

МЕТОДОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ТЕХНИКИ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ В ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Д. А. Лавшук

(МГУ имени А. А. Кулешова, Могилев, Беларусь)

В статье описаны основные особенности использования биомеханического синтеза как инструмента совершенствования технических действий спортсменов. Указаны достоинства и недостатки применения этого метода на современном этапе развития спортивной науки, обсуждаются перспективные направления эволюции методов моделирования движений спортсменов на компьютере.

Ключевые слова: математическое моделирование движений, биомеханический синтез, программное управление биомеханической системой.

Биомеханика физических упражнений – раздел биомеханики, основной целью которого является поиск наиболее эффективных способов решения двигательных задач с целью улучшения спортивных результатов. Основные методы биомеханики – системный анализ и синтез. Чаще используется анализ, в основе которого – поиск рациональных форм двигательных действий спортсмена по материалам оптической или инструментальной регистрации движений. Движения, выполняемые спортсменом в лабораторных или соревновательных условиях, являются тем экспериментальным материалом, анализ которых позволяет выдвинуть тезис о возможной рационализации техники изучаемых упражнений и предложить педагогические методики по их качественному и ускоренному обучению.

Ключевая особенность биомеханического синтеза как инструмента спортивной науки – возможность прогнозирования, обоснования принципиальной возможности практической реализации технических действий спортсменами для любых соревновательных упражнений, в том числе и тех, которые еще не были реализованы на практике. Этот тезис уже ставит данный метод на порядок выше биомеханического анализа. При биомеханическом анализе изучаются уже выполненные на практике упражнения, а в синтезе возможно изучение как уже исполнявшихся, так и еще не реализованных спортсменом движений. В биомеханическом синтезе не спортсмен, а компьютер выполняет роль строителя движений с заданными качествами, которые являются маркерами оценки эффективности техники синтезированного спортивного упражнения.

Безусловно, использование компьютера позволяет расширить круг синтезируемых движений. Мы можем проследить, как изменение управляющих действий спортсмена влияет на соревновательный результат спортсмена, не «ломаю» технику спортсмена на практике. И вместе с тем эта подмена спортсмена компьютером вызывает настороженность и недоверие спортивных практиков – ведь реального движения еще не совершалось, все это – результаты вычислительных экспериментов. Поэтому необходимо большее внедрение биомеханического синтеза в педагогический процесс совершенствования технических действий спортсменов.

Укажем классическую схему проведения биомеханического синтеза в вычислительном эксперименте на компьютере:

1) задать параметры компонентов математической модели, описывающей движения спортсмена (число звеньев биомеханической модели, масс-инерционные характеристики звеньев тела, ограничения на силовые ресурсы спортсмена, начальные условия движения, время моделируемого движения);

2) задать программное управление на всей траектории моделируемого движения (наиболее целесообразно использовать в качестве управления суставные углы спортсменов, так как это легко перевести потом в инструкции спортсмену);

3) численно решить уравнение модели, получив значения обобщенных координат спортсмена на всей траектории моделируемого движения.

Укажем некоторые направления совершенствования метода биомеханического синтеза, позволяющих повысить эффективность его использования в поиске рациональной техники спортивных упражнений.

1. *Автоматизированное построение программного управления, приводящего биомеханическую систему в заданное кинематическое состояние* [1, 2]. Техника спортивных упражнений связана с решением двигательных задач перевода биомеханической системы либо спортивного снаряда в выбранную точку пространства с заданным вектором положения, скорости и ускорения. Следовательно, методика построения программного управления в виде табличного задания управления на всей траектории моделируемого движения в этом случае не даст желаемого результата, так как эта методика не учитывает необходимости достижения в конечном положении требуемых кинематических параметров движения и не позволяет ограничить временной диапазон двигательного действия. Задача совершенствования техники спортивных

упражнений требует принципиально иного подхода, основанного на построении управляющих функций с достижением желаемых параметров кинематического состояния биосистемы на правом конце заданного временного отрезка решения двигательной задачи. Необходима разработка технологии построения в вычислительном эксперименте адаптивного алгоритма формирования управляющих функций, приводящего биомеханическую систему в заданное кинематическое состояние.

Кинематическое состояние определяется значениями положения, скорости и ускорения, следовательно, максимальное значение таких ограничений равно шести – три значения в начальном состоянии и три – в конечном состоянии. Не всегда необходимо задание всех трех условий. Например, можно ограничиться заданием только начального и конечного положения и скорости. Число условий определит степень полинома, который будет использоваться для автоматического построения программного управления на всей траектории синтезируемого движения.

2. *Разработка алгоритмов построения программного управления на основе концепции гибких траекторий* [3]. В этом случае не нужно задавать программное управление на всей траектории движения спортсмена, достаточно задать кинематическое состояние спортсмена в опорных точках синтезируемого движения. Управление между опорными точками компьютер построит сам. Опять же, между опорными точками компьютер подбирает управление, исходя из числа заданных условий на левый и правый конец моделируемого участка траектории движения.

3. *Использование математических методов теории оптимального управления динамическими системами* [4]. Теория оптимального управления динамическими системами позволяет в вычислительном эксперименте находить такое программное управление, которое доставляет минимум либо максимум заранее заданному функционалу, в качестве которого может рассматриваться практически любой биомеханический параметр движения биомеханической системы. Например, скорость общего центра масс либо угол поворота произвольного звена. В этом случае компьютер снова выступает в качестве строителя программного управления, позволяющего решить двигательную задачу перевода биомеханической системы в заданное состояние с ограничениями на кинематические и динамические ресурсы биомеханической системы.

Список использованной литературы

1. Загrevский, В. И. Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский, Д. А. Лавшук. – Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2018. – 296 с.
2. Загrevский, В. И. Приведение биомеханической системы в заданное кинематическое состояние в вычислительном эксперименте на компьютере / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский, Д. А. Лавшук // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураева. – Малаховка, 2022 : МГАФК. – С. 85–91.
3. Загrevский, В. И. Построение управляющих движений спортсмена на основе концепций «жестких» и «гибких» траекторий / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский, Д. А. Лавшук // Ценности, традиции и новации современного спорта : материалы II Междунар. науч. конгр., Минск, 13–15 окт. 2022 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шилюк (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУФК, 2022. – Ч. 1. – С. 164–170.
4. Загrevский, В. И. Построение оптимальной техники спортивных упражнений в вычислительном эксперименте на ПЭВМ / В. И. Загrevский, Д. А. Лавшук, О. И. Загrevский. – Могилев : Могилев. гос. ун-т им. А. А. Кулешова, 2000. – 190 с.