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 динамическим 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 справится с силовыми запросами формируемой траектории движения.

УДК 681.3.06

В.О.Загревский

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.

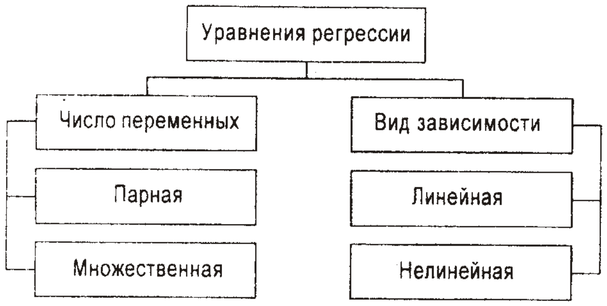

Рис. 1. Классификация уравнений регрессии.

Классификация уравнений регрессии приведена на рис. 1 [2].

Для определения зависимости между переменными Y и X необходимо выполнить 2 шага:

– на основании диаграммы рассеяния принять вид аналитической зависимости (линейная, экспонента, полином 2-ой степени и т.д.);

– с помощью метода наименьших квадратов по имеющимся экспериментальным данным найти значения величин, определяющих конкретный вид принятых зависимостей.

В рамках нашей статьи рассмотрим уравнения парной линейной и нелинейной регрессии.

1. Определение уравнений линейной регрессии

Регрессия является линейной в том случае, когда уравнение имеет вид:

$$y = a + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i$$

Где a – свободный член, b – коэффициент регрессии – определяет наклон линии регрессии.

Для получения уравнений регрессии необходимо:

– Определить значения a и b_i;

– Оценить достоверность полученного уравнения.

Ответы на эти вопросы можно получить при помощи функции Excel ЛИНЕЙН (). Для определения уравнения регрессии в эту функцию необходимо ввести исходные данные в формате:

=ЛИНЕЙН (интервал значений у; блок значений х; константа; статистика).

Ввод константы и статистики обеспечивает представление результатов вычислений в различных вариантах

	ИСТИНА	ЛОЖЬ
Константа	$b \neq 0$	$b = 0$
Статистика	Оценка достоверности	Оценки нет

В первую очередь определяем максимальные и минимальные значения переменных, для чего пользуемся функциями МИН () и МАКС (). Затем выделяем отдельный блок, в котором строк всегда 5, столбцов – n + 1. После этого вводим в верхнюю левую ячейку выделенного блока

=ЛИНЕЙН (интервал значений у; блок значений х; истина; истина).

И для получения результатов вычисления нажимаем <Shift> + <Ctrl> + <Enter>. В выделенном нами блоке мы получаем результат вычисления уравнения регрессии, где полученные величины имеют следующий смысл:

b_n	A
$\sigma\,[b_n]$	$\sigma\,[a]$
R^2	$\sigma[g]$
$F_{расч}$	Df
SS_{reg}	SS_{resid}

b_n, a – неизвестные величины в уравнений регрессии, $\sigma\,[b_n]$, $\sigma\,[a]$ – средние квадратические отклонения полученных значений, R^2 – величина, характеризующая достоверность, df – число степеней свободы, определяемое по формуле

$$df = k - (n + 1),$$

где k – число строк в таблице исходных данных, n – число аргументов, SS_{reg} – регрессионная сумма квадратов, SS_{resid} – остаточная сумма квадратов.

При этом нельзя забывать о том, что данное уравнение регрессии справедливо только в пределах определенных минимальных и максимальных значений.

После определения уравнения регрессии целесообразно определить достоверность полученной зависимости. Оценка достоверности зависимости у от x_i производится по величине R^2. Но также здесь можно оценить достоверность самой величины R^2 с помощью F распределения, которое определяет α – вероятность того, что зависимость у от x_i отсутствует, следовательно, $(1-\alpha)$ – это вероятность того, что такая зависимость существует. Определение искомой величины $(1-\alpha)$ производится следующим образом:

Курсор расположить в одной из ячеек строки $F_{расч}$, вызвать диалоговое окно FРАСП, в которое ввести следующее:

– $x = F_{расч}$

– степени свободы 1 – число аргументов

– степени свободы 2 – df

В ячейке будет отображен результат значения α. Затем в соседнюю ячейку вводим $= 1-\alpha$, в которой и будет находиться значение, показывающее достоверность наличия или отсутствия зависимости у от x_i.

Следующим вопросом, требующим оценки, является достоверность значения определяемых величин а и b_i, которая оценивается вероятностью распределения Стьюдента.

В первую очередь необходимо вычислить величину t_i, которая равна $b_n / \sigma\,[b_n]$. Затем с помощью функции СТЬЮДРАСП определяем β – вероятность того, что значения $b_n / \sigma\,[b_n]$ не достоверны. Для этого вводим:

$$x = t_i,$$

степени свободы – df, хвосты – 2 (это признак используемого нами 2-степенного распределения Стьюдента).

Следовательно, для определения достоверности нам необходимо в соседнюю ячейку занести =1 – ячейка с функцией СТЬЮДРАСП.

Выведение уравнения линейной регрессии изображено на рис. 2.

исходные данные

возраст	кол-во подтягиваний				
		уравнение регрессии			
7	6,89				
8	8,00	1,08	1,22	оценка достоверности R^2	
9	14,00	0,23	2,66	а	1-а
10	12,18	0,81	2,12	0,41	0,59
11	13,33	21,50	5,00		
13	17,20	96,95	22,54	оценка достоверности а и b	
18	19,14			t=m/G	4,70
		y = 1,22+1,08x		к	0,005
макс.знач	19,14			1-к	0,995
мин. знач	6,89				

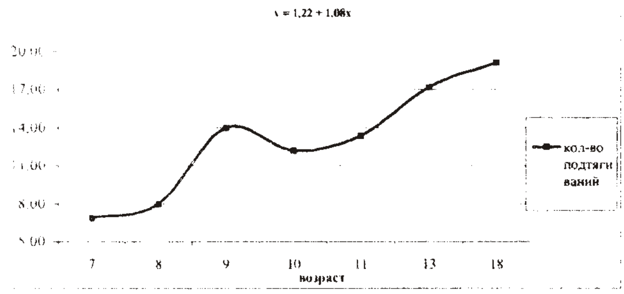

Рис. 2. Уравнение линейной регрессии выражающее зависимость «количество подтягиваний – возраст».

Итак, мы получили требуемое нам уравнение, и чтобы проверить его, попробуем выяснить следующее: сколько приблизительно раз подтянется гимнаст в 16 лет, если в 11 лет его уровень соответствует модельному, и он подтягивается 13 раз? Для этого в полученное уравнение вместо переменной X подставляем число 16 и получаем 18,5 раза. Как мы можем заметить, это число соответствует имеющемуся графику.

2. Определение уравнений нелинейной регрессии

Для нахождения уравнения регрессии в Excel применяется функция ЛГРФПРИБЛ(), которая обеспечивает получение уравнения в виде:

$$y = bm_1^{x_1} \times m_2^{x_2} \dots m_n^{x_n}$$

Число переменных не ограничено, но мы будем рассматривать парное уравнение регрессии для случая n = 1.

$$y = bm^x$$

Функция ЛГРФПРИБЛ() имеет точно такой же формат ввода, как и функция ЛИНЕЙН(), и вычисление уравнения нелинейной регрессии с помощью функции ЛГРФПРИБЛ() ведется аналогично работе с функцией ЛИНЕЙН(). При выполнении всех необходимых действий получаем

b_n	A
$\ln \sigma [b_n]$	$\ln \sigma [a]$
R^2	$\ln \sigma [g]$
$F_{расч}$	Df
SS_{reg}	SS_{resid}

В данном случае значения те же, что и при определении линейной регрессии, но вместо значений $\sigma [a]$ и $\sigma [b_n]$ даны их логарифмы.

Оценка достоверности величины R^2 проводится ранее описанным способом. Для оценки определенных коэффициентов a и b_i необходимо перейти к их логарифмам ln(a), ln(b) и определить

$$t = \mathrm{abs}\ (\ln(a)\ /\ \ln\sigma(a)),$$

$$t = \mathrm{abs}\ (\ln(b)\ /\ \ln(\sigma_b)).$$

Алгоритм следующих действий такой же, как и при определении данных коэффициентов в случае линейной регрессии.

Иллюстрация выведения уравнения парной нелинейной регрессии представлена на рис. 3.

В заключение необходимо отметить, что уравнения регрессии позволяют прогнозировать возможные значения зависимой переменной на основании известных величин аргумента. При этом, однако, не следует экстраполировать регрессию за пределы проведенных опытов, т.к. она может менять свое направление. Область применения уравнений регрессии луч-

исходные данные

возраст	прыжок в длину X	уравнение регрессии			
7	146,11	1,0088	2,2370		
8	151,43	0,00	0,13		
9	144,27	0,94	0,10	оценка достоверности	
10	179,64	208,97	14,00	а	0,000000001
11	192,83	2,19	0,15	1-а	0,999999999
12	200				
13	201,6	y = 2,23*1,008^x			
15	200				
16	210		оценка достоверности а и b		
17	210	ln()	0,01	0,81	
18	238	t=abc(lnb/(	1663,22	17,06	
20	258,3	k	0,00	0.00	
21	260	1-k	1	1	
22	268				
23	266,7				
24	265				
мин	144,27				
мах	268				

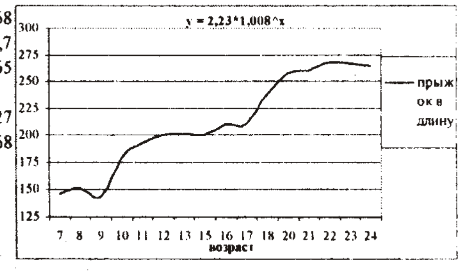

Рис. 3. Уравнение нелинейной регрессии, выражающее зависимость «прыжок в длину – возраст».

ше ограничить теми данными, на которых получены эмпирические уравнения. Это предостережет от возможных ошибок.

На наш взгляд, приведенные примеры наглядно показывают преимущества выведения уравнений регрессии, реализованного средствами Excel 7.0.

Литература

1. Бальсевич В.К. Методологические проблемы исследований по проблеме отбора и спортивной ориентации // Теория и практика физической культуры- 1980.– № 1.– С. 24–25.
2. Гужаловский А.А., Алабин А.В. Модельные характеристики физической подготовки девушек-спринтеров и экспериментальное обоснование методики их индивидуальной подготовки // Теория и практика физической культуры.– 1980.– № 5.– С. 33–36.
3. Спортивная метрология: Учеб. Для ин-тов физ. культ. Под ред. В.М. Зациорского.– М.: Физкультура и спорт, 1982.– 256 с.
4. Садовский Л.Е., Садовский А.Л. Математика и спорт.– М.: Наука, 1985.– 192 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов.– М.: Высшая школа, 1990.– 352 с.
6. Дюк В.А. Компьютерная диагностика.– Санкт-Петербург: издательство «Братство», 1994.– 364 с.
7. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0.– Санкт-Петербург, 1997.– 384 с.

77.0305.УДК. 796.015

В.Ю. Сидоров

ОЦЕНКА УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ОРИЕНТИРОВЩИКОВ И ИХ СВЯЗЬ СО СПОРТИВНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ

ИФК Томского государственного педагогического университета

Существует множество методик, позволяющих определить психофизиологические качества спортсменов. Но как выбрать нужную методику, определить, как точно тест отображает то или иное качество?

В данной работе мы выбрали тесты, которые позволяют в короткие сроки оценить психофизиологическое состояние спортсменов при помощи вычислительных машин. Наличие специальных программ дало возможность стандартизировать методику.

Все тесты, имеющиеся в программе, составлены на основании литературных источников. Таким образом, все эти тесты можно провести без использования компьютера. Но проведенные тесты "вручную" будут уступать в надежности (погрешность измерений, несовершенство теста и т.д.).

Исходя из данных, полученных в результате анализа литературы, психолого-педагогического анализа соревновательной деятельности и экспертной оценки ведущих психофизиологических качеств, мы установили, что для успешного выступления на соревнованиях необходимо развитие таких качеств, как: мышление (логическое, творческое, оперативное, пространственное), внимание (объем, концентрация, распределение, устойчивость, переключаемость), зрительная память, скорость переработки информации, умение работать в оптимальном темпе, эмоциональная устойчивость (отсутствие повышенной тревожности, чрезмерной осторожности). Так как эти процессы протекают на фоне тяжелой физической нагрузки необходимо не забывать о психофизиологических резервах [1,6]. Одним из важных структурных элементов психофизиологического резерва является сенсомоторная координация (реакция на движущийся объект (РДО), сенсомоторные реакции, теппинг-тест и др.).

Психомоторные тесты имеют большую практическую значимость, результаты, полученные при их проведении, стабильны во времени. Эти тесты используются в совокупности с психологическим тестированием, с оценкой функционального резерва и вегетативной типологии, хотя и имеют самостоятельную ценность [2,6].

Для определения функционального резерва кардиореспираторной системы мы предлагаем использовать Гарвардский степ-тест. Коэффициент корреляции между средним значением очков и результатом теста ($r1 = 0,5$), между средней скоростью и результатом теста ($r2 = -0,6$).

Таким образом, проведенные исследования показали наличие связи спортивной результативности с показателями физической подготовки.

Для изучения особенностей мышления мы взяли тест возрастающей трудности (методика Равена). Связь со спортивным результатом оказалась очень слабая ($r1 = 0,03$ и $r2 = 0,04$ соответственно). Несмотря на это, пять спортсменов, показавших наивысший результат тестирования, в течение полугода выполнили норматив кандидата в мастера спорта. И суммарный результат первой группы намного выше, чем у второй. Мышление является необходимым качеством для достижения высокого спортивного результата, что подтверждается высокой экспертной оценкой.