

С. В. Алаев, И. А. Осетров

Частные корреляции при анализе плавания в ластах

Решение задач повышения эффективности тренировочного процесса в спортивной деятельности возможно только посредством интегрального подхода, составной частью которого является применение количественных методов и современных средств обработки статистической информации. В статье рассматривается возможность применения метода частной корреляции в учебно-тренировочном процессе при плавании в ластах.

Ключевые слова: контроль спортивной деятельности, плавание в ластах, корреляция, частные коэффициенты корреляции, медианный тест.

S. V. Alaev, I. A. Osetrov

Partial Correlations at the Analysis of Swimming with Flippers

The solution of problems of increase of training process efficiency in sport activity is possible only by means of the integrated approach which component is application of quantitative methods and modern means of processing the statistical information. In the article the possibility of application of the private correlation method in the learning-training process in swimming with flippers is considered.

Key words: control of the sport activity, swimming with flippers, correlation, private factors of correlation, a median test.

В научной литературе рассматриваются мнения [8] о необходимости выявлять факторы подготовленности, обеспечивающие эффективность соревновательной деятельности. Отсюда следует, что вся система совершенствования отдельных компонентов подготовленности должна быть тесным образом связана с необходимостью установления условных компонентов соревновательной деятельности, так как между ними существуют четкие взаимоотношения. В статье обсуждаются важные понятия корреляции и частной корреляции. Именно эти понятия лежат в основе статистических выводов, направленных на анализ зависимостей и взаимозависимостей, встречающихся в тренировочном процессе.

Для примера рассмотрим такую спортивную дисциплину, как плавание. Плавание в ластах это спортивная дисциплина, цель которой – преодоление в ластах различных дистанций за наименьшее время. Пловцы в ластах развивают скорость до 14 км/час. Моноласта в сравнении с обычным плаванием дает прибавку к результату 30–35 %. Плавание в ластах – одна из немногих спортивных дисциплин, которая может гордиться тем, что представитель этой дисциплины российский спортсмен Сергей Ахапов занесен в Книгу рекордов Гиннеса, как самый быстрый подводный пловец планеты, на его счету более

30 мировых рекордов. Соревнования в этом виде спорта проводятся на дистанциях 50, 100, 200, 400, 800, 1500 м.

Дистанция 400 м считается самой сложной, так как требует от спортсмена предельных волевых усилий и уровня развития специальных физических качеств. На относительно продолжительном отрезке времени необходимо поддерживать высокую скорость плавания. Дистанция 400 м в плавании в ластах считается «длинным спринтом», одной из самых сложных для спортсмена. Она требует хорошего развития как скоростных (спринтерских) качеств, так и скоростной выносливости. Во время заплыва на 400 м спортсмену приходится, начиная дистанцию на достаточно большой скорости, удерживать скорость на достаточно высоком уровне и проходить другие отрезки дистанции максимально ровно без спадов. Это требует от спортсмена больших энергетических затрат и высокого уровня развития как общей так и скоростной выносливости.

В качестве испытуемых выступили спортсмены квалификации от КМС до МСМК, у которых регистрировались результаты на дистанции 400 м на соревнованиях различного ранга: от Чемпионата области до Чемпионата России (n=96).

Результаты исследования и их обсуждение. Диаграмма средней скорости проплывания каждого отрезка дистанции приведена ниже (рис. 1). Выясним, существенны ли различия в показы-

ваемых результатах на 100, 200, 300 и 400 м (в дальнейшем для краткости будем называть их соответственно 1, 2, 3 и 4 отрезки).

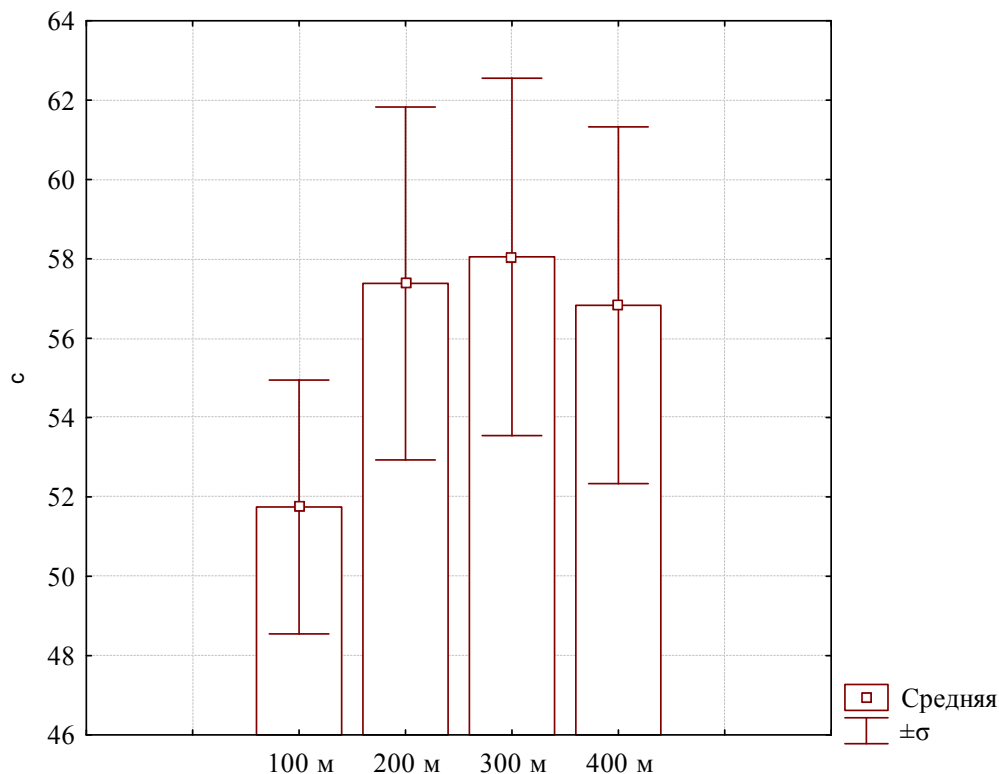


Рис. 1. Диаграмма результатов проплывания отрезков 400 м дистанции

Находим t-критерий Стьюдента для зависимых выборок по следующей формуле [1, 2, 6]:

$$t_{\text{эмн}} = \frac{\bar{d}}{Sd}, \text{ где } \bar{d} = \frac{\sum(x_i - y_i)}{n} \quad Sd = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{n}}{n \cdot (n-1)}}$$

Между первым и вторым отрезками:

$$d_i = -540,85; d_i^2 = 3398,926; \bar{d} = \frac{\sum(x_i - y_i)}{n} = \frac{-540,85}{96} = -5,63385;$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - \frac{(\sum d_i)^2}{n}}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{3398,926 - \frac{(-540,85)^2}{96}}{96 \cdot 95}} = \sqrt{\frac{351,85597}{9120}} = \sqrt{0,0385807} = 0,19664197$$

$$t_{\text{эмн}} = \frac{\bar{d}}{Sd} = \frac{-5,63385}{0,19664197} = -28,6827306$$

$$t_{13} = -30,509; t_{14} = -22,18; t_{23} = -9,8; t_{24} = 4,04; t_{34} = 11,5$$

$$k = 2 \cdot (n - 1) = 2 \cdot 95 = 190;$$

По таблице t-критериев определим, что: $|t_{эмн}| > |t_{кр}| = 1,98$ исходя из полученных результатов различия между сравниваемыми выборками следует считать достоверными при $\alpha=0,05$.

При изучении связи между двумя случайными величинами используется корреляционный анализ [1, 7]. В качестве тесноты этой связи применяется коэффициент корреляции Пирсона r , который рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})n_{ij}}{\sigma^* \cdot \sigma^*}, \text{ где числитель}$$

представляет собой сумму произведений отклонений значений двух признаков от их выборочных средних, деленную на n , называемую выборочной ковариацией ($k(X, Y)$). Таким образом, коэффициент корреляции представляет собой частное от деления ковариации $k(X, Y)$ на произ-

$$\bar{x} = 52,2; \bar{y} = 58,1;$$

$$k(X; Y) = \frac{1}{96} [(49,26 - 52,2)(53,06 - 58,1) + (49,94 - 52,2)(52,86 - 58,1) + \dots + (52,84 - 52,2)(58,24 - 58,1)] = 13,01$$

$$D(X) = \frac{1}{96} [(49,26 - 52,2)^2 + (49,94 - 52,2)^2 + (49,06 - 52,2)^2 + \dots + (52,84 - 52,2)^2] = 10,12$$

$$D(Y) = \frac{1}{96} [(53,06 - 58,1)^2 + (52,86 - 58,1)^2 + (54,75 - 58,1)^2 + \dots + (58,24 - 58,1)^2] = 19,56$$

$$r(x; y) = \frac{13,01}{\sqrt{10,12 \cdot 19,56}} = \frac{13,01}{\sqrt{197,9472}} = \frac{13,01}{14,06937099} = 0,924703 \approx 0,925,$$

$$r(1;3) = 0,917; r(1;4) = 0,885; r(1; \text{результат}) = 0,947; r(2;3) = 0,977;$$

$$r(2;4) = 0,954; r(2; \text{результат}) = 0,988; r(3;4) = 0,973; r(3; \text{результат}) = 0,992;$$

$$r(4; \text{результат}) = 0,979;$$

Таблица 1
Матрица корреляций (n=96)

	1	2	3	4	Результат
1-отрезок	1	0,925	0,917	0,885	0,947
2-отрезок		1	0,977	0,954	0,988
3-отрезок			1	0,973	0,992
4-отрезок				1	0,979

Здесь мы видим очень высокие и значимые ($\alpha \leq 0,01$) коэффициенты корреляции Пирсона. Из теории статистики известно, что такие взаимо-

ведение их средних квадратических отклонений.

$$r(x; y) = \frac{k(X; Y)}{\sqrt{D_x \cdot D_y}}.$$

Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до $+1$. При отрицательных значениях связь является обратной, а при положительных значениях – прямой. Нулевое значение коэффициента означает отсутствие линейной зависимости между X и Y , в то же время оно не всегда означает, что корреляции нет, а может свидетельствовать только о нелинейной зависимости.

Найдем парные коэффициенты корреляции между результатами на дистанции 400 м (Y) и результатами проплывания 100 м отрезков на этой дистанции. Матрица корреляций приведена ниже (табл. 1):

Между 1-м и 2-м отрезком:

связи называются *коллинеарными*. Однако интересно проследить, чем обусловлены такие высокие значения. Указанная ситуация инициирует к рассмотрению условных корреляций между двумя величинами при фиксировании (элиминации) значений остальных величин. Это так называемые частные корреляции [1, 3]. Если корреляция между двумя величинами уменьшается, при фиксации другой случайной величины, то это означает, что их взаимозависимость возникает частично через воздействие этой величины. Если частная корреляция равна нулю или очень мала,

взаимозависимость целиком обусловлена собственным воздействием и никак не связана с третьей величиной. Наоборот, если частная корреляция больше первоначальной корреляции между двумя величинами, то другие величины ослабили связь, или, можно сказать, «скрыли» корреляцию. Еще одна тонкость состоит в том, что корреляция не есть причинность. Как при обычной корреляции, так и при частных корреляциях предположение о причинности должно всегда

иметь собственные нестатистические основания. Коэффициент корреляции Пирсона или ранговый коэффициент Спирмена нередко встречаются в статьях, книгах и авторефератах диссертаций по спортивной тематике, в то время как более сложные модели взаимосвязей исследователями практически не применяются.

Расчет частного коэффициента корреляции производится на основе парных значений по формуле:

$$r_{12,3} = \frac{r_{12} - r_{13}r_{23}}{\sqrt{(1 - r_{13}^2)(1 - r_{23}^2)}};$$

$$r_{12,3} = \frac{0,925 - 0,917 \cdot 0,977}{\sqrt{(1 - 0,917^2)(1 - 0,977^2)}} = \frac{0,925 - 0,896}{\sqrt{0,159 \cdot 0,045}} = \frac{0,029}{\sqrt{0,0072}} = \frac{0,029}{0,085} \approx 0,34$$

При расчете частного коэффициента корреляции наблюдается, что при постоянности времени проплывания 1-го и 4-го отрезков коэффициент корреляции изменяется незначительно, при неизменности времени 2-го отрезка значительно снижается значимость первого 100 м отрезка (с

0,95 до 0,56) и 4-го отрезка (с 0,99 до 0,79). Если взять с постоянной величиной 3 отрезок, то снижается значимость влияния на итоговый результат всех этапов дистанции: 1-го – до 0,72, 2-го – до 0,7, и 4-ой «стометровки» до 0,48 (табл. 2).

Таблица 2

Частные коэффициенты корреляции

Постоянная 1*				
Отрезки дистанции	2	3	4	и
2	1	0,85	0,77	0,92
3		1	0,87	0,96
4			1	0,94

Постоянная 2*				
Отрезки дистанции	1	3	4	и
1	1	0,17	0,02	0,56
3		1	0,64	0,8
4			1	0,79

Постоянная 3*				
Отрезки дистанции	1	2	4	и
1	1	0,34	0,08	0,72
2		1	0,08	0,7
4			1	0,48

Постоянная 4*				
Отрезки дистанции	1	2	3	и
1	1	0,58	0,52	0,85
2		1	0,7	0,88
3			1	0,83

* – фиксированная величина

Данные расчеты свидетельствуют о достаточно высокой степени влияния результатов показанных на 3-м отрезке на итоговое время проплывания дистанции.

Парный коэффициент корреляции между проплыванием первой и второй половины дистанции существенный ($r=0,96$). Проведем медианный тест разности проплыва между первой и второй половинами дистанции (она оказалась

5,86 с) и на основе этого значения разделим выборку на две группы. У получившихся групп по t-критерию Стьюдента для зависимых выборок сравним значения в результатах на всех отрезках дистанции (табл. 3). Здесь мы намеренно опустили среднеквадратическое отклонение. Достоверные отличия получились во всех рассматриваемых показателях

Таблица 3

Группировка результатов по медиане разности проплывания

Отрезок	Разность $\leq 5,86$	Разность $> 5,86$	t-критерий
1-я	50,61	52,88	-3,69
2-я	55,19	59,57	-5,53
3-я	55,39	60,71	-7,15
4-я	53,98	59,68	-8
400 м	215,17	232,84	-6,24
100-200 м	105,80	112,45	-4,83
200-400 м	109,37	120,39	-7,65

$t_{\text{крит}}=1,99$, при $\alpha=0,05$

Для тренеров по плаванию в ластах предлагаем обратить внимание на такую особенность. У спортсменов достаточно высокой квалификации разница между первой и второй половинами дистанции 400 м не должна превышать 6 с. Если разница более 6 с, то это говорит о их слабой функциональной готовности. При прохождении дистанции спортсменами тренеры должны обращать внимание на то, как пловцы ее проходят. Результат по 100 м отрезкам (2, 3, 4 отрезки) должен быть максимально ровным, что также говорит о физической готовности человека. Частный коэффициент корреляции между половинами дистанции при неизменности проплывания отдельных отрезков получается: при неизменности 1-го отрезка снижается до 0,83, при неизменности 4-го до 0,68, а при неизменности 2-го и 3-го корреляция пропадает (близка к 0). Если спортсмен «проваливает» 2–3 отрезок, то это говорит о слабом развитии скоростной выносливости, слабое начало первых 200 м – о низком развитии скоростных (спринтерских) качеств. В то же время при слишком быстром начале спортсмен попадает в функциональный провал, а это на дистанции 400 м приводит к тому, что выбраться из него он уже не успевает. В нашем случае выигрыш на первой «сотне» (когда она была взята за основу группировки по медианному тесту) в 0,3 с приводил к потере на последующих отрезках в среднем на 0,25 с, 0,61 с и 0,66 с на 2, 3 и 4 отрезках соответственно, в то же время, если результаты группировались на осно-

ве проплывания третьей стометровки (табл. 4), то потеря на стартовом отрезке 0,3 с начинала компенсироваться уже со второго – 0,25 с, улучшение на третьем составило 0,61 с, а на четвертом – 0,66 с, итоговый результат улучшается в среднем на 1,15 с, по отношению к быстро плывущим первый отрезок, что свидетельствует о слишком быстром начале, приводящем к ухудшению времени проплывания каждого последующего этапа дистанции и итогового результата. То есть «можно» на стартовом отрезке проиграть сопернику 1 м, но в итоге выиграть на финише более 2 м!

В то же время разница результатов спортсменов более низкой квалификации оказалась практически идентичной. При более быстром начале первой сотни (-0,3 с, что было выявлено при группировке по третьему отрезку дистанции) следовало ухудшение результатов всех последующих отрезков +0,25; +0,59; +0,62 с на 1, 2, 3 отрезках соответственно (по сравнению с результатами, группировавшимися по первой стометровке).

Таким образом, спортсмен в ходе проплывания дистанции в 400 м должен начинать достаточно быстро, стремясь показать максимально быстрый результат, но в то же время двигаться с оптимальной для себя скоростью, чтобы впоследствии не «провалить» середину и финиш [4].

Таблица 4

Средние значения при группировке результатов по медиане 1 и 3 сотни

Отрезок дистанции	разность $\leq 5,86$			разность $> 5,86$		
	По 1 сотне	разница	По 3 сотне	По 1 сотне	разница	По 3 сотне
100 м	49,19	-0,3	49,49	54,3	+0,3	54
200 м	54,18	+0,25	53,93	60,58	-0,25	60,83
300 м	54,96	+0,66	54,38	61,13	-0,59	61,72

400 м	53,89	+0,61	53,28	59,76	-0,62	60,38
Итог	212,24	+1,15	211,09	235,89	-1,15	237,04
0–200 м	103,38	-0,05	103,43	114,88	+0,05	114,83
200–400 м	108,86	+1,2	107,66	120,89	-1,2	122,09

Таким образом, следует признать правомерным мнение специалистов [5, 8], которые указывают, что полное решение проблемы о критериях эффективности тренировочного процесса, являющегося в значительной мере фундаментом спортивного результата, может быть обеспечено лишь при комплексном контроле, который не только не отрицает, но, наоборот, предполагает обязательный учет показателей деятельности спортсменов в состязаниях. Оценке эффективности и соответствующей коррекции могут подвергаться различные компоненты учебно-тренировочного процесса квалифицированных спортсменов. Однако следует также учитывать, что как при обычной корреляции, так и при частных корреляциях предположение о причинности должно всегда иметь собственные внестатистические основания. Рассматриваемые в статье методы математико-статистического анализа могут оказать существенную помощь тренерам и самим спортсменам в качественной организации и построении учебно-тренировочного процесса, проведении научно-обоснованных подходов при отборе, контроле и прогнозировании спортивных достижений [5, 8].

Библиографический список:

1. Афанасьев, В. В., Муравьев, А. В., Осетров, И. А., Михайлов, П. В., Муравьев, А. А., Огородникова, Л. А., Сивов, М. А. Основы отбора, прогноза и контроля в спорте [Текст] / В. В. Афа-

насьев, А. В. Муравьев, И. А. Осетров, П. В. Михайлов, А. А. Муравьев, Л. А. Огородникова, М. А. Сивов. – Ярославль : изд-во ЯГПУ, 2008. – 287 с.

2. Боровков, А. А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез [Текст] / А. А. Боровков. – М. : Наука, 1984. – 442 с.

3. Воронов, А. В. Статистический анализ стартового разбега конькобежцев на дистанцию 500 метров [Текст] / А. В. Воронов // Вестник спортивной науки. – 2007. – № 3. – С. 2–7.

4. Каунсилмен, Дж. Е. Спортивное плавание [Текст] : пер. с англ. / Дж. Е. Каунсилмен. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 208 с.

5. Курамшин, Ю. Ф. Проблемы прогнозирования высших спортивных достижений [Текст] / Ю. Ф. Курамшин // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – № 18. – С. 40–58.

6. Масальгин, Н. А. Математико-статистические методы в спорте [Текст] / Н. А. Масальгин. – М. : Физкультура и спорт, 1974. – 151 с.

7. Осетров, И. А., Непряев, И. Н. Сравнительные показатели корреляции в спорте [Текст] / И. А. Осетров, И. Н. Непряев // Ярославский педагогический вестник, 2009. – № 4. – С. 60–65.

8. Платонов, В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения [Текст] / В. Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.