В данный момент, как известно, осталось трое кандидатов – Париж, Лос-Анджелес и Будапешт. Олимпийские игры – несомненный престиж и огромная реклама для города, но когда горожане видят, каких затрат требует это мероприятие, энтузиазм испаряется.

Согласно «Financial Times», зимние Олимпийские игры в Сочи обошлись России в 21,89 млрд. долларов США. Однако эту сумму составляют только расходы, связанные со спортом. В целом же сочинские Игры стоили России более чем 50 млрд USD.

Стоимость Олимпийских игр в Рио официально составила сравнительно не так уж и много, около 4,6 млрд USD, а например, Олимпийских игр в Лондоне – около 15 млрд.

Поэтому МОК призывает организаторов Олимпийских игр проводить Игры в уже существующих аренах и пользоваться имеющейся инфраструктурой. Сэкономить можно и возводя временные арены, которые по окончании Игр разбираются.

В то же время осуществляется поиск и других альтернатив. К примеру – выбрать 5–6 постоянных мест для проведения Игр и производить их ротацию. Таким образом, использовались бы те же самые спортивные комплексы.

Кроме того, городу, получившему право на проведение Олимпийских игр, автоматически предлагается предоставить это право и еще через 12 лет. Такой период времени продолжительностью в три олимпийских цикла потребовал бы долгосрочного планирования, однако защитил бы города от того, что случилось, например, в Афинах, когда дорогостоящие олимпийские объекты через несколько лет превратились в никому не нужные и неиспользуемые строения.

Так что поступает много самых разных предложений, однако, по крайней мере, до 2024 года не стоит ждать больших изменений.

И все-таки многие уверены, что сегодня международное олимпийское движение, его руководители сумеют преодолеть все вызовы. И тот факт, что во время Игр в Рио гимнастки Северной и Южной Кореи смогли обняться и сделать совместное селфи, является очень показательным.

Подобные жесты говорят о том, что старые, красивые и достойные олимпийские идеалы возрождаются, что их не уничтожают допинг, коммерция или демонстрация мощи государства.

1. Grimbergas, M. Sočio kontrastai / M. Grimbergas, A. Pliadis. – Vilnius, 2014.

2. Norkus, A. Ar olimpinės vertybės aktualios šiandien? Lietuvos olimpinė akademija / A. Norkus. – Vilnius, 2016.

3. Poviliūnas, A. Olimpinis švietimas, kaip priemonė jaunimo vertybių tvarumui. Lietuvos olimpinė akademija / A. Poviliūnas. – Vilnius, 2016.

4. Poviliūnas, A. Olimpinė Lietuva 1918–2008: lūžiai, etapai, pasauliniai kontekstai / A. Poviliūnas. – Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2010.

5. Poviliūnas, A. The Lithuanian sports model. In. 2nd Conference about sports Diplomacy and sports medals / A. Poviliūnas. – Barselona, 2016.

6. Senn, A. E. Power, Politics and the Olympic games. IL: Champaign / A. E. Senn. – Human Kinetics.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ В СПОРТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Пономаренко В.К., канд. физ.-мат. наук, доцент,
Волков Ю.О.,
Белорусский государственный университет физической культуры,
Республика Беларусь

Крупный австралийский математик, специалист в области математической статистики, профессор Э. Питмен пришел к заключению, что в теории статистических выводов необходимо учитывать два момента. «Во-первых, сформулировать принципы, которые помогут статистикам оценить качество данных эксперимента или испытания в подтверждение (или опровержение) гипотезы, либо установить надежность оценки, полученной в результате такого эксперимента или испытания. Вовторых, статистика является основной отраслью прикладной математики, поэтому в выборе принципов и методов мы должны руководствоваться их практическими применениями» [1].

В практике спортивных, исследований статистические методы позволяют решить следующую типовую задачу: 2 группы спортсменов, занимающиеся одним и тем же видом спорта, тренировались с использованием различных (традиционной и экспериментальной) методик. Для оценки сравнительной эффективности экспериментальной методики необходимо выявить отсутствие или наличие статистических различий между группами по какому-либо признаку. Задача решается с помощью стандартных статистических методов, но с учетом того, что сферой приложения является область спорта.

Для решения поставленной задачи выдвигаются две противоречащие друг другу статистические гипотезы:

– нулевая гипотеза H_0: по рассматриваемому признаку нет существенных различий между группами;

– конкурирующая (альтернативная) гипотеза H_1: есть существенные различия по рассматриваемому признаку между данными группами.

При проверке сформулированных гипотез может возникнуть одна из двух возможных ситуаций.

Предполагается, что сопоставляемые наборы результатов являются выборками из генеральной совокупности, распределенной по некоторому закону, модель которого с характеризующими его параметрами выбрана нами предварительно. Чаще всего в качестве такой модели принимают нормальное распределение, встречающееся наиболее часто в научно-естественных исследованиях. Гипотеза о согласии распределения рассматриваемой совокупности выбранной модели распределения не отвергается, если в соответствии с правилами проверки статистических гипотез будет доказано, что при имеющемся наборе экспериментальных данных гипотетическое распределение может иметь место. Если гипотеза о согласии не отвергнута, мы, используя критерии, основанные на известных параметрах распределения (потому критерии и называются *параметрическими*), принимаем решение о справедливости одной из сформулированных выше гипотез H_0 или H_1.

Если же по полученному набору экспериментальных данных получается результат, который при истинности выдвинутой нулевой гипотезы маловероятен, гипотеза о согласии отвергается [2]. Границей маловероятности (невозможности) обычно считают $\alpha = 0{,}05$ или, что бывает реже, 0,01. Эта граница называется уровнем значимости. В случае отклонения данной гипотезы используют критерии, в расчетные формулы которых не входят никакие параметры, а только частоты или ранги. Поэтому такие критерии называют *непараметрическими*.

Таким образом, проблема состоит в выборе критериев, которые было бы лучше использовать в практике статистической обработки результатов спортивных измерений: параметрические или непараметрические. В общем случае, если выполняются условия применения параметрических методов (например, нормальное распределение генеральных совокупностей и равенство их дисперсий), то их и следует применять независимо от специфики области приложения. Во всех остальных случаях рекомендуются непараметрические критерии [3].

Первым из авторов данной статьи было высказано предположение, что параметрические критерии могут использоваться только в 25 % случаев. Вторым из авторов на основании большого количества расчетного материала был подсчитан процент случаев, когда мы можем с полным правом использовать параметрические критерии. Оказалось, что такое право мы имеем в 27 % случаев. Получается, что в остальных 73 % случаев нам остается полагаться на непараметрические критерии.

Подробное сопоставление возможностей и ограничений параметрических и непараметрических критериев приведено в работе Е.В. Сидоренко [4]. Автор отмечает, что «параметрические критерии могут оказаться несколько более мощными, чем непараметрические, но только в том случае, если признак измерен по интервальной шкале и нормально распределен» [4]. Далее отмечается, что «мощность критерия – это его способность выявлять различия, если они есть. Иными словами, это его способность отклонить нулевую гипотезу об отсутствии различий, если она неверна… Мощность критерия определяется эмпирическим путем. Одни и те же задачи могут быть решены с помощью разных критериев, при этом обнаруживается, что некоторые критерии позволяют выявить различия там, где другие оказываются неспособными это сделать, или выявляют более высокий уровень значимости различий. Возникает вопрос: а зачем же тогда использовать менее мощные критерии? Дело в том, что основанием для выбора критерия может быть не только мощность, но и другие его характеристики, а именно:

а) простота;

б) более широкий диапазон использования (например, по отношению к данным, определенным по номинативной шкале или по отношению к большим *n*);

в) применимость по отношению к неравным по объему выборкам;

г) большая информативность результатов» [4].

Большинство непараметрических критериев удовлетворяют перечисленным характеристикам. «По сравнению с параметрическими критериями они ограничены лишь в одном, – с их помощью невозможно оценить взаимодействие двух или более условий или факторов, влияющих на изменение признака. Эту задачу может решить только дисперсионный двухфакторный анализ» [4].

Г. Хан и С. Шапиро [5] отмечают, что в статистических исследованиях часто злоупотребляют гипотезой о нормальном законе распределения. Зачастую она выдвигается в результате недостаточной осведомленности исследователя в учении о функциях распределения. При этом, как отмечалось выше, гипотеза не отвергается, если имеющиеся наблюдения не дают результат, являющийся маловероятным при истинности выдвинутой гипотезы. Однако при недостаточном объеме выборочных данных полученное распределение можно столь же успешно соотнести с любым другим законом распределения, например, равномерным. А если в соответствии с принятым нормальным законом распределения провести экстраполяцию результатов за границы области исследования, это может привести к большим ошибкам [6].

Вся приведенная нами информация и сопутствующие рассуждения подводят к мысли о предпочтительности непараметрических критериев. Однако в общем случае решение о выборе критерия исследователь принимает исходя из условий задачи и имеющихся рекомендаций. Рассмотрим несколько вариантов рассматриваемых задач, которые могут решаться в практике спортивных исследований:

1. Бывают случаи, когда измерение признака в интервальной шкале невозможно, например, когда исследуемый результат выражен в ранговой шкале. Это может быть место, занятое на соревнованиях по гимнастике, фигурному катанию, единоборствам, прыжкам в воду и т. д. В этом случае можно использовать лишь *непараметрические* критерии.

2. Признак измерен в шкале интервалов или отношений. При этом обе выборки или хотя бы одна из них взяты из совокупности, распределенной по закону, отличающемуся от нормального. В таком случае могут быть использованы только *непараметрические* критерии.

3. Исследуемый признак измерен в шкале интервалов или отношений, обе выборки взяты из нормально распределенных генеральных совокупностей. В этом случае могут быть использованы *параметрические* критерии.

Стоит отметить, что даже в последнем случае использовать параметрические критерии следует с большой осторожностью, поскольку гипотеза о нормальном распределении может быть не отвергнута только лишь по причине недостаточного количества исследуемого материала. При этом у нас нет уверенности, что с увеличением объема выборок не получится результат, вынуждающий нас отвергнуть проверяемую гипотезу. В спорте высоких достижений провести проверку гипотез на выборках большого объема удается далеко не всегда из-за незначительного количества спортсменов высокого класса.

Таким образом, возникает дилемма: использовать более мощный параметрический критерий, в правомерности использования которого мы не вполне уверены, или менее мощный непараметрический критерий, не имеющий ограничений своего применения. Наши рассуждения более склоняют нас к выбору второго варианта, поскольку в случае ошибочности принятия нами гипотезы о нормальном распределении параметрический критерий окажется менее мощным и приводящим с большой вероятностью к ошибочным решениям; но если даже менее мощный непараметрический критерий приведет нас к решению об отклонении нулевой гипотезы об отсутствии различий, более мощный параметрический критерий неизбежно даст такой же результат.

Рассмотрим пример использования непараметрического критерия для сравнения двух количественно выраженных признаков.

Две группы испытуемых по 12 человек занимались на протяжении периода времени оздоровительной физической культурой (ОФК). Одна группа (контрольная) занималась ОФК по традиционной методике, другая группа (экспериментальная) – по новой методике, предположительно более эффективной по сравнению с традиционной. По окончании упомянутого периода времени было решено проверить сравнительную эффективность новой методики по ряду признаков, один из которых – окружность талии. Изначально обе группы по упомянутому признаку были однородными. После тренировок по традиционной и новой методикам были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения окружности талии (в см) в контрольной и экспериментальной группах по окончании периода тренировок

№ п/п (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x_i(контр.)	69	81	68	77	79	82	71	65	66	65	64	68
y_i(эксп.)	67	64	70	69	70	62	71	63	63	67	70	65

Нетрудно определить, что средняя окружность талии в контрольной группе получилась 71,25 см, а в экспериментальной группе – 66,75 см. Однако можно ли при такой разнице результатов считать, что в экспериментальной группе получен существенно лучший показатель, чем в контрольной группе? Иначе говоря, нам надо проверить следующие гипотезы:

– нулевую H_0: $\overline{x}^{\text{ген.}}_{\text{контр.}} = \overline{y}^{\text{ген.}}_{\text{эксп.}}$, т. е. различия между средними значениями признака в группах несущественны;

– конкурирующую H_1: $\overline{x}^{\text{ген.}}_{\text{контр.}} > \overline{y}^{\text{ген.}}_{\text{эксп.}}$, т. е. в экспериментальной группе результат можно считать значительно меньшим по сравнению с контрольной группой.

Проверку гипотез будем проводить на уровне значимости 0,05 с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни. Данный критерий в ряде случаев является очень удобным, поскольку может сравнивать средние значения выборок разного объема, а также малых выборок с объемом от трех единиц. Одна из сравниваемых выборок может иметь даже две единицы, при условии, что другая выборка содержит не менее чем пять единиц.

Порядок применения критерия Манна – Уитни следующий.

1. Составляется единый ранжированный ряд из обеих сопоставляемых выборок, расставив их элементы по степени нарастания признака и приписав меньшему значению меньший ранг. Общее количество рангов получится равным: $N = n_1 + n_2$, где n_1 – количество единиц в первой выборке, а n_2 – количество единиц во второй выборке. В нашем примере $n_1 = n_2 = 12$; $N = 24$.

2. Единый ранжированный ряд делится на два ряда, состоящие соответственно из единиц первой и второй выборок. Подсчитывается отдельно сумма рангов, пришедшихся на долю элементов первой выборки, и отдельно – на долю элементов второй выборки. Определяется большая из двух ранговых сумм (T_x), соответствующая выборке с n_x единиц.

3. Определяется значение U-критерия Манна – Уитни по формуле:

$$U = n_1 \times n_2 + \frac{n_x \times (n_x + 1)}{2} - T_x .$$

4. По таблице для избранного уровня статистической значимости определить критическое значение критерия для данных n_1 и n_2. Критерий Манна – Уитни определяет степень совпадения количественных результатов сравниваемых выборок. Чем больше полученное значение критерия, тем более значения совпадают. Если полученное значение U меньше табличного или равно ему, то признается наличие существенного различия между уровнем признака в рассматриваемых выборках (принимается альтернативная гипотеза). Если же полученное значение U больше табличного, принимается нулевая гипотеза о несущественности различий. Достоверность различий тем выше, чем меньше значение U, что означает меньшее совпадение полученных результатов.

Порядок расчета критерия Манна – Уитни приведен в таблице 2. Полужирным шрифтом обозначены одинаковые значения, которым присваивается ранг, равный среднему арифметическому значению всех рангов, занимаемых этими значениями.

Таблица 2 – Расчет критерия Манна – Уитни

№ п/п	x_i(контр.)	$R_{контр.}$	$y_{i\,(эксп.)}$	$R_{эксп.}$
1			62	1
2			**63**	2,5
3			**63**	2,5
4			**64**	4,5
5	**64**	4,5		
6			**65**	7
7	**65**	7		
8	**65**	7		
9	66	9		
10			**67**	10,5
11			**67**	10,5
12	**68**	12,5		
13	**68**	12,5		
14			**69**	14,5
15	**69**	14,5		
16			**70**	17
17			**70**	17
18			**70**	17
19			**71**	19,5
20	**71**	19,5		
21	77	21		
22	79	22		
23	81	23		
24	82	24		

$$\sum R_{\text{контр.}} = 176{,}5 = T_x \qquad \sum R_{\text{эксп.}} = 123{,}5$$

Наблюдаемое значение критерия Манна – Уитни получаем:

$$U = 12 \times 12 + \frac{12 \times (12+1)}{2} - 176{,}5 = 45{,}5.$$

По таблице критических значений критерия Манна – Уитни на уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ для объемов выборок $n_1 = n_2 = 12$ получаем $U_{\text{крит.}} = 42$.

Вывод. Так как наблюдаемое значение 45,5 больше критического 42, мы не отвергаем нулевую гипотезу о том, что различие между средними значениями изучаемого показателя в контрольной и экспериментальной группах является несущественным.

1. Питмен, Э. Основы теории статистических выводов: пер. с англ. / Э. Питмен. – М.: Мир, 1986. – 104 с.
2. Шупляк, В. И. Математическая статистика: курс лекций / В. И. Шупляк. – Минск: РИВШ, 2011. – 228 с.
3. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
4. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. – СПб.: ООО «Речь», 2000. – 350 с.
5. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 395 с.
6. Налимов, В. В. Теория эксперимента / В. В. Налимов. – М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1971. – 208 с.