



УДК 796.012.1:796.012.3

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНЕРЦІЙНОЇ 3D СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ РУХУ «MYOMOTION™» У БІОМЕХАНІЧНОМУ АНАЛІЗІ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

**Олег РИБАК, Богдан ВІНОГРАДСЬКИЙ,
Людмила РИБАК**

*Львівський державний університет фізичної
культури імені Івана Боберського, Україна*

Noraxon MyoMotion — це інформаційна технологія оцінювання 3D-руху — інноваційна система, яка працює за принципом бездротової передачі даних від інерційних здавачів, які переміщуються у трьох площинах, на блок керування, і призначена для 3D-аналізу кутів між сегментами тіла, їх орієнтації та лінійних прискорень [1]. Висока частота дискредитації (до 200 Гц) дає змогу застосовувати систему для біомеханічного аналізу більшості фізичних і спортивних вправ, побутової, виробничої чи військово-прикладної діяльності [2]. Систему можна використовувати і у лабораторії, і в природних умовах. Точність вимірювання кутів — $\pm 1^\circ$ у статичці, й $\pm 2^\circ$ — в динаміці. Давачі живляться від акумуляторів, які заряджаються три години, і працюють автономно до восьми го-

© Рибак О., Виноградський Б., Рибак Л., 2024

дин, що зумовлює можливість застосування системи для практичних потреб фізіотерапії, а також для технічної підготовки в спорті й у професійній діяльності [2].

Кожен давач можна призначити для будь-якого сегмента тіла, він поєднує акселерометр, гіроскоп і давач магнітного поля Землі. Вбудовані в кожен давач мікросхеми флеш-пам'яті зберігають ті пакети даних, які не можуть бути надіслані на приймач через перешкоди або їх перебування поза зоною приймання радіосигналу. Збережені так дані швидко відновлюються в автономному режимі, заповнюючи прогалини для кількох записів одночасно.

Програмний модуль вимірювального комплексу «*myoMOTION™*» дає змогу реєструвати анатомічні кути в суглобах, кути орієнтації у просторі окремих сегментів її тіла й даних про їхнє прискорення (і відносно глобальної (Земля), і відносно локальної (давач) системи координат) [3]. Зазначені показники в режимі реального часу автоматично синхронізуються, що дає змогу комплексно аналізувати рухову діяльність для підвищення її продуктивності, контролю за процесом відновлення після травм, контролю за виконанням реабілітаційних вправ, для ергономічного й біомеханічного оцінювання рухової діяльності людини в різних умовах тощо.

Програмне забезпечення передбачає довільний добір сегментів аватара скелета, що відображатимуться у вікні анімації, а також внесення в ручному режимі індивідуальних корекцій в антропометричні параметри конкретної особи для поліпшення трансляційної анімації та обчислення просторових параметрів [4]. Довжину сегментів тіла можна вираховувати автоматично за довжиною тіла або вводити інформацію про певний сегмент вручну. Воно дає змогу записувати дані і здійснювати їх всебічний аналіз, а також має набір готових стандартних двосторонніх звітів про просторово-часові параметрами ходьби й бігу (довжину кроку, частоту кроків, усереднені переміщення траєкторій в обидва боки для дослідження різниці між правою і лівою стороною, час пересування, діапазонів рухів і їх повторюваність тощо). Просторові параметри переміщення тіла по площині (ходьбу, біг тощо) обчислюють за даними траєкторій руху давачів, розташованих на стопах обстежуваної особи.

Вплив руху так званої живої маси (артефакти руху м'яких тканин) можна коректувати за допомогою спеціального алгоритму, який

їх стабілізує, щоб переміщення суглобів були більш плавними й об'єктивніше відображали істинний рух скелета.

Необроблені дані від акселерометра, гіроскопа й магнітометра кожного давача можна отримати окремо для їх налаштування й об'єднання в разі аналізу рухової діяльності сторонніми програмами. Траєкторії руху окремих давачів для подальшого аналізу можна експортувати в будь-якому із доступних форматів. Їх можна відображати у вікні анімації аватара «myoMOTION» як відносний рух або як поступальний рух відносно опорної поверхні. Моделі руху певних орієнтирів можна візуалізувати, щоб краще зрозуміти повторювані рухи або переміщення в 3D-просторі. Передбачено можливість визначення кутів між двома давачами, які можуть бути не підключені до моделі тіла myoMOTION.

Сигнал можна інтегрувати з іншими біомеханічними системами Noraxon (ЕМГ, відео) [5], Zebris (бігові доріжки, платформи), Medilogic (устілки для взуття). Синхронізація між ними відбувається на програмному етапі, тому додаткова синхронізація не потрібна.

Список використаних джерел

1. MyoMOTION™ Software Module 3D Inertial Motion Capture System. Retrieved from <https://www.noraxon.com/our-products/myomotion/>
2. Рибак, О. Ю., Рибак, Л. І., Виноградський, Б. А., Кувалдіна, О. В. & Яцунський, О. С. (2021). Біомеханіка спорту: підручник. Львів: ЛДУФК ім. Івана Боберського. (268 с.).
3. Erdmann, W., Aschembrenner, P., Dancewicz-Nosko, D., Kowalczyk, R. & Urbanski, R. (2020). University laboratory of biomechanics and sport analytics and engineering in Gdansk as an important science institution. *MOJ Applied Bionics and Biomechanics*, 4(1), 8-13. <https://doi.org/10.15406/mojabb.2020.04.00124>.
4. Pietraszewski, B., Siemieński, A., Struzik, A., Szpala, A. & Winiarski, S. (2024). Przewodnik do ćwiczeń z Biomechaniki sportu: Rok akademicki 2023/2024, Studia stacjonarne, 2 rok, I stopnia, Kierunek: Sport. Wrocław: Akademia Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu. Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu. Zakład Biomechaniki.
5. Klich, S., Kawczyński, A., Pietraszewski, B., Zago, M., Chen, A., Smoter, M., Hassanlouei, H. & Lovecchio, N. (2021). Electromyographic Evaluation of the Shoulder Muscle after a Fatiguing Isokinetic Protocol in Recreational Overhead Athletes. *Public Health*, 18, 2516. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052516>.