів аналітичного опрацювання даних у розрізі видів спорту.
- Розробити генератор синтетичних даних для потреб «скаутингу».

**Об’єкт дослідження:** процеси аналітичного опрацювання відомостей щодо спортивних тренувань та матчів.

**Предмет дослідження:** методи аналітичного опрацювання відомостей щодо спортивних тренувань та матчів і засоби їх практичної реалізації.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у тому, що отримав подальший розвиток метод аналітичного опрацювання потокових відеозображень.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено прототип генератора синтетичних даних для потреб спортивного «скаутингу» з інтегрованим функціоналом детектора атомарних та складних подій.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи.** Ключові моменти та отримані результати виконаних досліджень два рази доповідались та обговорювались на VIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2020 р.).

**Публікації.** Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковані у двох працях конференції (Див. додаток А).

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 165 найменувань та 1 додатку на шести сторінках. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 78 сторінок, з них 50 сторінок основного тексту, який містить 15 рисунків та 10 таблиць.

# **1 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ СПОРТИВНИХ ДАНИХ – СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

## **1.1 Актуальність досліджень в галузі спортивного «скаутингу»**

«Скаут» (англ. Scout, «розвідник») – особа, яка професійно займається збиранням спортивної інформації, спостереженням, розвідкою і вербуванням спортсменів для спортивних організацій та клубів [1]. Спортивні «скаути» регулярно подорожують по світу в пошуках молодих, перспективних і талановитих спортсменів. Вони допомагають їм розвивати спортивні вміння та навички, розкрити таланти та підібрати перспективну команду. Найдосвідченіші скаути офіційно працюють у великих та популярних спортивних клубах або національних збірних командах, спостерігають за виступами команд і допомагають тренерським колективам у формуванні стратегії ігор [2].

За останні роки у спортивних організаціях стали доступні різноманітні інформаційні та комунікаційні технології збирання даних [3], котрі дозволяють збирати відомості щодо ігор, прогнозів, шансів, стилів гри, результатів та інших атрибутів [4]. Агрегування та аналітичних даних дозволяє керівництву спортивних організацій отримувати знання [5], [6]. Дослідження [7], [8] показують, що аналітичний підхід до організації спортивних подій, змагань та маркетингу, який базується на даних, є актуальною областю сучасних наукових досліджень.

Аналіз спортивних даних став невід’ємною частиною спортивного менеджменту та «скаутингу» [9], [10]. Моделі спортивних подій та заходів, сформовані на основі аналітичного опрацювання даних досліджуються у [11]. Числові алгоритми та методи машинного навчання розглянуто в [12], а моделі рейтингування гравців та команд розглянуто в [13].

Нещодавно міжнародна федерація футболу затвердила використання електронних систем продуктивності та відстеження (EPTS) під час змагань

[14]. Фізичні дані, зібрані за допомогою EPTS під час тренувальних занять та матчів, що транслювались у прямому ефірі, можуть бути використані для прогнозування результатів матчів [15]. Конкретні фізичні характеристики гравців можуть виступати в якості складових елементів узагальнених наборів даних з високими показниками кореляції, котрі періодично аналізуються спортивними «скаутами» та тренерами [16]. Фізичний та емоційний стан спортсменів та їх кореляція з результатами змагань аналізуються з метою формування їх психологічного профілю [17]. Це використовується для «скаутських» пошуків спортсменів та кадрових змін в спортивних командах [18]. Автори [19] запропонували ряд інноваційних персональних характеристик спортсменів, зокрема «володіння м'ячем», «домінування на території» та перспективні системи візуальної аналітики для аналізу тактичної поведінки гравців та команд.

Спортивній аналітиці приділяється значна увага наукової спільноти. Зокрема, дослідження [20] демонструють, що засоби аналітичного опрацювання даних можна активно використовувати в спортивній індустрії. Дослідження в галузі аналітичного опрацювання спортивних даних є актуальним, оскільки призводять до кращого розуміння глибинних спортивних процесів [21]. В [22] проведено огляд сучасного стану досліджень у сфері спортивного рекрутингу та менеджменту. Системний огляд наукових джерел [23] дозволив структурувати область спортивного «скаутингу». Що, у свою чергу, дозволило сформувати тактичні та стратегічні пріоритети [24]. Метод, запропонований в [25] дозволив сформувати концептуальний зміст галузі та виявився ефективним підходом щодо розуміння класифікації досліджень. Тому поглиблений аналіз наукових джерел щодо аналітичного опрацювання спортивних даних є однією з актуальних задач кваліфікаційної роботи. Окрім того в процесі дослідження потрібно зробити висновки (узагальнення) щодо методів та засобів спортивної аналітики.

При системному опрацюванні наукових джерел дотримуватимемось методу огляду, запропонованого Сірсі та Менцером [26], який можна

класифікувати як метод архівного дослідження. Окрім того використаємо таксономічний підхід та методологію [27], на основі якої сформуємо максимально-повну класифікацію методів аналітичного опрацювання даних котрі можна застосувати для спортивного «скаутингу» та «рекрутингу».

## **1.2 Стан досліджень щодо інтелектуального аналізу даних в спортивній галузі**

«Скаутинг» є видом пофесійної діяльності на перетині спорту та маркетингу [28]. Спортивному маркетингу присв'ячено ряд наукових публікацій [29], [30], [31], [32]. В статтях [33], [34] досліджується маркетинг у соціальних мережах з використанням різноманітних методів аналітичного опрацювання даних. А в роботі [35] автори досліджують маркетинг спортивних ставок із використанням аналітичних методів. В [36], [37] подано дослідження маркетингової діяльності на основі публікацій спортивних фанів в соціальних мережах. В [38] описано методи аналітичного опрацювання відомостей для оцінки продуктивності гравців та шансів букмекерів.

Прогнозуванню результатів спортивних матчів присвячено роботи обширного кола авторів [39], [40], [41]. Робота [42], в свою чергу, присв'ячена дослідженням щодо формування спортивного лідерства. В статтях [43], [44] розглянуто взаємні впливи суміжних стратегічних напрямків застосування аналітичних інструментів, зокрема стратегії матчів, вибір команд, результати матчів, тощо. Для вирішення завдань спортивного менеджменту в публікаціях [45], [46], [47] застосовуються різноманітні аналітичні методи, котрі використовують первинні та вторинні набори спортивних даних. Методи варіюються від аналізу контексних характеристик наборів даних до методів машинного навчання. В таблиці 1.1 подано перелік аналітичних методів та сфери їх застосування для опрацювання спортивних відомостей.

Таблиця 1.1 – Класифікація методів аналітичного опрацювання даних за сферою застосування в спортивній галузів

Публікація	Журнал/конференція	Область застосування
[7], [21]	Журнал спортивного менеджменту	Маркетинг у соціальних мережах
[3], [13]	Конференція аналітики спортивної аналітики MIT Sloan	Аналіз даних у спортивному менеджменті
[8]	Двадцять друга конференція Америки з питань інформаційних систем, Сан-Дієго	Аналіз технологій та даних у спортивному менеджменті
[5]	Журнал Королівського статистичного товариства	Ринок ставок на футбол
[38]	Журнал спортивного менеджменту	Дослідження сприйняття
[6]	Журнал Королівського статистичного товариства	Ринок ставок на футбол
[40]	Журнал спортивної економіки	Виступ команд
[43]	Журнал спортивної економіки	Заробітна плата футболістів
[5], [30]	Міжнародний журнал спортивного маркетингу та спонсорства	Торги на спортивні заходи / турніри
[22]	Журнал спортивного менеджменту	Огляд обсягу
[41]	Журнал передових досліджень в галузі комп'ютерної та комунікаційної техніки	Точність прогнозування
[44]	Журнал спортивної економіки	Функція успіху конкурсу
[41]	Журнал спортивної економіки	Оцінка результативності
[35]	Малайзійський журнал інформатики	Маркетинг та акції
[45]	Журнал спортивної економіки	Конкурентний баланс
[46]	Журнал спортивної економіки	Оцінка ефективності
[36]	Журнал кількісної аналітики у спорті	Аналіз даних для прогнозування результату матчу
[39]	Журнал спортивної економіки	Коефіцієнти ставок
[23]	Журнал спортивного менеджменту	Дослідження обсягу
[21]	Візуальна інформатика	Візуальна аналітика
[33]	Журнал спортивного менеджменту	Споживча інноваційність спортивної команди

У дослідженнях [18], [35], [39], [40], [42], [43], [46], [47] застосовуються методи прогнозної аналітики, котра включає різні типи економетричних та статистичних методів, серед яких машинне навчання, класифікація, багатовимірні регресії, тощо. Зазначені методи використовуються для аналітичного опрацювання історичних даних з метою прогнозування перспективи виникнення подій щодо рангу гравців. Налбантіс [36] застосовує статистичні методи, зокрема багатовимірну регресію для прогнозування сприйняття фанами конкурентного балансу гравців. Тома [41] проаналізував дані щодо ігор професійного баскетболу за допомогою класифікаційних

методів, щоб передбачити кількість пропущених штрафних кидків. Технічна ефективність спортивних гравців оцінюється з використанням аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів даних для вирішення проблеми вимірювання спортивних результатів та визначення імовірностей перемоги боксерів нокаутом [45]. Змішані методи, що застосовуються у дослідженнях [7], [33], використовуються коли дослідження проводиться шляхом аналізу та інтеграції кількісних та якісних (наприклад, інтерв'ю, обговорення у фокус-групах) оцінювань. Практичне застосування аналітичних методів подано в дослідженні [30], а в [34] використано методи класифікації. В роботі [29] використано експериментальні дослідження для вивчення ефекту споживчих інновацій. Кордес та Олфман [8] застосували машинне навчання для виконання класифікацій в спортивній галузі. Бхаратан та ін. [3] застосували оптимізаційну модель для оцінювання варіантів вибору команди гравців. У таблиці 1.2 подано впорядкований та прокласифікований список публікації.

Таблиця 1.2 – Класифікація публікацій щодо спортивних аналітичних методів та області досліджень

Аналітичні методи	Галузь дослідження	Посилання
Експериментальні дослідження	Склад команди	[17]
Підтверджуючий факторний аналіз	Фан-база маркетингу Прогнозування спортивних результатів	[16], [8]
Прогностична аналітика/прогнозне моделювання	Результати матчів	[32]
	Класифікація розіграшів	[44]
	Результати матчів	[16], [46]
	Стратегія матчів	[22]
	Різні галузі застосування в спортивних організаціях	[7], [19]
	Ставки	[5], [6]
	Команди	[30], [33]
	Маркетинг у соціальних мережах	[7], [34]
	Коефіцієнти букмекерської контори	[3]
Баєсова вірогідність	Результати матчів	[35]
Багатовимірна регресія	Вплив сили зірок у бейсболі вищої ліги	[47]
Створення експериментів	Спортивні результати	[19]
Машинне навчання	Різні галузі застосування	[12], [16], [35]
	Різні галузі застосування	[16]
Підтримка векторної машини	Маркетинг у соціальних мережах	[34]
Функція успіху конкурсу	Стратегія матчів	[44]

Методи машинного навчання використовуються при прийнятті заявок на спортивні команди [32]. Дослідники в [6] застосували стохастичні процеси для оцінки ймовірності результатів футбольних матчів між будь-якими двома командами. Суонсон і Кент [42] використали підтверджуючий факторний аналіз. Об'єднанувальний аналіз та функція успішності змагань були застосовані у [42], [44]. Штрумбель [38] подав застосування стохастичних процесів та прогнозних моделей на ринках ставок. Подана в табл. 2.2 класифікація досліджень сформована відповідно до застосування та науково прийнятних техніках аналітичного опрацювання. Є аналітичні застосунки для прогнозування в різних спортивних галузях, зокрема моделювання, результат заявки, результат матчу, оцінку гравців, склад команд, тощо.

### **1.3 Перспективні напрямки використання спортивної аналітики**

З поданого вище аналітичного огляду наукових публікацій можна зробити висновок, що аналітичне опрацювання відомостей ефективно застосовується у спортивному менеджменті та його підвиді – «скаутингу». Відповідно до зростання конкурентноспроможності спортивної галузі, зростає дослідницький інтерес до спортивної аналітики з метою формування нових моделей даних щодо торгівельних прогнозів, результативності гравців та команд, прийняття рішень, розваг та ефективнішого залучення фанів.

Зміст проаналізованих досліджень свідчить про те, що в спортивній індустрії присутнє поєднання сучасних інформаційних технології збирання даних та інноваційних моделей їх аналітичного опрацювання. Також було встановлено, що зростає актуальність наукових досліджень щодо методів керування даними щодо спортивних подій та процесів, які ефективно використовуються в галузі управління спортом. За результатами тематичного таксономічного огляду джерел встановлено, що процедури аналітичного опрацювання застосовуються до первинних та вторинних колекцій спортивних даних. Також виявлено, що групи дослідників використовують



вторинні дані, залучені з платформ соціальних медійних інформаційних ресурсів та баз, для ефективного їх аналітичного опрацювання та виявлення прихованих різнотипових спортивних контексних залежностей. Ці результати аналітичних досліджень спортивних даних знаходять обширне коло застосувань при різних умовах та обставинах, що виникають в спортивній галузі. Хоча сучасні аналітичні методи використовують первинні та вторинні дані, спостерігається тенденція зростання інтересу дослідників до аналітичного опрацювання вторинних даних. Відносно недавно обсяги вторинних даних щодо спортивної тематики значно зросли, зокрема відбувається активне накопичення відомостей, отриманих з використанням Інтернету, IoT-пристроїв та мобільних засобів. Це відкриває нові можливості щодо формування розширених представлень та отримання якісно-нових уявлень та знань щодо спортивної індустрії та галузі в цілому. Проаналізовані на даний час дослідження охоплюють різні підходи та техніки опрацювання і аналітичні методи, зокрема методи прогнозної аналітики, машинного навчання, змішані методи, експериментальні дослідження, стохастичні процеси, класифікацію, підтримку векторних машин, аналіз контексту даних, багатовимірні регресії, прогнозне моделювання, правила асоціації, дискримінантний аналіз, підтверджуючий факторний аналіз, об'єднаний аналіз та функції успіху змагання.

Різнотипові методи аналітичного опрацювання даних застосовуються для вирішення практичних задач, що виникають у різних функціональних областях спортивної індустрії. Ці області включають задачі спортивного управління, «скаутингу», «рекрутингу», формування стратегій, операції, лідерство, фінанси та маркетинг. Серед дослідників активно обговорюються задачі вибору керівництва спортивних організацій, маркетинг із залученням фанів, аналітичне опрацювання відомостей соціальних мереж, прогнозування результатів матчів, букмекерські прогнози, формування складу команд, інтернет-маркетинг, стратегія проветення матчів, і т. ін. Прогресивними областями використання аналітичного опрацювання спортивних даних є

маркетинг у соціальних мережах, запобігання спортивним травмам та торгівля іграми. Аналіз спортивних відомостей ефективно застосовується для оцінювання наслідків спортивних травм та вироблення стратегій їх запобігання. Для цього здебільшого аналізуються вторинні відомості щодо спортивних травм. Дослідження такого роду пропонують методи пом'якшення наслідків спортивних травм та заходи для захисту здоров'я гравців. Спортивна аналітика все частіше використовується при організації та проведенні глобальних заходів, зокрема Олімпіад та Ігор Співдружності. Що дозволяє врахувати інтереси та перспективи як приймаючих спільнот і гостей та їхні відносні переваги.

Дослідники все частіше використовують методи машинного навчання для аналітичного оцінювання суспільних настроїв та виявлення громадських тенденцій сформованих на основі відомостей соціальних мереж [34]. Окремі публікації присв'ячено дослідженням алгоритмів класифікації інформації, зібраної на основі відомостей соціальних мереж. Методи на основі підтримки векторних машин найкраще підходять для такого роду задач прогнозування. Група авторів на чолі з Абеза [33] провела дослідження щодо формування стипендії у соціальних мережах. При цьому визначено підходи до дослідження, платформи, теорії та тематичні сфери, на які соціальні медійні засоби фокусують найменшу/найбільшу увагу.

Проаналізовані наукові публікації підтверджують, що аналітичне опрацювання спортивних даних на основі методів машинного навчання, набуває поширення для задач спортивного маркетингу. Ряд дослідників використовують зазначені методи при розробленні та використанні аналітичних процедур для вирішення стратегічних, тактичних та оперативних завдань спортивного маркетингу. Зокрема досліджувались маркетинг на основі поведінки фанів, спонсорство, рекламні акції та маркетинг у соціальних мережах. Спортивні асоціації, клуби, менеджери та тренери все частіше використовують аналітичне опрацювання спортивних даних. Значна група досліджень свідчить, що краща концептуалізація

спортивного менеджменту та аналітичне опрацювання спортивних відомостей призведе до розроблення якісно-кращих застосувань у галузі.

Проаналізовані та опубліковані наукові дослідження показують, що можна ефективно використовувати великі за обсягом набори спортивних даних, що збираються як локально так і глобально, завдяки постійному вдосконаленню інформаційних технологій збирання даних. Ефективно застосовуються інноваційні методи, що дозволяють краще розуміти та аналізувати вже зібрані та наявні відомості. Виявлено, що на даний час велика частина використаних для досліджень даних, походить із вторинних наборів які захищені авторськими правами, або знаходяться у власності замовників. При цьому доволі невелика кількість досліджень базується на загальнодоступних даних. Тому є актуальними дослідження застосування спортивної аналітики для «скаутингу» на основі вільнодоступних спортивних інформаційних наборів та колекцій.

#### **1.4 Висновки до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи обґрунтовано актуальність досліджень в галузі аналітики для спортивного «скаутингу». Проаналізовано стан досліджень щодо інтелектуального аналізу даних в спортивній галузі. Розглянуто перспективні напрямки використання спортивної аналітики.

## **2 МЕТОДИ АНАЛІТИЧНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ВІДОМОСТЕЙ ЩОДО СПОРТИВНОГО СКАУТИНГУ**

Швидкий розвиток інформаційних технологій спричиняє зміни практично у всіх сферах людського життя. Комп'ютери, смартфони, «розумні» речі та мобільні технології змінюють спосіб роботи та сприйняття зовнішнього світу. В епоху Індустрії 4.0 [48] звичайних працівників замінюють роботизовані комплекси та системи у різних галузях промисловості. Людське суспільство повинно адаптуватися до багатьох змін, які є наслідками сучасних технологій [49]. Спортивна галузь, «скаутинг» та тренування є перспективним напрямком, де сучасні інформаційні та комунікаційні технології спричиняють революційні зміни, допомагаючи при цьому максимізувати результати та підвищуючи рівень змагання спортсменів. При цьому збільшуються тенденції участі громадян у масових спортивних заходах [50] та зростає потреба у застосунках, які можуть скеровувати, допомагати та підтримувати людей у спортивній діяльності [51]. На даний час велика кількість громадян у всьому світі не можуть найняти професійного спортивного тренера. Наукові дослідження, що пов'язують інтелектуальні інструменти та методи аналітичного опрацювання даних з спортивною галуззю, створюють нові «розумні» рішення для підтримки всіх етапів спортивних тренувань. «Розумне» спортивне тренування (SST) – це вид спортивного тренування, який передбачає використання носимих пристроїв, давачів та IoT-пристроїв, або інтелектуальні методи та інструменти аналітичного опрацювання даних для покращення результативності тренувань та зменшення аборегламентування тренувального навантаження для забезпечення однакової або кращої навчальної діяльності. Застосування SST передбачає впровадження «розумних» носимих пристроїв [52] на спортивні тренування, проведення інтелектуального аналізу даних щодо тренувальних сеансів, реалізації

застосунків з функціональними можливостями штучного тренера, де тренера замінює «розумний» програмно-алгоритмічний агент, який керує всіма аспектами навчання, крім фактичного виконання запропонованих для слухача вправ [53]. При цьому зменшення навантаження може стосуватися як спортсмена так і його тренера. Для спортсмена вдосконалений план тренувань допомагає досягти кращих результатів за однакового, або меншого обсягу тренувань, а для тренера використання інформаційних технологій допоможе автоматизувати частини тренувального режиму.

Область досліджень, що представляє інтелектуальні методи аналітичного опрацювання даних у галузі спортивних тренувань, як важливого елементу спортивного «скаутингу», набуває сьогодні великої популярності [54]. Тому розглянемо інтелектуальні методи аналітичного опрацювання даних, які застосовуються в різних, як індивідуальних, так і командних, видах спорту. При цьому проаналізуємо наскільки завершеними є опубліковані дослідження в галузі та постараємось конкретизувати перелік доступних методів аналітичного опрацювання, інформаційних та комунікаційних технологій.

## **2.1 Спортивна підготовка, як основна інформаційна складова спортивного «скаутингу»**

Спортивні тренування – це безперервний процес взаємодії між спортсменом та тренером. Це педагогічно організований процес, де тренер виконує роль наставника, викладача та організатора щодо керівництва діяльністю спортсмена та організації його тренувальних занять [55]. Тренувальні вправи – це чітко визначені завдання, що вимагають фізичних зусиль, і якимось чином повинні покращити спортивні результати задіяної особи. На певних етапах кілька тренувальних вправ організовуються у цілі комплекси дій, які називаються тренувальними заняттями. Кінцевою метою тренувань є вдосконалення здібностей спортсмена та розкриття їх

природного потенціалу. Саме ефективне аналітичне опрацювання відомостей щодо тренувань спортсменів відкриває нові перспективи щодо спортивного «скаутингу». Безперервний процес тренування та навчання спортсменів можна коротко розбити на чотири етапи [53]:

– «Планування» стосується призначення належних вправ. Цикл спортивних тренувань зосереджений навколо календаря змагань. Це фаза, на якій тренер готує графік вправ для спортсмена.

– «Реалізація» – це етап виконання підготовлених вправ. Ролі тренера на цьому етапі передбачають підготовку (потенційного) обладнання, проведення психофізичної оцінки спортсмена перед заняттям, моніторинг напруженості заняття та вдосконалення тактики в командних видах спорту. Дані вправ, необхідні для подальшого аналітичного опрацювання, повинні бути відібрані та зафіксовані на цьому етапі.

– «Контроль» – це порівняння вправ, які фактично виконує спортсмен, із запланованими вправами. Це можна досягти за допомогою методів відеоаналітики реалізованих засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій. В окремих видах спорту можна провести біометричний аналіз продуктивності тренувань, тоді як системи нотаційного аналізу використовуються в командних видах спорту.

– «Оцінювання» – це вимірювання продуктивності спортсмена. Фактично, це порівняння між поставленими цілями, досягнутими результатами та кількістю запланованих і фактично виконаних вправ. Існує два види оцінювання:

1. Оцінювання разового тренувального навантаження (короткочасний аналіз результативності).

2. Оцінювання загального навантаження навчального циклу (довгостроковий аналіз ефективності).

Взаємозв'язок та безперервний перехід між чотирма зазначеними фазами подано на рисунку 2.1. Кожен цикл повинен забезпечити спортсмену покращення досягнутих результатів.

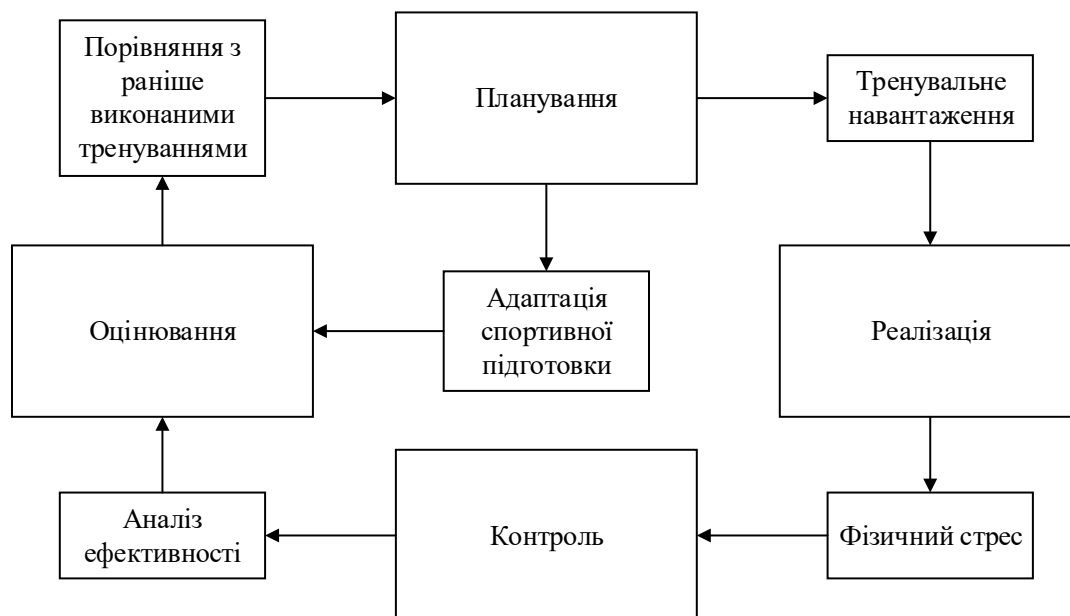


Рисунок 2.1 – Фази спортивного тренування

Спортивна підготовка – це діяльність щонайменше двох сторін, зокрема тренера та спортсмена, різні підходи сформовані на виконанні аналітичних обчислень, можуть бути використані для сприяння прийняттю рішень тренером та «скаутом». В окремих випадках його можна взагалі замінити, запровадивши віртуального помічника. Це дозволяє спортсмену вибирати рекомендації щодо множини можливих режимів тренувань без необхідності фактичного найму людини для допомоги в тренуваннях. Для спортивного «скаутингу» підвищений інтерес представляє аналітичне опрацювання відомостей щодо індивідуальних та групових тренувань спортсменів проведених як з тренером так і без нього.

## **2.2 Інтелектуальні методи опрацювання даних, що використовуються в спорті та «скаутингу»**

Для формування огляду інтелектуальних методів аналітичного опрацювання спортивних відомостей дотримуватимемось керівних принципів систематичного огляду літератури в галузі програмної інженерії [56]. Метою цього параграфу є:

1. Визначити, як сучасні інтелектуальні методи аналітичного опрацювання даних допомагають спортсменам, тренерам та «скаутам» у спортивних тренуваннях та діяльності.

2. Як швидко теоретичні знання трансформуються у практичні випадки реального використання.

Виходячи з поставлених цілей, конкретизуємо сформульовані дослідницькі запитання:

– Як «розумні» програмні засоби впливають на процес спортивних тренувань?

– На яких етапах спортивного тренування використовуються розумні програми?

– Які види спорту найбільше підтримуються?

– Які інтелектуальні методи аналізу даних найбільше використовуються в «розумних» програмах?

– Наскільки зрілі дослідницькі ідеї розумних навчальних програм на практиці?

Пошук наукових джерел проводився між 5 червня 2020 року та 11 вересня 2020 року. Стандартний рядок пошуку, який використовувався для ідентифікації літератури, був:

("Спорт") І ("тренування" АБО "трекер" АБО "реєстратор" АБО "щоденник" АБО "тренер") І ("видобуток даних" АБО "обчислювальний інтелект" АБО "штучний інтелект" АБО "великі дані" АБО "машинне навчання") АБО ("Скаутинг").

Існували певні відмінності в пошукових запитах, що використовуються між різними наукометричними базами даних, через різні мови сформованих запитів та власні обмеження сформовані наукометричними базами даних. Результати пошуку в наукометричних базах даних подані в таблиці 2.1 із відповідною кількістю результатів. Результати подано до моменту виключення дублікатів та до їх оцінювання на основі критеріїв включення та виключення.



Таблиця 2.1 – Підсумки виконання запитів до наукометричних баз даних

Назва наукометричної бази	URL	Пошукова вибірка	
		Загальна	Без повторень
ACM Digital Library	dl.acm.org	35	21
IEEEExplore	ieeexplore.ieee.org	327	40
ScienceDirect	sciencedirect.com	115	17
Scopus	scopus.com	193	89
Google Scholar	scholar.google.com	18,500 (285)E	45
Сумарно			183

Всі наукометричні запити були перевірені на предмет включення/виключення їх з дослідного переліку. В процесі виконання пошукових запитів було зроблено модифікації пошукових рядків. Зокрема, наукометрична база даних ScienceDirect допускає застосування до восьми булевих операторів для одного пошукового поля, тому рядок пошуку був розділений для реалізації абстрактних та повнотекстових умов. Всі пошукові результати було перевірено у всіх вищеперелічених наукометричних базах даних, за винятком Google Scholar, де пошукові результати були відображені за релевантністю. При цьому відбувалось припинення пошуку, у випадку коли на двох успішних сторінках більше не було включених відповідних двадцять результатів досліджень. Зазначений критерій був задоволений після перевірки 285 результатів.

Всі результати вибірки у наукометричних базах даних перевірялись на наявність дублікатів. Після їх видалення було залишено 183 результати. Дублікати між парами баз даних видно в таблиці 2.2, де видно, що всі бази даних мали принаймні один дублікат у порівнянні з Scopus або Google Scholar. Це тому, що Scopus та Google Scholar просто індексують документи, знайдені в інших базах даних, і не розміщують їх. Було визначено критерії відбору та виключення. Вивчено обмеження щодо визначення якомога повнішого та фактичного стану поля пошукової вибірки.

Таблиця 2.2 – Матриця з дублікатами між наукометричними базами даних

	ACM Digital Library	IEEEExplore	ScienceDirect	Scopus	Google Scholar
ACM Digital Library	/	0	0	1	1
IEEEExplore	0	/	1	12	3
ScienceDirect	0	0	/	3	7
Scopus	1	12	3	/	7
Google Scholar	1	3	7	7	/

Зокрема, критерії відбору:

- Дослідження стосувалось спортивних тренувань, «рекрутерів», тренерів або спортсменів, що активно навчаються.
- Дослідження було рецензовано.
- Дослідження розглядало спорт як вид діяльності, який вимагає навичок і фізичної майстерності та часто має змагальний характер [57].
- Дослідження використовувало принаймні один із інтелектуальних методів та засобів аналітичного опрацювання даних (наприклад, видобування даних, обчислювальний інтелект, великі за обсягом дані та методи машинного навчання).

Критерії виключення:

- Дослідження проводилось не англійською мовою.
- Повний текст дослідження не був доступний у електронному репозиторії або службі передплати чи замовлення.
- Дослідження стосувалось лише розпізнавання діяльності щодо дозвілля (наприклад, загального стану здоров'я).

Обмеження:

- Дослідження обмежувалось п'ятьма наукометричними базами даних (пошуковими системами): ACM Digital Library, IEEEExplore, ScienceDirect, Scopus та Google Scholar.

– Результати пошукової вибірки Google Scholar, поки не було принаймні двох послідовних сторінок нерелевантних результатів, тому було перевірено 283 результати.

Атрибути, визначені для кожної пошукової вибірки подано в таблиці 2.3. Коли під час виконання пошукових запитів пропонувались загальні рішення/моделі щодо спортивної підготовки з різних дисциплін, але модель була протестована та/або використана лише для певної дисципліни або групи спортсменів з певної дисципліни, ця дисципліна була визначена як єдиний вид спорту у таблиці. Диференціація між командними та індивідуальними видами спорту проводилася в окремому порядку і визначалася на основі кожного дослідження окремо (наприклад, теніс може в деяких випадках стосуватися матчів 1 проти 1, а в інших – 2 проти 2 матчів).

Таблиця 2.3 – Атрибути, перевірені в проаналізованих публікаціях

Категорія атрибутів	Атрибут	Вибірка
Посилання	Номер посилання	[Номер цитування]
	Автор	–
	Заголовок	–
	Рік публікації	–
Спорт	Тип	індивідуальна, змішана (наприклад, теніс у парах), командна
	Назва	назва виду спорту
Дослідження	Використані методи	алгоритми
	Фокус	–
	Результат	–
Фази тренування	Планування	0 – не розглядається, 1 – ідея, 2 – прототип, 3 – перевірка, 4 – виробництво
	Реалізація	
	Управління	
	Оцінювання	

Після перевірки заголовків, ключових слів та анотації, спочатку було відібрано 212 публікацій, з яких 29 були дублікатами. Решта 183 роботи були відібрані для повнотекстової перевірки. Однак не було знайдено повний текст для 27 робіт. Проте це не викликало занепокоєння, оскільки недоступні публікації мали сумнівне походження та не цитуються в жодних наукових

роботах (під час перевірки в Google Scholar). З 156 повністю доступних досліджень 121 було обрано як відповідні, а 35 відхилено. Процес опрацювання наукових робіт подано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Процес опрацювання наукових робіт

Популярність «розумних» спортивних тренувань зростає впродовж декількох останніх років (див. рисунок 2.3). Перше визначене дослідження було проведено з 2006 року, а між 2006 і 2012 роками щороку публікувалося від одного до чотирьох робіт. Різке зростання почалось з 2013 року, не менше чотирьох досліджень у будь-який з наступних років. У 2018 та 2019 роках опубліковано 23 та 22 роботи. Дані на початок 2020 року мають інший відтінок та відтінок, оскільки рік ще триває, і ми очікуємо публікації нових досліджень.

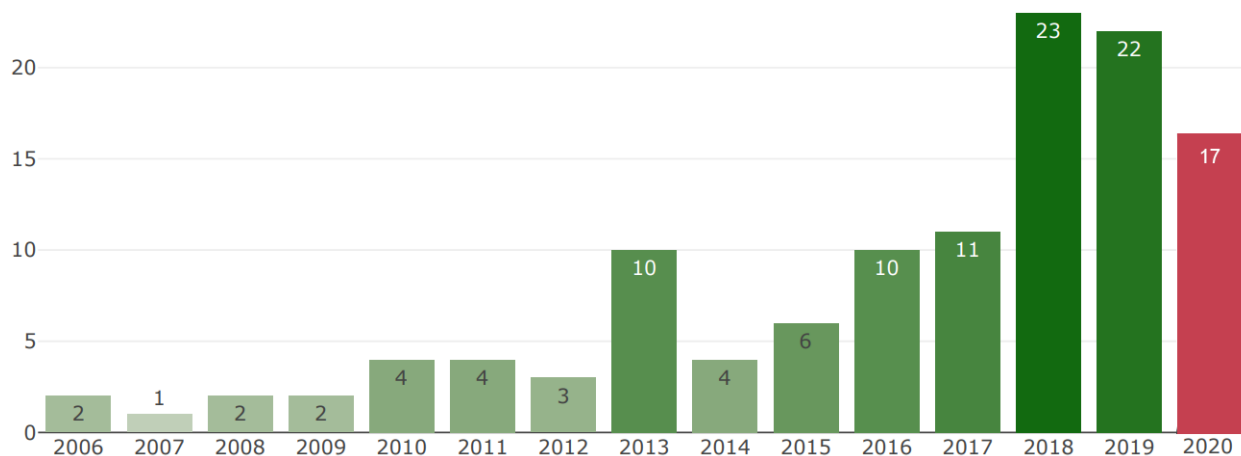


Рисунок 2.3 – Кількість досліджень, що публікуються за рік, включених в до опрацювання

Сформований в результаті цільового пошуку та аналітичного опрацювання наукових робіт перелік базується на методах використовуваних в даний час у спортивному домені і може бути розширений у міру його зростання в майбутньому (див. рисунок 2.4).

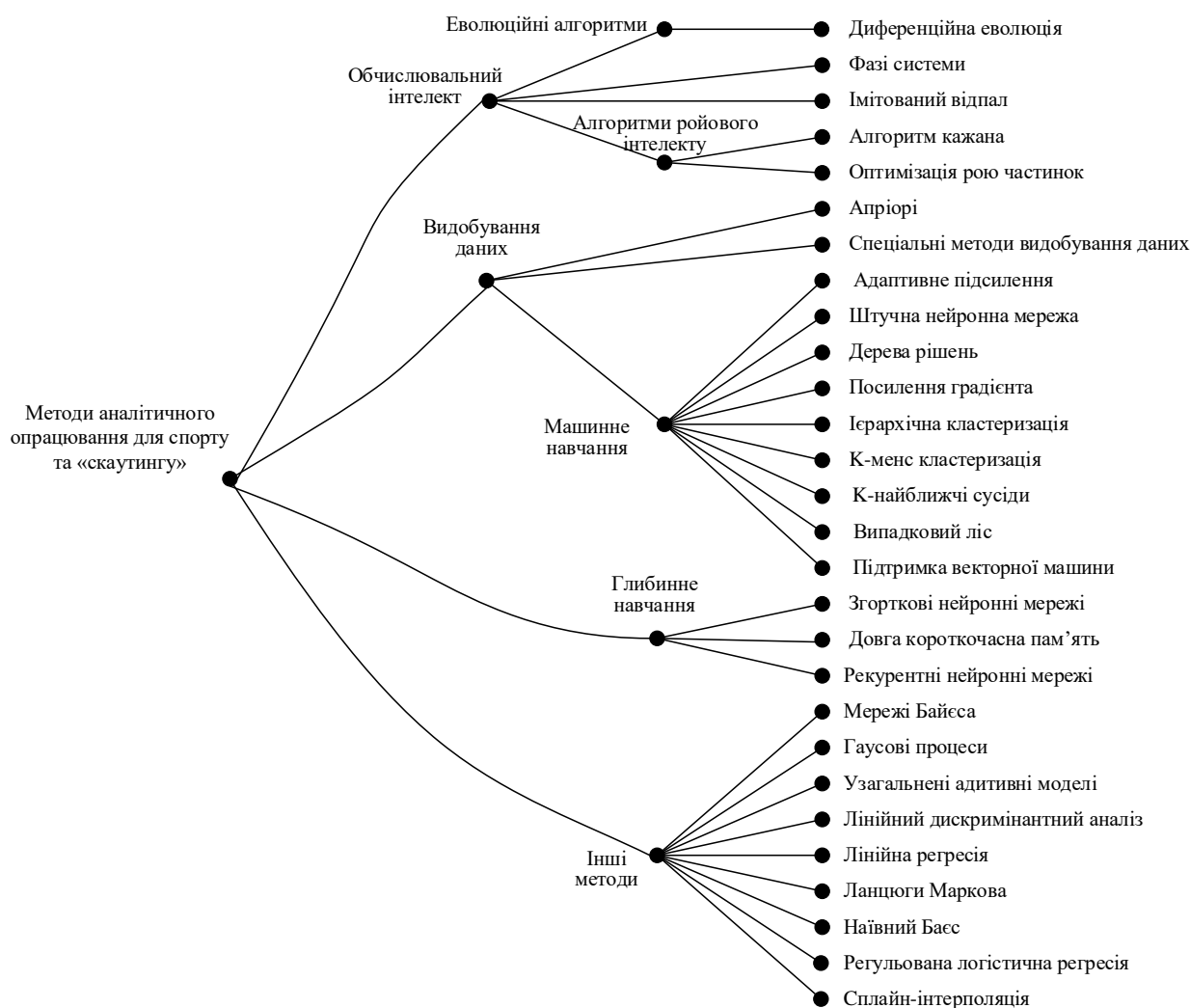


Рисунок 2.4 – Класифікація методів, що використовуються в розумних спортивних тренуваннях

Перелік складається з п'яти основних груп. Деякі методи можна віднести до більш ніж однієї групи, наприклад, штучні нейронні мережі, котрі, у даному випадку віднесено до категорії машинного навчання. Оскільки більшість знайдених нами та опрацьованих досліджень щодо

штучних нейронних мереж також використовували інші методи машинного навчання, наприклад, «дерева рішень». Наведемо перелік класів.

1. Обчислювальний інтелект [58]:

- Еволюційні алгоритми: диференціальна еволюція (DE) [59].
- Алгоритми ройового інтелекту: алгоритм кажанів (BA) [60] та оптимізація рою частинок (PSO) [61]).
- Нечіткі системи [62].
- Модельований відпал [63].

2. Видобування даних:

- Алгоритм апріорі [64] та спеціальні методи видобування даних.
- Машинне навчання. Звичайні методи машинного навчання, тобто дерева прийняття рішень (DT) [65], адаптивне посилення [66], випадкові ліси (RF) [67], посилення градієнта (GB) [68], К-найближчих сусіди (k-NN) [69], підтримка векторних машин (SVM) [70], штучна нейронна мережа (ANN) [71], ієрархічна кластеризація [72] та k-менс кластеризація [73].

3. Глибинне навчання [74]: згорткові нейронні мережі (CNN) [75], довга короткочасна пам'ять (LSTM) [76], рекурентні нейронні мережі (RNN) [77].

4. Інші методи: міркування на підставі прецедентів (CBR) [78], динамічне викривлення часу (DTW) [79], мережі Байєса (BN), Наївний Байєс (NB) [80], ланцюги Маркова [81], узагальнені адитивні моделі [82], Гаусові процеси [83], лінійна регресія (LR) [84], регулярна логістична регресія [85], лінійний дискримінантний аналіз [86] та сплайн-інтерполяція [87].

В деяких проаналізованих роботах, наприклад у [88], не чітко визначено задіяні методи аналітичного опрацювання даних, або використано нестандартні алгоритми, наприклад у [89]. В таких випадках використовувані методи були ідентифіковані на основі оцінювання опублікованих елементів аналізу даних. У деяких випадках, неможливо чітко та однозначно ідентифікувати використовуваний дослідниками метод аналітичного опрацювання спортивних відомостей.

На основі виконаного аналізу робіт щодо можемо зробити висновок, що найчастіше використовуються методи аналітичного опрацювання даних з категорії видобування даних (див. рисунок 2.5).

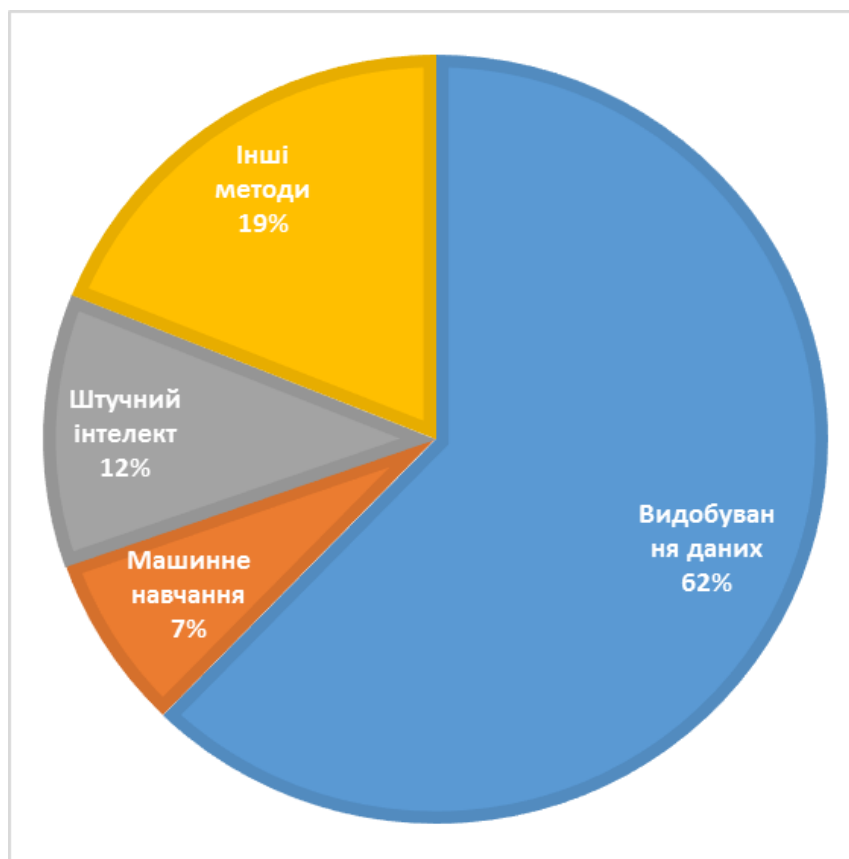


Рисунок 2.5 – Відносна частота використання інтелектуальних методів аналітичного опрацювання спортивних даних

### **2.3 Особливості використання засобів аналітичного опрацювання даних у розрізі видів спорту**

У розглянутому в попередньому параграфі аналізі літератури були виявлені такі види спорту: айкідо, стрільба з лука, бадмінтон, баскетбол, скелелазіння, стрибки у зустрічному русі, крикет, їзда на велосипеді, фехтування, фітнес у тренажерних залах, американський та австралійський футбол, гольф, метання молота, гандбол, хокей, стрибки, карате, кік-бокс, веслування, біг, їзда на велосипеді, стрільба, стрибки на лижах, лижний

спорт, футбол, плавання, настільний теніс, тай-чі, теніс, триатлон, волейбол, важка атлетика та йога.

Деякі види спорту досліджувались набагато більше, ніж інші (див. рисунок 2.6), що може бути пов'язано з їх популярністю серед спортсменів та звичайних людей. Або вони були обрані дослідниками меншу складність оцінювання. Найпопулярнішими видами спорту для дослідження були: футбол (12 робіт), біг (11 робіт) та важка атлетика (9).

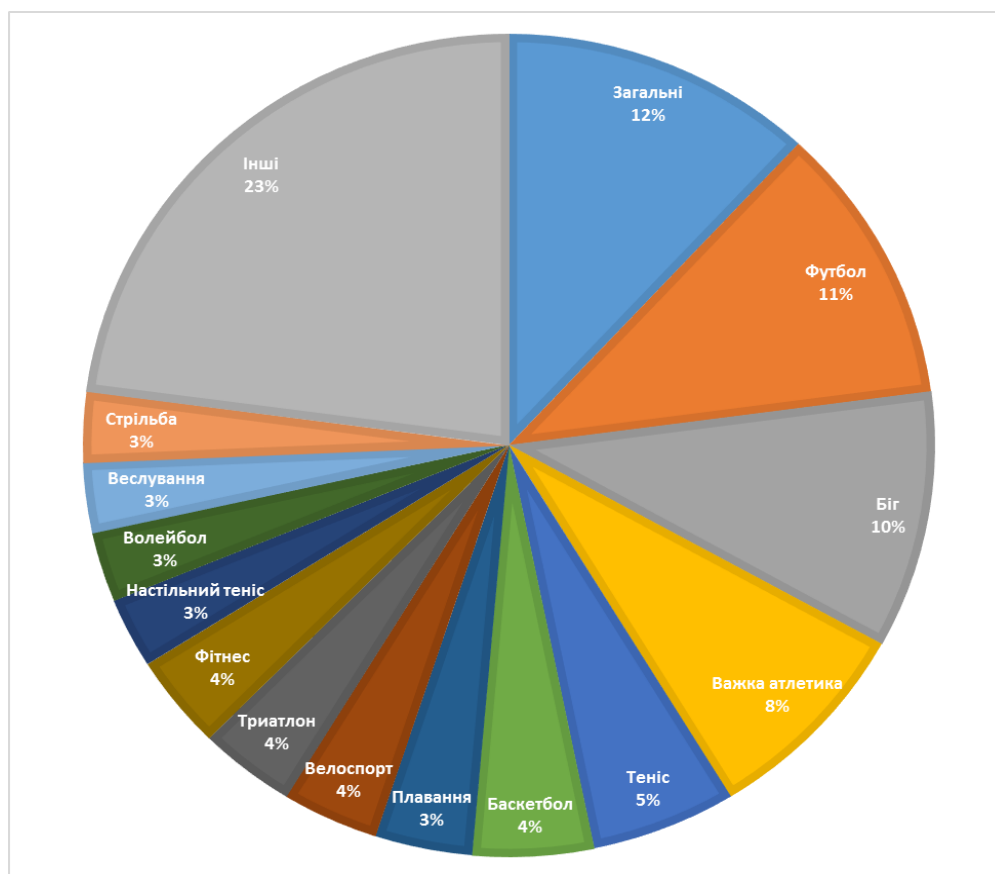


Рисунок 2.6 – Розподіл наукових досліджень відносно видів спорту

Решта досліджень не були пов'язані з конкретною дисципліною і стосувалися спортивної підготовки загалом. Такі дослідження було віднесено до загальної категорії.

Відповідно до кількості осіб види спорту можна розділили на категорії:

1. Індивідуальні види спорту – це види спорту, де учасник зазвичай змагається проти інших осіб, а не як частина команди.



2. Змішані види спорту, коли людина іноді змагається індивідуально з іншими особами, але на деяких змаганнях може бути частиною дуету (наприклад, теніс) або команди (наприклад, стрибки на лижах).

3. Командні види спорту, де людина завжди є частиною більшої команди і змагається проти інших команд.

Визначені види спорту можна класифікувати наступним чином:

– Індивідуальні – айкідо, стрільба з лука, скелелазіння, стрибки, фехтування, фітнес (тренування в тренажерному залі), гольф, метання молота, карате, кікбоксинг, веслування, біг, стрільба, лижі, плавання, тай-чи, теніс, триатлон, важка атлетика та йога.

– Змішані – бадмінтон, їзда на велосипеді, веслування, стрибки на лижах, настільний теніс та теніс.

– Командні – баскетбол, крикет, американський та австралійський футбол, гандбол, хокей, футбол та волейбол.

Дослідження, що стосуються загальної категорії, не пов'язаної з певним видом спорту, не класифікували за індивідуальним, змішаним, командним підрозділом. Більшість досліджень були пов'язані з індивідуальними видами спорту – 54,6% (див. таблицю 2.4). Оскільки набагато простіше контролювати всі змінні експерименту з окремою особою, отримавши на це згоду, ніж у цілих команд, де кожна людина повинна дати персональну згоду.

Таблиця 2.4 – Розподіл досліджень за видами спорту

Вид спорту	Кількість досліджень	% досліджень *
Індивідуальні	53	54,6
Змішані	17	17,5
Командні	27	27,8
Разом	97	100

\* – загальні дослідження виключені.

Випадок загального дослідження стосується всіх недоменних досліджень, або коли дослідження не було чітко зосереджене на певному виді спорту. Використання лінійної регресії розглянуто в [90] для збирання навчальних даних. В [91], [92] подано пропозиції щодо більш узагальнених методів SST та «скаутингу». Прогнозування втоми виконано в [93] за допомогою програмного забезпечення для аналізу голосу в режимі реального часу. Унікальним прикладом було використання машинного навчання для скорочення стандартного оцінювання серцево-легеневої функції шляхом прогнозування кінцевого результату серцево-легеневих тестів [94]. Це використано для оптимізації тренувань, оскільки такі тести, як правило, вимагають максимальних зусиль обстежуваної особи та втомлює спортсмена.

Поширеність розумних застосунків вплинула на всі аспекти спортивних тренувань. Дослідження показують, що SST та «скаутинг» є ключовим при реалізації всіх чотирьох етапів спортивних тренувань. Найбільше проаналізованих досліджень пов'язані з етапами навчання. Етап реалізації є одним із найпростіших етапів, де може бути використаний підхід SST, оскільки запис фактичних даних під час навчання може здійснюватися здебільшого за допомогою носимих пристроїв. Деякі багатоцільові носимі пристрої можуть використовуватися в багатьох доменах і можуть забезпечувати збір відомостей щодо спостереження сну, моніторингу серцебиття, відстеження кроків, акселерометра, гіроскопа, GPS тощо. Дослідження на етапі оцінювання здебільшого пов'язані з тривалим спостереженням, коли дані тренувань порівнювались із результатами змагань [95]. Дослідження щодо етапу контролю навчання передбачають введення комплексу заходів щодо фіксації даних навчання [96].

Найменше досліджень було пов'язано з фазою планування тренувань, де досі переважають живі тренери. Дослідження на етапі планування присвячені створенню планів тренувань (фізичних вправ) [97], [98], [99], планування харчування [100] та комплексному формуванню [101], [102].

Оскільки дослідження SST та спортивного «скаутингу» протягом останніх років зазнали значного розвитку, у ряді робіт було сформовано нові підходи до спортивних тренувань. Багато програмних застосунків використовуються широкою громадськістю на пристроях під управлінням платформи Android, наприклад, «MyFitnessPal» [103], «Endomondo Running and Walking» [104], «Google Fit» [105] та екосистемні пристрої Apple, наприклад, «Apple Health» [106]. Проте такі програмно-алгоритмічні застосунки не використовують методи аналітичного опрацювання даних, що лежать в основі їхніх систем аналізу. Найвищим досягнутим TRL був «контроль». Для цього TRL знайдено два планування, чотири реалізації, три контрольних та три оціночні дослідження (див. таблицю 2.5).

Таблиця 2.5 – Кількість досліджень по етапах та TRL

	«Розумний» спортивний тренувальний етап			
	Планування	Реалізація	Контроль	Перевірка
Ідея	14	20	27	15
Прототип	23	52	34	27
Контроль	2	4	3	3
Перевірка	—	—	—	—

Оскільки більшість проведених досліджень все ще перебувають на етапі прототипу, то необхідні додаткові дослідження для всіх етапів SST та «скаутингу» для переходу до етапу контролю. На даний час завершеність SST-систем дуже низька та супроводжується наступними проблемами:

- Планування – відсутні дослідження щодо баскетболу, метання молота, веслування, настільного тенісу, тенісу, скелелазіння, гольфу, хокею, карате, стрибків на лижах, лижного спорту та йоги.
- Реалізація – відсутні дослідження щодо триатлону, айкідо, стрільби з лука та стрибків на лижах.
- Контроль – відсутні дослідження щодо фітнесу в тренажерних залах, айкідо, стрільби з лука, метання молота, стрибків на лижах та йоги.

– Оцінка – відсутні дослідження щодо фітнесу в тренажерних залах, настільного тенісу, айкідо, скелелазіння, фехтування, гольфу, метання молота, карате, кікбоксингу, лижного спорту, тай-чи та йоги.

Набори даних, що використовувались у дослідженнях, були в основному приватними колекціями та наборами даних, до яких неможливо тримати доступ для перевірки опублікованих результатів. Лише шість досліджень використовували та посилалися на загальнодоступні набори даних (див. таблицю 2.6). Переважна більшість досліджень використовувала приватні набори даних, що сформовані на основі реальних даних. У стовпці «Набір даних» подано посилання на використаний набір даних, у стовпці «Тип даних» було ідентифіковано дані як реальні або синтетичні на основі їх походження, а в стовпці «Дослідження» подано посилання на дослідження, що використовують згаданий набір даних. Усі дослідження, де використовувались приватні набори даних або на основі яких неможливо ідентифікувати використаний набір даних, класифікувались у рядках позначенням «Приватний».

Таблиця 2.6 – Набори даних та дослідження щодо їх використання

Набір даних	Вид спорту	Тип даних	Дослідження
[107]	Футбол	Синтетичні	[95], [108]
[109]	Настільний теніс	Реальні	[109]
[110]	Теніс	Реальні	[111]
[112]	Важка атлетика	Реальні	[113]
[114],[115]	Катання на лижах	Реальні	[116]
Приватний	—	Синтетичні	[97]
Приватний	—	Реальні	[88], [117], [118], [119], [120], [121], [122], [123], [124], [125], [126], [127], [128], [129]

Вільні, відкриті наборів даних із домену SST та спортивного «скаутингу» існують, наприклад, [130], [131], [132], [133], [134], [135], [136]). Також доступні веб-сайти, які публікують знеособлені набори даних [137]. Якщо дослідники збираються уникати повторного використання існуючих наборів даних, вони повинні спробувати забезпечити публікацію якомога більшої кількості своїх приватних наборів даних. Окрім того слід згадати про методи генерації даних [138], які в майбутньому можуть спростити перевірку та отримання валідних колекцій тестових даних.

## **2.4 Висновки до другого розділу**

У другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто останні досягнення щодо розробки та використанні інтелектуальних методів аналітичного опрацювання даних для спортивних тренувань, котрі активно використовуються спортивними «скаутами». Для цього подано опис спортивної підготовки, як основної інформаційної складової спортивного «скаутингу». Сформовано перелік основних інтелектуальних методів аналізу даних, які використовуються на різних етапах тренувань. Також досліджено особливості використання засобів аналітичного опрацювання даних у розрізі видів спорту. Дослідження показало, що дослідники застосовують різні методи, включаючи обчислювальний інтелект, звичайні методи видобування даних, глибинне навчання, машинне навчання та ряд інших методів. Дослідницька область ще має багато можливостей для вдосконалення, де необхідні додаткові експерименти на рівні перевірки, а також більше загальнодоступних наборів даних для тиражування досліджень та забезпечення вдосконалення запропонованих аналітичних методів. Оскільки сфера є відносно новою, існує багато видів спорту, щодо яких немає досліджень у галузі «скаутингу» та розумного спортивного тренування, що розкриває широкий спектр можливостей та напрямків досліджень.

### **3 ЗАСОБИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ СПОРТИВНИХ ВІДОМОСТЕЙ ПРО СКАУТИНГ**

#### **3.1 Використання засобів графічної аналітики для практичного опрацювання спортивних ігор**

Сучасні професійні види спорту, особливо популярні ігри, зокрема, футбол, баскетбол чи теніс, все частіше супроводжуються збором та аналізом великої за обсягами кількості даних щодо перспективних та поточних гравців, результативності команд, вболівальників та взаємодії [139], [140]. Вищі ліги модернізують свої стадіони з широкими можливостями збирання даних, включаючи носимі речі та масиви Full-HD, функції мульти-перегляду із фіксованих онлайн камер [141]. Носимі давачі та трекери, від інтерактивних жилетів до GPS-трекерів, вбудованих у взуття, дозволяють отримувати детальні дані щодо тренувань спортсменів та, навіть, матчів. Запропоновано різноманітні недорогі давачі, які все частіше використовуються у нижчих та аматорських лігах. За підрахунками екпертів, новітні та найсучасніші в інформаційно-технологічному плані стадіони можуть збирати до 50 Тб даних щомісяця [142]. Інформаційні та комунікаційні технології на кшталт віртуальної та доповненої реальності, можуть використовувати детальну інформацію щодо позиції та рухів гравців, для відтворення ігрових взаємодій та покращення підготовки гравців [143], [144]. Це, в свою чергу дозволяє покращити результати ігор [145], спростити процедури «скаутингу» при оцінюванні стану та особистих характеристик.

Виявлення відповідних подій у футболі, котре на даний час активно використовується для потреб «скаутингу» та «рекрутингу», є основною складовою багатьох трансляцій, аналізу продуктивності та захоплюючих програм відтворення [146], [147], [148]. До нього підходили з використанням різноманітних методів, включаючи методи машинного навчання, нечіткої логіки та прихованих моделей Маркова [149]. Однак, як було відзначено в

попередньому розділі кваліфікаційної роботи, науковому прогресу в цій галузі заважає відсутність відповідних наборів даних із анотованими публічними даними, оскільки більшість даних, що генеруються у спорті, є приватною власністю.

Генерування синтетичних наборів спортивних даних є прийнятним випадком, коли вартість придбання або ручного маркування надмірно висока і вже застосовується в різних завданнях комп'ютерного зору [150]. Тому проектування та практична апробація програмного забезпечення для генерування синтетичних наборів даних та розпізнавання футбольних подій на базі модифікованого ігрового рушія є актуальним етапом досліджень кваліфікаційної роботи.

### **3.2 Генератор синтетичних даних для потреб «скаутингу»**

На даний час вільнодоступною є порівняно невелика кількість наборів футбольних даних, і жоден не підходить повністю для виявлення подій у спортивному «скаутингу» [140]. Набір даних SoccerNet містить велику кількість трансляційних футбольних відеозображень [151], але анотації обмежуються подіями, які можуть бути проаналізовані у звітах про матчі, наданих веб-сайтами ліг. Зокрема, це «Гол», «Жовта/Червона картка» та «Заміна». Встановлені на стадіонах відеокамери із багатьма ракурсами надають перевагу щодо огляду всього поля, забезпечуючи таким чином повне охоплення гри. Але загальнодоступні масиви проаналізованих даних доволі невеликі [141]. Декілька великомасштабних сховищ даних надають детальну просторово-часову інформацію щодо подій, що відбулися у футбольних іграх [152]. Але, при цьому, не надають джерел відео та координат гравців для всіх зафіксованих таким чином ігор. Для потреб «скаутів» алгоритми виявлення подій повинні мати можливість відрізняти цікаві події від фону, а отже, їх потрібно навчити на вихідному джерелі даних.

Генератор даних VovaSocceR, базується на механізмі геймплея, виводить просторово-часові позиції всіх гравців разом із анотацією основних характеристик у форматі CVAT. На основі аналізу просторово-часових позицій двоступеневий детектор подій ідентифікує атомарні, наприклад, удар ногами м'яча, володіння м'ячем, та складні події, наприклад, передачу м'яча. Комплексна продуктивність оцінюється за допомогою сценарію валідатора та системи візуалізації.

Розроблене при виконанні кваліфікаційної роботи програмне забезпечення VovaSocceR складається з групи модулів. Ядром системи є генератор VovaSocceR, модифікована версія ігрового рушія «Gameplay Football» [153]. Генератор виводить повні анотовані ігри, включаючи відео, просторово-часові позиції всіх гравців та основні події. Програмне забезпечення VovaSocceR містить інструменту виявлення подій VovaSocceR, як приклад аналітичної системи виявлення подій, розробленої за допомогою генератора даних VovaSocceR. Алгоритм виявлення VovaSocceR базується на часовій логіці та виявляє широкий спектр подій, що відбуваються під час гри. Огляд усього процесу представлений на рисунку 3.1.

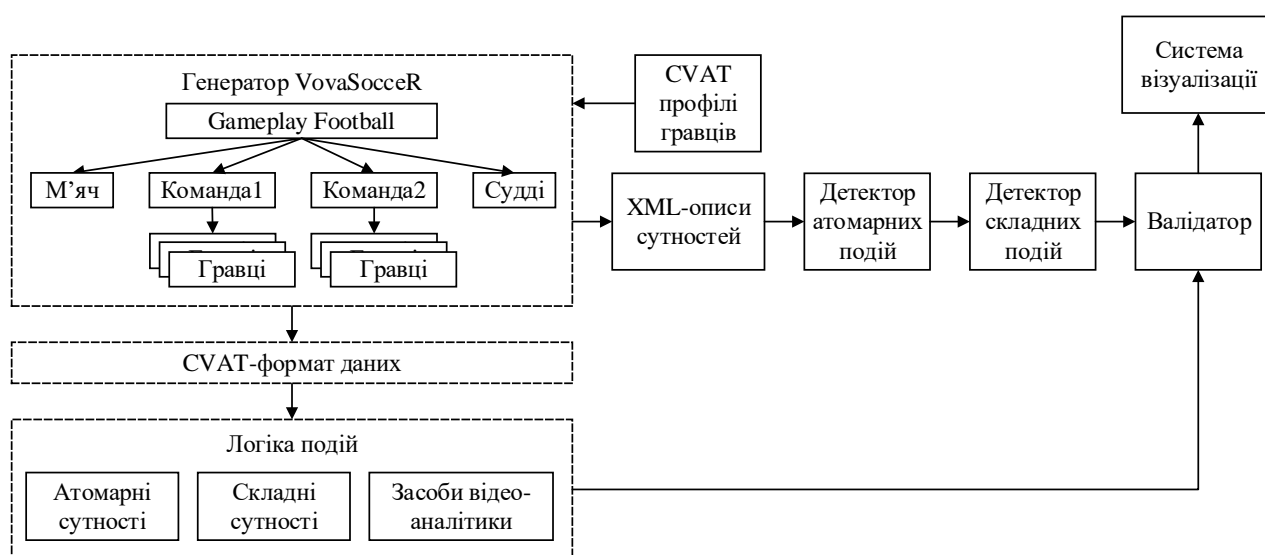


Рисунок 3.1 – Загальна організація програмно-алгоритмічного комплексу VovaSocceR



Програмно-алгоритмічний комплекс використовує допоміжні Python-сценарії, включаючи сценарій перевірки та інструмент візуалізації для оцінювання отриманих результатів.

### 3.2.1 Генератор даних VovaSocceR

VovaSocceR базується на симуляторі «Геймплей Футбол», двигуні з відкритим кодом, що реалізує повну футбольну гру за стандартними правилами з 11 гравцями в кожній команді, включаючи всі найпоширеніші події, зокрема «голи», «фоли», «кутові», «штрафні удари», тощо. Серед доступних футбольних симуляторів з відкритим кодом, «Геймплей Футбол» визнали найкращим варіантом щодо графічної якості та щодо точності обчислювальної реалізації фізики гри. Завдяки відкритості коду, його можна перевіряти, вдосконалювати та модифікувати за потреби. Середовище контролює команду суперника за допомогою бота, логіка функціонування якого базується на правилах, включених до оригінального симулятора «Геймплей Футбол» [153], [154].

Ігровий рушій, в оригіналі написаний засобами C++ був модифікований з метою визначення, вилучення та збереження основної логіки подій, необхідної для навчання та перевірки систем виявлення подій для спортивного «скаутингу». Типи подій, включені в основну логіку подій, прокласифіковані на атомарні (див. таблицю 3.1), складні (див. таблицю 3.2) та інформацію, доступну для кожної події.

Таблиця 3.1 – Асоціативні дані, вилучені для атомарних подій

Атомарні події	Клас обробника події	Пов'язані дані
1	2	3
Удар ногами по м'ячу	KickingTheBall	FrameID, PlayerID, Position, TeamID
Володіння м'ячем	BallPossession	FrameID, PlayerID, Position, TeamID, PlayerID closest to the target line
Мотання	Tackle	FrameID, PlayerID, Position, OffensiveTeamID, VictimTeamID
Відбивання м'яча	BallDeflection	FrameID, PlayerID, Position, TeamID

## Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Виліт м'яча	BallOut	FrameID
Мета	Goal	FrameID, PlayerID, TeamID

Таблиця 3.2 – Асоціативні дані, вилучені для складних подій

Складна подія	Клас обробника події	Пов'язані дані
Пас	Pass	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, Receiving PlayerID, TeamID
Передача тоді гол	PassThenGoal	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, Receiving PlayerID, TeamID
Пропущений пас	FilteringPass	Start FrameID, End FrameID PlayerID, Receiving PlayerID, TeamID
Пропущений пас тоді гол	FilterPassThenGoal	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, Receiving PlayerID, TeamID
Прохід	Cross	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, Receiving PlayerID, TeamID
Прохід тоді гол	CrossThenGoal	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, Receiving PlayerID, TeamID
Перехоплення	Tackle	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, Offensive PlayerID, Victim PlayerID
Удар	Shot	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, TeamID
Удар тоді гол	ShotThenGoal	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, TeamID
Успішне пробивання	SavedShot	Start FrameID, End FrameID, PlayerID, TeamID, goalkeeper PlayerID, goalkeeper TeamID, shooting position
Фул	Foul	Start FrameID, End FrameID, Offensive PlayerID, Victim PlayerID

Основні класи, що реалізують механізм ігрового процесу, подані на рисунку 3.2. Кожен клас експортує метод Process(), який викликається для кожного кадру з метою оновлення стану гри. Метод Match::Process() викликає метод Process() для оновлення статусу кожного гравця, команди, м'яча або судді. Для реєстрації подій, було модифіковано метод Process() кожного класу та реалізовано додатковий клас Logger(), який збирає та узагальнює інформацію з емульованих графічних об'єктів, а також команди, задані екпертом або ботом. Журнал, в свою чергу, експортує дані у формат текстовий формат або xml.

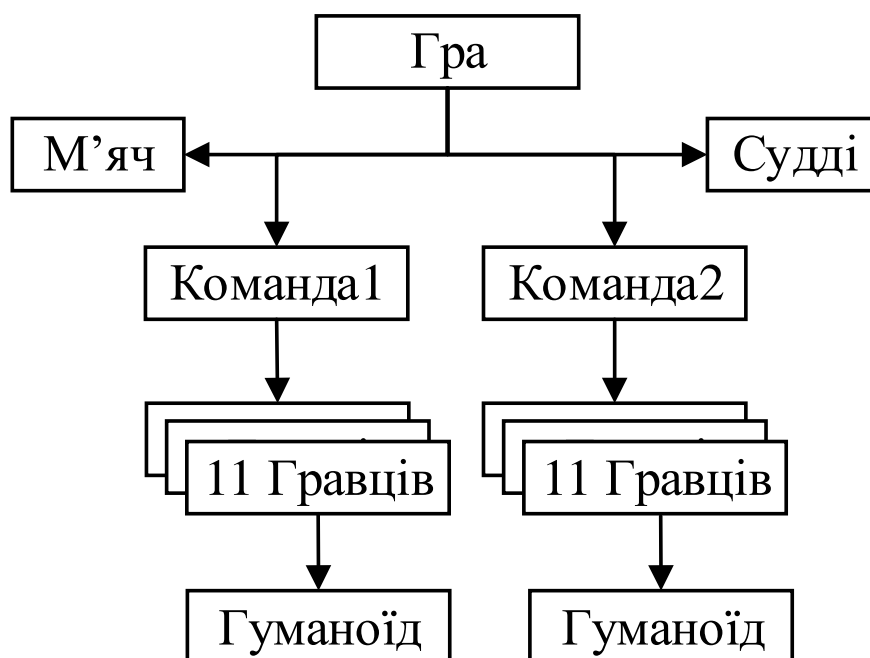


Рисунок 3.2 – Основні класи, що реалізують ігровий рушій

Кожен об'єкт Player пов'язаний з об'єктом Гуманоїд:), який обробляє пов'язані з ним графічні ресурси та анімацію.

### 3.2.2 Опис атомарних подій

Атомарні події локалізовані в просторі та часі. Отже, вони потребують участі лише одного або двох гравців за короткий проміжок часу. Тоді основну логіку можна легко генерувати, реєструючи події, які викликають виконання конкретної анімації. Зокрема, цільові події вже були виявлені механізмом ігрового процесу і відповідно експортуються.

Мотання – це дуельні події, які відбуваються, коли один гравець прагне отримати контроль над м'ячем від іншого гравця. Вони записуються в методах Match::Process(), де ідентифікується гравець-нападник та гравець-жертва, а також результат дії, щоб викликати правильну анімацію.

Ігровий рушій отримує володіння м'ячем за допомогою методу Player::HasUniquePossession(), який повертає true, якщо гравець єдиний контролює м'яч або знаходиться поруч з ним, та false – інакше, наприклад у

випадку мотання. На кожному кадрі запитуються всі об'єкти гравця, щоб створити відповідну подію BallPossession.

Фоли та події вильоту м'яча виявляються за допомогою методу `Referee::Process()`, який постійно контролює гру на наявність фолів та положення м'яча відносно поля. Події «Виліт м'яча» виявляються за допомогою методу `Referee::Process()`, який контролює положення м'яча відносно поля.

Події «Відбивання м'яча» та «Удар по м'ячу» запускаються, коли активовані відповідні анімації. Зокрема, події «Удар по м'ячу» генеруються для анімацій «Короткий пас», «Довгий пас», «Високий пас» або «Передача», тобто всіх дій, які вимагають від гравця удару м'ячем.

### 3.2.3 Опис складних подій

Для складних подій, які можуть залучатись декількох гравців протягом тривалішого періоду часу. Для цього розроблено та реалізовано набір кінцевих автоматів VovaFSM, які відслідковують дії гравців та ігрового бота. VovaFSM призначений для кількох груп складних подій, а саме передачі, цілі, удару та вирішення. Група передач та хрестів (див. рисунок 3.3) представляє більшість подій у футбольному матчі.

Пас визначається як результат передачі володіння м'ячем між двома гравцями однієї команди. VovaFSM розпізнає, що пропуск ініціюється, коли активована одна з відповідних анімацій. В цьому випадку генерується атомарна подія «Удар по м'ячу» (див. рисунок 3.4). Коли новий гравець захоплює володіння м'ячем, VovaFSM перевіряє, чи ця дія успішна. При цьому гравець, який приймає м'яч, належить до тієї ж команди. В такому випадку результатом події буде істина. Крос-подія відрізняється від події передачі залежно від позиції гравця, який ініціює передачу (в сторону поля чи поза). Перехоплений пас – це особливий випадок, коли гравець, що приймає, знаходиться поза межами лінії захисту команди суперника.

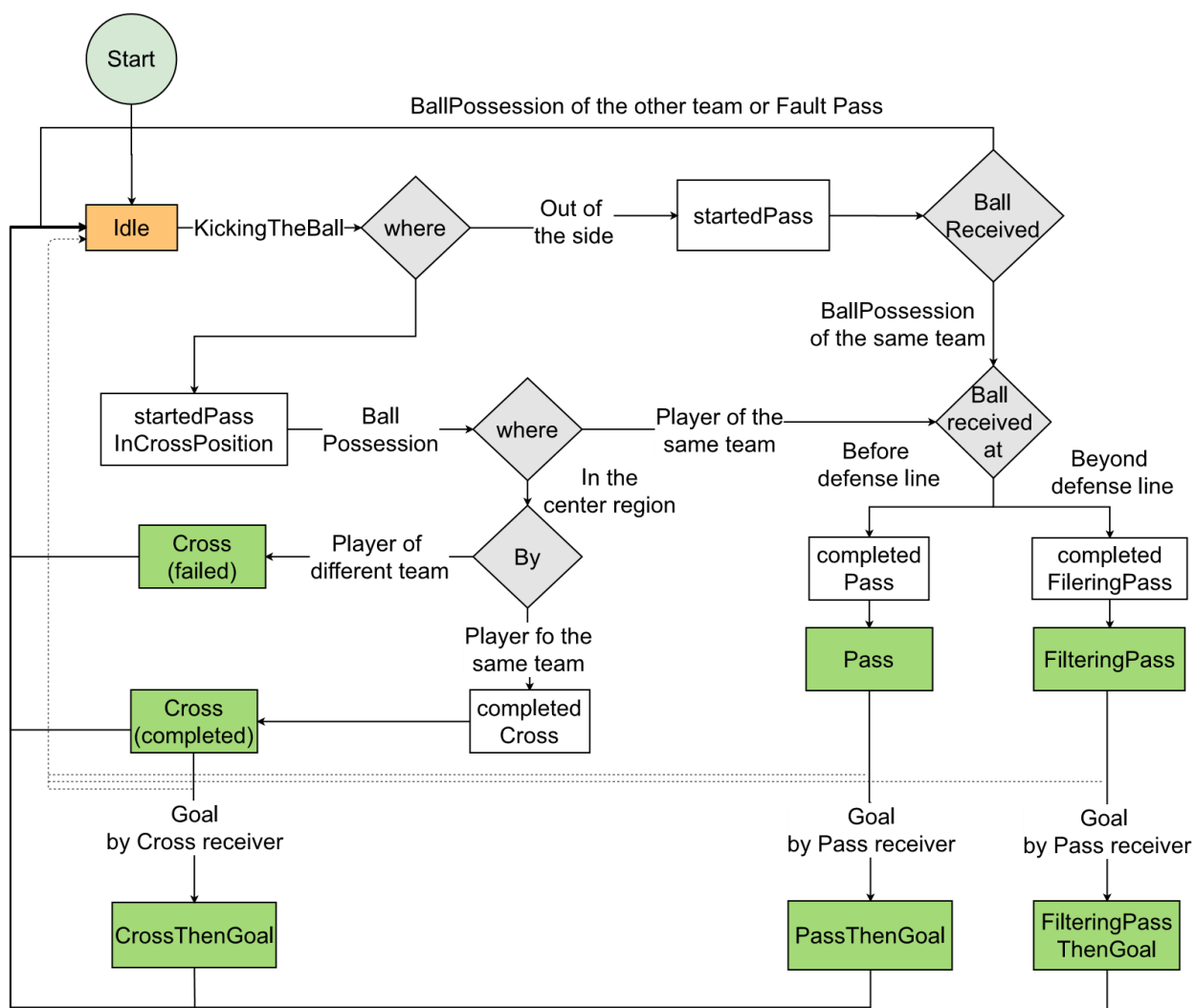


Рисунок 3.3 – Кінцевий автомат для виявлення пропусків та сімейства подій «Пас тоді гол» [155]

У разі помилки пропуску, тобто коли приймаючий гравець належить протилежній команді, можна згенерувати подію та позначити її як невдалу або повернутися до стану очікування, не генеруючи жодної події. Запропонований формат вихідних даних підтримує обидва варіанти. Але невдалі події реєструються лише у випадку схрещувань, які рідше, ніж звичайні проходи. Однак за незначних модифікацій можна було б записати також події помилок пропуску.

Кожного разу, коли воротар пропускає забитий гол, генеруються події «Пас тоді гол», «Передача тоді гол» або «Перехоплений пас та гол», як детально показано на рис. 3.3.

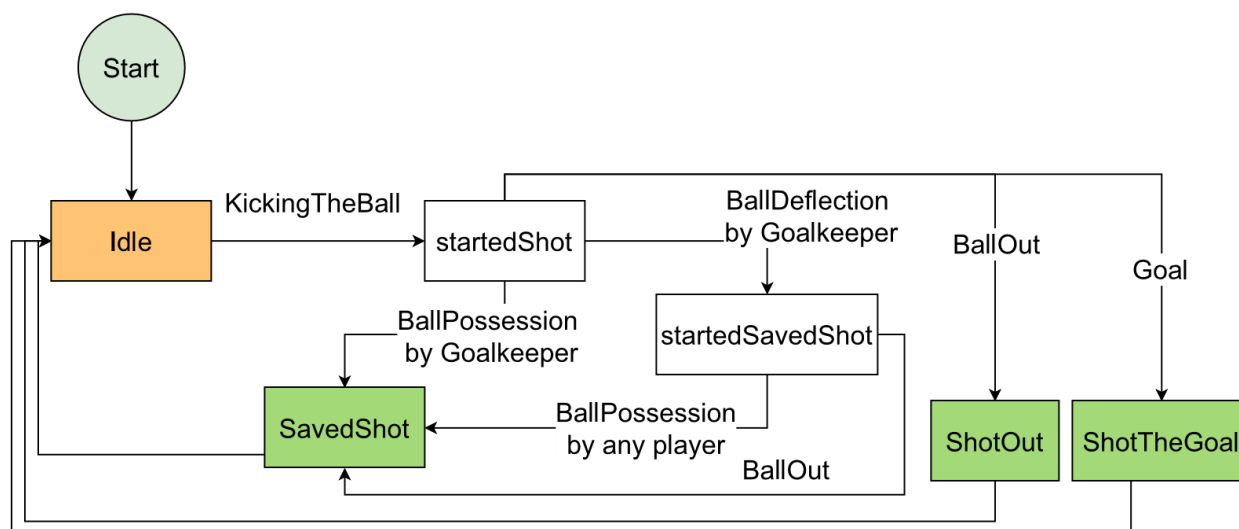


Рисунок 3.4 – Кінцевий автомат для виявлення сімейства подій удару [155]

### 3.2.4 Вихідний формат

Генератор VovaSocceR експортує пари координат 23(x,y) для кожного кадру: для двадцяти двох гравців обох команд та одну для м'яча. Вихідні дані подаються у текстовому форматі, де кожен рядок містить поля:

$$\langle \text{frame} \rangle \langle \text{ID} \rangle \langle x \rangle \langle y \rangle \quad (3.1)$$

В рівнянні (3.1) frame – це номер кадру, що ідентифікує одного гравця або м'яч, закодований в діапазоні [116,127] для першої команди, [129,140] для команди суперника та 128 для м'яча, тоді як x та y – це координати відносно одного з кутів поля в діапазоні [0,110] та [0,72] відповідно. Приймаємо ту саму систему координат поля, яка використовується в доступному наборі відеоданих та включає позицію гравців.

Оскільки позиція вздовж осі z не експортується, кілька подій потрібно позначити вручну. Найвизначнішим винятком є подія воріт, оскільки висота траєкторії потрібна для того, щоб зрозуміти, перетинав м'яч лінію воріт нижче або над поперечиною. Щоб забезпечити можливість подальшого розширення основної логіки за допомогою додаткового маркування вручну, анотації було

анотовано у формат, який підтримується Computer Vision Annotation Tool (CVAT), інструментом з відкритим вихідним кодом для відео-аналітики та маркування. Приклад анотації атомарних та складних подій подано на рисунках 3.5а та 3.5б відповідно.

<pre> &lt;track id="168741" label="KickingTheBall"&gt;   &lt;box frame="281161" keyframe="1" occluded="0" outside="0"   xbr="1.2415799999999993e+03"   xtl="1.2005299999999997e+03"   ybr="1.6874000000000009e+02"   ytl="9.17900000000000063e+01"&gt;     &lt;attribute name="playerId"&gt;47&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="teamId"&gt;0&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="x"&gt;54.9629&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="y"&gt;35.7232&lt;/attribute&gt;   &lt;/box&gt; &lt;/track&gt; </pre>	<pre> &lt;track id="545" label="Cross"&gt;   &lt;box frame="212757" keyframe="1" occluded="0" outside="0"   xbr="1.2415799999999993e+03"   xtl="1.2005299999999997e+03"   ybr="1.6874000000000009e+02"   ytl="9.17900000000000063e+01"&gt;     &lt;attribute name="sender"&gt;66&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="teamId"&gt;1&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="receiver"&gt;41&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="outcome"&gt;false&lt;/attribute&gt;   &lt;/box&gt;   &lt;box&gt;     ...   &lt;/box&gt;   &lt;box frame="212835" keyframe="0" occluded="0" outside="0"   xbr="1.2415799999999993e+03"   xtl="1.2005299999999997e+03"   ybr="1.6874000000000009e+02"   ytl="9.17900000000000063e+01"&gt;     &lt;attribute name="sender"&gt;66&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="teamId"&gt;1&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="receiver"&gt;41&lt;/attribute&gt;     &lt;attribute name="outcome"&gt;false&lt;/attribute&gt;   &lt;/box&gt; &lt;/track&gt; </pre>
(a)	(б)

Рисунок 3.5 – Приклади анотованих атомарних (а) та складних (б) подій в XML-форматі

Кожна подія має декілька атрибутів, зокрема, ідентифікатор, мітку (тип події), номер кадру, координати, гравця чи гравців та ідентифікатор команди. Подія може включати більше одного гравця з різними ролями, зокрема, відправника або одержувача та результат, який вказує, успішна була дія чи ні. Складна подія записується як доріжка у форматі CVAT, оскільки вона охоплює декілька кадрів.

Передача ініціюється командою «Удари м'ячем» і успішно завершується, якщо приймаючий гравець з тієї ж команди, інакше подія позначається як невдала. Залежно від положення гравців, що починають і

приймають, передачу можна вважати додатковою передачею або пропуском. Якщо гол забивається відразу після передачі, то генерується складна подія «Пас тоді гол». Будь-які інші події скидають стан до простою.

Відео записується з роздільною здатністю 1920x1080px (FullHD) і частотою 25 кадрів за секунду. Обмежувальні рамки програм відеопрогравачів щодо характеристик відеокадру включені в основну логіку. Тому, в даному випадку, можливо реалізувати систему виявлення подій, яка може приймати як вхідні просторово-часові дані, відеозаписи або і те, і інше. Система візуалізації дозволяє візуалізувати та експортувати зображення за допомогою накладених обмежувальних вікон гравців, анотацій наземної логіки та виявлених подій. Приклад показаний на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Приклад сцени, створеної рушієм «Геймплей Футбол»

Приклад подано з накладеними полями, що обмежують логіку, ідентифікаторами кожного гравця та м'яча. Основна логіка та виявлені події також накладаються внизу сцени. У цьому кадрі спроба атаки успішно ідентифікована.



### 3.2.5 Детектор подій VovaSocceR

Розроблено систему виявлення подій VovaSocceR, розділену на два модулі: обробник атомарних подій та обробник складних подій. Перший, починає з позиційних даних, отриманих від генератора даних. Реалізує набір правил для ідентифікації атомарних подій. Зсувне вікно дозволяє визначити, чи відповідають задіяні правила позиційним даним у конкретному інтервалі.

Другий обробник аналізує складні події як поєднання атомарних подій із використанням часових або логічних операторів. Логіка часового інтервалу з композиційними операторами (TILCO) була обрана, оскільки вона підтримує якісне та кількісне часове впорядкування з накладанням обмежень щодо тривалості та інтервалу між двома послідовними подіями. Чітко визначений набір правил керує матчем, а ITL забезпечують виразне, але компактне подання подій, що відбулися в матчі. Кожне визначення події було перевірено на відповідність офіційним правилам Союзу Європейської футбольної асоціації (УЄФА).

В процесі обчислювальних експериментів відбулося визначення дев'яти атомарних та дванадцяти складних подій.

Атомарна подія «Удар по м'ячу» складається з простого удару, спрямованого на виконання переміщення, передачі чи пробивання. М'яч повинен віддалятися від гравця протягом усього вікна спостереження  $k$ , з різким прискоренням та остаточною збільшеною швидкістю:

$$\langle ID, KickingTheBall, t, L = \langle \langle KickingPlayer, p_i \rangle, \langle KickedObject, b \rangle \rangle \rangle$$

$$player(p_i), ball(b), Distance(p_i, b, t) < T_{id1} \forall k = 1 \dots n, D(p_i, b, t + k) < D(p_i, b, t + k + 1), speed(b, t + n) < T_{s1} \exists k | acceleration(b, t + k) < T_{a1}$$

Складна подія відбувається, коли м'яч передається між двома гравцями однієї команди. Цей випадок може бути описаний як послідовність двох атомарних подій.

```

(ID, Pass, (t, t + k), t, L = (ID, KickingTheBall, (KickingPlayer,
pi, t), (KickedObject, b, t)) THEN (ID,
BallPossession, (PossessingPlayer, pj, t + k), (PossessedObject, b,
t))) player(pi), player(pj), ball(b), team(pi) = team(pj), k < Th3

```

Детектор атомарних подій реалізовано у формі модуля EventDetector\_VovaAtomiR на Python. Зазначений модуль обчислює набір ознак з позицій  $x$  та  $y$ , зокрема швидкість, прискорення, напрямок відносно поля, відстань від цільової лінії обох команд тощо. Для кожного часового вікна застосовуються правила атомарних подій. Файл конфігурації визначає параметри, задаючи межі застосування кожного правила.

Для оптимізації параметрів системи виявлення атомарних подій застосовано еволюційну стратегію, засновану на багатоцільовому генетичному алгоритмі. Для цієї мети сценарій VovaOptimizeR використовує набір інструментів DEAP для реалізації генетичного алгоритму [156] та сценарій VovaValidatoR для оцінювання кожного геному, який відповідає заданій конфігурації детектора. Виявлені атомарні та складні події зберігаються в тому ж XML-форматі, що і основна логіка.

Детектор складних подій реалізовано модулем EventDetector\_VovaCompleR на Python, котрий отримує вихідні дані у XML-форматі виявлення атомарних подій і формує перлік виявлених подій. При цьому статистика ефективності може бути розрахована за бажанням.

Запропонована реалізація базується на бібліотеці Etalis [157], [158]. Etalis – це Prolog-застосунок, що реалізує TILCO, і виконується за допомогою механізму «swipl Prolog» за допомогою Python-скрипта (див. рисунок 3.7).

Наприклад, в Etalis складна подія визначається шаблоном, тобто послідовністю подій, об'єднаних логічними або тимчасовими операторами, та переліком умовних речень із наступним синтаксисом:

```

ComplexEvent <-
Event_1 < OP > Event_2[ < OP > Event_N ]
WHERE (List of conditions)

```

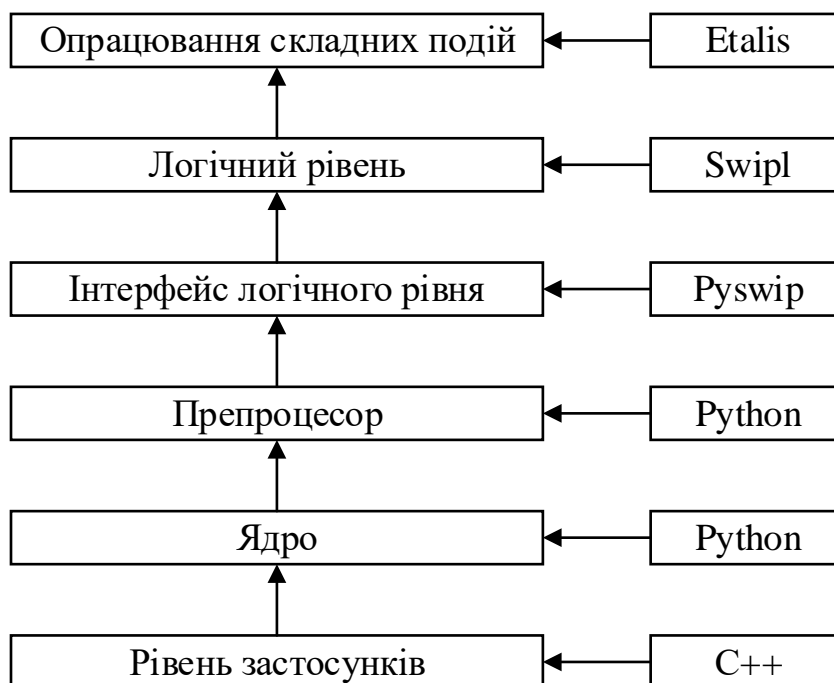


Рисунок 3.7 – Архітектура програмного забезпечення обробника складних подій

Оператор `seq` набуває значення «істина», коли екземпляр «kickingTheBall» супроводжується екземпляром «ballPossession». Вхідні параметри описують позиції події  $x$  та  $y$  ( $*x$ ,  $*y$ ), номер кадру або час, коли подія відбувається ( $*f$ ), ідентифікатори гравців ( $*pId$ ) та ідентифікатор команди ( $*tId$ ).

### 3.2.6 Сценарій перевірки VovaValidatoR

Сценарій VovaValidatoR, реалізований засобами Python, обчислює відклик, точність та F-оцінку для кожної події. Основна атомарна подія ідентифікується, якщо подія того ж типу була виявлена в наперед визначеному часовому вікні, наприклад, у трьох кадрах. Для складних подій використано загальний критерій OV20 для розпізнавання тимчасових дій коли тимчасове вікно відповідає дії основної логіки, якщо вони

перекриваються, за даними перетину та взаємодії, щонайменше на заздалегідь визначений відсоток, зазвичай рівний 20% [159].

Сценарій бере як вхідний каталог каталог, що містить основну істину та виявлені події, у форматі CVAT на основі XML, і виводить XML-файл із розрахунковою продуктивністю. За допомогою параметрів командного рядка та файлів конфігурації можна вказати, чи слід розраховувати продуктивність для атомних або складних подій, які події слід включати в оцінку та параметри відповідності.

Набір даних VovaSocceR містить 7 повних ігор, синтезованих генератором VovaSocceR за допомогою різних способів (гравець проти гравця, гравець проти емулятора, емулятор проти емулятора). Загалом масив синтезованих відеоданих включає 480 хв гри з 1537243 атомарними подіями та 8517 складними подіями. Набори даних розділені на навчальний та валідаційний, які використовувались для навчання та оцінки детектора подій VovaSocceR.

Важливим аспектом, який слід враховувати при роботі з синтетичними відеоданими, близький розподіл даних, згенерованих ігровим механізмом. Котрий відповідає розподілу даних отриманих з реальних матчів. через відсутність загальнодоступних даних, багато прихованих та цікавих для спортивного «скаутингу» аспектів неможливо детально дослідити на даний час. Тим не менше, початкове аналітичне опрацювання дає позитивні результати. На основі порівняння з набором даних Альфгейма [141], очікується, що спрогнозована середня швидкість гравців буде дещо вищою. Але розмір реального набору даних є досить невеликим для формування остаточних висновків.

Щодо кількості та типу подій, то дані, зафіксовані протягом сезону 2017-2018 років для п'яти національних футбольних змагань, засвідчують в середньому про 1682 події впродовж 90-хвилинного матчу [152]. Передачі (включаючи перехресні) були найчастішими подіями займаючи половину від загального числа подій. Індивідуальні змагання (поєдинки) – 28%, удари –

1,5% та голи менше 1% були відносно рідкісними подіями. У зразковому наборі даних трималістю 480 хв було сформовано приблизно усереднено 1073 складні події за годину з наступним розподілом. Передачі та паси – 57%, мотання – 31%, простріли – 7,3% та голи менше 1%. Відсоткова різниця для подій частково виникає через різні типи прийнятих подій і визначень.

Детектор подій VovaSocceR успішно виявляє найскладніші події, зокрема проходи, з F-оцінкою більше 0,83. Загалом, результати порівнянні або кращі, ніж раніше опубліковані підходи. Тим не менш, слід визнати, що порівняння різних алгоритмів є проблематичним з двох причин. Перша – це відсутність спільного довідкового набору даних. Тому постає запитання: кращий алгоритм чи простіший набір даних? Друга причина – у багатьох роботах дослідники формують результати щодо обмеженої кількості видів подій, зазвичай, передач, ударів м'ячем або пострілів. Завдяки генератору VovaSocceR можна виявити та виміряти продуктивність для набагато ширшого переліку подій для потреб спортивного «скаутингу». Використання синтетичних колекцій спортивних відомостей допоможе зменшити вплив обох вищеописаних причин виникнення складностей при порівнянні аналітичних алгоритмів для потреб спортивного скаутингу.

Проведене дослідження підкреслює обмеження логічних систем та детекторів спортивних подій у випадку складних та динамічних подій, зокрема мотання, програмно-алгоритмічне розпізнавання яких сильно ускладнюється позами гравців та їх візуальними характеристиками. В реальній грі такі події складніше виявити за допомогою підходу, сформованого на ІТЛ, при роботі із синтетичними даними. Подальші дослідження необхідні для оцінювання ефективності розроблених альтернативних методів, що сформовані з використанням згорткових та періодичних нейронні мереж для ідентифікації подій у необрізаних відеопотоках. Особливий інтерес становитимуть гібридні системи, що поєднують розпізнавання низькорівневих шаблонів низького рівня з можливостями застосування логічних міркувань високого рівня.

Запропонована система дозволяє генерувати досить великі набори синтетичних даних для навчання систем такого класу.

### **3.3 Висновок до третього розділу**

У розділі розглянуто використання засобів графічної аналітики для практичного опрацювання спортивних ігор. Подано опис генератора синтетичних даних потреб футбольного «скаутингу» VovaSocceR. Розроблений програмно-алгоритмічний комплекс містить функціонал виявлення подій, як приклад практичної реалізації аналітичної системи з використанням сучасних підходів до реалізації відеоаналітики. Окремо подано опис розширених переліків атомарних та складних подій, вихідних форматів та описано результати виконання перевірного сценарію.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Заходи щодо забезпечення сприятливих умов зорової роботи користувача ЕОМ

Робоче місце користувача ЕОМ – це місце в системі «людина-техніка», оснащене засобами відображення інформації, органами керування і допоміжним обладнанням, на якому здійснюється трудова діяльність [160]. Ефективність сприйняття людини залежить від низки умов: достатньої освітленості, яскравості, розмірів об'єкта і величини кутового розміру об'єкта (відношення лінійної величини об'єкта до величини відстані об'єкта спостереження до очей) та забезпечення оптимальних кутів зору [161] (див. рисунок 4.1).

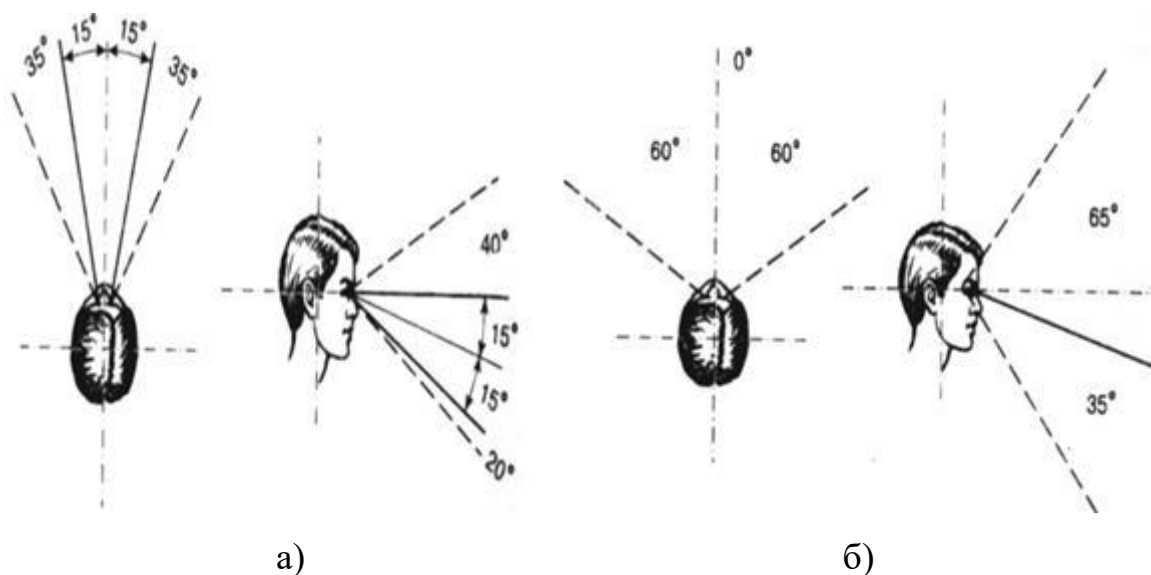


Рисунок 4.1 – Оптимальне розташування ЗВІ та допустимі кути відображення інформації: а – при повороті очей; б – при повороті голови

Виходячи з можливостей зорового спостереження людини, рекомендації щодо розміщення засобів відображення інформації на робочих місцях подано на рисунку 4.2.

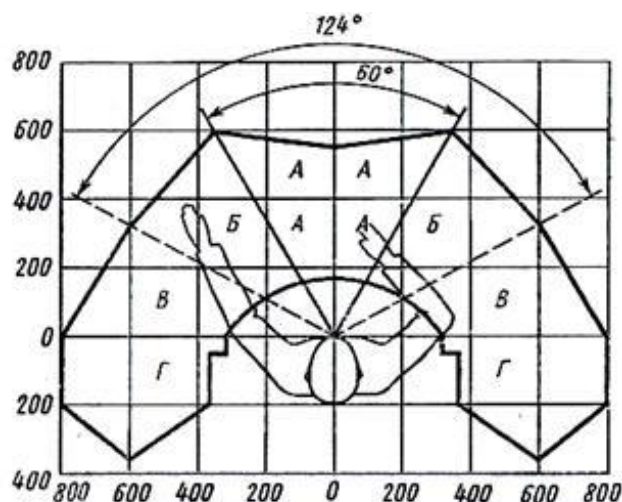


Рисунок 4.2 – Зона для розміщення ЗВІ: А – найбільш важливих і часто використовуваних; Б – не часто використовуваних; В – рідко використовуваних; Г – допоміжних

Організація робочого місця користувача комп'ютера повинна відповідати вимогами ДНАОП 508/31960-25-04-18 [162]. Робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами; відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше 1,2 м; відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м; прохід між рядами робочих місць має бути не менше метра. Необхідно також враховувати розміри меблів для комп'ютеризованих робочих місць (див. рисунок 4.3). Особливу увагу необхідно звернути на розміщення відеотерміналів. Для того щоб уникнути дзеркального відображення на екрані ВДТ джерел природного освітлення, їх необхідно розставити вздовж стіни з вікнами. Вагомим фактором у забезпеченні безпеки праці користувачів комп'ютерів є характер розташування на робочому місці відеотермінала, клавіатури та принтера. Розташування екрана (дисплея) повинно забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом  $\pm 30^\circ$  від лінії зору оператора.

Найкращі зорові умови й можливість розпізнавання цифр, символів досягається тоді, коли верхній край відеотермінала знаходиться на висоті очей, а погляд спрямований вниз на центр екрана.



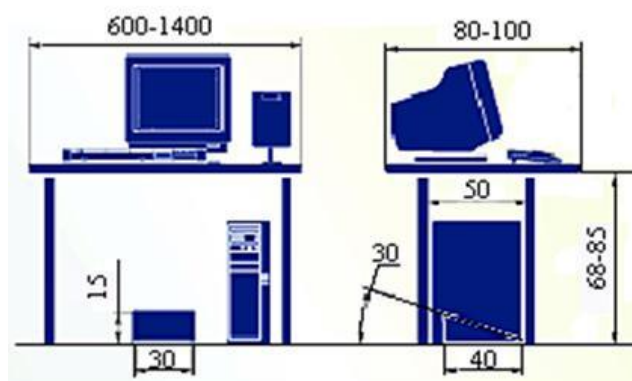


Рисунок 4.3 – Розміри організації робочого місця при використанні ЕОМ (см)

Оскільки при роботі з комп'ютером найбільш сприятливим вважається нахил голови вперед, приблизно на  $20^\circ$  від вертикалі (при такому положенні голови м'язи ший розслабляються), то екран відеотермінала також повинен бути нахилений назад на  $20^\circ$  від вертикалі. Екран відеотермінала та клавіатура повинні розташовуватись на оптимальній відстані від очей користувача комп'ютера, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру букв та цифрових знаків і символів. Так, при розмірі екрана по діагоналі 35 см, відстань від монітора до очей повинна складати 60 – 70 см, при діагоналі 43 см – 70 см, при діагоналі 48 см – 80 см. Для клавіатури комп'ютера на поверхні робочого стола повинен бути простір для переміщення та поворотів. Положення клавіатури та кут її нахилу повинні відповідати побажанням користувача комп'ютера. Кут нахилу клавіатури може змінюватись у межах  $5^\circ$  –  $10^\circ$ . При організації праці, що пов'язана з використанням ВДТ ЕОМ і ПЕОМ слід передбачити внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку, які передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак втомлення і зниження працездатності. Роз'яснюється, що при виконанні протягом дня робіт, які належать до різних видів трудової діяльності, за основну роботу з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ слід вважати таку, що займає не менше 50% часу впродовж робочої зміни чиробочого дня. Протягом робочої зміни мають передбачатися: перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви); перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами); додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

## **4.2 Попередження аварій на виробництвах із застосуванням хлору.**

### **Вплив хлору на людей. Перша допомога. Профілактика уражень**

Хлор є частиною таблиці хімічних елементів і розташовується в ній під номером 17. У природі він зустрічається виключно у формі газу. Найчастіше він має специфічний зелений з жовтим переливом колір. Цей елемент важчий за повітря в 2,5 рази, тому накопичується в підвалах будинків, а на пересіченій місцевості в ярах і низинах. У воді ж хлор розчиняється без сліду і його наявність помітно тільки при великій концентрації (за рахунок специфічного запаху) [163].

В організмі людини в середньому міститься 95 г хлору. За добу людина споживає 5-10 г хлору (кухонна сіль). Він потрібен для вироблення в шлунку соляної кислоти, яка сприяє травленню і знищенню хвороботворних бактерій. Добова потреба хлору для людини становить 800 мг.

Хлор широко застосовується на виробництві, на його основі виготовляють отрутохімікати, розчинники, засоби для дезінфекції та миття, медикаменти. Хлор використовується в кольоровій металургії, у виготовленні пластмас тощо. [164] Також хлор з успіхом застосовується і в побуті для очищення, відбілювання, прання. Завдяки незначним витратам і досить високій ефективності дезінфекції, хлор активно використовується для очищення і знезараження води в плавальних басейнах і питної водопровідної води. Отруєння хлором можливе в разі:

- перевищення максимально допустимих концентрацій хлору для знезараження води в трубопроводі (сильний запах хлору);
- наявність хлору у великій кількості у воді басейну і купання в ньому;
- відбілювання і прання в закритому не провітрюваному приміщенні;
- аварії на підприємстві;
- використання хлору в якості зброї масового ураження.

В організм хлор потрапляє через слизові оболонки дихальної і травної систем, шкіру [165]. Ознаки отруєння хлором. До перших ознаках отруєння хлором відносяться:

- дискомфорт і подразнення слизової дихальних шляхів;
- підвищене слиновиділення і спазм голосових зв'язок;
- кашель і утруднене дихання;
- відчуття різі та печіння в очах, слъозотеча;
- нудота і гіркота у роті;
- головні болі і можливі судоми.

При попаданні на шкірний покрив або слизові спостерігається значний свербіж і гіперемія (почервоніння), вірогідні підшкірні крововиливи без пошкодження цілісності шкіри.

Тяжкість патологічного процесу та симптоми отруєння хлором знаходяться в прямій залежності від дози отруйної речовини (хлору) і тривалості його дії.

До прибуття медиків слід надати домедичну допомогу потерпілому:

- усунути джерело надходження отрути в організм – вивести або винести потерпілого поза зону дії отруйної речовини. При цьому необхідно пам'ятати про безпеку рятувальника – застосування марлевої маски або респіратора.

- забезпечити доступ чистого повітря;
- зняти забруднений одяг і теплою (не гарячою) водою промити контактуючі ділянки шкіри.

- у разі перорального надходження (проковтування) хлорвмісних рідин, потрібно промити шлунок. Промивати краще через зонд, або можна викликати блювання після рясного пиття.

- у разі пошкодження очей, промивання великою кількістю води або слабким розчином соди для зняття подразнення;

- полоскання ротової порожнини та носа содовими розчинами для мінімізації ушкодження слизових оболонок, застосування інгаляцій з додаванням соди для полегшення кашлю.

До профілактичних заходів отруєння хлором належать:

- забезпечення належних умов праці відповідно до санітарно-технічних вимог (вентиляція, провітрювання, справне обладнання);
- використання індивідуальних засобів захисту при роботі з хімікатами на виробництві;
- регулярні перевірки концентрацій хлору в повітрі робочої зони;
- проведення профілактичних медичних оглядів для виявлення схильності (доклінічних форм) і хронічних захворювань;
- дотримання вимог безпеки у використанні хлорвмісних рідин в побуті.

Суб'єкт господарської діяльності зобов'язаний забезпечити працівників хлорних об'єктів спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту: а) для захисту органів дихання – фільтруючими протигазами, ізолюючими дихальними апаратами та ізолюючими костюмами; б) для захисту очей – захисними окулярами; в) для захисту шкіри від їдких речовин – гумовими або прогумованими рукавицями, гумовими чоботами або шкіряними черевиками, сукняними костюмами.

При проведенні попереднього (під час прийняття на роботу) та періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівники підлягають огляду оториноларинголога, дерматолога, офтальмолога. При виявленні медичних протипоказів працівники не допускаються до роботи з даним шкідливим фактором. Враховуючи значний ризик і широке застосування хлору, тяжкість ураження і високу можливість летального наслідку, у кожного повинен бути сформований алгоритм дій і чітка позиція – попередити отруєння легше і доцільніше, ніж лікувати і боротися з його наслідками.

## ВИСНОВКИ

Швидка трансформація середовища проживання людей завдяки сучасним невідпинному розвитку та впровадженню інформаційних технологій прогресивно впливає на спорт. Штучний інтелект, обчислювальний інтелект, видобування даних, Інтернет речей (IoT) та глибинне машинне навчання суттєво впливають на наше сьогодення. Інноваційні інформаційні технології вносять радикальні зміни у способи перегляду, проведення ігор, змагань та спортивних тренувань. Те, що колись було простим тренуванням, тепер є складною комбінацією «розумних» IoT-давачів, відеокамер, алгоритмів та систем розроблених та інтегрованих для досягнення оптимального пікового стану спортсменів. Обширний та безперервно зростаючий перелік деталізованих характеристик спортсменів та спортивних команд активно використовуються для формування їх індивідуальних та групових профілів у спортивному «скаутингу». Тому у першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- Описано актуальність досліджень в галузі спортивного «скаутингу».
- Проаналізовано стан досліджень щодо інтелектуального аналізу даних в спортивній галузі.
- Висвітлено перспективні напрямки використання спортивної аналітики.

У другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Описана спортивна підготовка, як невід’ємна складова спортивного «скаутингу».
- Досліджені інтелектуальні методи опрацювання даних, що використовуються в спорті та «скаутингу». Зокрема представлені інтелектуальні методи аналізу даних, які в даний час використовуються в галузі Smart Sport Training (SST).

– Представлені спортивні домени, в яких уже використовується SST. Проаналізовано особливості використання засобів аналітичного опрацювання даних у розрізі видів спорту.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи:

– Висвітлено використання засобів графічної аналітики для практичного опрацювання спортивних ігор.

– Описано розроблений генератор синтетичних даних для потреб «скаутингу». Кінцевою метою проєтування та використання генератора синтетичних даних VovaSocceR було поліпшення розпізнавання подій у футбольних іграх з використанням сучасних засобів відеоаналітики.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано заходи щодо забезпечення сприятливих умов зорової роботи користувача ЕОМ. Розглянуто питання попередження аварій на виробництвах із застосуванням хлору, вплив хлору на людей, перша допомога та профілактика уражень.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- 1 Scout (sport) – Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Scout\\_\(sport\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Scout_(sport)).
- 2 What Does a Sports Scout Do?, <https://www.thebalancecareers.com/career-profile-sports-scout-3113310>.
- 3 S. Bharathan, R.P. Sundarraj, Abhijeet, S. Ramakrishnan, A self-adapting intelligent optimized analytical model for team selection using player performance utility in Cricket, 9th MIT Sloan Sports Analytics Conference, MIT, Boston, 2015, pp. 1–11.
- 4 C.K. Leung, K.W. Joseph, Sports data mining: predicting results for the college football games, *Proc. Comput. Sci.* 35 (2014), 710–719.
- 5 M.J. Dixon, S.G. Coles, Modelling association football scores and inefficiencies in the football betting market, *J. R. Stat. Soc.* 46 (1997), 265–280.
- 6 M. Crowder, M. Dixon, A. Ledford, M. Robinson, Dynamic modelling and prediction of English football league matches for betting, *J. R. Stat. Soc.* 51 (2002), 157–168.
- 7 E.B. Delia, C.G. Armstrong, Sponsoring the French Open: an examination of social media buzz and sentiment, *J. Sport Manage.* 29 (2015), 184–199.
- 8 V. Cordes, L. Olfman, Sports analytics: predicting athletic performance with a genetic algorithm, In: Twenty-second Americas Conference on Information Systems, San Diego, USA, 2016.
- 9 Папірняк В.І., Інформаційні технології інтелектуального аналізу даних для спортивного скаутингу, Матеріали VIII науково-технічної конфції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 9 – 19 грудня 2020р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (2020). 51–52.
- 10 J.D. Blundell, Numerical Algorithms for Predicting Sport Results, University of Leeds, School of Computer Studies, 2009, pp. 1–63.

- 11 K. Leung, A. Cunha, A.W. Toga, D. Stott Parker, Developing image processing meta-algorithms with data mining of multiple metrics, *Comput. Math. Methods Med.* 2014 (2014) 383465.
- 12 R.P. Bunker, F. Thabtah, A machine learning framework for sport result prediction, *Appl. Comput. Inform.* 15 (2019), 27–33.
- 13 S. Brown, A PageRank model for player performance assessment in basketball, soccer and hockey, In: MIT Sloan Sports Analytics Conference, Boston, USA, 2017, pp. 1–22.
- 14 FIFA Quality Programme for EPTS – Football Technology – FIFA, <https://football-technology.fifa.com/en/media-tiles/fifa-quality-programme-for-ept>.
- 15 J. Fernández, From training to match performance: an exploratory and predictive analysis on F.C. Barcelona GPS data, Doctoral Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalonia, Spain, 2016.
- 16 K. Kapadia, H. Abdel-Jaber, F. Thabtah, W. Hadi, Sport analytics for cricket game results using machine learning: an experimental study, *Appl. Comput. Inform.* 2020.
- 17 A. Hopfensitz, C. Mantilla, Emotional expressions by sports teams: an analysis of World Cup soccer player portraits, *J. Econ. Psychol.* 75 (2019).
- 18 D. Liu, C. Hautbois, M. Desbordes, The expected social impact of the Winter Olympic Games and the attitudes of non-host residents toward bidding: The Beijing 2022 case study, *Int. J. Sports Market. Sponsor.* 18 (2017), 330–346.
- 19 Y. Ishikawa, I. Fujishiro, Tidegrapher: visual analytics of tactical situations for rugby matches, *Visual Inform.* 2 (2018), 60–70.
- 20 M. Dowling, B. Leopkey, L. Smith, Governance in sport: a scoping review, *J. Sport Manage.* 32 (2018), 438–451.
- 21 A.H. Eagly, W. Wood, Using research syntheses to plan future research, In: H. Cooper, L.V. Hedges (Eds.), *The Handbook of Research Synthesis*, Russell Sage Foundation, New York, 1994, pp. 485–500.
- 22 Y. Inoue, B.K. Berg, P. Chelladurai, Spectator sport and population health: a scoping study, *J. Sport Manage.* 29 (2015), 705–725.



- 23 J.J. Meerpohl, F. Herrle, S. Reinders, G. Antes, E. von Elm, Scientific value of systematic reviews: survey of editors of core clinical journals, *PLoS One* 7 (2012), e35732.
- 24 J. Meredith, Theory building through conceptual methods, *Int. J. Oper. Prod. Manage.* 13 (1993), 3–11.
- 25 M. Easterby-Smith, M. Crossan, D. Nicolini, Organizational learning: debates past, present and future, *J. Manage. Stud.* 37 (2002), 783–796.
- 26 D.L. Searcy, J.T. Mentzer, A framework for conducting and evaluating research, *J. Account. Lit.* 22 (2003), 130–167.
- 27 S.K. Srivastava, Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review, *Int. J. Manage. Rev.* 9 (2007), 53–80.
- 28 Папірняк В.І., Використання платформи Wyscout для аналізу даних в задачах спортивного скаутингу, Матеріали VIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 9 – 19 грудня 2020р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (2020), 53.
- 29 V. Baena, Online and mobile marketing strategies as drivers of brand love in sports teams: findings from Real Madrid, *Int. J. Sports Market. Sponsor.* 17 (2016), 202–218.
- 30 R. Rein, D. Memmert, Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sport science, *SpringerPlus* 5 (2016), 1410.
- 31 F. Liu, Y. Shi, L. Najjar, Application of design of experiment method for sports result prediction, *Proc. Comput. Sci.* 122 (2017), 720–726.
- 32 Y. Kim, S. Kim, E. Rogol, The effects of consumer innovativeness on sports team applications acceptance and usage, *J. Sport Man.* 31 (2017), 241–255.
- 33 G. Abeza, N. O'Reilly, B. Séguin, O. Nzindukiyimana, Social media scholarship in sport management research: a critical review, *J. Sport Manage.* 29 (2015), 601–618.

- 34 R.U. Mustafa, M.S. Nawaz, M.I.U. Lali, T. Zia, W. Mehmood, Predicting the cricket match outcome using crowd opinions on social networks: a comparative study of machine learning methods, *Malay. J. Comput. Sci.* 30 (2017), 63–76.
- 35 F.J.R. Ruiz, F. Perez-Cruz, A generative model for predicting outcomes in college basketball, *J. Quant. Anal. Sport* 11 (2015), 39–52.
- 36 G. Nalbantis, T. Pawlowski, D. Coates, The Fans’ perception of competitive balance and its impact on willingness-to-pay for a single game, *J. Sports Econ.* 18 (2015), 479–505.
- 37 A. Kaburakis, D.A. Pierce, B.A. Cianfrone, A.L. Paule, Is it still “In the Game”, or has amateurism left the building? NCAA Student-athletes’ perceptions of commercial activity and sport video games, *J. Sport Man.* 26 (2012), 295–308.
- 38 E. Štrumbelj, A comment on the bias of probabilities derived from betting odds and their use in measuring outcome uncertainty, *J. Sports Econ.* 17 (2014), 12–26.
- 39 A. Krumer, On winning probabilities, weight categories, and home advantage in professional judo, *J. Sports Econ.* 18 (2014), 77–96.
- 40 M. Khan, R. Shah, Role of external factors on outcome of a One Day International Cricket (ODI) match and predictive analysis, *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.* 4 (2015), 192–197.
- 41 M. Toma, Missed shots at the free-throw line analyzing the determinants of choking under pressure, *J. Sports Econ.* 18 (2017), 539–559.
- 42 S. Swanson, A. Kent, Fandom in the workplace: multi-target identification in professional team sports, *J. Sport Manage.* 29 (2015), 461–477.
- 43 J. Quenzel, P. Shea, Predicting the winner of tied National Football league games: do the details matter?, *J. Sports Econ.* 17 (2014), 661–671.
- 44 A. Yildizparlak, An application of contest success functions for draws on European Soccer, *J. Sports Econ.* 19 (2017), 1191–1212.

- 45 F. Zambom-Ferraresi, L.I. García-Cebrián, F. Lera-López, B. Iráizoz, Performance evaluation in the UEFA champions league, *J. Sports Econ.* 18 (2017), 448–470.
- 46 M. Lewis, Y. Yoon, An empirical examination of the development and impact of star power in major league baseball, *J. Sports Econ.* 19 (2016), 155–187.
- 47 G.B. Wilkerson, M.A. Colston, A. Gupta, Mitigating sports injury risks using internet of things and analytics approaches, *Risk.* 38 (2018), 1348–1360.
- 48 Shehadeh, M.A.; Schroeder, S.; Richert, A.; Jeschke, S. Hybrid teams of industry 4.0: A work place considering robots as key players. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Banff, AB, Canada, 5–8 October 2017; pp. 1208–1213.
- 49 Tegmark, M. *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*; Knopf: New York, NY, USA, 2017.
- 50 Rauter, S. Mass sports events as a way of life (differences between the participants in a cycling and a running event). *Kinesiol. Slov.* 2014, 20, 5–15.
- 51 O'Reilly, E.; Tompkins, J.; Gallant, M. 'They Ought to Enjoy Physical Activity, You Know?': Struggling with Fun in Physical Education. *Sport. Educ. Soc.* 2001, 6, 211–221.
- 52 Kamisalic', A.; Fister, I.; Turkanovic', M.; Karakati^ c, S.^ Sensors and functionalities of non-invasive wrist-wearable devices: A review. *Sensors* 2018, 18, 1714.
- 53 Fister, I.; Fister, I., Jr.; Fister, D. *Computational Intelligence in Sports*; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
- 54 Héder, M. From NASA to EU: The Evolution of the TRL Scale in Public Sector Innovation. *Innov. J.* 2017, 22, 1–23.
- 55 Matveev, L.P.; Zdornyj, A.P. Determination of the Notion: "Training an Athlete" and "Sports Training"; Progress: St. Columbus, OH, USA, 1981; pp. 21–25.
- 56 Kitchenham, B.; Charters, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3. *Engineering* 2007, 45, 1051.

- 57 Sport|Definition of Sport. Available online: dictionary.com (accessed on 30 March 2020).
- 58 Engelbrecht, A.P. Computational Intelligence: An Introduction; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2007.
- 59 Storn, R.; Price, K. Differential evolution—A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *J. Glob. Optim.* 1997, 11, 341–359.
- 60 Yang, X.S. Bat algorithm: Literature review and applications. arXiv 2013, arXiv:1308.3900.
- 61 Kennedy, J.; Eberhart, R. Particle swarm optimization. In Proceedings of the ICNN'95-International Conference on Neural Networks, Perth, Australia, 27 November–1 December 1995; Volume 4, pp. 1942–1948.
- 62 Sugeno, M.; Asai, K.; Terano, T. Fuzzy Systems Theory and Its Applications; Tokyo Institute of Technology: Tokyo, Japan, 1992.
- 63 Van Laarhoven, P.J.; Aarts, E.H. Simulated annealing. In Simulated Annealing: Theory and Applications; Springer: Cham, Switzerland, 1987; p. 7–15.
- 64 Agrawal, R.; Srikant, R. Fast algorithms for mining association rules. In Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, VLDB, Santiago, Chile, 20–23 August 1994; Volume 1215, pp. 487–499.
- 65 Quinlan, J.R. Induction of decision trees. *Mach. Learn.* 1986, 1, 81–106.
- 66 Margineantu, D.D.; Dietterich, T.G. Pruning Adaptive Boosting; ICML; Citeseer: Princeton, NJ, USA, 1997; Volume 97, pp. 211–218.
- 67 Breiman, L. Random forests. *Mach. Learn.* 2001, 45, 5–32.
- 68 Friedman, J.H. Stochastic gradient boosting. *Comput. Stat. Data Anal.* 2002, 38, 367–378.
- 69 Peterson, L.E. K-nearest neighbor. *Scholarpedia* 2009, 4, 1883.
- 70 Drucker, H.; Burges, C.J.; Kaufman, L.; Smola, A.J.; Vapnik, V. Support vector regression machines. In Advances In Neural Information Processing Systems; MIT Press: Cambridge, UK, 1997; pp. 155–161.

- 71 Beale, H.D.; Demuth, H.B.; Hagan, M. Neural Network Design; Pws: Boston, MA, USA, 1996.
- 72 Johnson, S.C. Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika* 1967, 32, 241–254.
- 73 Kanungo, T.; Mount, D.M.; Netanyahu, N.S.; Piatko, C.D.; Silverman, R.; Wu, A.Y. An efficient k-means clustering algorithm: Analysis and implementation. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2002, 24, 881–892.
- 74 LeCun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. Deep learning. *Nature* 2015, 521, 436–444.
- 75 Mikolov, T.; Karafiát, M.; Burget, L.; Cernocký, J.; Khudanpur, S. Recurrent neural network based language model. In Proceedings of the Eleventh Annual Conference of the International Speech Communication Association, Chiba, Japan, 26–30 September 2010.
- 76 Hochreiter, S.; Schmidhuber, J. Long short-term memory. *Neural Comput.* 1997, 9, 1735–1780
- 77 Lawrence, S.; Giles, C.L.; Tsoi, A.C.; Back, A.D. Face recognition: A convolutional neural-network approach. *IEEE Trans. Neural Netw.* 1997, 8, 98–113.
- 78 Kolodner, J. Case-Based Reasoning; Morgan Kaufmann: Burlington, MA, USA, 2014.
- 79 Berndt, D.J.; Clifford, J. Using Dynamic Time Warping to Find Patterns in Time Series; KDD Workshop: Seattle, WA, USA, 1994; Volume 10, pp. 359–370.
- 80 Cheng, J.; El Greiner, R. Comparing Bayesian Network Classifiers. Available online: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1301/1301.6684.pdf>.
- 81 Geyer, C.J. Practical markov chain monte carlo. *StatSci.* 1992, 7, 473–483.
- 82 Hastie, T.J. Generalized additive models. In *Statistical Models in S*; Routledge: London, UK, 2017; pp. 249–307.
- 83 Bonilla, E.V.; Chai, K.M.; Williams, C. Multi-Task Gaussian Process Prediction. *Advances in Neural Information Processing Systems*. Available online: [https://homepages.inf.ed.ac.uk/ckiwi/postscript/multitaskGP\\_v22.pdf](https://homepages.inf.ed.ac.uk/ckiwi/postscript/multitaskGP_v22.pdf).

- 84 Seber, G.A.; Lee, A.J. Linear Regression Analysis; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2012; Volume 329.
- 85 Lee, S.I.; Lee, H.; Abbeel, P.; Ng, A.Y. Efficient  $L^1$  Regularized Logistic Regression; AAAI: Palo Alto, CA, USA, 2006; Volume 6, pp. 401–408.
- 86 Balakrishnama, S.; Ganapathiraju, A. Linear discriminant analysis-a brief tutorial. *Inst. Signal Inf. Process.* 1998, 18, 1–8.
- 87 Schoenberg, I.J. Cardinal Spline Interpolation; Siam: Philadelphia, PA, USA, 1973; Volume 12.
- 88 Lin, Z.; Wu, S. The Design and Implementation of Shooting Training and Intelligent Evaluation System. In *Emerging Computation and Information Technologies for Education; Advances in Intelligent and Soft Computing*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 107–115.
- 89 Guangjun, L.; Kejun, P. Knowledge Rule Discovery Based on Training Data of Rowing. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Future Computer Science and Education*, Xi'an, China, 20–21 August 2011; pp. 338–340.
- 90 Sundholm, M.; Cheng, J.; Zhou, B.; Sethi, A.; Lukowicz, P. Smart-mat. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing–UbiComp '14 Adjunct*, Seattle, WA, USA, 13–17 September 2014; ACM Press: New York, NY, USA, 2014; pp. 373–382.
- 91 Pan, L. A Big Data-Based Data Mining Tool for Physical Education and Technical and Tactical Analysis. *Int. J. Emerg. Technol. Learn. (iJET)* 2019, 14, 220.
- 92 Pickering, C.; Kiely, J. The Development of a Personalised Training Framework: Implementation of Emerging Technologies for Performance. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2019, 4, 25.
- 93 Chen, S.; Zhao, H.; Chen, X.; Fan, C. Detecting sports fatigue from speech by support vector machine. In *Proceedings of the 2016 8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2016*, Beijing, China, 4–6 June 2016; pp. 96–99.

94 Baralis, E.; Cerquitelli, T.; Chiusano, S.; D'elia, V.; Molinari, R.; Susta, D. Early prediction of the highest workload in incremental cardiopulmonary tests. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 2013, 4, 1–20.

95 Apostolou, K.; Tjortjis, C. Sports Analytics algorithms for performance prediction. In *Proceedings of the 2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, Patras, Greece, 15–17 July 2019; pp. 1–4.

96 Strohrmann, C.; Harms, H.; Troster, G. What Do Sensors Know about Your Running Performance? In *Proceedings of the 2011 15th Annual International Symposium on Wearable Computers*, San Francisco, CA, USA, 12–15 June 2011; pp. 101–104.

97 Fister, D.; Fister, I.; Rauter, S.; Fister, I. Generating eating plans for athletes using the particle swarm optimization. In *Proceedings of the 2016 IEEE 17th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*, Budapest, Hungary, 17–19 November 2016; pp. 000193–000198.

98 Fister, I.; Rauter, S.; Fister, K.L.; Fister, D. Planning fitness training sessions using the bat algorithm. In *Proceedings of the CEUR Workshop Proceedings*, Slovenský Raj, Slovakia, 17–21 September 2015; Volume 1422, pp. 121–126.

99 Silacci, A.; Khaled, O.A.; Mugellini, E.; Caon, M. Designing an e-Coach to Tailor Training Plans for Road Cyclists. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 2020, 1026, 671–677.\_102.

100 Mata, F.; Torres-Ruiz, M.; Zagal, R.; Guzman, G.; Moreno-Ibarra, M.; Quintero, R. A cross-domain framework for designing healthcare mobile applications mining social networks to generate recommendations of training and nutrition planning. *Telemat. Inf.* 2018, 35, 837–853.

101 Matos, P.; Rocha, J.; Gonçalves, R.; Almeida, A.; Santos, F.; Abreu, D.; Martins, C. Smart Coach—A Recommendation System for Young Football Athletes. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 2020, 1006, 171–178.\_21.

102 Attigala, D.A.; Weeraman, R.; Fernando, W.S.S.W.; Mahagedara, M.M.S.U.; Gamage, M.P.A.W.; Jayakodi, T. Intelligent Trainer for Athletes using Machine Learning. In Proceedings of the 2019 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON), New Delhi, India, 27–28 September 2019; pp. 898–903.

103 Google. Calorie Counter—MyFitnessPal—Google Play Application. Available online: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.myfitnesspal.android&hl>.

104 Google. Google Fit:—Application in Google Play. Available online: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.fitness&hl>.

105 Google. Endomondo—Running & Walking—Application in Google Play. Available online: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.endomondo.android&hl>.

106 Apple. iOS—Health—Apple. Available online: <https://www.apple.com/ios/health/>.

107 SOFIFA. SOFIFA—Players FIFA 20 Apr 7, 2020 SoFIFA. Available online: <https://sofifa.com/>.

108 Rao, V.; Shrivastava, A. Team strategizing using a machine learning approach. In Proceedings of the 2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI), Coimbatore, India, 23–24 November 2017; pp. 1032–1035.

109 Michalski, S.C.; Szpak, A.; Saredakis, D.; Ross, T.J.; Billingham, M.; Loetscher, T. Getting your game on: Using virtual reality to improve real table tennis skills. PLoS ONE 2019, 14, e0222351.

110 Gourgari, S.; Goudelis, G.; Karpouzis, K.; Kollias, S. Thetis: Three dimensional tennis shots a human action dataset. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, CVPR 2013, Portland, OR, USA, 23–28 June 2013; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2013; pp. 676–681.



111 Mora, S.V.; Knottenbelt, W.J. Deep Learning for Domain-Specific Action Recognition in Tennis. In Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), Honolulu, HI, USA, 21–26 July 2017; pp. 170–178.

112 OpenPowerlifting. Powerlifting Database|Kaggle. 2018. Available online: <https://www.kaggle.com/openpowerlifting/powerlifting-database>.

113 Chau, V.H.; Vo, A.T.; Le, B.T. A Gravitational-Double Layer Extreme Learning Machine and its Application in Powerlifting Analysis. *IEEE Access* 2019, 7, 143990–143998.

114 Kristan, M.; Leonardis, A.; Matas, J.; Felsberg, M.; Pflugfelder, R.; Cehovin Zajc, L.; Vojir, T.; Häger, G.; Lukežič, A.; Eldesokey, A.; et al. The Visual Object Tracking VOT2017 Challenge Results; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2017.

115 Fan, H.; Lin, L.; Yang, F.; Chu, P.; Deng, G.; Yu, S.; Bai, H.; Xu, Y.; Liao, C.; Ling, H. LaSOT: A High-Quality Benchmark for Large-Scale Single Object Tracking. In The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR); IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2019.

116 Wang, J.; Qiu, K.; Peng, H.; Fu, J.; Zhu, J. AI Coach: Deep Human Pose Estimation and Analysis for Personalized Athletic Training Assistance. In Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia, MM '19, Nice, France, 21–25 October 2019; ACM: New York, NY, USA, 2019; pp. 374–382, g:10.1145/3343031.3350910.

117 Acikmese, Y.; Ustundag, B.C.; Golubovic, E. Towards an artificial training expert system for basketball. In Proceedings of the 2017 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, ELECO 2017, Bursa, Turkey, 30 November–2 December 2017; pp. 1300–1304.

118 Hölzemann, A.; Van Laerhoven, K. Using Wrist-Worn Activity Recognition for Basketball Game Analysis. In Proceedings of the 5th International Workshop on Sensor-Based Activity Recognition and Interaction—iWOAR '18,

Berlin, Germany, 20–21 September 2018; ACM Press: New York, NY, USA, 2018; pp. 1–6.

119 Ofoghi, B.; Zeleznikow, J.; MacMahon, C.; Dwyer, D. Supporting athlete selection and strategic planning in track cycling omnium: A statistical and machine learning approach. *Inf. Sci.* 2013, 233, 200–213.

120 Zhou, B.; Sundholm, M.; Cheng, J.; Cruz, H.; Lukowicz, P. Never skip leg day: A novel wearable approach to monitoring gym leg exercises. In *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, Sydney, Australia, 14–18 March 2016; pp. 1–9.

121 Kampakis, S. Comparison of Machine Learning Methods for Predicting the Recovery Time of Professional Football Players after an Undiagnosed Injury. Available online: [https://dtai.cs.kuleuven.be/events/MLSA13/papers/mlsa13\\_submission\\_4.pdf](https://dtai.cs.kuleuven.be/events/MLSA13/papers/mlsa13_submission_4.pdf).

122 Rocznio, R.; Rygula, I.; Kwasniewska, A. The use of Kohonen's neural networks in the recruitment process for sport swimming. *J. Hum. Kinet.* 2007, 17, 75.

123 Blank, P.; Hoßbach, J.; Schuldhaus, D.; Eskofier, B.M. Sensor-based stroke detection and stroke type classification in table tennis. In *Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers–ISWC '15*, Osaka, Japan, 7–11 September 2015; ACM Press: New York, NY, USA, 2015; pp. 93–100.

124 Gang, P.; Zeng, W.; Gordienko, Y.; Rokovyi, O.; Alienin, O.; Stirenko, S. Prediction of Physical Load Level by Machine Learning Analysis of Heart Activity after Exercises. *arXiv* 2019, arXiv:1912.09848.

125 Novatchkov, H.; Baca, A. Artificial intelligence in sports on the example of weight training. *J. Sport. Sci. Med.* 2013, 12, 27–37.

126 Jian, M.; Zhang, S.; Wu, L.; Zhang, S.; Wang, X.; He, Y. Deep key frame extraction for sport training. *Neurocomputing* 2019, 328, 147–156.

127 Trejo, E.W.; Yuan, P. Recognition of Yoga poses through an interactive system with Kinect based on confidence value. In *Proceedings of the*

2018 3rd International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM), Singapore, 18–20 July 2018; pp. 606–611.

128 Wei, Z.; Liu, F.; Wei, A.; Cui, X. Fencing Training Decision Support System Based on Bayesian Network. In Proceedings of the 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, Wuhan, China, 11–13 December 2009; pp. 1–4.

129 Henriët, J. Artificial Intelligence-Virtual Trainer: An educative system based on artificial intelligence and designed to produce varied and consistent training lessons. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part P J. Sport. Eng. Technol.* 2017, 231, 110–124.

130 Fister, I., Jr.; Rauter, S.; Fister, D.; Fister, I. A Collection of Sport Activity Datasets with an Emphasis on Powermeter Data. Available online: <http://www.iztok-jr-fister.eu/static/publications/206.pdf> (accessed on 30 March 2020).

131 Rouissi, M.; Chtara, M.; Bragazzi, N.L.; Haddad, M.; Chamari, K. Data concerning isometric lower limb strength of dominant versus not-dominant leg in young elite soccer players. *Data Brief* 2018, 17, 414–418.

132 Pappalardo, L.; Cintia, P.; Rossi, A.; Massucco, E.; Ferragina, P.; Pedreschi, D.; Giannotti, F. A public data set of spatio-temporal match events in soccer competitions. *Sci. Data* 2019, 6, 1–15.

133 Okagbue, H.I.; Erondy, E.C.; Atayero, A.A.; Oguntunde, P.E.; Opanuga, A.A.; Olawande, T.I.; Ijezie, O.A.; Eze, G.A. Statistical analysis of frequencies of opponents eliminations in Royal Rumble wrestling matches, 1988–2018. *Data Brief* 2018, 19, 1458–1465.

134 Aguilera-Castells, J.; Buscà, B.; Arboix-Alió, J.; McEwan, G.; Calleja-González, J.; Peña, J. Correlational data concerning body centre of mass acceleration, muscle activity, and forces exerted during a suspended lunge under different stability conditions in high-standard track and field athletes. *Data Brief* 2020, 28, 104912.

135 Sbrollini, A.; Morettini, M.; Maranesi, E.; Marcantoni, I.; Nasim, A.; Bevilacqua, R.; Riccardi, G.R.; Burattini, L. Sport Database: Cardiorespiratory data acquired through wearable sensors while practicing sports. *Data Brief* 2019, 27, 104793.

136 Slimani, M.; Paravlic', A.; Bragazzi, N.L. Data concerning the effect of plyometric training on jump performance in soccer players: A meta-analysis. *Data Brief* 2017, 15, 324–334.

137 Kaggle. Find Open Datasets and Machine Learning Projects| Kaggle. Available online: <https://www.kaggle.com/datasets>.

138 Fister, I., Jr.; Vrbancić, G.; Brezocnik, L.; Podgorelec, V.; Fister, I. SportyDataGen: An Online Generator of Endurance Sports Activity Collections. In *Proceedings of the Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, Varaždin, Croatia, 19–21 September 2018; pp. 171–178.

139 Hayduk T. The future of sport data analytics. In: *Statistical modelling and sports business analytics*. Francis & Taylor; 2020.

140 Morra L, Manigrasso F, Canto G, Gianfrate C, Guarino E, Lamberti F. Slicing and dicing soccer: Automatic detection of complex events from spatiotemporal data. In: Campilho A, Karray F, Wang Z, editors. *Image analysis and recognition*. Cham: Springer International Publishing; 2020, p. 107–21.

141 Pettersen SA, Johansen D, Johansen H, Berg-Johansen V, Gaddam VR, Mortensen A, et al. Soccer video and player position dataset. In: *Proceedings of the 5th ACM multimedia systems conference. MMSys '14*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2014, p. 18–23.

142 Hayduk T. The future of sport data analytics. In: *Statistical modelling and sports business analytics*. Francis & Taylor; 2020.

143 Cannavó A, Calandra D, Basilicó G, Lamberti F. Automatic recognition of sport events from spatio-temporal data: An application for virtual realitybased training in basketball. In: *14th international conference on computer graphics theory and applications (GRAPP 2019)*. SCITEPRESS; 2019, p. 310–6.

- 144 Cannavò A, Praticò FG, Ministeri G, Lamberti F. A movement analysis system based on immersive virtual reality and wearable technology for sport training. In: Proceedings of the 4th international conference on virtual reality. 2018, p. 26–31.
- 145 Rematas K, Kemelmacher-Shlizerman I, Curless B, Seitz S. Soccer on your tabletop. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2018, p. 4738–47.
- 146 Richly K, Bothe M, Rohloff T, Schwarz C. Recognizing compound events in spatio-temporal football data. In: International conference on internet of things and big data, Vol. 2. SCITEPRESS; 2016, p. 27–35.
- 147 Lee J, Nam D, Moon S, Lee J, Yoo W. Soccer event recognition technique based on pattern matching. In: 2017 federated conference on computer science and information systems (FedCSIS). 2017, p. 643–6.
- 148 Khan A, Lazzerini B, Calabrese G, Serafini L. Soccer event detection. In: 4th international conference on image processing and pattern recognition (IPPR 2018). AIRCC Publishing Corporation; 2018, p. 119–29.
- 149 Shih H-C. A survey of content-aware video analysis for sports. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol 2017;28(5):1212–31.
- 150 Nikolenko SI. Synthetic data for deep learning. 2019, arXiv preprint arXiv: 1909.11512.
- 151 Giancola S, Amine M, Dghaily T, Ghanem B. Soccernet: A scalable dataset for action spotting in soccer videos. In: Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops. 2018, p. 1711–21.
- 152 Pappalardo L, Cintia P, Rossi A, Massucco E, Ferragina P, Pedreschi D, et al. A public data set of spatio-temporal match events in soccer competitions. Sci Data 2019;6(1):1–15.
- 153 Schuiling BK. Gameplay football, <https://github.com/BazkieBumpercar/GameplayFootball>.

154 Kurach K, Raichuk A, Stanczyk P, Zajac M, Bachem O, Espeholt L, et al. Google research football: A novel reinforcement learning environment. 2019, CoRR, arXiv:1907.11180.

155 Morra, Lia, Francesco Manigrasso, and Fabrizio Lamberti. "SocceER: Computer graphics meets sports analytics for soccer event recognition." *SoftwareX* 12 (2020): 100612.

156 Fortin F-A, De Rainville F-M, Gardner M-A, Parizeau M, Gagné C. DEAP: Evolutionary algorithms made easy. *J Mach Learn Res* 2012;13:2171–5.

157 Anicic D, Fodor P, Stühmer R, Rudolph S. Etalis home, <http://code.google.com/p/etalis>.

158 Canto G. Sistema di riconoscimento di eventi sportivi basati su logiche temporali. (Master's thesis), Italy: Politecnico di Torino; 2019.

159 Gaidon A, Harchaoui Z, Schmid C. Actom sequence models for efficient action detection. In: *CVPR 2011. IEEE*; 2011, p. 3201–8.

160 Ергономічні вимоги до організації робочих місць, [https://pidru4niki.com/14821111/bzhd/ergonomichni\\_vimogi\\_organizatsiyi\\_roboc\\_hih\\_mists](https://pidru4niki.com/14821111/bzhd/ergonomichni_vimogi_organizatsiyi_roboc_hih_mists).

161 Фізіологічні, психологічні та соціальні особливості життєдіяльності людини, [https://www.lnu.edu.ua/life-safety/wp-content/uploads/2015/10/BZhD\\_Part\\_2.pdf](https://www.lnu.edu.ua/life-safety/wp-content/uploads/2015/10/BZhD_Part_2.pdf) (Accessed December 11, 2020).

162 Міністерство праці та соціальної політики України. Комітет по нагляду за охороною праці України. Наказ Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#Text> (Accessed December 11, 2020).

163 Стручок, Володимир Сергійович, Олена Степанівна Стручок, and Дарія Володимирівна Мудра. "Навчальний посібник до написання розділу дипломного проекту та дипломної роботи "Безпека в надзвичайних ситуаціях "для студентів всіх спец. денної, заочної (дистанційної) та екстернатної форм навчання." (2017).

164 Конспект лекцій дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», змістовний модуль «Цивільний захист», для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС, 2020 р. – 49 с.

165 Профілактика отруєння хлором, <https://te.dsp.gov.ua/profilaktyka-otruiennya-hlorom/>.

# ДОДАТКИ



## Тези конференції

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

## МАТЕРІАЛИ

VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

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



9–10 грудня 2020 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2020

<b>П. Німців, В. Никитюк</b> ІНФОРМАЦІЙНІСЕРВІСИ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИБОРУ ГЕОЛОКАЦІЇ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ <b>P. Nimtsiv, V. Nykytyuk</b> INFORMATION SERVICES AND SOFTWARE FOR GEOLOCATION SELECTION FOR INSTALLATION OF WIND TURBINES	48
<b>О. Озеранець</b> ПРИСТРІЙ РОЗПІЗНАВАННЯ ГОЛОСОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБИННИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ <b>O. Ozeranets</b> VOICE INFORMATION RECOGNITION DEVICE USING DEEP NEURAL NETWORKS	49
<b>В. Очеретний</b> РЕЗУЛЬТАТИ СТАТИСТИЧНОГО ТЕСТУ БЕЗПЕЧНОСТІ ГЕШ-АЛГОРИТМІВ КОНКУРСУ КАНДИДАТІВ ЗА ВИБІР СТАНДАРТНОГО ГЕШ-АЛГОРИТМУ SHA-3 <b>V. Ocheretnyi</b> RESULTS OF THE STATISTICAL TEST SECURITY HASH ALGORITHMS CANDIDATES COMPETITION FOR SELECTING STANDARD HASH ALGORITHM SHA-3	50
<b>В. Папірняк</b> ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ СПОРТИВНОГО СКАУТИНГУ <b>V. Papirniak</b> INFORMATION TECHNOLOGY OF INTELLECTUAL ANALYSIS DATAS FOR SPORT SCOUTING	51
<b>В. Папірняк</b> ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ WYSCOUT ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ В ЗАДАЧАХ СПОРТИВНОГО СКАУТИНГУ <b>V. Papirniak</b> USING PLATFORME WYSCOUT FOR DATA ANALYSIS IN SPORTS SCOUTING PROBLEMS	53
<b>В. Піх</b> ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ БЛОКОВО-СИМЕТРИЧНОГО ШИФРУВАННЯ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МІНІ-ВЕРСІЙ <b>V. Pikh</b> EVALUATION OF EFFICIENCY OF BLOCK-SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHMS BASED ON THE USE OF MINI-VERSIONS	54
<b>М. Плєскачевський</b> РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ WIFI МЕРЕЖІ <b>M. Pleskachevsky</b> DEVELOPMENT OF A MODEL OF WI FI NETWORK INFORMATION PROTECTION	55
<b>Н. Придота, В. Вацлавська</b> ПЕРЕВАГИ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ BIG DATA У СИСТЕМІ SMART CITY <b>N. Pryndota, V. Vatslavska</b> ADVANTAGES AND PROBLEMS OF USING THE BIG DATA CONCEPT IN THE SMART CITY SYSTEM	56

УДК 004.6

**Папірняк В.І., – ст.гр.СТм-61.**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ  
ДЛЯ СПОРТИВНОГО СКАУТИНГУ**

UDC 004.6

**Papirniak V.****INFORMATION TECHNOLOGY OF INTELLECTUAL ANALYSIS DATAS  
FOR SPORT SCOUTING**

Стрімкий науково-технічний прогрес і інформатизація провідних країн світового співтовариства відіграють важливу роль в глобальних перетвореннях усіх сфер життя людства. Інформаційні технології дозволяють управляти інформацією за допомогою засобів обчислювальної техніки, до яких відносять комп'ютери і програмне забезпечення, пристрої і системи зв'язку. Аспекти впровадження сучасних інформаційних технологій в галузі фізичної культури і спорту досліджуються багатьма фахівцями, адже їх використання дозволяє ефективно здійснювати збір, обробку та передачу інформації, якісно змінити методи і організаційні форми підготовки висококваліфікованих спортсменів, тренерів та суддів і фахівців фізичного виховання та спорту.

Визначено, що основні напрямки використання інформаційних технологій в фізичній культурі і спорті пов'язані з розвитком особистості і підвищенням якості життя людини в умовах сучасного інформаційного товариства, а також з ускладненням і вдосконаленням всіх рівнів тренувального процесу. Наразі комп'ютерні та інформаційні технології (ІТ) використовуються як засіб навчання і організації інтелектуального дозвілля; для біомеханічного аналізу техніки руху спортсменів, створення моделей тренувальних і змагальних ситуацій і засіб автоматизації процесів обробки результатів змагань і наукових досліджень; для інформаційно-методичного забезпечення та управління навчально-виховним процесом в навчальних закладах, спортивних установах і організаціях; при організації моніторингу фізичного стану та здоров'я тих, хто займається; як засіб автоматизації процесів контролю, комп'ютерного тестування фізичного, функціонального, розумового і психологічного станів тих, хто займається і корекції результатів навчально-тренувальної діяльності; в рекламній, пропагандистській та підприємницькій діяльності в сфері спорту.

Застосування комп'ютерної техніки здатне значно підвищити продуктивність праці учасників педагогічної діяльності за рахунок високоякісної передачі навчального матеріалу, концентрації уваги на вузлових моментах навчального матеріалу, і водночас зменшити непродуктивні втрати сил та часу на пошук, обробку, сприймання і засвоєння інформації.

Предметом досліджень в працях Г.Р.Генерук та Л.В.Денисово є впровадження інноваційних освітніх технологій, а саме використання комп'ютерних навчальних тренажерів, з метою підвищення якості підготовки фахівців з фізичного виховання і спорту. Проблемам тестового контролю у системі оцінки знань студентів інститутів фізичної культури присвячена робота М. А. Ісаченко. Дослідження О. Г. Черевичко присвячене психодіагностиці студентів, вивченню властивостей пам'яті та уваги, як складових когнітивних функцій та впливу цих властивостей на формування рівня працездатності та ефективності виконуваної роботи, підготовки до майбутньої професії за допомогою комп'ютерних технологій.

Аналіз сучасного програмного забезпечення, пов'язаного з питаннями технічної підготовки спортсменів проведений в роботі Р. Ф. Ахметова, Т. Б. Кутек, дозволив зробити авторам висновок, що інтегруючим показником всіх відомих систем виступає можливість проводити аналіз, знаходити найбільш ефективні варіанти рухових дій і визначати помилки в технічній підготовленості у спортсменів різного рівня кваліфікації.

Аналіз науково-методичної літератури довів доцільність впровадження сучасних інформаційних технологій у галузі фізичної культури і спорту, але незважаючи на велику кількість напрямів їх застосування і публікацій, ці розробки досі не отримали широкого застосування. Перспективи подальших досліджень полягають у систематизації даних про використання сучасних інформаційних технологій в наукових дослідженнях з фізичної культури і спорту.

#### **Література.**

1. Ахметов Р. Ф. "Сучасні тенденції використання інформаційних технологій у технічній підготовці спортсменів" / Р. Ф. Ахметов, Т. Б. Кутек // Вісник Черніг. держ. пед. ун-ту. – 2011. – № 86. – С. 15–18.
2. Генсерук Г. Р. Підготовка майбутніх учителів фізичної культури до застосування інформаційних технологій у професійній діяльності : Автореф. дис. канд. пед. наук : 13.00.04 / Г. Р. Генсерук. – Терноп. нац. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. – Т., 2005. – 20 с.
3. Денисова Л. В. Гіпермедійне інформаційне середовище навчання як засіб професійної підготовки фахівців з фізичного виховання і спорту : автореф. дис. канд. пед. наук : 13.00.04 / Л. В. Денисова. – Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – К., 2010. – 22 с.
4. Ісаченко М. А. Тестовий контроль в системі оцінки знань студентів інститутів фізичної культури і спорту / М. А. Ісаченко // Молода спортивна наука України : Зб. наук. праць з галузі фізичної культури та спорту. Т. 5. – Львів : Нвф «Українські технології», 2007. – С. 258–259.
5. Ладика П. Сучасні комп'ютерні технології у фізичному вихованні і спорті [Текст] / П. Ладика, В. Бучок // Актуальні аспекти фізичного виховання, спорту і здоров'я людини / ТНПУ ім. В. Гнатюка. – Т. : Вектор, 2013. – С. 128–134.
6. Черевичко О. Г. Функції пам'яті та уваги у студентів навчального відділення плавання НТУУ «КПІ» [Текст] / О. Г. Черевичко // Молодий вчений. – 2016. – № 3. – С. 122–125.



УДК 004.6

Папірняк В.І., – ст.гр.СТМ-61.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ WYSCOUT ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ В ЗАДАЧАХ СПОРТИВНОГО СКАУТИНГУ

UDC 004.6

Papirniak V.

## USING PLATFORME WYSCOUT FOR DATA ANALYSIS IN SPORTS SCOUTING PROBLEMS

**Wyscout** – це італійська компанія, яка підтримує розвідку футболу, аналіз матчів та динаміку трансферів. Компанія була заснована в Генуї, Італія, в 2004 році і вона знаходиться в К'яварі з січня 2008 року. Вони забезпечують відеоаналіз інструмент і цифрові бази даних щодо характеристик і матчів для тренерів, команд і гравців, що займаються футбольного бізнесом. Мета полягає в тому, щоб дозволити їм детально переглянути велику кількість спортсменів про окремі виступи, схеми гри та тактичну стратегію.

Платформа Wyscout – це база даних, що містить інформацію про футболістів. Він був опублікований в Інтернеті в березні 2008 року під назвою "Wiscout", і ця версія отримала назву 0.1. Платформа складалася з веб-сайту, де можна було замовити DVD-диски через Express Courier та переглянути статистику футболіста як зріст, вагу тощо. У грудні 2008 року компанія почала надавати окремі веб-сторінки в форматі HTML із вбудованим онлайн-програвачем відео для потокової передачі. Футбольні матчі за запитом їх клієнтів (Wiscout 0.2). Wyscout Platform 0.3 був випущений і доступний з Google Chrome у лютому 2009 року, була можливість дивитися трансляції футбольних матчів на онлайн-платформі, на початку була доступна невелика кількість ігор. Застосування комп'ютерної техніки здатне значно підвищити продуктивність праці учасників педагогічної діяльності за рахунок високоякісної передачі навчального матеріалу, концентрації уваги на вузлових моментах навчального матеріалу, і водночас зменшити непродуктивні втрати сил та часу на пошук, обробку, сприймання і засвоєння інформації.

Навесні 2009 року компанія випустила платформу Wyscout 1.0 за допомогою індивідуальних телевізійних приставок, і можна було отримати доступ до відеобаз даних через HDTV. Навесні 2010 року назву продукту було змінено на платформу Wyscout. Він був опублікований в Інтернеті як веб-сайт 5 березня 2010 р. Графічний інтерфейс цієї версії сильно відрізнявся від попереднього, на домашній сторінці відображалися прапори всіх країн, а в підменю - списки всіх ліг, команд та команд. гравці обраної країни. Форум Wyscout – це B2B-подія, де футбольні агенти, футбольні клуби та агентства гравців взаємодіють; це принципово працює як центр зв'язку між ними. Форум Wyscout, як правило, проводиться у виконавчих апартаментах футбольних стадіонів або готелів глобальних міст, таких як Лондон, Ріо-де-Жанейро, Абу-Дабі, Барселона, Москва та Мілан. Перший Форум Wyscout відбувся навесні 2011 року. Станом на квітень 2014 року Форум Wyscout було дев'ять видань. Протягом 2012–2013 років як *The Guardian*, так і *The Independent* писали про те, що Платформа Wyscout витрачала гарні слова стосовно розмірів її бази даних. *The Guardian* також високо оцінила можливість виявити потенційних кваліфікованих футболістів за допомогою Інтернету платформа.

### Література.

1. Вікіпедія "Wyscout - Футбольні професійні відео та платформа даних".
2. "Хадл поглинає Wyscout, щоб підкріпити футбольну позицію" [www.sportindustry.biz](http://www.sportindustry.biz).
3. Скаутинг потрапляє у сміливий новий світ, коли клуби активізують пошук талантів". *The Guardian*.