

Литература

1. Афанасьев В.Г. Мир живого: системность, эволюция и управление. – М.: «Политиздат», 1986. – 333 с.
2. Новиков А.А., Кузнецов В.Б., Шустин Б.Н. О разработке модельных характеристик спортсменов. // Теория и практика физической культуры. – 1976. – № 6. – С. 58 – 60.
3. Гужаловский А.А., Алабин А.В. Модельные характеристики физической подготовленности девушек-спринтеров и экспериментальное обоснование методики их индивидуальной подготовки. // Теория и практика физической культуры. – 1980. – № 5. – С. 33–36.
4. Набатникова М.Я., Конов С.П. О разработке должных норм специальной физической подготовленности квалифицированных юных пловцов. – 1981. – № 6. – С. 26–27.
5. Озолин Н.Г. О качественных характеристиках компонентов спортивной подготовленности. 1987. – №1. – С. 21–23.
6. Булгакова Н.Ж. и др. Динамика физических качеств и функциональных возможностей мальчиков-пловцов как основа для построения многолетней спортивной подготовки. – 1987. – №1. – С. 28–30.
7. Земцов И.Ф. Комплексная оценка специальной подготовленности ватерполистов высокой квалификации в процессе поэтапного педагогического контроля. Автореф. дисс... канд.пед.наук. – Киев, 1988. – С. 24.
8. Жданов С.В. Модельные характеристики как фактор в управлении подготовкой юных баскетболистов. Автореф. дисс... канд.пед.наук. – Малаховка, 1989. – С. 24.
9. Лысаковский И.Т. Концепция построения модельных характеристик для юных спортсменов на базе данных о среднегодовых абсолютных приростах показателей двигательных тестов и их оценке по стандартной шкале. // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 9. – С. 19–21.
10. Штофф Б.А. Моделирование и философия. – М.-Л.: Наука, 1966. – 301 с.
11. Годик М.А. Спортивная метрология. Учебник для ин-тов физической культуры. – М.: «ФиС», 1988. – 191 с.

УДК 539.215

*В.И. Загревский **, *О.И. Загревский ***

ОПТИМАЛЬНАЯ ВАРИАТИВНОСТЬ ВАРЬИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЯХ СПОРТСМЕНА

* Могилевский государственный педагогический институт,

** ИФК Томского государственного педагогического университета

Технические действия спортсмена обусловлены его психо-физиологическим состоянием, уровнем двигательной подготовленности и эти обстоятельства, в конечном итоге, непосредственным образом влияют на кинематическую и динамическую структуру выполняемых им двигательных действий. В связи с этим, при относительно консервативной технической основе выполняемых спортивных упражнений, некоторые компоненты техники движений могут изменяться не только в различных тренировочных занятиях, но и подвергаться варьированию в различных подходах в рамках одного тренировочного занятия. Несомненно, что данная закономерность построения движений относится и к программному управлению, рассматриваемому на всей траектории биомеханической системы. Возможность исследования амплитуды варьирования оптимального программного управления при синтезе движений в вычислительных экспериментах на ПЭВМ связана с высказанной нами рабочей гипотезой: одна и та же величина функционала может быть достигнута различной траекторией программного управления.

С целью определения оптимальной вариативности технических действий спортсмена была проведена серия вычислительных экспериментов на ПЭВМ с использованием разработанного нами метода ло-

кально-глобальных вариаций в пространстве управления, формирующего оптимальное управление биомеханической системы для заданного функционала, характеризующего качество исследуемого процесса (технических действий спортсмена).

В методе локально-глобальных вариаций в пространстве управлений различная траектория программного управления естественным образом определяется величиной задания первоначального шага вариаций управляющих функций. Так как шаг вариаций первоначально формирует траекторию программного управления, а его дальнейшее дробление до заданного уровня содействует широкому охвату большого количества траекторий управляющих функций, то можно предположить, что при незначительных колебаниях величины достигнутого функционала траектория программного управления будет различной.

Таким образом, стратегия проведения вычислительных экспериментов по определению оптимального коридора варьирования управляющих функций заключалась в задании различных начальных шагов варьирования управляющих функций с последующим их дроблением до одной и той же величины. В проведенной серии вычислительных экспериментов первоначальный шаг варьирования составлял: 0,5°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 10°, 20°, 35°. Дробление шага варь-

ирования во всех случаях выполнялось до $0,01^\circ$, что обеспечивало поиск оптимального управления в широком спектре изменения программного управления.

Рассматривалось движение, моделирующее вторую половину большого оборота назад на перекладине.

Первоначально заданное программное управление было положено равным 0° на всей траектории биосистемы, при котором звенья модели располагаются на одной прямой. Длительность выполнения движения составляла $0,6$ с., шаг интегрирования системы дифференциальных уравнений, описывающих в математической форме движения человека – $0,06$ с.

Начальные условия движения включали в себя:

– Обобщенные координаты звеньев моделируемой биосистемы – 270° ;

– Обобщенные скорости звеньев моделируемой биосистемы – 6 рад/с.

На левый и правый концы траектории управления были наложены ограничения:

– Управление в первом и втором шарнирах в начальный и конечный момент времени равны 0° ;

– Скорость изменения управления (первая производная по времени) в первом и втором шарнирах в начальный и конечный моменты времени равна $0,0$ рад/с.;

– Вторая производная по времени от управления в первом и втором шарнирах в начальный и конечный моменты времени была равной $0,0$ рад/с².

Задание данных ограничений на программное управление позволяет в начальный и конечный моменты времени обеспечить одни и те же значения обобщенных координат, обобщенных скоростей и обобщенных ускорений для всех звеньев модели.

За функционал принималась кинетическая энергия биомеханической системы, который подлежал максимизации.

На кинематические ресурсы не накладывались ограничения, а на динамические ресурсы исполнителя были наложены ограничения: управляющие моменты мышечных сил как в плечевых, так и в тазобедренных суставах на всей траектории биосистемы не превышали 250 Нм и не могли быть менее -250 Нм.

Результаты вычислительных экспериментов показали, что наиболее эффективно решается поставленная задача оптимизации при задании первоначально го шага варьирования в диапазоне от 3° до 6° . Меньший и больший шаг варьирования не обеспечивает достижения максимума кинетической энергии. Наглядно это положение представлено в табл. 1 (1-я серия вычислительных экспериментов).

Данная серия экспериментов показала, что максимум функционала достигается в диапазоне варьирования от 3° до 6° .

Во второй серии вычислительных экспериментов определялось оптимальное управление в диапазоне

изменения шага варьирования от 3° до 6° с интервалом $0,5^\circ$.

Как видно из таблицы 1, наилучшее значение функционала достигнуто при шаге варьирования, равном 3° , а наименьшее – при шаге варьирования $5,5^\circ$.

Оптимальная траектория и оптимальное управление, соответствующее данным шагам варьирования программного управления, приведены в табл. 2 и 3.

Анализ динамики изменения оптимального управления при шаге варьирования программного управления в 3° и $5,5^\circ$ показывает, что в первом случае амплитуда сгибательно-разгибательных движений во втором шарнире модели значительно выше, чем во втором случае и достигает 61° (табл. 2), в то время как наибольшая величина сгибания во втором случае ($5,5^\circ$) составляет 48° (табл. 3). Для первого шарнира отмечается противоположная закономерность.

Таким образом, уровень динамических ресурсов исполнителя регламентирует величину сгибательно-разгибательных движений в суставах: чем больше амплитуда сгибательных движений в одном из суставов, тем она меньше в другом. Однако необходимо учесть, что данная закономерность имеет место лишь в случае равенства по величине управляющих моментов мышечных сил в различных суставах, отражающих уровень динамических ресурсов исполнителя.

Результаты второй серии вычислительных экспериментов были положены в основу определения коридора вариации программного управления. Методика определения коридора вариативности программного управления, доставляющего минимум функционалу, заключалась в следующем.

Для каждой временной точки траектории определялись средняя арифметическая (\bar{X}) и среднее квадратическое отклонение (G) оптимального управления, построенного во второй серии вычислительных экспериментов. Далее для данной временной точки находилась верхняя грань оптимального управления как сумма ($\bar{X} + G$) и нижняя грань как разность ($\bar{X} - G$). В результате были получены среднестатистические значения величины оптимального управления, а также его верхней и нижней грани на всей траектории биомеханической системы. Диапазон изменения программного управления верхней и нижней грани и представляет собой коридор вариативности технических действий спортсмена, обеспечивающий ему эффективное решение двигательной задачи.

Для моделируемого движения были получены среднестатистические параметры трех видов оптимального управления (рис. 1 и табл. 4), не приводящих к существенным двигательным ошибкам.

Управляющие моменты мышечных сил, реализующих верхнюю и нижнюю грани функционала (табл. 4) имеют следующую динамику на траектории системы (рис. 2).

Достаточно показательным является тот факт, что при движении верхней грани функционала управля-

ТАБЛИЦА 1

Обобщенные координаты звеньев тела и кинетическая энергия в моделируемой биосистеме в конечный момент времени при различном шаге вариации программного управления

1-я серия вычислительных экспериментов			2-я серия вычислительных экспериментов		
Шаг варьирования	Функционал	Обобщенные координаты	Шаг варьирования	Функционал	Обобщенные координаты
0,5°	38,40	444,5°	3,0°	49,87	458,4°
1,0°	36,11	441,4°	3,5°	46,89	454,5°
2,0°	40,74	448,6°	4,0°	46,05	454,6°
3,0°	49,87	458,4°	4,5°	45,60	453,1°
4,0°	46,05	454,6°	5,0°	47,11	455,8°
5,0°	47,12	455,8°	5,5°	44,98	452,8°
10,0°	40,51	447,0°	6,0°	47,60	455,2°
35,0°	41,98	448,3°			

ТАБЛИЦА 2

Оптимальная траектория и оптимальное управление, полученные при шаге варьирования в 3°

Время (с)	Обобщенные координаты			Управляющие функции	
	1-е звено	2-е звено	3-е звено	1-е управление	2-е управление
	0,00	270,0°	270,0°	270,0°	0,000
0,06	285,3°	295,2°	306,6°	9,897	11,382
0,12	295,9°	321,2°	348,9°	25,324	27,658
0,18	311,1°	346,5°	388,1°	35,447	41,538
0,24	331,0°	369,5°	422,0°	38,557	52,476
0,30	352,9°	390,3°	449,5°	37,404	59,275
0,36	374,0°	409,8°	470,5°	35,857	60,956
0,42	392,7°	431,1°	483,3°	38,397	52,174
0,48	413,1°	447,7°	484,4°	34,558	36,744
0,54	436,4°	463,4°	467,4°	26,968	3,957
0,60	458,4°	458,4°	458,4°	0,000	0,000

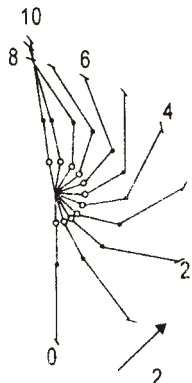
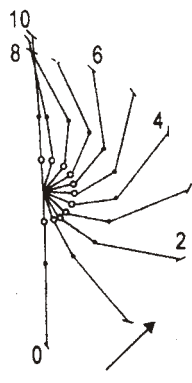


ТАБЛИЦА 3

Оптимальная траектория и оптимальное управление, полученные при шаге варьирования в 5,5°

Время (с)	Обобщенные координаты			Управляющие функции	
	1-е звено	2-е звено	3-е звено	1-е управление	2-е управление
	0,00	270,0°	270,0°	270,0°	0,000
0,06	285,3°	295,3°	306,9°	10,083	11,592
0,12	296,4°	321,2°	347,6°	24,758	26,396
0,18	311,6°	346,5°	384,4°	34,852	37,900
0,24	330,6°	370,3°	415,0°	39,708	44,787
0,30	351,1°	391,5°	439,4°	40,399	47,968
0,36	370,6°	411,8°	457,3°	41,148	45,535
0,42	389,6°	428,2°	472,7°	38,650	44,518
0,48	408,5°	445,0°	475,1°	36,494	30,094
0,54	431,6°	458,2°	460,7°	26,569	3,184
0,60	452,8°	452,8°	452,8°	0,000	0,000



ющие моменты мышечных сил проходят на границе с областью максимальных и минимальных моментов, ограничивающих динамические ресурсы исполнителя (± 25 кгМ).

Нижняя грань функционала, особенно для управляющих моментов мышечных сил в тазобедренных суставах, достигается с некоторым резервом, что позволяет сделать вывод о возможности дальнейшего увеличения функционала при достижении управляющими моментами мышечных сил в суставах границы области имеющихся динамических ресурсов исполнителя.

Оптимальная стратегия достижения максимума функционала заключается в такой технической основе формирования сгибательно-разгибательных движений в суставах, когда управление в первом и вто-

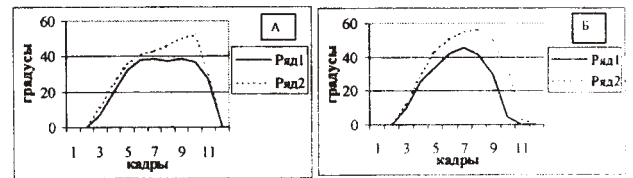


Рис. 1. Коридор построения оптимального управления в плечевых суставах (А) и тазобедренных (Б) суставах. (--- управление 1, — управление 2)

ТАБЛИЦА 4

Среднестатистические параметры оптимального управления

Время (с)	Нижняя грань оптимального управления		Оптимальное управление		Верхняя грань оптимального управления	
	1-е управление	2-е управление	1-е управление	2-е управление	1-е управление	2-е управление
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,06	6,92	9,86	8,78	10,91	10,64	11,96
0,12	19,62	25,74	21,97	27,90	24,32	30,06
0,18	32,30	34,12	33,88	38,72	35,46	43,02
0,24	38,10	42,11	39,63	46,36	41,16	50,61
0,30	38,30	45,85	40,70	50,63	43,10	55,41
0,36	37,30	41,57	41,59	48,96	45,88	56,35
0,42	38,61	29,34	44,38	39,26	50,15	49,18
0,48	36,77	4,63	44,51	18,69	52,24	32,75
0,54	26,90	0,00	27,95	1,69	29,00	3,53
0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

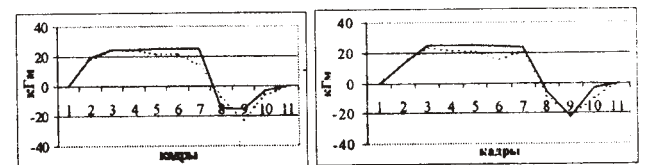


Рис. 2. Управляющие моменты мышечных сил (— в тазобедренных, --- в плечевых суставах)

ром суставах осуществляется по «срединной» линии коридора варьирования программного управления. В этом случае величина функционала будет равна 46,47 (единицы размерности), угол поворота ОЦМ тела спортсмена достигнет 454,64°, а управляющие моменты мышечных сил, реализующие оптимальную траекторию биомеханической системы, не выходят за пределы динамических ресурсов (рис. 2).

Синтез движения с оптимальными управлениями по их верхней и нижней грани показывает, что в этом случае для трехзвенной биомеханической системы возможны 4 случая:

1. Синтез движения с оптимальным управлением по минимальной грани (1-е и 2-е управление);
2. Синтез движения с оптимальным управлением по максимальной грани (1-е и 2-е управление);
3. Синтез движения с оптимальным управлением по минимальной грани (1-е управление) и по максимальной грани (2-е управление);
4. Синтез движения с оптимальным управлением по максимальной грани (1-е управление) и по минимальной грани (2-е управление).

В первом и во втором случаях отмечаются сильные скачкообразные выбросы управляющих моментов мышечных сил за пределы динамических ресурсов.

В третьем и четвертом случаях, когда одна из управляющих функций взята по нижней грани оптимального управления, а вторая – по верхней, таких пульсирующих выходов за ограничения по динамичес-

ким ресурсам не наблюдается. Но все же следует отметить, что и здесь имеет место выход за пределы динамических ресурсов до 10 кГм.

Кроме этого, отмечаются «провалы» в динамике изменения управляющих моментов мышечных сил в суставах, когда за увеличением следует спад, а далее снова подъем величины моментов, т.е. динамика их изменения имеет пульсирующий характер. Очевидно, что это не соответствует биологическим закономерностям работы опорно-двигательного аппарата тела спортсмена, и данные варианты движений можно признать за эффективные, если рассматривать их только с механической точки зрения, когда управление имеет релейный характер.

Таким образом, анализ материалов вычислительного эксперимента убедительно показывает, что технической основой двигательного действия на всей траектории биомеханической системы является продвижение по «срединной» линии оптимального управления, что позволяет сформировать оптимальную технику спортивного упражнения, не выходя за пределы динамической достаточности мышечных сил с достижением максимума (минимума) по избранному критерию качества выполнения упражнения.

Продвижение по верхней и нижней грани оптимального управления следует осуществлять осторожно, так как в этом случае имеется реальная возможность не справиться с силовыми запросами формируемой траектории движения.

УДК 681.3.06

В. О. Загrevский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ВЫВЕДЕНИЯ УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ

Томский государственный педагогический университет

Основой качественного управления тренировочным процессом является его грамотное планирование. Для этого тренерам необходимо иметь определенные количественные ориентиры, которыми, в частности, могут быть модельные характеристики [1, 2]. Применение их в практике открывает перед тренерами широкие перспективы в прогнозировании спортивного результата [3, 4]. Успешно прогнозировать уровень спортивных результатов позволяют выведенные на основе модельных характеристик уравнения регрессии, которые показывают изменение одного признака (Y) в зависимости от изменения другого (X) [5, 6, 7].

Зависимость между переменными величинами X и Y может быть описана разными способами. В частности, любую форму связи можно выразить уравнением общего вида $y = f(x)$, где Y рассматривают в

качестве зависимой переменной (функции) от другой – независимой переменной величины X (аргумента).

Результаты наблюдений, проведенных над тем или иным биологическим объектом по корреляционно связанным признакам Y и X, можно изобразить точками плоскости, построив прямоугольную систему координат. В результате получается некая диаграмма рассеяния, позволяющая судить о форме и тесноте связи между варьирующими признаками. Довольно часто эта связь выглядит в виде прямой и может быть аппроксимирована прямой линией, но бывают случаи, когда результаты измерений, изображенные в виде точечного графика в прямоугольной системе координат, не располагаются на одной прямой. В таком случае данная зависимость описывается уравнением нелинейной регрессии.