

UDC 519/316

## SPATIAL MAPING OF STATISTICAL INFORMATION BY USING THE CONCEPT OF EQUIVALENCE

Nadejda Yu. Gubanova

Sochi State University for Tourism and Recreation  
Sovetskaya street 26a, Sochi city, Krasnodar Krai, 354000, Russia  
PhD (Psychology)  
E-mail: ngubanova@hotmail.com

The article focuses on the problems of the use of statistical tests for revealing equivalence. The combined application of equivalence and statistical difference tests in spatial maping is discussed.

**Keywords:** statistical inference, power analysis, equivalence hypothesis testing, TOST, bioequivalence.

В последнее время в прикладной статистике поднимается вопрос о необходимости разработки методов исследования эквивалентности как неотличимости на статистическом уровне. С выявлением эквивалентности связаны задачи проверки одинаковой эффективности лекарств и методов лечения, замены промышленных товаров и продуктов более дешевыми, разработки экспериментальных планов исследований в социологии, психологии, педагогике. Для обозначения эквивалентности используются термины «биоэквивалентность» (биология и медицина), «паритет» (реклама и торговля).

На сегодняшний день в большинстве работ выявление эквивалентности заменяется проверкой на значимость: выдвигается нулевая гипотеза  $H_0$  о равенстве выборочных средних или их разницы  $\mu$ :  $\mu=0$  против  $H_1$ :  $\mu \neq 0$ . В случае достижения уровня значимости (ошибки I-рода)  $\alpha \leq 0,05$  делается выбор в пользу отклонения  $H_0$ , т.е. выборки признаются различными, а в случае  $\alpha > 0,05$  выборки признаются эквивалентными. Но последнее не является допустимым: при  $\alpha > 0,05$  необходимо найти величину  $\beta$  статистической ошибки II-ого рода, а достаточным для признания эквивалентности считается значение статистической мощности  $1-\beta > 0,8$ . К сожалению, большинство используемых на практике статистических распределений подчиняется закономерности: значения  $\alpha > 0,05$  всегда сопровождаются низкими значениями  $1-\beta$ , что делает проверку эквивалентности традиционными методами практически неосуществимой.

Одной из методик, разрабатываемых в последнее время в прикладной статистике для проверки эквивалентности является процедура TOST (two one-sided tests). В этом случае выдвигаются 2 нулевые гипотезы:  $\mu > -\theta$  и  $\mu < \theta$  против  $H_1$ :  $-\theta \leq \mu \leq \theta$ , т.е.  $H_0$ :  $\mu^2 \geq \theta^2$  против  $H_1$ :  $\mu^2 \leq \theta^2$ . Значение параметра  $\theta$  выбирается исследователями из практических соображений в соответствии с допустимыми ошибками измерительного характера. Дж.М. и Д.М.Эннисами (2009) показано, что в случае нормального распределения значение уровня значимости  $\alpha$  при таких гипотезах может быть найдено как  $\alpha = \Phi\left(\frac{|x| - \theta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{-(|x| + \theta)}{\sigma}\right)$ ,  $\Phi$ -функция

распределения стандартной нормальной случайной величины. В настоящее время подобные методы проверки на эквивалентность применяют в биологических, медицинских, экологических, географических и технических исследованиях для

сравнения выборочных средних, при построении регрессионных моделей, а также в задачах компьютерного моделирования [1,2,3].

Одной из областей приложения методов TOST может явиться проблема картирования статистических показателей [3]. Подобные карты «статистической эквивалентности» несут в себе дополнительную информацию о сравнении различных территорий и могут быть построены при комбинировании результатов тестов значимости с результатами TOST. Рассмотрим пример статистического картирования на основе изучения жизненной ценности независимость по 20-ти странам мира в применении к данным работы [4]. Для проверки на значимость и эквивалентность использовался одновыборочный t-тест,  $\alpha=0,05$ , параметр  $\theta=0,05M$ .

Таблица 1.

### Сходство и различие жизненной ценности независимость по 20-ти странам

Страны мира	независимость			значимость		эквивалентность			Знак на карте
	N	M	SD	tкр	$\alpha$	tверх	tниж	$\alpha$	
Аргентина	150	3,14	0,47	<b>2,866</b>	0,004	6,775	1,042	0,176	>
Бельгия	79	2,94	0,37	-1,701	0,091	1,134	4,538	0,144	≠
Чили	128	3,0 2	0,42	-0,240	0,810	<b>3,370</b>	<b>3,851</b>	0,016	=
Китай	119	2,95	0,49	-1,856	0,065	1,624	5,338	0,128	≠
Колумбия	127	3,0 2	0,54	-0,239	0,811	<b>3,356</b>	<b>3,836</b>	0,016	=
Сальвадор	118	3,4	0,47	<b>8,551</b>	0,000	12,018	-5,084	0,185	>
Франция	149	2,91	0,37	<b>-3,116</b>	0,002	0,779	7,012	0,191	<
Греция	116	3,0 3	0,45	0	1,000	<b>3,437</b>	<b>3,437</b>	0	=
Италия	113	2,92	0,5	-	0,014	0,904	5,880	0,176	<
Ливан	118	3,11	0,49	1,848	0,066	5,315	1,617	0,128	≠
Мексика	150	2,8 6	0,48	-	0,000	-0,521	8,338	0,235	<
Перу	120	3,14	0,47	<b>2,563</b>	0,011	6,059	0,932	0,176	>
Португалия	150	3,14	0,4	<b>2,866</b>	0,005	6,775	1,042	0,176	>
Россия	139	2,99	0,51	-1,003	0,317	<b>2,759</b>	<b>4,766</b>	0,064	=
Сингапур	110	3,13	0,39	<b>2,231</b>	0,027	5,578	1,115	0,160	>
Испания	150	3,0 6	0,45	0,781	0,436	<b>4,690</b>	<b>3,127</b>	0,048	=
Швейцария	150	2,97	0,41	-1,563	0,121	<b>2,345</b>	<b>5,472</b>	0,096	=
Турция	104	2,81	0,44	<b>-4,773</b>	0,000	-1,518	8,028	0,225	<
США	95	3,01	0,42	-0,414	0,679	<b>2,695</b>	<b>3,525</b>	0,032	=
Венесуэла	148	3,11	0,51	<b>2,070</b>	0,040	<b>5,953</b>	<b>1,811</b>	0,128	≥
Всего	2533	3,0 3	0,47						

Таким образом, по отношению к среднему уровню могут быть выделены территории статистически эквивалентные (=), незначимо отличающиеся но неэквивалентные (≠), значимо отличающиеся и эквивалентные одновременно (≥)

или  $\leq$ ), и значимо отличающиеся в сторону больших ( $>$ ) или малых ( $<$ ) значений показателя. По сравнению с обычными картами такие карты учитывают не только средние значения, но и дисперсию показателей для различных территорий. Представляется, что построение таких «карт эквивалентности» может служить опорной структурой при изучении социального и психологического благополучия регионов и общественного здоровья.

**Примечания:**

1. Robinson A.P., Froese R.E. Model validation using equivalence tests // *Ecological Modelling* 176 (2004) 349–358.
2. Stewart T.C., West R.L. Testing for Equivalence: A Methodology for Computational Cognitive Modelling // *Journal of Artificial General Intelligence* 2(2) 69-87, 2010.
3. Waldhoer Th., Heinz H. Combining difference and equivalence test results in spatial maps // *International Journal of Health Geographics* 2011, 10:3
4. Green E.J., Deschamps J.-C., Paez D. Variation of individualism and collectivism within and between 20 countries // *Journal of cross-cultural psychology*, Vol. 36. No. 3, May 2005 : 321-339.

УДК 519/316

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ  
ПРИ КАРТИРОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

Надежда Юрьевна Губанова

Сочинский государственный университет туризма и курортного дела  
354003, Россия, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а  
кандидат психологических наук  
E-mail: ngubanova@hotmail.com

В статье рассматриваются проблемы исследования статистической эквивалентности. Обсуждается возможность совместного применения тестов значимости и эквивалентности при картировании статистической информации.

**Ключевые слова:** статистический вывод, анализ мощности, проверка гипотез об эквивалентности, TOST, биоэквивалентность.