

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В СПОРТИВНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Усыченко В.В.

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины

Аннотация. Усыченко В.В. К вопросу использования методов математической статистики в спортивно-педагогической практике. В статье поднимается вопрос о точности и надежности интерпретации данных, полученных в ходе экспериментальной работы в случае малых объемов выборочных совокупностей на примере анализа морфологических показателей спортсменов-бодибилдеров высокой квалификации.

Ключевые слова. Спортивно-педагогическая деятельность, выборочная совокупность, корреляционный и регрессионный анализ.

Анотація. Усиченко В.В. До питання використання методів математичної статистики у спортивно-педагогічній практиці. У статті піднімається питання про точність та надійність інтерпретації отриманих в ході експериментальної роботи даних у випадку малих обсягів вибіркової сукупності на прикладі аналізу морфологічних показників спортсменів-бодібілдерів високої кваліфікації.

Ключові слова. Спортивно-педагогічна діяльність, вибіркова сукупність, кореляційний та регресійний аналіз.

Summary. Usichenko V. To a question of use of the mathematical statistics methods in sports-pedagogical practice. In paper the question on accuracy and reliability of interpretation of the data gained during experimental work in case of small volumes of samples on an instance of the morphological parameters analysis sportsmen-bodybuilders of high qualification rises.

Keywords. Sports-pedagogical activity, selective assemblage, the correlation and a regression analysis.

Постановка проблемы. В условиях возросшей конкуренции на спортивной арене построение эффективного тренировочного процесса, на сегодняшний день, является одной из сложнейших задач. В свою очередь, при

организации учебно-тренировочного процесса, тренеру поступает огромное количество числовой информации, которую необходимо проанализировать и систематизировать, выявить взаимосвязи и закономерности между рассматриваемыми признаками и явлениями, создать на этой основе высокоэффективные программы спортивной тренировки.

Без современных математических методов исследования и прогнозирования в большом спорте невозможно достичь высоких результатов, поскольку именно с помощью математического аппарата в настоящее время определяют перспективность спортсмена, анализируют параметры различных сторон учебно-тренировочного и соревновательного процессов, контролируют эффективность нагрузок и оценивают степень адаптации к большим физическим нагрузкам [2]. Не смотря на то, что эффективность решения задач спортивной подготовки в значительной степени зависит от качественной обработки и интерпретации результатов экспериментов, как отмечает Л.И. Орехов [7], к сожалению, авторы многих научных публикаций представляют результаты исследований по своему усмотрению, используя различные обозначения статистических показателей, не всегда указывают объем выборочной совокупности.

Анализ специальной литературы указывает на тот факт, что при разработке программ спортивной тренировки тренер реализует свои идеи, как правило, на немногочисленной группе спортсменов. Особенность научного подхода к подготовке спортсменов высокой квалификации заключается в том, что использование тренером неадекватного метода анализа результатов измерений даже на одном из этапов работы лишает его выводы достоверности. Становится очевидным информацию, полученную на малом количестве объектов необходимо корректно анализировать [4].

Связь с научными программами, планами, темами. Работа выполнена согласно плана научно-исследовательской работы кафедры кинезиологии Национального университета физического воспитания и спорта Украины и «Сводного плана НИР в области физической культуры и спорта на

2006–2010 гг.» Государственного комитета Украины по вопросам физической культуры и спорта по теме 2.2.2. «Совершенствование средств и методов технической подготовки квалифицированных спортсменов».

Анализ публикаций по теме исследования. Современный спорт высших достижений характеризуется постоянным увеличением количества показателей, отражающих тренировочно-соревновательный процесс, а определение физического развития спортсменов, изучение влияния на него повышенной двигательной активности, является неотъемлемой частью их комплексного мониторинга. Учитывая специфичность адаптационных изменений в организме, специалисты предполагают и специфичность морфометрических характеристик у спортсменов в зависимости от вида спорта. Можно утверждать, что информация об особенностях морфологического статуса спортсменов в определенном виде спорта имеет как теоретическое значение, так и возможность использовать эти данные в процессе практической работы. Дать реальную оценку большим массивам информации, тщательно проанализировать ее, сделать научно обоснованные выводы помогают методы математической статистики [2,5].

В процессе исследования спортсменов высокой квалификации, тренер не имеет возможности составить выборку такой численности, которая бы по своему объему отвечала закону больших чисел. По мнению [6], достаточно репрезентативной следует считать выборку из 30 объектов. С другой стороны, Л.И.Орехов [8] утверждает, что правомерными могут быть и единичные наблюдения за выдающимися спортсменами: регистрация множества показателей в динамике в течение длительного времени дают ценный материал, который при компетентном анализе может помочь выявить важные закономерности, уточняющие существующие положения в физическом воспитании и спорте.

В спортивно-педагогической практике в настоящее время активно используются экстраполяция и регрессионный анализ. Последний удобен при прогнозировании роста спортивных результатов в циклических видах спорта.

Значительно реже встречается прогнозирование по регрессионным и корреляционным моделям, не говоря уже о методе лонгитюдных наблюдений, позволяющем вскрыть глубинные процессы причинно-следственных связей, происходящих в развитии организма спортсмена, получить "знания закономерностей, определяющих динамику контролируемых показателей в крупных масштабах времени" [3].

Разработка методологии системного подхода относительно исследований в области спорта с опорой на глобальные научные положения физики, математики, биологии является актуальной и своевременной.

Результаты собственных исследований. В связи с тем, что объем выборки всегда меньше объема генеральной совокупности, и, как следствие, средняя выборки не может быть точно равна средней генеральной, для определения средней арифметической генеральной совокупности без исследования всех объектов ее объема, математическая статистика предлагает выборочный метод. Обработка результатов экспериментов, проведенных на немногочисленных группах методами математической статистики, позволяет в ряде случаев обоснованно решить вопрос о правомерности или неправомерности тех или иных выводов и заключений на основе имеющихся материалов. В каждом конкретном случае необходимо установить, с какой уверенностью можно перенести результаты выборочного наблюдения на всю генеральную совокупность, из которой взята выборка, а также установить адекватный критерий для проверки гипотезы о равенности средних в генеральных совокупностях на основании выборочных данных.

Рассмотрим использование выборочного метода для изучения результатов измерений в спортивно-педагогической практике на примере анализа обхватных размеров бодибилдеров высокой квалификации участвовавших в чемпионате Украины 2004, кубке Украины 2004, чемпионате Украины 2005 года.

В процессе исследования полученных результатов, нами были изучены все антропометрические показатели. Рассмотрим их на примере анализа обхвата правого бицепса (А) спортсменов в категориях до 80 и до 90 кг.

По результатам вычислений, в категории до 80 кг средний обхват правого бицепса составил 42,8 см, а у спортсменов категории до 90 кг соответственно 48 см. Находим средние ошибки каждой выборочной совокупности:

$$m_1 \approx 1,19 \text{ см}, \quad m_2 \approx 0,41 \text{ см}.$$

Из этого следует, что средний обхват бицепсов у спортсменов категории до 80 кг составляет $\bar{x}_1 = 42,8 \pm 1,19$ см, а соответственно у спортсменов категории до 90 кг- $\bar{x}_2 = 48 \pm 0,41$ см.

Средняя ошибка выборки дает некоторое представление об ошибке репрезентативности, то есть об ошибке, с которой выборочная средняя представляет действительное значение генеральной средней. Однако в каждой конкретной выборке ошибка может существенно отличаться от средней ошибки [1]. Следует отметить, что нет гарантии, что ошибка, которая действительно была допущена в конкретном выборочном исследовании, не превышает средней ошибки. Поэтому гораздо полезнее знать те границы, в которых «практически наверняка» находится действительная ошибка, допущенная в данной конкретной выборке. Эти границы указываются предельной ошибкой выборки, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta = t(k)m_{\bar{x}} \quad (1),$$

где t рассчитывают исходя из так называемого закона распределения Стьюдента с k степенями свободы (в отличие от больших выборок, где t вычисляется на основе нормального закона распределения) [6]. При вычислении предельной ошибки малой выборки значение $t(k)$ определяем по таблице значения критерия Стьюдента с $k = n-1$ степенями свободы, с учетом заданного уровня надежности и объема выборки. Задавшись уровнем надежности $P = 0.95$, находим $t(3) = 3.182$. Тогда предельные ошибки выборок:

$$\Delta_1 \approx 3,79; \quad \Delta_2 \approx 1,3.$$

Исходя из полученных результатов, для спортсменов категории до 80 кг границы обхвата бицепса в генеральной совокупности составляют $39,01 \leq x_1 \leq 46,59$ см, а для спортсменов категории до 90 кг - $46,7 \leq x_1 \leq 49,3$ см.

Аналогичным образом находим средние и предельные ошибки каждой выборочной совокупности по каждому показателю (табл.1).

Табл. 1.

Анализ средних показателей для малых выборок спортсменов различных весовых категорий

Показатели	Обхват бицепсов		Обхват предплечья		Обхват грудной клетки	Талия	Обхват бедра		Обхват голени	
	А	В	А	В			А	В	А	В
До 80 кг										
\bar{x}	42,8	43	32,5	31,8	118,8	72	58,3	58	42,8	42,8
s	2,38	2,14	2,46	2,55	5,71	7,11	4,46	4,72	2,52	2,39
V	5,85	7,35	8,68	3,99	2,94	9,34	8,56	5,33	5,38	4,09
$m_{\bar{x}}$	1,19	1,07	1,23	1,28	2,86	3,56	2,23	2,36	1,26	1,20
Δ	3,79	3,40	3,91	4,06	9,08	11,31	7,10	7,51	4,01	3,80
До 90 кг										
\bar{x}	48	48,1	39,5	39,6	131,5	76	69,5	70	44,75	44,6
s	0,82	1,31	2,65	2,29	5,07	11,34	1,29	0,82	0,96	0,95
V	1,70	2,73	3,85	2,14	2,12	1,86	1,17	6,70	5,77	14,93
$m_{\bar{x}}$	0,41	0,66	1,33	1,15	2,54	5,67	0,65	0,41	0,48	0,48
Δ	1,30	2,08	4,22	3,64	8,07	18,04	2,05	1,30	1,53	1,51

Свыше 90 кг										
\bar{x}	49	49	40,1	40,2	135, 4	86,2	70,3	70,7	45	45,1
s	2,50	3,16	1,73	1,71	10,3 1	2,94	5,44	4,97	1,71	1,26
V	4,86	4,37	4,22	5,59	5,30	6,35	6,67	6,13	6,34	8,25
$m_{\bar{x}}$	0,94	1,19	0,65	0,65	3,90	1,11	2,06	1,88	0,65	0,48
Δ	2,23	2,82	1,55	1,53	9,21	2,63	4,86	4,44	1,53	1,13

Результаты использования выборочного метода для оценки средних параметров генеральной совокупности на примере анализа обхватных размеров бизвеньев спортсменов-бодибилдеров высокой квалификации разных весовых категорий, позволили сделать следующие обобщения:

выборочный метод позволяет оценить средние показатели генеральной совокупности в случае ограниченного количества испытаний. Найденные ошибки репрезентативности фактически указывают на то, как отличаются средние арифметические генеральной совокупности от найденных с помощью выборочной совокупности величин; вычисление коэффициентов вариации для каждого из показателей, позволило констатировать, что исходя из результатов расчетов, согласно которым коэффициенты вариации не превышают 15%, группы спортсменов в зависимости от весовой категории однородны и однотипны; при сопоставлении полученных результатов установлено, что средние обхватные размеры спортсменов увеличиваются с увеличением их весовой категории. Однако такой вывод пока еще неправомерен и может рассматриваться лишь как гипотеза в связи с тем, что доверительные интервалы для генеральных средних отдельных показателей бодибилдеров (например, интервал обхвата правого предплечья в весовой категории до 80 кг составляет от 28,59 до 36,41, а соответственный интервал для обхвата правого предплечья спортсменов категории до 90 кг – от 35,28 до 43,72) пересекаются, так что средние генеральные вполне могут совпадать или даже находиться в соотношении, противоположном высказанной гипотезе. Поэтому, чтобы

попытаться подтвердить и обосновать высказанную выше гипотезу следует значительно увеличивать объем выборок. Тем не менее, можно утверждать, что обхватные размеры спортсменов различны в зависимости от весовых категорий по следующим показателям:

- для спортсменов категорий до 80 и до 90 кг гипотеза справедлива для обхвата правого бицепса (А), левого предплечья (В) и обхвата обоих бедер;

- для спортсменов категорий до 90 и свыше 90 кг для подтверждения или опровержения гипотезы необходимы дополнительные исследования;

- для спортсменов категорий до 80 и свыше 90 кг зафиксированное различие обхвата правого бицепса (А), правого и левого предплечья, обхвата талии и обоих бедер бодибилдеров высокой квалификации имеет не случайный, а закономерный характер.

Английский статистик Стьюдент (Госсет) доказал, что распределение выборочных средних, когда объем выборки не превышает 30 единиц имеет свой отдельный закон распределения – распределение Стьюдента.

Покажем реализацию данного алгоритма на примере анализа различий средних показателей между спортсменами весовых категорий до 80 кг и до 90 кг, а также между показателями до 90 кг и свыше 90 кг на примере изучения различий между обхватом бицепса для спортсменов категорий до 80 кг и до 90 кг. Сформулируем нулевую гипотезу, согласно которой средние генеральных совокупностей, из которых взяты выборки, не отличаются друг от друга. Специальный критерий, основанный на распределении Стьюдента, позволяет для фиксированного уровня надежности P и числа степеней свободы $k=n_1+n_2-2$ сделать вывод о значимости или незначимости различия между выборочными средними. При этом следует отметить, что аналогичные критерии для больших выборок, вместо распределения Стьюдента используют нормальное распределение, поскольку при возрастании объема выборки распределение Стьюдента стремится к нормальному.

Находим критерий достоверности по формуле:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \frac{|42,8 - 48|}{\sqrt{(1,19)^2 + (0,41)^2}} = 4,13; \quad (2)$$

где m – средняя ошибка малой выборки вычисляется согласно формуле

$$m_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (3).$$

Обращаясь к таблице Стьюдента для уровня значимости $\alpha = 0.05$ и числа степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2$ (3) при $k = 4 + 4 - 2 = 6$ находим граничный критерий $t_{гр} = 2.45$. Таким образом, t , полученное по формуле по формуле, $t > t_{гр}$, следовательно нулевая гипотеза отвергается: разницу между обхватом бицепсов спортсменов весовой категории до 80 кг и до 90 кг следует признать статистически достоверной, а сдвиг в значениях средних величин существенен и объясняется закономерными обстоятельствами. В случае с выборками спортсменов категорий до 90 кг и свыше 90 кг имеем $t_{кр} = 2,26$. Сравнивая вычисленные значения t с критическими их значениями, сделаем выводы о значимости или незначимости различия между выборочными средними (табл.2).

Табл. 2.

Выявление статистически достоверных различий между средними показателями спортсменов различных весовых категорий

Показатели	Обхват бицепсов		Обхват предплечья		Обхват грудной клетки	Талия	Обхват бедра		Обхват голени	
	А	В	А	В			А	В	А	В
$n_1 = 4, n_2 = 4, n_3 = 7$										
\bar{x}_1	42,8	43	32,5	31,8	118,8	72	58,3	58	42,8	42,8
\bar{x}_2	48	48,1	39,5	39,6	131,5	76	69,5	70	44,75	44,6
m_1	1,19	1,07	1,23	1,28	2,86	3,56	2,23	2,36	1,26	1,19
m_2	0,41	0,66	1,32	1,14	2,53	5,67	0,65	0,41	0,48	0,47
$t_{ф}$ (до 80 кг и до 90)	4,13	4,06	4,55	3,33	0,60	4,82	5,01	1,45	1,41	4,13

кг)										
Наличие различий	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
\bar{x}_2	48	48,1	39,5	39,6	131,5	76	69,5	70	44,75	44,6
\bar{x}_3	49	49	40,1	40,2	135,4	86,2	70,3	70,7	45	45,1
m_2	0,41	0,66	1,32	1,14	2,53	5,67	0,65	0,41	0,48	0,47
m_3	0,90	0,81	0,93	0,96	2,16	2,69	1,69	1,78	0,95	0,90
t_{ϕ} (до 90 кг и свыше 90 кг)	1,01	0,86	0,40	1,17	1,63	0,44	0,38	0,23	0,49	1,01
Наличие различий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Проведенные исследования с использованием критерия Стьюдента в соответствии с вышеприведенным алгоритмом позволили выявить, что с вероятностью $P=1-\alpha=1-0,05=0,95$ антропометрические данные спортсменов имеют достоверные различия в зависимости от весовой категории лишь по некоторым показателям. Статистически достоверные различия наблюдаются между обхватами бицепсов, предплечий и бедер спортсменов категорий до 80 и до 90 кг, а в категориях до 90 кг и свыше 90 кг статистически достоверные различия между средними обхватами спортсменов не зафиксированы.

В ходе изучения специальной литературы было определено, что условиями применения корреляционно-регрессионного метода является наличие достаточно большой по объему выборочной совокупности, при этом считается, что число наблюдений должно превышать более чем в 10 раз число факторов, влияющих на результат, наличие качественно однородной исследуемой совокупности, а также подчинение распределения совокупности по результативному и факторным признакам нормальному закону или близость к нему.

В результате проведенных исследований нами были получены антропометрические данные спортсменов-бодибилдеров высокой квалификации (табл.3).

Табл. 3

Морфологические показатели бодибилдеров высокой квалификации

№	Вес	Обхват бицепсов	Обхват грудной клетки	Обхват голени	Обхват бедра	Обхват предплечья	Талия
1	113	53,75	146	48	78,5	41,25	94
2	95	50	139	45	72,5	40,75	89
3	102	48	130	43,75	67	38	91
4	94,5	48	135	42	65	37	79
5	94,6	47,25	136	42,5	67,5	38	88
6	103	48	130	46	70	43	89
7	99	48	132	48	73	43,1	74
8	85	47	125	44	68,5	38,25	60
9	86	49,5	136	44,75	70	39,5	85
10	87	47,75	135	44	69,5	37,5	83
11	90	48	130	46	71	43	76
12	80	46,5	130	44,5	65,5	34,5	68
13	80	41,5	125	43	55	32	75
14	73	43,5	110	42,5	54	31,5	73
15	75	40	110	41	58	30,5	72

Тестовая статистика вычисляется по формуле:

$$\xi = \left(0.5 \cdot \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) - \frac{|r|}{2(n-1)} \right) \sqrt{n-3} \quad (4)$$

и сравнивается с табличным значением коэффициента Стьюдента $t(p = 0.95, f = 13) = 3,37$.

По данным специальной литературы [1], если тестовая статистика больше табличного значения, то коэффициент значимо отличается от нуля. Исходя из формулы, можно сделать вывод, что чем больше измерений n , тем лучше

(больше тестовая статистика, вероятнее, что коэффициент значимо отличается от нуля) (табл.4).

Табл. 4

Вычисление тестовой статистики для антропометрических данных бодибилдеров высокой квалификации

	Обхват бицепсов	Обхват грудной клетки	Обхват голени	Обхват бедра	Обхват предплечья	Талия
корреляция с весом	0,80128	0,76366	0,65588	0,79496	0,77743	0,71052
Тест-статистика	3,718902	3,386756	2,640096	3,659358	3,502496	2,98901
достоверность	+	+	-	+	+	-

В практических исследованиях широкое распространение получили математические модели в виде полинома, с помощью которого осуществляется связь выходного параметра (функции отклика) y с независимыми факторами x_i , влияющими на тот или иной процесс. Для большинства процессов достаточную точность обеспечивают полиномы первой степени (2).

$$Y_x = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n, \quad (5)$$

где y – расчетное значение выходного параметра (функция отклика);

B_0 - свободный член уравнения;

B_1, B_2, \dots, B_n – коэффициенты уравнения при соответствующих переменных (линейные эффекты);

x_1, x_2, \dots, x_n – переменные величины (независимые факторы).

Такой полином называют линейным уравнением, и он характеризует линейную связь результативного и факторными признаками.

Рассмотрим алгоритм построения парной регрессии на примере определения зависимости антропологических показателей спортсменов – бодибилдеров высокой квалификации. Для определения пропорций бодибилдеров высокой квалификации используем обхватные размеры бицепсов

как наиболее коррелирующий показатель с весом спортсменов. Определим зависимость между охватным размером спортсменов и их весом.

Используя возможности MS Excel, построим расчетную таблицу 5 для определения параметров уравнения линии регрессии $Y_x = a_0 + a_1x$.

Находим параметры a_0 и a_1 , используя формулы:

$$a_0 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - \sum x \sum x}, \quad (6) \quad a_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - \sum x \sum x} \quad (7).$$

Исходя из полученных данных, запишем уравнение регрессии

$$Y = 25,34 + 0,24x \quad (8).$$

Табл. 5

Расчетная таблица для построения и анализа регрессионной прямой зависимости обхвата бицепса спортсмена от его веса

Обхват бицепсов, у	Вес, х	ху	у ²	х ²	Y _х	Y _х - у	(Y _х - у) ²
53,75	113	6073,75	2889,063	12769	52,53987	1,210126	1,464405
50	95	4750	2500	9025	48,20641	1,79359	3,216965
48	102	4896	2304	10404	49,89165	-1,891646	3,578325
48	94,5	4536	2304	8930,25	48,08604	-0,086036	0,007402
47,25	94,6	4469,85	2232,563	8949,16	48,11011	0,8601108	0,739791

48	103	4944	2304	10609	50,13239	-2,132394	4,547104
48	99	4752	2304	9801	49,1694	-1,169402	1,367501
47	85	3995	2209	7225	45,79893	1,20107	1,442569
49,5	86	4257	2450,25	7396	46,03968	3,460322	11,97383
47,75	87	4154,25	2280,063	7569	46,28043	1,469574	2,159648
48	90	4320	2304	8100	47,00267	0,99733	0,994667
46,5	80	3720	2162,25	6400	44,59519	1,90481	3,628301
41,5	80	3320	1722,25	6400	44,59519	-3,09519	9,580201
43,5	73	3175,5	1892,25	5329	42,90995	0,590046	0,348154
40	75	3000	1600	5625	43,39145	-3,39145	11,50193
706,75	1357,1	64363,35	33457,	69124531,4	706,7494	0,0006392	56,55079

Поскольку проведенные расчеты показали, что коэффициент регрессии a_1 имеет положительное значение, то можно сделать вывод о существовании прямой взаимосвязи между обхватом бицепсов спортсменов – бодибилдеров высокой квалификации и его весом, которую можно представить уравнением регрессии (рис 1).

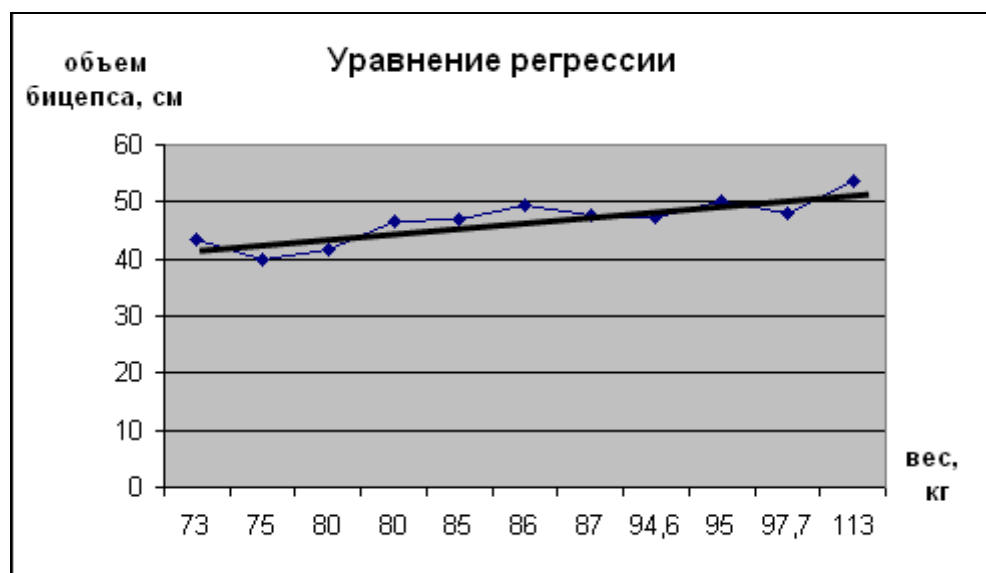


Рис. 1. Графическое представление фактических данных и теоретической прямой

Интерпретация полученного уравнения позволяет сделать выводы, что для увеличения объема бицепса спортсмена на 1см, в среднем его вес должен увеличиться на 0,24 %.

Учитывая, что число степеней свободы, равно $n-2 = 15-2 = 13$, находим остаточную дисперсию:

$$\sigma_{ocm}^2 = \frac{\sum (y - \bar{y}_x)^2}{n - 2} = 4,350061 \quad (9).$$

Оценку значимости параметров уравнения регрессии произведем путем определения их случайных ошибок, используя следующие формулы:

$$m_{a_0} = \sigma_{ocm} \sqrt{\frac{\sum x^2}{n \left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right]}} \quad (10),$$

$$m_{a_1} = \frac{\sigma_{ocm}}{\sqrt{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}} \quad (6).$$

Проведенные вычисления показали, что $m_{a_0} = 4,542724$, а $m_{a_1} = 0,049857$ соответственно.

Произведем проверку нулевых гипотез о том, что $a_0 = 0$ и $a_1 = 0$. Для этой цели вычислим фактические значения критерия t_ϕ для параметра a_0 значение согласно формуле

$$t_\phi = \frac{|a_0|}{m_{a_0}} \quad (7),$$

а для параметра a_1 —

$$t_\phi = \frac{|a_1|}{m_{a_1}} \quad (8).$$

Вычисление показало, что для параметра a_0 $t_\phi = 25,33535$, а для параметра a_1 — $t_\phi = 2,666874$.

При числе степеней свободы 13 и уровне значимости 0,005 (то есть доверительной вероятности 0,995, используя таблицу Стьюдента находим

теоретическое значение $t_T \approx 3,37$. Поскольку $t_\Phi > t_T$, то отвергаем нулевую гипотезу и признаем параметры значимыми.

Определим доверительные границы параметров по формулам:

$$a_0 \pm t_m \cdot m_{a_0} \quad (9),$$

$$a_1 \pm t_m \cdot m_{a_1}. \quad (10).$$

Для a_0 получаем: $25,33535 \pm 3,37 \cdot 4,542724 = 25,33535 \pm 15,30898008$,

а для a_1 — $0,240748 \pm 3,37 \cdot 0,049857 = 0,240748 \pm 0,168016694$.

При графическом изображении линии, выражающие доверительные границы, для Y_x представляют гиперболы, описываемые формулой

$$\bar{y}_{d.z.} = Y_x \pm \Delta x \quad (11),$$

где

$$\Delta x = t_m \cdot \sigma_{ocm} \cdot \sqrt{\frac{D_x^2}{n\sigma_x^2} + \frac{1}{n}} \quad (12);$$

$$D_x = x - \bar{x} \quad (14);$$

$$\sigma_x^2 = \bar{x}^2 - (\bar{\bar{x}})^2 \quad (15).$$

Наименьшее значение ширина доверительного интервала принимает при $x = \bar{x}$ и возрастает по мере увеличения абсолютных разностей $x - \bar{x}$. По данным рассматриваемого примера получаем:

$$n = 15; \bar{x} = 90,47333; \bar{x}^2 = 8302,094; (\bar{\bar{x}})^2 = (90,47333)^2 = 8185,424;$$

$$\sigma_x^2 = 116,67; t_m = 2,16; \sigma_{ocm} = 2,085680015.$$

Тогда для первой строки таблицы 1, где $x = 113$ и $Y_{x=113} = 52,53987$, доверительные границы $Y_{x=113}$ будут равны:

$$Y_{x=113д.г.} = 52,53987 \pm 2,16 \cdot 2,085680015 \cdot \sqrt{\frac{(113 - 90,47333)^2}{15 \cdot 116,67} + \frac{1}{15}} = 52,5 \pm 2,69036$$

Для определения пропорций бодибилдеров высокой квалификации и возможной дальнейшей коррекции отдельных групп мышц правомерно использование регрессионного анализа с целью построения теоретических моделей, описывающей эмпирические данные;

В процессе исследования было построено уравнение парной регрессии, в котором вес спортсмена рассматривался как результативный признак, а обхват его бицепса – как факторный.

Проведенные расчеты и дальнейшая интерпретация полученного уравнения позволили выявить существование прямой взаимосвязи между обхватом бицепсов спортсменов – бодибилдеров высокой квалификации и его весом, которая представляется уравнением $Y=25,34+0,24x$ из которого следует, что при условии неизменных условий тренировок и питания бодибилдера, для увеличения объема его бицепса на 1 см, в среднем его вес должен увеличиться на 0,24 %.

Дальнейшие расчеты, проведенные с использованием статистических методов позволили доказать значимость полученных параметров и определить их доверительные границы, а именно: $a_0= 25,33535 \pm 15,30898008$, $a_1 = 0,240748 \pm 0,168016694$.

Дальнейшее исследование будет направлено на разработку технологии коррекции геометрии масс тела спортсменов-бодибилдеров высокой квалификации в подготовительном периоде годичного цикла учитывающую малую выборку испытуемых.

Литература

1. Губа В.П., Шестаков М.П., Бубнов Н.Б., Борисенко М.П. Измерения и вычисления в спортивно-педагогической практике.- Учебное пособие.- СпортАкадемпред.- 2002.- 211с.

2. Князев Н.В. Влияние индивидуальной коррекции тренировочной нагрузки на морфометрические и силовые показатели при занятиях бодибилдингом рекреативной направленности. Физическая культура.- №4.- 2005.

3. Козина Ж.Л. Результаты разработки и практического применения алгоритма системного анализа в научных исследованиях в области спортивных игр // Слобожанський науково-спортивний вісник.- 2006.- №9,- с.-157-164.

4. Містулова Т.Є. Математичні методи в теорії та практиці спорту: Навч. посіб.- К.:Наук. Світ, 2004.-90с.

5. Лакин Г.Ф. Биометрия.- «Высшая школа».- Москва.- 1973.- 342с.

6. Начинская С.В. Математическая статистика в спорте.- Киев «Здоров'я».- 1978.- 134с.

7. Орехов Л.И., Караваева Е.Л., Асмолова Л.А. Управление, контроль, измерение, статистические и экспериментальные методы в педагогике, психологии и физической культуре.- Учебное пособие.- Алматы.- 2004.- 168с.

8. Орехов Л.И., Караваева Е.Л. О необходимости соответствия статистических и экспериментальных методов современным требованиям // Теор. и практика физ. культуры.- 2005.- №3.- с. 46-49.