Розділ: психодіагностика

УДК 159.9.075

Процедура корреляционного анализа по Спирмену в психологических исследованиях

Заика Е.В.

Представлена методика математической обработки результатов корреляционного анализа Спирмена. Описаны психологические исследования, в которых она применяется, а также варианты конкретных процедур ее применения, вместе с примерами. В часности, рассмотрены исследовательские ситуации, в которых этот метод применяется, приведено три варанта процедуры обработки результатов, а также представлены статистические таблицы для обработки результатов по этому методу.

Ключевые слова: корреляционный анализ, метод Спирмена.

Представлена методика математичної обробки результатів кореляційного аналізу Спірмена. Описані психологічні дослідження, в яких вона використовується, а також варіанти конкретних процедур її використання , разом з прикладами. Зокрема, розглянуто дослідницькі ситуації, у яких цей метод застосовується, наведено три варіанти процедури обробки результатів, а також наведені статистичні таблиці для обробки результатів цього методу.

Ключові слова: кореляційний аналіз, метод Спірмена.

A method of mathematical processing of the results of Spearman correlation analysis. We describe the psychological problems demonstrates the studies, in which it applies, as well as the variants of specific procedure of its application, together with examples. So, the research situations are examined, in which this method adapts, three varanta of the procedure of results processing are given, and also statistical tables for processing of results according to this method are represented.

Keywords: correlation analysis, the method of Spearman.

Постановка проблемы. Любой научный закон устанавливает связь соотношение двух или нескольких явлений или их признаков. Связи бывают двух типов: а) жёсткие, строгие, однозначные; это типично для наук точных; например, проеденный телом путь абсолютно строго зависит от его скорости и времени движения по формуле: $S = vt$; б) нежёсткие, вероятностные, проявляющиеся лишь как тенденция и допускающие различные исключения; типичны для наук гуманитарных; например, в психологии: количество запомненного незнакомого материала, безусловно, связано с временем его заучивания, однако эта связь нестрогая; талантливый человек может запомнить материал и за относительно короткое время; такие нежёсткие связи называются корреляциями. НА корреляциях основывается большинство законов психологии, а добываются, вычисляются эти корреляции благодаря специальным процедурам корреляционного анализа. Наиболее распространёнными являются три метода такого анализа, названные по имени разработавших их авторов: 1) Карла Пирсона, 2) Чарльза Спирмена и 3) Майкла Кендела; метод Пирсона основан на анализе метрических характеристик признаков (типа: вес в килограммах, рост в сантиметрах), а методы Спирмена и Кендела – на ранговых их соотношениях (типа: больше, меньше, без необходимости знания метрических значений признаков).

Несмотря на важность и распространённость методов корреляционного анализа, в литературе по математической статистике и по психологии до настоящего времени отсутствуют просты, чёткие и конкретные описания методов Спирмена и Кендела; в отдельных источниках приводятся либо в основном их теоретические основы, либо лишь один-единственный из несколько существующих вариантов их процедур, а приводимые таблицы интерпретации их результатов неточные и неполные. Вместе с тем процедуры применения этих методов очень просты и вполне могут осуществляться вручную, без применения сложных программ компьютерной обработки результатов исследований.

Цели статьи – описать психологический смысл и типичные исследовательские и прикладные задачи, связанные с вычислением корреляций, а также привести различные варианты процедур такого вычисления по методу Спирмена.

Изложение основного материала.

В методе Спирмена выделим два аспекта: смысловой (зачем он нужен, что он нам дает) и технический (как конкретно, какими приемами его осуществлять).

Смысловой ее аспект заключается в возможности очень точно измерять степень сходства (расхождения) двух ранжировок любых объектов, выполненных по двум различным признакам, и определять на основе этого особенности взаимосвязи между этими признаками. Приведем примеры некоторых таких измерений. Это могут быть любые два психологических, и не только психологических, признака. Например, можно исследовать, имеется ли связь (и если да, то какая) между следующими парами признаков: 1) агрессивность и тревожность (являются ли более агрессивные и более тревожными? или, наоборот, менее? или эти два признака никак не связаны и между ними возможны разные сочетания?), 2) интеллект вербальный и образный (чем больше один из них, тем больше и другой? Или, наоборот, преобладание одного из них сочетается с отставанием другого?), 3) рост человека и величина самооценки – причём дифференцированно: отдельно в подростковом возрасте и во взрослом, отдельно у мужчин и женщин, 4) уровень богатства человека и степень его счастливости, 5) степень выраженности лидерских качеств и уровень интеллекта, 6) уровень интеллекта и степень темности или светлости его волос и т.п.

Это были примеры общенаучных исследований. Однако вычисление корреляций важно и в прикладном аспекте: для познания себя и того узкого круга друзей, с которыми вы общаетесь. Так, вы и ваши друзья можете независимо от других проранжировать фамилии десяти известных певцов по степени привлекательности для себя их творчества: от наиболее до наименее любимых. Затем производится попарное сопоставление этих ранжировок и измерение степени их сходства. Определяются пары (или группы) людей, чьи музыкальные вкусы очень сходны между собой, а также, чьи противоположны. Аналогично определяются сходные и противоположные пары по отношению к известным политикам, телепередачам, интернет-сайтам, школьным предметам, репродукциям картин разных художников, различным цветам (в смысле и окраски: красный, желтый и др., и растений: роза, астра и др.) и т.п. Каждый из вас старается найти свою «родственную душу» дифференцированно по различным критериям, а также осознает тот факт, что вкусы у всех разные и его предпочтения разделяются далеко не всеми, они отражают лишь его индивидуальное мнение, а не объективное положение вещей в мире.

Другой вариант задания – это попытка угадать предпочтения другого человека. Например, имеется ранжировка различных занятий на досуге по их предпочитаемости, сделанная Васей. Задача его приятелей – сделать такую ранжировку от имени Васи. Сопоставление результатов показывает, кто именно из его приятелей и какие конкретно его предпочтения способен понимать, а также выделяются люди, являющиеся «рекордсменами» по пониманию вкусов своих знакомых.

Еще один вариант – это определение причин, по которым нам одни люди симпатичны, а другие нет (прямой ответ здесь затруднителен, поскольку эти причины часто не осознаются). Для этого каждый ранжирует список из 10-15 сверстников (которых он хорошо знает и с которыми у него отношения разные: от дружбы до неприятия) по признакам: симпатичность (или фактическая дружественность в отношениях, или желание дружить, независимо от фактических отношений), а также: интеллект, чувство юмора, физическая сила, красота, общительность, доброта, порядочность и т.д. Сопоставление ранжировки по симпатичности с другими ранжировками позволяет четко определить набор характеристик человека, влияющих на его принятие или отвержение.

Решение этих и подобных личностных и коммуникативных задач, безусловно, способствует развитию у вас самопознания, самоанализа, понимания других людей и нюансов их взаимоотношений, а главное – задает для этого конкретную методику.

Метод Спирмена состоит в том, что для точного измерения степени сходства (расхождения) двух ранжировок нужно вычислить особое число S, являющееся мерой такого сходства (исключения составляют случаи абсолютной тождественности или полной противоположности двух ранжировок, а также случаи, когда расхождения затрагивают всего два-три объекта, которые расположены рядом, – здесь результат очевиден и без числа S; однако такие случаи встречаются на практике крайне редко).

Технический аспект метода. Для вычисления числа S можно использовать любой из трёх эквивалентных вариантов: а) вычислять разности между рангами одного и того же объекта, полученными по разным признакам; б) считать величину отстояния одного и того же объекта в разных ранжировках; в) считать отстояния между одноимёнными рангами.

Процедура вычисления разностей между рангами одного и того же объекта, полученными по разным признакам, состоит в следующем. Все исследуемые объекты (их количество обозначается n) располагаются в столбик; последовательность такого их расположения может быть любой. Далее справа от них в столбик записываются их ранжировки по двум разным признакам: на рис. 1 это признаки № 1 и № 2. Первый ранг, единица, ставится рядом с тем объектом, который по этому признаку занял первое место; второй ранг, двойка – кто на втором месте и т.д. (например, если признак № 1 – это рост, то ранг «1» припишем самому высокому, ранг № 2 – тому, кто самый высокий из оставшихся и т.д.). В нашем примере (см. рис. 1) по признаку № 1 на первом месте объект Г, на втором – В, на третьем – Е и т.д., на самом последнем, седьмом (оно всегда равно нашему n) – Объект Ж. По признаку № 2 эти же объекты ранжируются иначе: первое место занимает объект Б, второе – Г и т.д. Затем справа от этих двух ранжировок записываем еще один столбик: в него заносим попарные разности двух ранжировок каждого из n объектов; при этом такие разности считаем для каждой строчки отдельно, и записываем разности без учета их знака: плюс или минус; просто всегда из большего числа вычитаем меньшее, независимо от их последовательности. У нас объект А имеет ранги 5 и 7, их разность равна 2; объект Б – ранги 4 и 1, их разность равна 3 и т.д. наконец, вводим справа еще один столбик – в него записываем квадраты этих только что полученных разностей; у нас 2 в квадрате = 4, 3 в квадрате = 9 и т.д. После всего этого находим сумму этих квадратов разностей, она и есть искомое число S; у нас S=4+9+16+1+4+0+4=38. Заметим, что число S по своей природе может быть только четным (если оно получилось нечетным, то значит, где-то допущена ошибка).

На рис. 1 процедура вычисления разностей представлена максимально подробно, развернуто. Обычно же в вычислениях S записывается либо только столбик разностей (но не их квадратов), и тогда S вычисляется так:

$S=2^2+3^2+4^2+1^2+\ldots=38$,

объекты	ранжировки по признакам		разность рангов	квадрат разности
	№ 1	№ 2		
А	5	7	2	4
Б	4	1	3	9
В	2	6	4	16
Г	1	2	1	1
Д	6	4	2	4
Е	3	3	0	0
Ж	7	5	2	4
n=7				S=38

Рис. 1

либо же сразу записывается столбик квадратов (но отсутствует столбик их разностей): 5 минус 7 равно 2; два в квадрат – записываем 4; 4 минус 1 равно 3; три в квадрат – записываем 9 и т.д.

Эта процедура универсальна в том смысле, что она удобна и применима в самых разных случаях: для n и малых и больших; для сравнения только двух ранжировок или их большего числа: сразу 3, 4, 5 ранжировок по разным признакам. В случае больших n (>20) обычно используется стандартная таблица квадратов чисел (так, если у нас разность рангов получилась 29, то по таблице квадратов находим: 292=841). Однако имеется еще один вариант вычисления этого же числа S, который очень удобен при сравнительно небольших n (обычно не более 13-15); он совершенно неизвестен для большинства практических психологов.

Вариант вычисления отстояния одного и того же объекта в разных ранжировках применяется тогда, когда ранжируемые объекты расположены в столбики в последовательностях, отражающих занимаемые ими места по двум разным признакам. На рис. 2 в первых двух столбиках расположены ранжировки восьми школьников (указаны первые три буквы их фамилий) по двум признакам: № 1 и № 2. Так, по признаку № 1 первое место занимает Пав, второе Гов, последнее – Шен; по признаку № 2 первое место занимает Сам, второе Гов, последнее – Дом. Величина отстояния объектов друг от друга определяется так. Берем первый объект первого столбика пав. И смотрим, на сколько строк (ступенек) отстоит от него тот же саамы объект –Пав – во втором столбике. Если бы они были рядом, в одной и той же строке, то отстояние равнялось бы нулю; если был бы сдвиг лишь на одну строку, то отстояние равнялось бы единице. В нашем случае это отстояние равно трем, поэтому в столбике «величина отстояния» в первой строке записываем «3» (Почему трем? Объект Сам отстоит от Пав на ноль, объект Гов – на одну строчку, т.е. на единицу; объект Шен – на два; а объект Пав – на три). Далее берем второй объект первого столбика – Гов. Во втором столбике он в той же строке, значит, отстояние равно нулю. Берем третий объект первого столбика – Ник. Во втором столбике он сдвинут на две строчки вниз, значит отстояние равно двум. Берем четвертый объект – Сам. Во втором столбике он сдвинут вверх на три строчки – записываем «3» и т.д. При определении сдвига обращаем внимание лишь на величину отстояния (количество разделяющих строк) и не обращаем внимания на направление такого отстояния: вверх или вниз (оно не имеет значения). После подсчета отстояний для каждого из n объектов и записывания их в столбик отстояний, справа от него вводим еще один столбик, в нем записываем квадраты этих числе отстояний: три в квадрате равно девять и т.д. Число S рассчитывается как сумма этих квадратов отстояний: S=9+0+4+…=52.

ранжировки по признакам		величина отстояния	ее квадрат
№ 1	№ 2		
Пав	Сам	3	9
Гов	Гов	0	0
Ник	Шен	2	4
Сам	Пав	3	9
Чер	Ник	2	4
Лап	Лап	0	0

Рис. 2

В этой же процедуре также обычно записывается лишь один из двух правых столбиков. Удобнее величину отстояния срезу же возводить в квадрат и заполнять лишь один столбик – квадратов.

Нередко эта процедура вычисления отстояний проводится и для объектов, расположенных в строчку (слева направо – от первых мест к последним), см. пример на рис. 3. Так, объект Арш имеет отстояние ноль, объект Тем отстоит на три места, три в квадрате девять, записываем девятку и т.д.

1-ая:	Арш	Тем	Жак	Пли	Нал	Фас	n=6
2-ая:	Арш	Пли	Жак	Нал	Тем	Фас	
квадраты отстояний	0	9	0	4	1	0	→ S=14

Рис. 3

Процедура вычисления отстояний между одноименными рангами. Исследуемые объекты располагаются в столбик строго в соответствии с ранжировкой по 1-му признаку: вверху с максимальной его выраженностью, внизу – с минимальной. Слева в столбик записываются эти ранги: строго от 1 до n. Затем еще слева записывают ранги этих объектов по 2-му признаку, см. рис. 4.

Объекты, упорядоченные по 1-му признаку	Ранжировки по признакам		Отстояния рангов	Квадраты отстояний
	1-му	2-му		
Г	1	2	3	9
В	2	6	1	1
Е	3	3	0	0
Б	4	1	2	4
А	5	7	2	4
Д	6	4	4	16
Ж	7	5	2	4
				↓S = 38

Рис. 4

Теперь, двигаясь по числам 1-ой ранжировки сверху вниз (от 1 до 7), записываем в столбик «отстояния рангов» следующие числа. По 1-му признаку «единица» стоит в самом верху, а по 2-ому «единица» же – на сколько «ступенек», шагов отстоит от первой? Очевидно, на 3 (ведь она находится в 4-ой строке, а 4-ая от 1-ой отстоит на три ступени), записали вверху «3». Теперь считаем отстояние «двоек»: в 1-ой ранжировке она во 2-ой строке, а во 2-ой ранжировке – в 1-ой, значит, отстояние равно одной «ступеньке». «Тройки» вообще находятся в одной строке, значит их отстояние равно нулю. «Четвёрки» находятся в отстоянии друг от друга на два «шага» - записываем: два, и т.д. Теперь записываем квадраты этих отстояний, и эти квадраты суммируем – получаем: S = 38. Заметим, что в крайний правый столбик можно сразу записывать не сами числа-отстояния, а их квадраты, это совсем несложно.

Как видим, число можно получить с помощью нескольких разных процедур, все они друг другу математически эквивалентны. Выбирайте любую, которая вам удобнее, или ту, которая лучше подходит к конкретной форме представления ваших данных.

Получение числа S – это центральный шаг в методе Спирмена, однако чтобы извлечь из него целую информацию, его надо интерпретировать.

Покажем, как число S надо интерпретировать. Для этого необходима таблица 1.

Таблица 1

Критические значения коэффициента корреляции Спирмена, ρ

N	K	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005
		0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005	0,00025
4	10	0,940	0,990	–						
5	20	0,720	0,875	0,995	0,995	–				
6	35	0,637	0,783	0,843	0,923	0,977	0,994	–		
7	56	0,5714	0,6964	0,7821	0,8661	0,9125	0,9518	0,9804	0,9840	0,9996
8	84	0,5214	0,6393	0,7321	0,8167	0,8619	0,9033	0,9315	0,9571	0,9745
9	120	0,4808	0,5975	0,6850	0,7683	0,8225	0,8633	0,9008	0,9267	0,9458
10	165	0,4455	0,5588	0,6473	0,7339	0,7867	0,8291	0,8679	0,8988	0,9176
11	220	0,4205	0,5277	0,6141	0,7005	0,7541	0,7959	0,8418	0,8705	0,8923
12	286	0,3990	0,5028	0,5843	0,6717	0,7238	0,7692	0,8154	0,8448	0,8685
13	364	0,3802	0,4813	0,5604	0,6462	0,6986	0,7426	0,7890	0,8231	0,8462
14	455	0,3655	0,4611	0,5385	0,6224	0,6749	0,7196	0,7677	0,7982	0,8246
15	560	0,3505	0,4441	0,5189	0,6005	0,6532	0,6975	0,7430	0,7784	0,8035
16	680	0,3385	0,4282	0,5016	0,5822	0,6334	0,6776	0,7238	0,7591	0,7853
17	816	0,3260	0,4118	0,4853	0,5637	0,6152	0,6617	0,7084	0,7476	0,7720
18	969	0,3148	0,3994	0,4716	0,5480	0,5975	0,6429	0,6904	0,7276	0,7565
19	1140	0,3070	0,3895	0,4579	0,5333	0,5825	0,6281	0,6737	0,7124	0,7471
20	1330	0,2977	0,3789	0,4451	0,5203	0,5684	0,6120	0,6586	0,6963	0,7300
21	1540	0,2909	0,3688	0,4351	0,5078	0,5545	0,5987	0,6455	0,6805	0,7115
22	1771	0,2829	0,3597	0,4241	0,4963	0,5426	0,5855	0,6318	0,6668	0,6978
23	2024	0,2767	0,3518	0,4150	0,4852	0,5306	0,5731	0,6186	0,6541	0,6856
24	2300	0,2704	0,3435	0,4061	0,4748	0,5200	0,5617	0,6070	0,6417	0,6724
25	2600	0,2646	0,3362	0,3977	0,4654	0,5100	0,5507	0,5962	0,6300	0,6600

Имея для нашего конкретного случая числа n-количество ранжируемых объектов и число X – сумму вычисленных, квадратов, находим в левой части таблицы рядом с нашим n соответствующее ему особое число K. Далее, используя числа K и S, вычисляем коэффициент корреляции ρ по формуле:

$$\rho = \frac{K - S}{K}$$

Коэффициент ρ варьируется от -1 до +1, обычно бывает числом дробным. Число ρ равно +1 только в случае, если обе ранжировки тождественны, тогда количеств инверсий X=0), и равно -1, когда обе ранжировки противоположны (в этом случае количество инверсий максимальна и S=2K). Если ρ имеет знак плюс, но не близко к нулю – это случай явного сходства двух ранжировок (при том, что они не тождественны), если же знак минус – это случай хотя и не полной, но все же относительной их противоположности (объекты, стоящие в 1-й ранжировке в начале оказываются во 2-ой ранжировке ближе к концу). Наконец, когда ρ равно 0 или близко к нему, это интерпретируется как отсутствие связей между двумя ранжировками: нет ни сходства (положительной связи), ни противоположности (отрицательной связи), нечто среднее. Заметим, что ρ может быть близко к 0 только тогда, когда наше S очень близко к числу K.

<u>Пример вычисления ρ.</u>:1) Пусть у нас n=14 и S=226. По таблице рядом с n=14 находим K=455; $\rho = \frac{455 - 226}{455}$ + 0,5033; 2) Пусть n= 17 и S= 1130; K= 816; $\rho = \frac{816 - 1130}{816}$ = - 0,3848.

Принципиальным моментом является проведение границы между величинами ρ, входящими в зону нуля (отсутствие связи) и в диапазон от нуля отличный (т.е. наличие связи). Эта граница симметрична относительно нуля для положительных и отрицательных связей и зависит от величины нашего n. Она обычно проводится в нескольких вариантах, поясним это с помощью рис. 5.

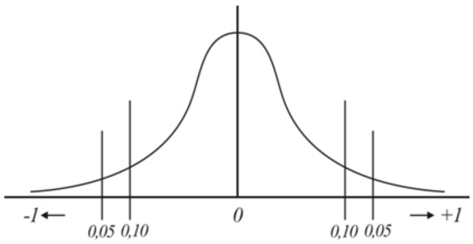

Рис. 5

Предположим, априорно известно, что оба исследуемых признака, например, рост человека и светлость его волос, абсолютно не связаны друг с другом; в этом случае ранжировки объектов (например, n юношей) по этим признакам должны в итоге дать ρ=0. Однако на практике этого, вероятнее всего, не получится, т.к. имеют место случайные колебания в сочетаниях этих признаков, которые будут давать для разных выборок объектов разные ρ, отличающиеся от нуля. Например, совершенно случайно может оказаться, что из обследуемых 10 юношей как раз высокие оказались более светловолосыми, и тогда будет, например, ρ=+0,46; но это число в данном случае не доказательство наличия связи, а всего лишь случайное отклонение ρ от своего истинного нулевого значения. А в следующей выборке может получиться наоборот, и тогда, например, окажется: ρ=-0,35. Учитывая это, утверждать о наличии связи между ранжировками (и, соответственно, признаками, по которым они сделаны) можно всегда <u>лишь с некоторой вероятностью ошибки</u>. Она обозначается буквой P и называется «уровнем значимости» вывода. Ошибка нашего такого утверждения основывается на том, что результат ρ, отличного от нуля, мы можем получить в двух ситуациях: а) когда связь действительно имеется и б) когда связи по существу нет, а некоторое совпадение ранжировок обусловлено случайными колебаниями. Кривая на рис.5 характеризует возможные колебания теоретического ρ=0 в весьма широком диапазоне. Случайные ее выходы на участки, далекие от 0, можно очень точно оценивать величиной вероятности такого выхода. Так, согласно таблице 1, для нашего случая (n=10, ρ=+0,46) вероятность того, что это случайное отклонение от истинного ρ=0, а не доказательство связи по существу, лежит в диапазоне от 0,05 до 0,025, причем ближе к 0,05, например ≈0,049. Это мы определяем так: рассматриваем лишь строчку нашего n=10; двигаясь по ней слева направо, находим промежуток между двумя числами, в который попадает наше ρ (для ρ=0,56 это между 0,5588 и 0,6473). Далее смотрим, какие вероятности соответствуют этим двум числам; они указаны вверху в столбиках этих чисел: числу 0,5588 соответствует вероятность 0,05 – односторонняя. Это интерпретируется так: величина ρ =+0,56 могла бы получиться и случайно, когда связи нет, но вероятность этого события очень-очень мала, всего 0,049; так что скорее всего это число отражает связь именно по существу. Чем меньшая вероятность соответствует нашему ρ, тем более достоверен наш вывод о наличии связи по существу. Так при n=10 для ρ=0,4455 она равна 0,10, а для ρ=0,8679 – всего лишь 0,001. Обычно вывод о наличии связи по существу делается для всех случаев, где эта вероятность меньше 0,05; но при этом рядом с выводом всегда указывают эту конкретную вероятность, т.к. она выступает показателем достоверности нашего вывода (точнее: недостоверности, т.к. она показывает вероятность того, что наше утверждение о связи ложно). При этом мы учитываем вероятности только <u>второго</u> ряда из двух верных, когда рассматриваем связи <u>только положительные</u> (а отрицательные не имеют смысла, как это бывает, например, в ситуациях угадывания вкусов другого человека) и только <u>первого</u>, когда теоретически возможно наличие <u>как положительной, так и отрицательной</u> связи (например, вкусы двух разных людей могут как совпадать, так и быть полностью противоположными).

Примеры пользования таблицей 1 :1) Пусть у нас n=12 и ρ= + 0,718; в нижнем ряду вероятностей ему соответствует диапазон от 0,01 до 0,005 (при ближе к 0,005- например: 0,0057), а в верхнем – от 0,02 до 0,01 (например 0,014); связь положительная; вероятность того, что она оказалась случайной, очень мала, поэтому признаем, что наши две ранжировки действительно связаны; 2) n=9, ρ = - 0,374 ; эта связь в пределах случайных колебаний; такое сообщение двух ранжировок вполне может проявиться и при абсолютной их несвязанности; вероятность такого соотношения гораздо больше, чем 0,10 (нижней строке) или 0,20 (по верхней) ; нет основания делать вывод о том, что эти две ранжировки имеют отрицательную связь.

Вычисление величины ρ представляет собой полный цикл процедуры Спирмена. Однако на практике иногда бывает достаточно ограничиться вычислением только числа S, которое само по себе (без ρ) также подлежит интерпретации. Заметим, что при заданном n обе величины: S и ρ – очень легко взаимно переводятся одно в другое. Есть специальная таблица критический величин S, аналогичная выше приведенной таблице 1 (см. табл. 2). В крайнем левом столбике в ней так же указаны числа n, в верхних строчках – величины уровня значимости, а в середине – критические значения S. Поясним, как пользоваться этой таблицей, конкретном примере. Пусть у нас n=8 и для этой группы объектов вычислены корреляции между четырьмя парами признаков: 1) 68, 2) 13, 3) 157, 4) 30. Проинтерпретируем их, глядя в таблице 2 только на строчку n=8. Если наш S находится в промежутке от 40,2 до 127,8 (эти числа рядом с n=8), то связи нет, это диапазон колебаний ρ=0. Если же наше S меньше 40,2 – это связь положительная, если же больше 127,8 – отрицательная. Проверяем наши числа: 13 и 30 – меньше 40,2, значит, это связи положительные, а 157 – больше 127,8, значит, это связь - отрицательная. При этом, аналогично таблице 1, определяем уровень значимости вывода (т.е. вероятность его ошибки) так. Для числа 13: оно находится между двумя табличными числами (в строке, где слева 40,2): 15,4 и 11,6; сдвигаем его к ближайшему левому (к

Таблица 2

двуст.	кр. Кенделла Sмен и Sбол									
одност.										
n	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,0005	0,0002
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005	0,00025	0,0001
4	0,6	0,1								
	19,4	19,9								
5	5,6	2,5	0,9	0,1						
	34,4	37,5	39,1	39,9						
6	12,7	7,6	5,5	2,7	0,8	0,2				
	57,3	62,4	64,5	67,3	69,2	69,8				
7	24,0	17,0	12,3	7,5	4,9	2,7	1,1	0,2	0,0	
	88,0	95,0	99,8	104,5	107,1	109,3	110,9	111,8	112,0	
8	40,2	30,3	22,5	15,4	11,6	8,1	5,8	3,6	2,1	1,1
	127,8	137,7	145,5	152,6	156,4	159,9	162,2	164,4	165,9	166,9
9	62,3	48,3	37,8	27,8	21,3	16,4	11,9	8,8	6,5	5,4
	177,7	191,7	202,2	212,2	218,7	223,6	228,1	231,2	233,5	234,6
10	91,5	72,8	58,2	43,9	35,2	28,2	21,8	16,7	13,6	10,0
	238,5	257,2	271,8	286,1	294,8	301,8	308,2	313,3	316,4	320,0
11	127,5	103,9	84,9	65,9	54,1	44,9	34,8	28,5	23,7	18,7
	312,5	336,1	355,1	374,1	385,9	395,1	405,2	411,5	416,3	421,3
12	171,9	142,2	118,9	93,9	79,0	66,0	52,8	44,4	37,6	30,0
	400,1	429,8	453,1	478,1	493,0	506,0	519,2	527,6	534,4	542,0
13	225,6	189,3	160,0	128,8	109,7	93,7	76,6	64,4	56,0	45,8
	502,4	538,7	568,0	599,2	618,3	634,3	651,4	663,6	672,0	682,2
14	288,7	245,5	210,0	171,8	147,9	127,6	105,7	91,8	78,0	68,0
	621,3	664,5	700,0	738,2	762,1	782,4	804,3	818,2	832,0	842,0
15	363,7	311,8	269,4	223,7	194,2	169,4	143,9	124,1	110,0	94,0
	756,3	808,2	850,6	896,3	925,8	950,6	976,1	995,9	1010,0	1026,0
16	449,8	388,8	338,9	284,1	249,3	219,2	187,8	163,8	146,0	128,0
	910,2	971,2	1021,1	1075,9	1110,7	1140,8	1172,2	1196,2	1214,0	1232,0
17	550,0	480,0	420,0	356,0	314,0	276,0	238,0	206,0		
	1082,0	1152,0	1212,0	1276,0	1318,0	1356,0	1394,0	1426,0		
18	664,0	582,0	512,0	438,0	390,0	346,0	300,0	264,0		
	1274,0	1356,0	1426,0	1500,0	1548,0	1592,0	1638,0	1674,0		
19	790,0	696,0	618,0	532,0	476,0	424,0	372,0	328,0		
	1490,0	1584,0	1662,0	1748,0	1804,0	1856,0	1908,0	1952,0		
20	934,0	826,0	738,0	638,0	574,0	516,0	454,0	404,0		
	1726,0	1834,0	1922,0	2022,0	2086,0	2144,0	2206,0	2256,0		

15,4) и далее вверху считываем соответствующий ему уровень значимости: Р односторонни меньше 0,01, а двусторонни меньше 0,02. Для числа 157: оно (в строке, где слева 127,8) между 156,4 и 159,9; сдвигаем его также к ближайшему левому (к 156,4) – и вверху считываем Р: меньше 0,005 одностороннее меньше 0,01 двустороннее. Таким образом мы можем определять наличие, направления и частоту связи только по одному числу S (не вычисляя ρ).

Ещё примеры пользования таблицей 2: 1) пусть n=12, S=110; связь есть, положительная; вероятность того, что это лишь результат случайных колебаний, меньше 0,025, односторонняя; 2) пусть n=7, S=56; связь отсутствует; 3) пусть n=11, S=390; связь есть, отрицательная; вероятность случайных колебаний меньше 0,005, односторонняя.

Выводы: Процедура вычисления коэффициента ранговой корреляции между двумя или несколькими признаками, разработанная Спирменом, в представленных нами вариантах применения, позволяет легко использовать ее при анализе полученных результатов. Приведенные примеры, позволяют любому разобраться в методе и использовать его для проведения исследований разного рода.

Перспективу дальнейшего описания этого метода составляют варианты, в которых два или более объекта имеют один и тот же ранг (например, оба одинаково хороши, занимают первое место); это несколько усложняет процедуру, но суть метода от этого не меняется; а также таблицы для больших n (больше 25). Если исследователям понадобятся таблицы Спирмена для n больших (больше 20-25) моно обращаться за ними к автору статьи.

Надійшла до редакції 12.03.2013