

УДК 519.22:796.332

Чернишев В.В.¹, Кокарев Б.В.², Кокарева С.М.³

¹ студ. гр. УФКС-414, НУ «Запорізька політехніка»

² к.фіз.вих., доц., каф. ФКОНВС, НУ «Запорізька політехніка»

³ к.фіз.вих., доц., декан факультету УФКС НУ «Запорізька політехніка»

МЕТРОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕХНІКО-ТАКТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУТБОЛІСТІВ ТА ЇХ СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Анотація. У статті систематизовано підходи до метрологічної оцінки техніко-тактичних показників (ТТП) футболістів та їх статистичного моделювання як основи управління тренувальним процесом. Обґрунтовано вимоги до вимірювальних інструментів у футболі (валідність, надійність, чутливість, об'єктивність). Охарактеризовано основні групи ТТП – технічні, тактичні та інтегральні, зокрема показник очікуваних голів (xG). Показано, що статистичне моделювання на основі верифікованих показників дозволяє формувати індивідуальні профілі гравців, оптимізувати тренувальні навантаження та прогнозувати змагальну результативність.

Ключові слова: метрологічна оцінка, техніко-тактичні показники, статистичне моделювання, очікувані голи (xG), тренувальний процес.

Abstract. The article systematizes approaches to the metrological assessment of technical and tactical performance indicators (TTPI) of football players and their statistical modeling as a basis for training process management. The requirements for measurement instruments in football (validity, reliability, sensitivity, objectivity) are substantiated. The main groups of TTPI are characterized – technical, tactical and integral, in particular the expected goals (xG) indicator. It is shown that statistical modeling based on verified indicators allows forming individual player profiles, optimizing training loads and predicting competitive performance.

Keywords: metrological assessment, technical and tactical indicators, statistical modeling, expected goals (xG), training process.

Вступ. Сучасний футбол характеризується зростанням інтенсивності змагальної діяльності та широким впровадженням цифрових аналітичних систем. У провідних турнірах – FIFA World Cup та UEFA Champions League – контроль техніко-тактичних показників здійснюється із застосуванням автоматизованих систем збору й аналізу даних. Дослідження Modric зі співавторами [1], проведене на матеріалі групового етапу Ліги чемпіонів УЄФА 2020/21, підтвердило, що команди з вищими показниками бігу високої інтенсивності демонструють статистично значуще більшу кількість точних передач, ключових пасів та успішних пресингів. Ці результати обґрунтовують необхідність інтегрованого метрологічно обґрунтованого контролю фізичної та техніко-тактичної підготовленості футболістів.

Метрологічне забезпечення контролю у футболі передбачає перевірку валідності та надійності застосовуваних вимірювальних процедур. Її зі співавторами [2] у дослідженні на матеріалі матчів англійської Прем'єр-ліги розробили та валідували інтегрований метод кількісної оцінки фізико-тактичної діяльності, в якому відсоток правильних відповідей UEFA-ліцензованих тренерів і аналітиків ($n = 30$) використовувався як критерій валідності; мінімально прийнятний рівень погодженості було встановлено на рівні 80%. Підтверджено також задовільну міжпостерігачеву та внутрішньопостерігачеву надійність, що є необхідною умовою метрологічної придатності методу.

Мета дослідження – узагальнити сучасні підходи до метрологічної оцінки техніко-тактичних показників футболістів і визначити перспективи статистичного моделювання в системі управління тренувальним процесом.

Методи дослідження. Проведено аналіз і систематизацію наукових публікацій, індексованих у базах PubMed, Scopus та SportDiscus за 2019–2024 роки. Пошук здійснювався за ключовими дескрипторами: technical tactical performance football, metrological validity reliability soccer, expected goals model, player performance profiling, statistical modeling training load. Відбиралися роботи, що містять оригінальні дані щодо валідності та надійності вимірювальних методів, статистичні моделі ТТП та апробовані системи контролю підготовленості на вибірках футболістів не нижче рівня регіональних чи національних ліг. Огляди думок та тезисні матеріали без рецензування не включалися.

Виклад основного матеріалу. Метрологія – наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення їх єдності й точності. В контексті спортивної підготовки метрологічна оцінка передбачає перевірку чотирьох базових вимог до показників: валідності (відповідності показника реальній якості, яку він відображає), надійності (стабільності результатів при повторних вимірюваннях), чутливості (здатності фіксувати незначні зміни підготовленості) та об'єктивності (незалежності результатів від суб'єктивного чинника).

Нарративний огляд Hartley зі співавторами [3], що охопив публікації від початку досліджень до вересня 2024 року з баз PubMed, SportDiscus та Google Scholar, встановив, що клуби регулярно застосовують тестування з різними цілями: виявлення таланту, оцінка фізичної спроможності, моніторинг втоми та відновлення, визначення ризику травм. Автори акцентують, що значна частина тестів, які широко застосовуються у практиці, потребує додаткового доказового обґрунтування, що підкреслює практичну значущість метрологічного підходу.

Техніко-тактичні показники (ТТП) та їх класифікація. ТТП – кількісні характеристики ігрової діяльності, які відображають ефективність технічних дій і тактичних рішень гравця. За результатами аналізу 33 матчів

серії А сезону 2022/23, проведеного Coratella зі співавторами [4], встановлено значущі відмінності між ТТП гравців різних амплуа. Нападники демонструвати вищі показники ударів по воротах і обведень, тоді як захисники – відборів і перехоплень, а півзахисники – максимальний обсяг передач. Ці позиційно-специфічні профілі ТТП є основою для формування модельних характеристик гравців.

Barthelemy зі співавторами [5] у дослідженні на матеріалі 71 матчу французької Ліги 2 сезонів 2020/21 та 2021/22 показали, що переможці матчів достовірно перевищували переможених за показниками точних передач, ударів у ціль та показником очікуваних голів (xG). Порівняно з нічийними результатами команди-переможниці демонстрували значно вищий рівень xG, що підтверджує прогностичну цінність цього інтегрального показника. Класифікація ТТП, запропонована авторами, охоплює три групи: технічні (кількість і точність передач, удари, обведення, відбори), тактичні (участь у командних взаємодіях, ефективність пресингу, позиційна дисципліна) та інтегральні (ккд, індекс ігрової активності, xG, xA).

Одним із найбільш досліджуваних інтегральних статистичних показників сучасного футболу є expected goals (xG) – очікувані голи. xG присвоює кожному удару ймовірність від 0 до 1, оцінюючи, наскільки ймовірно, що удар завершиться голом. Mead зі співавторами [6] у дослідженні, що охопило дані топ-5 ліг Європи з бази Wyscout, розробили xG-модель із застосуванням машинного навчання (XGBoost), яка продемонструвала вищу прогностичну точність (Brier score = 0,07908) порівняно з традиційними статистичними моделями. Автори встановили, що враховуючи ринкову вартість гравця та рейтинг команди (Elo score) разом із традиційними параметрами (відстань до воріт, кут удару), вдалося підвищити якість моделі, а xG перевершував традиційні показники – кількість голів – у прогнозуванні майбутніх результатів команди.

Goes зі співавторами [7], опитавши 145 практиків із 42 країн, встановили, що xG та показники проникнення до штрафного майданчика є найбільш використовуваними KPI в оперативній аналітиці клубів на всіх рівнях від юнацьких академій до національних збірних. Однак дослідники виявили суттєву прогалину між наявними науковими знаннями та практикою: лише 21% практиків регулярно використовували академічні публікації як основне джерело для вибору KPI, що свідчить про необхідність тіснішого зв'язку між науковими дослідженнями і практикою футбольної аналітики.

Модельні характеристики та практичне значення метрологічного контролю. Модельні характеристики – нормативні значення показників, притаманні гравцям певного амплуа на відповідному рівні змагань. На основі статистичних моделей формуються індивідуальні профілі гравців, що дозволяє коригувати тренувальні навантаження, визначати амплуа та прогнозувати результати. Modric зі співавторами [1] підтвердили, що команди, які

демонструють вищу фізичну активність у Лізі чемпіонів УЄФА, достовірно переважають за більшістю ТТП, причому між загальним пробігом та кількістю успішних ключових передач виявлено помірний позитивний зв'язок ($r = 0,31 - 0,44$). Це обґрунтовує необхідність комплексного моніторингу, що охоплює одночасно фізичні та техніко-тактичні параметри.

Метрологічно обґрунтований контроль ТТП дозволяє зменшити ризик перевантаження, індивідуалізувати тренування, підвищити ефективність командної взаємодії та об'єктивізувати відбір гравців. Як зі співавторами [2] підкреслюють, що інтегрований підхід до вимірювання фізико-тактичних параметрів, підтверджений на рівні не менш ніж 80% погодженості між незалежними спостерігачами, є необхідною умовою отримання достовірних даних для прийняття тренерських рішень.

Висновки. Метрологічна оцінка ТТП футболістів є необхідною складовою сучасної системи управління тренувальним процесом. Аналіз актуальних наукових досліджень [1–7] дозволяє сформулювати такі висновки.

По-перше, вимірювальні процедури у футболі мають відповідати чотирьом метрологічним вимогам – валідності, надійності, чутливості та об'єктивності; значна частина широко вживаних тестів потребує додаткового доказового обґрунтування [3].

По-друге, ТТП поділяються на технічні, тактичні та інтегральні; позиційно-специфічні профілі показників є основою для формування модельних характеристик гравців [4, 5].

По-третє, статистичне моделювання на основі показника xG дозволяє переходити від описового аналізу до прогнозного: xG перевищує традиційні метрики (кількість голів) у прогнозуванні майбутніх результатів і є найбільш затребуваним КРІ серед практиків [6, 7].

По-четверте, комплексний моніторинг, що поєднує фізичні та техніко-тактичні параметри з верифікованими метрологічними процедурами, забезпечує науково обґрунтоване управління спортивною підготовкою і підвищує конкурентоспроможність команди [1, 2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Modric T., Malone J. J., Versic S., Andrzejewski M., Chmura P., Konefal M., Drid P., Sekulic D. The influence of physical performance on technical and tactical outcomes in the UEFA Champions League. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2022. Vol. 14. Art. 179. DOI: 10.1186/s13102-022-00573-4 (PMID: 36217171)
2. Ju W., Doran D., Hawkins R., Drust B., Erskine R. M., Antonio J., Close G. L. The validity and reliability of an integrated approach for quantifying match physical-tactical performance. *Biology of Sport*. 2022. Vol. 39(2). P. 253–261. DOI: 10.5114/biol sport.2022.104919 (PMID: 35309524)

3. Hartley C., Marshall P., Suchomel T. J., Comfort P. Testing in football: a narrative review. *Sports*. 2024. Vol. 12(11). P. 307. DOI: 10.3390/sports12110307 (PMID: 39591006)
4. Coratella G., Beato M., Schena F. Technical, tactical, and time-motion match profiles of the forwards, midfielders, and defenders of a men's football Serie A team. *Applied Sciences*. 2025. DOI: 10.3390/app15041860 (PMC: 11860454)
5. Barthelemy B., Ravé G., Govindasamy K., Ali A., Del Coso J., Demeaux J., Bideau B., Zouhal H. Impact of technical-tactical and physical performance on the match outcome in professional soccer: a case study. *Journal of Human Kinetics*. 2024. Vol. 94. P. 203–214. DOI: 10.5114/jhk/185933 (PMID: 39563757)
6. Mead J., O'Hare A., McMenemy P. Expected goals in football: improving model performance and demonstrating value. *PLoS ONE*. 2023. Vol. 18(4). P. e0282295. DOI: 10.1371/journal.pone.0282295 (PMID: 37018314)
7. Goes F. R., Kempe M., Noordergraaf J. H., Lemmink K. A. P. M. Attacking key performance indicators in soccer: current practice and perceptions from the elite to youth academy level. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2021. Vol. 20(1). P. 158–169. DOI: 10.52082/jssm.2021.158 (PMID: 33650793)