

The high content of gravel in the samples № 1, 2 with density of 2.7...3.4 g/cm³, which corresponds to the grade of asphalt 1A. Samples № 3, 4, 8 with a density of 2.1.2.3 g/cm³ with an average grade of crushed stone meet Marche asphalt 1. Specimen № 5 correspond to the brand of asphalt 1B. Sample № 7 correspond to the brand of asphalt 2B. Sample № 6 correspond to the brand of asphalt 3D.

According to the marking, the marks of asphalt (except for the brand 3) can be used to cover highways: the more dense the pavement, the more loaded the track use it. Mark 3 can be used to cover pedestrian highways.

Thus, the used composition of asphalt for the road surface, taken in different parts of the city, corresponds to its purpose.

References:

1. The composition and grade of asphalt [Electronic resource]. – Mode of access URL: https://vik95.ru/poleznoe/sostav_i_marki_asfalta.html.
2. GOST 9128-2009 Mix asphalt road, airfield and asphalt concrete. – М.: STANDARTINFORM, 2010. – 20 p.

Четверіков А.М.

студент,

*Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна*

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ

При прогнозуванні діяльності різних складних систем особливу роль відіграє аналіз стохастичних ігор. Стохастичні ігри являють собою розділ теорії ігор, що розвивається, оскільки з їх допомогою вдається створювати адекватні моделі в області юриспруденції, охорони навколишнього середовища, еволюційної біології, економіки та спорту. Наприклад, до стохастичної гри зводиться економічна задача перестрашування. У даній роботі в вигляді стохастичної гри розглядається футбольний чемпіонат.

Математичним моделюванням ігор займалися такі відомі вчені як Джон фон Нейман, Джон Неш, Річард Беллман, Ллойд Шеплі. Однак, при моделюванні футбольних ігор особливістю є наявність двох «сторін» процесів – двох команд, які беруть участь в матчі. Останнім часом з'явилося досить багато робіт, які присвячені прогнозуванню результатів футбольних матчів за допомогою математичних моделей. У даній галузі основними роботами є математичні моделі Махера та Діксона – Коулза [1; 2].

У даній роботі використовується аналіз статистичних даних, а також елементи теорії випадкових процесів для побудови стохастичної моделі футбольного чемпіонату. Метою даної роботи є розробка інформаційної системи для прогнозування результату футбольних ігор, за допомогою математичних моделей Махера і Діксона – Коулза.

Для того, щоб реалізувати алгоритм моделі Махера необхідно спочатку розрахувати показники атакуючої і захисної сили домашньої і виїзної команд. Виходячи з цих показників необхідно оцінити найбільш очікувану кількість голів домашньої і виїзної команд. Потім необхідно розрахувати ймовірність того, що матч закінчиться з рахунком (x-y). Підставляючи по черзі в циклі замість x і y значення від 0 до 10 отримуємо результуючу матрицю розміром 11 на 11. На рисунку 1 показана матриця ймовірностей всіх можливих результатів.

	0	1	2	3	4	...
0	0.059	0.112	0.105	0.066	0.031	...
1	0.055	0.105	0.099	0.062	0.029	...
2	0.026	0.049	0.047	0.029	0.014	...
3	0.008	0.015	0.015	0.009	0.004	...
4	0.002	0.004	0.003	0.002	0.001	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Рис. 1. Матриця ймовірностей всіх можливих результатів

Для того, щоб отримати ймовірність перемоги домашньої команди необхідно просумувати ймовірності тих елементів матриці, де номер рядка більше ніж номер стовпчика. Відповідно, для того, щоб отримати можливість того, що перемогу здобуде виїзна команда необхідно просумувати ті елементи матриці, де номер стовпчика більше, ніж номер рядка. Ймовірність нічий можна визначити, просумувавши елементи матриці, де номер рядка дорівнює номеру стовпчика. На рисунку 2 показано які елементи необхідно просумувати для підрахунку ймовірності перемоги виїзної команди.

	0	1	2	3	4	...
0	0.059	0.112	0.105	0.066	0.031	...
1	0.055	0.105	0.099	0.062	0.029	...
2	0.026	0.049	0.047	0.029	0.014	...
3	0.008	0.015	0.015	0.009	0.004	...
4	0.002	0.004	0.003	0.002	0.001	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Рис. 2. Підрахунок ймовірності перемоги виїзної команди

На результат футбольного матчу впливає безліч факторів, однак, в даній моделі пропонується виділити наступні ключові моменти:

а) модель повинна враховувати різні здібності команд, які беруть участь в матчі;

б) в моделі передбачається, що команда, яка грає вдома, взагалі кажучи, повинна мати деяку перевагу – так званий, ефект домашнього поля;

в) найбільш розумним припущенням є те, що здібності команд необхідно оцінювати виходячи з узагальнення їх недавніх виступів, а не ґрунтуючись на статистиці за весь сезон;

г) природа футболу така, що здібності команд найкраще відображаються якщо їх розділити на атакуючі здатності команди (здатність команди забивати голи) і на захисні здатності команди (здатність команди не пропускати голи);

д) атакуючі і захисні здатності команди, коли вона грає вдома і коли вона грає в гостях, оцінюються незалежно одне від одного.

Так само, як і в моделі Махера, в моделі Діксона – Коулза базовим залишається припущення, що голи забиті домашньою і виїзною командами є незалежними випадковими величинами з законом розподілу Пуассона, чий значення визначаються атакуючими і захисними силами кожної з команд.

Для оцінки результатів роботи системи був обраний чемпіонат Англії. Для прикладу був обраний матч тридцять першого туру між командами «Тоттенхем» і «Борнмут». На рисунку 3 показані результати прогнозування даного матчу обома моделями.

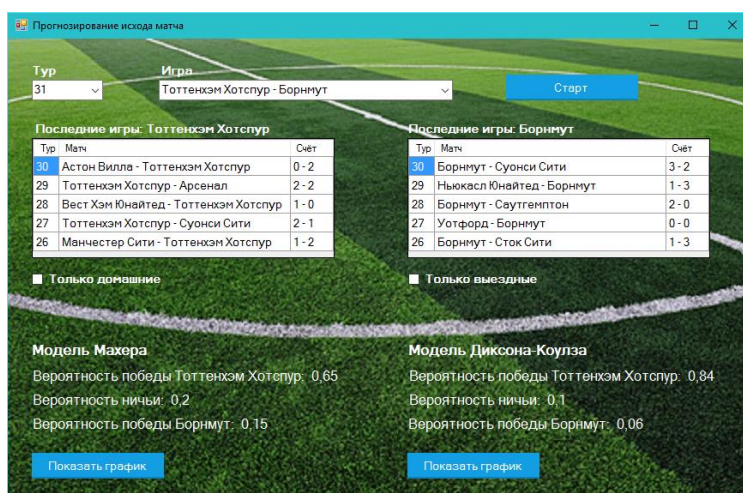
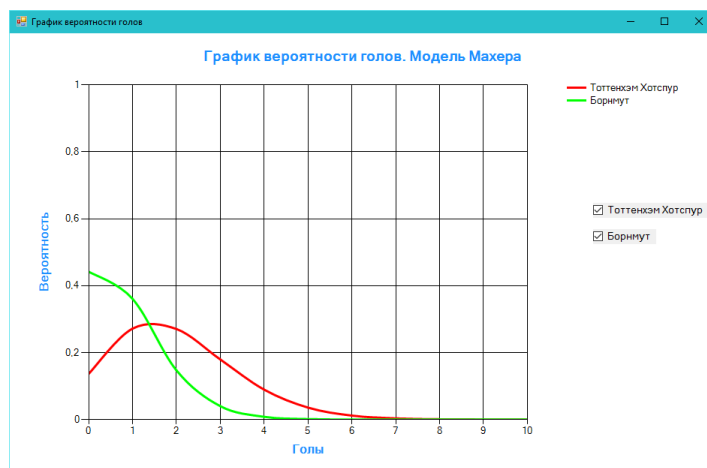


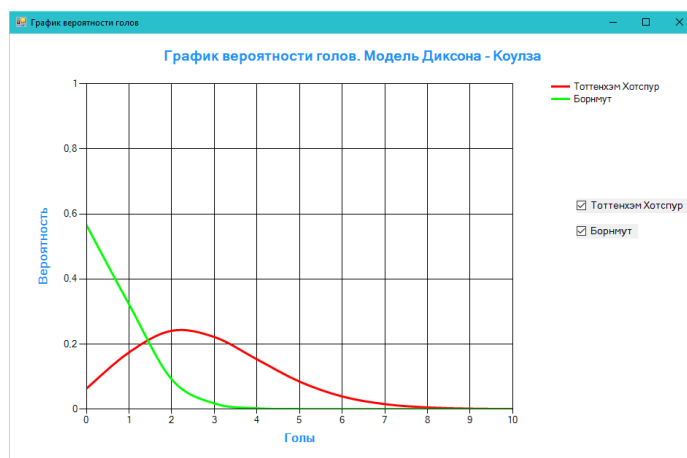
Рис. 3. Результат прогнозування матчу «Тоттенхем – Борнмут»

Як видно, обидві моделі оцінили перемогу «Тоттенхема» в даному матчі, як найбільш імовірний результат. Однак, є значна різниця в прогнозах, так як за моделлю Махера перемога «Тоттенхема» оцінюється з вірогідністю 0,65, в той час як за моделлю Діксона – Коулза цей же результат був оцінений з імовірністю 0,84. Отже, модель Махера більш високо оцінює ймовірність нічії або перемоги «Борнмут», ніж модель Діксона – Коулза. Таким чином, можна подивитися на графіки імовірності голів обох моделей, щоб зрозуміти звідки така різниця в прогнозах. На рисунку 4 показаний графік імовірності голів моделі Махера.



**Рис. 4. Графік ймовірності голів матчу «Тоттенхем – Борнмут».
Модель Махера**

Таким чином, графік показує, що найбільш вірогідним є те, що команда «Борнмут» не зможе забити гол, а команда «Тоттенхем» заб'є один або два голи. На графіку ймовірності голів моделі Діксона – Коулза, який показаний на рисунку 5 видно, що найбільш ймовірним є, що команда «Тоттенхем» заб'є два або три голи.



**Рис. 5. Графік ймовірності голів матчу «Тоттенхем – Борнмут».
Модель Діксона – Коулза**

Даний матч завершився з рахунком 3-0 на користь команди «Тоттенхем». Це означає, що обидві моделі дали вірний прогноз, однак модель Діксона – Коулза була трохи точніша. Це пов'язано з тим, що в цій моделі враховується поточний стан команд, а в моделі Махера не враховується.

Таким чином були оцінені 280 матчів чемпіонату Англії. Модель Махера точно спрогнозувала 164 з них (58,6%), а модель Діксона – Коулза дала 177 точних прогнози (63,2%).

В результаті виконання даної роботи були вирішені наступні задачі: розроблений програмний продукт для прогнозування результатів футбольних матчів, використовуючи математичні моделі Махера і Діксона –

Коулза, розроблений графічний інтерфейс користувача для даного програмного продукту, проведена оцінка отриманих в результаті моделювання результатів, а також перевірені гіпотези про те, що за допомогою моделі Махера точні прогнози виходять з імовірністю 0,6, а за допомогою моделі Діксона – Коулза з ймовірністю 0,65. Гіпотези були перевірені використовуючи критерій про рівність часток, а також проаналізовано можливість розширення даного програмного продукту, щоб з його допомогою було можливо прогнозувати результати різних чемпіонатів, а також з використанням інших математичних моделей, окрім уже використаних.

Список використаних джерел:

1. Maher M.J. Modelling association football scores. – Statistics Neerland, № 36, 1982 year. – Pp. 109-118.
2. Dixon M.J. Modelling association football scores and inefficiencies in the football betting market / Dixon M.J., Coles S.G. – Applied Statistics, № 36, 1997 year. – Pp. 265-280.