

математических моделях. Скажем, объяснять ясную погоду антициклоном – это словесная казуистика, подмена одного понятия другим, потому что нет надежной математической модели, прогнозирующей эти явления, а прогноз на три дня можно строить и по народным приметам. Глубина математизации естественнонаучной и технической деятельности человека, в первую очередь, определяется математической компетентностью работающих там специалистов. На недостаточной математизации отдельных наук, имеющих дело с многофакторными и плохо формализуемыми явлениями, может также сказываться отсутствие адекватного математического аппарата. Последний факт есть результат, как сложности окружающего мира, так и недостаточного внимания со стороны общества к математике и математикам не только у нас, но и в некоторых других странах. Не сравнить финансы, которыми располагают развлекательные сферы (популярная культура, кинематограф, спорт), с ресурсами, выделяемыми на образование. По мнению великого писателя и публициста Толстого Л.Н.: «Сила правительства держится на невежестве народа, и оно знает это, а потому всегда будет бороться против образования».

Математическая компетентность есть необходимое условие профессиональной компетентности будущего инженера. В основе математической компетенции лежит математический стиль мышления, предполагающий наличие творческой интуиции, системного подхода к проблемной ситуации, способности анализировать и синтезировать такую ситуацию на языке математических концепций и алгоритмов.

УДК 612.76.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ В БИОМЕХАНИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ “ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ”

М.А. КИРКОР, А.Е. ПОКАТИЛОВ, А.М. ГАЛЬМАК

*Могилевский государственный университет продовольствия,
Республика Беларусь*

В настоящее время в биомеханическом анализе для получения координат звеньев биомеханической системы (БМС) используют различные технологии «захвата движения», в основном маркерные. Безмаркерные

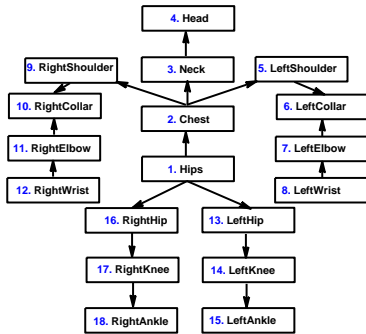


Рисунок 2 – Кинематическая модель БМС в «компьютерном зрении»

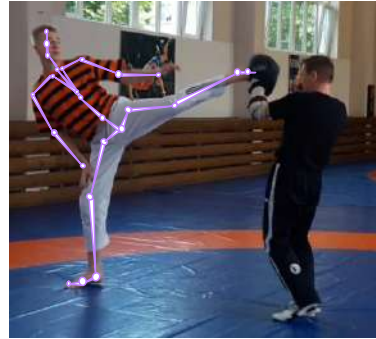


Рисунок 3 – Круговой удар ногой в момент контакта в области головы

По сути дела, на рисунках 2 и 3 модель БМС представляет собой графическое дерево, а с точки зрения математики является графом. Биомеханический анализ требует определенного порядка обхода узлов графа с учетом анатомии человека, техники спортивного упражнения и конкретной задачи анализа. Наши исследования показывают, что для этого необходимо математическую модель разбить на 7 структурных единиц (блоков). Для примера запишем уравнение для суставной реакции в виде функциональной связи по рисунку 2:

$$F_i = f_1 + f_2 + \sum_{j=3}^{N_i} f_j + \sum_{j=5}^{N_p^a} f_j + \sum_{j=9}^{N_p^{np}} f_j + \sum_{j=13}^{N_u^a} f_j + \sum_{j=16}^{N_u^{np}} f_j, \quad (1)$$

где F_i – уравнение, описывающее биомеханическое состояние i -го звена; f_1 – уравнение, описывающее биомеханическое состояние 1-го звена (бедра); f_2 – уравнение, описывающее биомеханическое состояние 2-го звена (туловище); $\sum_{j=3}^{N_i} f_j$ – уравнение, описывающее биомеханическое состояние звеньев 3 и 4 (голова);

$\sum_{j=5}^{N_p^a} f_j$ – уравнение, описывающее состояние звеньев 5–8 (левая рука);

$\sum_{j=9}^{N_p^{np}} f_j$ – уравнение, описывающее состояние звеньев 9–12 (правая рука);

$\sum_{j=13}^{N_u^a} f_j$ – уравнение, описывающее состояние звеньев 13–15 (ноги).

нение, описывающее состояние звеньев 13–15 (левая нога); $\sum_{j=16}^{N_n^{np}} f_j$ – уравнение, описывающее состояние звеньев 16–18 (правая нога).

Структура рекуррентных уравнений в динамике по форме (1) включает в себя 7 блоков, которые между собой не пересекаются, а являются продолжением друг друга, совместно составляя опорно-двигательный аппарат спортсмена. В случае расчета динамических характеристик конкретного звена или сустава, из выражения (1) исключаются функции, не влияющие на исследуемый элемент, например, при силовом анализе БМС, а число звеньев соответствующей структуры N_r (голова), N_p^l (левая рука), N_p^{np} (правая рука), N_n^l (левая нога), N_n^{np} (правая нога) при необходимости уменьшается до номера изучаемого элемента.

При биомеханическом анализе динамической структуры упражнения функциональная связь в выражении (1) может несколько изменяться в зависимости от вида динамических характеристик. Например, в математических моделях моментов управляющих сил мышечной системы число блоков может быть уменьшено, но принцип их сочетания остается прежним и диктуется задачей динамики, которая решается в конкретном исследовании.

Другим важным моментом является выбор способа представления движения БМС, которое является сложным движением. В этом случае необходимо грамотно выбрать полюс, в отношении которого будет записано относительное движение всех звеньев БМС [3].

На рисунке 4, а показано перемещение спортсмена в абсолютной системе координат OXYZ. На рисунке 4, б в качестве примера показан полюс П в области стопы, на рисунке 4, в – в тазобедренной области. Это наиболее удобные области.



Рисунок 4 – Прямой удар рукой в среднюю часть туловища с использованием короткого подшага

Разные положения полюса в одном упражнении показаны в качестве иллюстрации, так как полюс в каждом конкретном случае должен быть один. Математические модели движения разрабатываются исходя из принятой системы координат и классификации движения.

Список литературы

1 **Киркор, М.А.** Исследование пространственного движения в биомеханике спорта с помощью кватернионов / М.А. Киркор, А.Е. Покатилов, А.М. Гальмак // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – № 4 (41). – С. 92–97.

2 **Бегун, П.И.** Биомеханика : учеб. для вузов / П.И. Бегун, Ю.А. Шукейло. – СПб. : Политехника, 2000. – 463 с.

3 **Киркор, М.А.** Математическое описание синтеза целенаправленного движения спортсмена / М.А. Киркор, А.Е. Покатилов, А.М. Гальмак // Веснік МДУ імя А.А. Куляшова. – № 1(55). – 2020. – Сер. В: Природознавчія науки. – С. 44–50.