

УДК 004.8:612.76

Омок Г.А.¹, Шуба Л.В.², Шуба В.О.³, Чеpec М.С.⁴

¹ канд. пед. наук., доц., каф.УФКС, НУ «Запорізька політехніка»

² канд. пед. наук., доц., каф.УФКС, НУ «Запорізька політехніка»

³ проф., каф. інновац. техн. в педагогіці, псих. та соц. роботи, «Університет імені Альфреда Нобеля»

⁴ студ.гр. УФКС-113, НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ БІОМЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Біомеханіка є ключовою наукою, що вивчає рухові функції людини та забезпечує розуміння динаміки й кінематики рухів, які мають важливе значення для медицини, спорту та ергономіки. Сучасні біомеханічні дослідження генерують значні обсяги даних - відеозаписи, сенсорні показники, електроміографічні (ЕМГ) сигнали, що ускладнює їхню ручну обробку та інтерпретацію. У цьому контексті системи штучного інтелекту (ШІ), зокрема методи машинного та глибинного навчання, відкривають нові можливості для автоматизації аналізу біомеханічних процесів, виявлення прихованих закономірностей, прогнозування травм та оптимізації техніки рухів спортсменів.

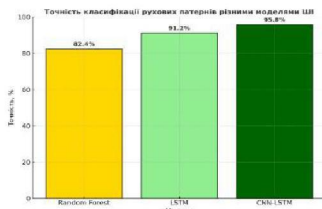
Метою даного дослідження є аналіз можливостей застосування систем штучного інтелекту для оброблення та інтерпретації біомеханічних показників людини з метою підвищення ефективності діагностики, реабілітації та спортивної підготовки. У роботі розглянуто сучасні методи збору біомеханічних даних, алгоритми машинного навчання, що застосовуються для їх аналізу, а також результати моделювання із використанням нейронних мереж. Проведено експериментальний аналіз кінематичних параметрів рухів нижніх кінцівок під час бігу. Отримані результати показали, що застосування глибинних нейронних мереж дозволяє підвищити точність класифікації рухових патернів на 15-20% у порівнянні з традиційними статистичними методами.

У дослідженні взяли участь 15 спортсменів - аматорів віком від 20 до 35 років м. Покров, Дніпропетровська область, м. Запоріжжя, м. Дніпро, які виконували стандартний тест - біг на біговій доріжці зі швидкістю 10 км/год. Для збору біомеханічних даних було використано систему Vicon для тривимірного аналізу рухів (кінематичні параметри), інерціальні сенсори IMU (акселерометр і гіроскоп) для реєстрації динамічних характеристик, а також електроміографічні датчики Delsys для фіксації ЕМГ- активності основних м'язів нижніх кінцівок. Після первинної обробки даних проводилася фільтрація шумів за допомогою фільтра Butterworth 4-го порядку із частотою зрізу 6 Гц. На основі очищених сигналів сформовано набір ознак, який включав кутові швидкості у гомілковостопному, колінному та кульшовому суглобах, амплітуду м'язової активності та показники часової симетрії циклу руху.

Для аналізу даних було застосовано три моделі штучного інтелекту: 1. Random Forest (RF) - як базовий метод класифікації; 2. LSTM (Long Short-Term Memory) - для врахування часової динаміки рухових послідовностей; 3. Гібридну CNN-LSTM модель - для автоматичного вилучення просторово-часових ознак. Навчання моделей проводилося на 80% даних, тоді як 20% використовувалися для тестування. Критерієм оптимізації виступала мінімізація функції втрат MSE, оптимізатор - Adam.

Отримані результати свідчать про поступове підвищення точності класифікації при переході від традиційних до глибинних моделей. Зокрема, модель Random Forest продемонструвала точність 82,4%, тоді як LSTM забезпечила 91,2%, що підтверджує ефективність урахування часових залежностей. Найвищу точність - 95,8% - показала CNN-LSTM гібридна модель, яка продемонструвала здатність до виявлення мікровідхилень у фазах опори та відштовхування під час бігу.

Графік 1.



Аналіз виявлених патернів дозволив ідентифікувати аномальні рухові характеристики, характерні для перенавантаження гомілковостопного суглоба. Це свідчить про потенційне застосування розробленої системи для раннього виявлення ризику спортивних травм та оптимізації індивідуальних програм тренувань і реабілітації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Molavian Rozhin Fatahi, Ali Abbasi, Hamed Khezri, Davood. Artificial Intelligence Approach in Biomechanics of Gait and Sport: A Systematic Literature Review. *Journal of biomedical physics & engineering*. 2023 № 13. P. 383 - 402.
2. Souaifi M., Dhahbi W., Jebabli N., Ceylan Hİ., Boujabli M., Muntean Rİ., Dergaa I. Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention. *Bioengineering*. 2025. № 12(8). P. 887.