

Кондаурова И.А., Толкачёв Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

УДК 339.137.2

И.А. Кондаурова, к.э.н., доцент

Д.О. Толкачёв, аспирант

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

О ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Kondaurova Inna, Tolkachov Dmitriy. *Applying principal component analysis to determine the competitiveness of enterprises.*

The process of analysis of competitiveness using principal component was shown. The feasibility of applying principal component analysis to determine the competitiveness of enterprises using the "broken stick model" test and the criterion of "scree."

Key words: competitiveness of enterprises, management by a competitiveness, estimation of competitiveness, the principal component analysis, a method of " broken stick model ", the criterion of "scree."

Кондаурова И.А., Толкачёв Д.О. *О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент*

Рассмотрен процесс проведения анализа конкурентоспособности с помощью метода главных компонент. Проанализирована возможность применения метода главных компонент для оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода «сломанной трости», критерия «каменистой осыпи».

Кондаурова И.А., Толкачёв Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

Ключевые слова: конкурентоспособность предприятия, управление конкурентоспособностью, оценка конкурентоспособности, метод главных компонент, метод «сломанной трости», критерий «каменистой осыпи».

Постановка проблемы в общем виде. Эффективность развития любой экономической системы напрямую зависит от того, насколько устойчивы в конкурентном отношении формирующие ее субъекты хозяйствования. Таким образом, проблема оценки и управления конкурентоспособностью предприятий является одной из важнейших и определяющих в теории и практике экономической науки.

В настоящее время существует несколько групп методов оценки конкурентоспособности предприятия: табличный, матричный, графический, интегральный. Однако только последний из них предполагает вычисление результирующего показателя, что позволяет повысить точность оценки и как следствие улучшить её качество.

Анализ последних исследований и публикаций. Различные аспекты теории и практики управления конкурентоспособностью предприятия представлены в работах многих ученых-экономистов, в том числе, Р. Акофф, А. Амоша, Дж. Кейнс, Ф. Котлер, М. Портер, Й. Шумпетер и др.

Наиболее полное отражение математический аппарат оценки конкурентоспособности предприятия нашёл в работах таких учёных, как Р.А. Фатхутдинов [1; 2], А.С. Шальминова [3], В.А. Мошнов [4], И. Максимов [5], Д.С. Воронов [6]. Однако, ввиду определённых недостатков, присущих вышеперечисленным работам (ограниченное число факторов конкурентоспособности, использование субъективных оценок, математическая необоснованность), возникла необходимость поиска новых методов оценки конкурентоспособности предприятия.

Цель статьи. Актуальность темы обусловила цель данного исследования – изучить теоретические аспекты оценки и управления

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

конкурентоспособностью предприятия и оценить возможность применения метода главных компонент для анализа и определения ее уровня.

Основная часть. Признанный специалист в области изучения экономической конкуренции М.Портер утверждает, что конкуренция на макроуровне происходит опосредованно, то есть исключительно через микроэкономические субъекты, непосредственно осуществляющие производство продукции. Основной задачей государства при этом выступает создание для данной конкуренции наиболее благоприятной среды.

Таким образом, рассматривая понятие «конкурентоспособность» на микроуровне, можно сказать, что это, в общем, относительная характеристика, определяющая способность предприятия получать конкурентные преимущества с помощью эффективного использования факторов производства. Причем рассматривать конкурентоспособность предприятия следует с двух сторон: как оценочную характеристику и как объект управления.

По нашему мнению, управление конкурентоспособностью необходимо исследовать как функциональную составляющую системы управления в целом. Хотя некоторые авторы в своих работах отождествляют эти две системы. Так, например, Фатхутдинов Р.А. в своей работе [1, с.11] утверждает следующее: «Такое переименование систем управления, считаем правомерным, поскольку целью большинства организаций должно быть обеспечение конкурентоспособности выпускаемого товара (выполняемой услуги) на внешнем или внутреннем рынках».

Оценка же конкурентоспособности предприятия как составляющая стратегического анализа должна содействовать повышению эффективности работы субъекта хозяйствования, разработке эффективной конкурентной стратегии предприятия. Однако, анализ работ ряда авторов показал, что на данный момент не существует единого понятия «конкурентоспособность

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

предприятия». Нечеткость терминологии усложняет исследование данной категории, поэтому и к оценке конкурентоспособности предлагаются различные подходы.

Множество критериев оценки конкурентоспособности предприятия привели к необходимости поиска математически обоснованного критерия для уменьшения количества показателей, т.е. получить множество меньшей размерности.

Предлагаемый нами к использованию метод главных компонент позволяет:

- аппроксимировать данные линейными многообразиями меньшей размерности;
- найти подпространства меньшей размерности, в ортогональной проекции на которые разброс данных (т.е. среднеквадратичное отклонение от среднего значения) максимален;
- найти подпространства меньшей размерности, в ортогональной проекции на которые среднеквадратичное расстояние между точками максимально;
- для данной многомерной случайной величины построить такое ортогональное преобразование координат, что в результате корреляции между отдельными координатами обратятся в ноль.

Основная задача — найти такое ортогональное преобразование в новую систему координат, для которого были бы верны следующие условия:

- выборочная дисперсия данных вдоль первой координаты максимальна (эту координату называют первой главной компонентой);
- выборочная дисперсия данных вдоль второй координаты максимальна при условии ортогональности первой координате (вторая главная компонента).

Кондаурова И.А., Толкачёв Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

Векторы главных компонент для задач о наилучшей аппроксимации и о поиске ортогональных проекций с наибольшим рассеянием — это ортонормированный набор $\{a_1, \dots, a_n\}$ собственных векторов эмпирической ковариационной матрицы C , расположенных в порядке убывания собственных значений $\lambda : \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n \geq 0$. Эти векторы служат оценкой для собственных векторов ковариационной матрицы $cov(X_i, X_j)$. В базисе из собственных векторов ковариационной матрицы она, естественно, диагональная, и в этом базисе коэффициент ковариации между различными координатами равен нулю.

Математическое содержание метода главных компонент — это спектральное разложение ковариационной матрицы C , то есть представление пространства данных в виде суммы взаимно ортогональных собственных подпространств C , а самой матрицы C — в виде линейной комбинации ортогональных проекторов на эти подпространства с коэффициентами λ_i .

Матрица A преобразования данных к главным компонентам строится из векторов главных компонент: $A = \{a_1, \dots, a_n\}^T$. Здесь a_i — ортонормированные векторы-столбцы главных компонент, расположенные в порядке убывания собственных значений, верхний индекс T означает транспонирование.

После преобразования большая часть вариации данных будет сосредоточена в первых координатах, что даёт возможность отбросить оставшиеся и рассмотреть пространство уменьшенной размерности.

Как только получена информация о том, сколько дисперсии выделил каждый фактор, можно переходить к вопросу о том, сколько факторов следует оставить. По своей природе это решение произвольно. Однако имеются некоторые общеупотребительные рекомендации.

Для определения количества необходимых компонент можно использовать метод определения относительной погрешности.

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

При замене векторов данных x_i на их проекцию на первые K главных компонент вносится средний квадрат ошибки в расчете на один вектор данных:

$$\sum_{l=k+1}^n \lambda_l \quad (1)$$

где $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n \geq 0$ собственные значения эмпирической ковариационной матрицы C , расположенные в порядке убывания, с учетом кратности.

Эта величина называется остаточной дисперсией.

$$\sum_{l=1}^n \lambda_l \quad (2)$$

Величина (2) называется объяснённой дисперсией. Их сумма равна выборочной дисперсии. Соответствующий квадрат относительной ошибки – это отношение остаточной дисперсии к выборочной дисперсии (то есть доля необъяснённой дисперсии):

$$\delta_k^2 = \frac{\lambda_{k+1} + \lambda_{k+2} + \dots + \lambda_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} \quad (3)$$

В настоящем исследовании для оценки возможности определения конкурентоспособности предприятий произведен анализ работы пяти машиностроительных предприятий Украины (ЧАО «Азовобщемаш», ЧАО «Днепровагонмаш», ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», ОАО «Холдинговая компания «Лугансктепловоз»», ОАО «Стахановский вагоностроительный завод»). При этом уменьшено число исследуемых параметров с помощью метода главных компонент.

Произведенный теоретический анализ работ ученых-экономистов [1-6] позволил обобщить и выделить ряд основных факторов, влияющих на

Кондаурова И.А., Толкачёв Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

конкурентоспособность предприятия, а именно: конкурентоспособность товара, финансовое состояние предприятия, организация сбыта товара.

Для отражения этих аспектов использованы следующие финансово-экономические показатели: X1 – рентабельность активов, X2 – текущая ликвидность, X3 – коэффициент финансовой автономии, X4 – оборотность активов, X5 – коэффициент обеспеченности оборота собственными оборотными средствами [7].

Определены собственные значения λ_i эмпирической ковариационной матрицы, остаточную и объяснённую дисперсии, а также квадрат относительной ошибки при числе главных компонент K. Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет относительной погрешности при различном числе главных компонент

K	λ_i	$\sum_{l=k+1}^n \lambda_l$	$\sum_{l=1}^n \lambda_l$	δ_k^2
1	4,074	5	1,559	0,185
2	0,712	0,926	1,559	0,043
3	0,195	0,214	1,559	0,004
4	0,019	0,019	1,559	0,000

По относительной ошибке оцениваем применимость метода главных компонент с проецированием на первые компоненты. Таким образом, при включении в исследование только одной главной компоненты квадрат относительной ошибки составляет 0,185, двух первых компонент – 0,043 и т.д.

При этом следует отметить, что целевой подход к оценке числа главных компонент по необходимой доле объяснённой дисперсии формально

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

применим всегда, однако неявно он предполагает, что нет разделения на "сигнал" и "шум", и любая заранее заданная точность имеет смысл. Поэтому часто более продуктивна иная эвристика, основывающаяся на гипотезе о наличии "сигнала" (сравнительно малая размерность, относительно большая амплитуда) и "шума" (большая размерность, относительно малая амплитуда). С этой точки зрения метод главных компонент работает как фильтр: сигнал содержится, в основном, в проекции на первые главные компоненты, а в остальных компонентах пропорция шума намного выше.

Вопрос, как оценить число необходимых главных компонент, если отношение "сигнал/шум" заранее неизвестно? Одним из наиболее популярных эвристических подходов является правило сломанной трости (англ. Broken stick model) [9]. Этот критерий предложен Кайзером (Kaiser, 1960), и является, вероятно, наиболее широко используемым. Набор нормированных собственных чисел $(\lambda_i / trC, i = 1, n)$ сравнивается с распределением длин обломков трости единичной длины, сломанной в $(n-1)$ -й случайно выбранной точке (точки разлома выбираются независимо и распределены равномерно по длине трости). Пусть L_i ($i=1, n$) - длины полученных кусков трости, занумерованные в порядке убывания длины: $L_1 \geq L_2 \geq \dots \geq L_n$.

По правилу сломанной трости K -й собственный вектор (в порядке убывания собственных чисел) сохраняется в списке главных компонент, если выполняется условие (4)

$$\frac{\lambda_1}{trC} > l_1; \frac{\lambda_2}{trC} > l_2; \dots \frac{\lambda_k}{trC} > l_k; \quad (4)$$

В нашем случае имеем 4-мерного пространство:

$$l_1=(1+1/2+1/3+1/4)/4; l_2=(1/2+1/3+1/4)/4; l_3=(1/3+1/4)/4; l_4=(1/4)/4.$$

В таблице 2 приводится расчет по методу «сломанной трости».

Таблица 2

Расчет по методу «сломанной трости»

	$\frac{\lambda_i}{trC}$	l_i	сравнение
1	2,613	0,521	$\frac{\lambda_1}{trC} > l_1;$
2	0,457	0,271	$\frac{\lambda_2}{trC} > l_2;$
3	0,125	0,146	$\frac{\lambda_3}{trC} < l_3;$
4	0,012	0,063	$\frac{\lambda_4}{trC} < l_4;$

По правилу сломанной трости для первой главной компоненты $\frac{\lambda_1}{trC}$ почти в 5 раз больше l_1 , для второй главной компоненты $\frac{\lambda_2}{trC}$ примерно в 1,5 раза больше l_2 . В связи с этим в исследование следует включить либо 1, либо 2 главные компоненты.

Другим популярным подходом определения числа необходимых главных компонент является критерий каменистой осыпи. Критерий каменистой осыпи - графический метод, впервые предложенным Р. Кэттелем (Cattell, 1966) [9].

В частности, Кэттель предложил найти такое место на графике собственных значений матрицы корреляций, где убывание собственных значений слева направо максимально замедляется. Предполагается, что справа от этой точки находится только "факториальная осыпь" - "осыпь" является геологическим термином, обозначающим обломки горных пород, скапливающиеся в нижней части скалистого склона.

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

Применив критерий каменистой осыпи в данном исследовании, получены собственные значения матрицы корреляций и вклад каждого фактора в общую дисперсию, которые показаны на рис.1. В соответствии с этим критерием можно оставить в этом примере 1 или 2 фактора.

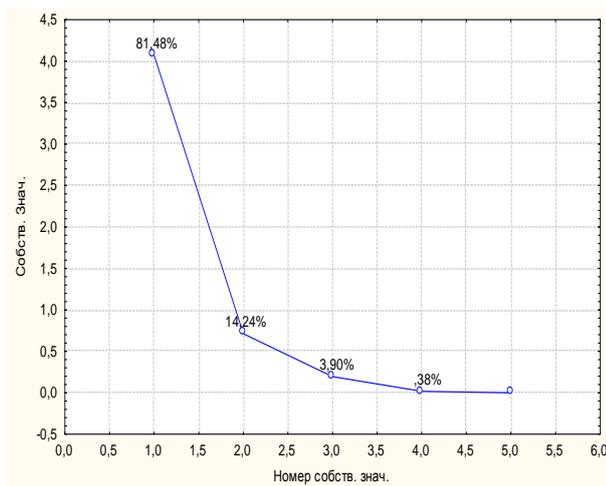


Рис. 1 Собственные значения матрицы корреляций

Из рис.1 видно, что 81,48% общей дисперсии обусловлено изменением первой главной компоненты, и только 14,24% - изменением второй компоненты т.е. заменив 5 исследуемых фактора одной (первой) главной компонентой мы включаем в исследования 81,48% варьирования всех 5 показателей конкурентоспособности.

Для наглядности возможности перехода от переменных X_i к главным компонентам (факторам) на факторной плоскости (X – первая главная компонента, Y – вторая главная компонента) на рис. 2 изображены проекции переменных X_i , а также составлена таблица 5 факторных координат переменных.

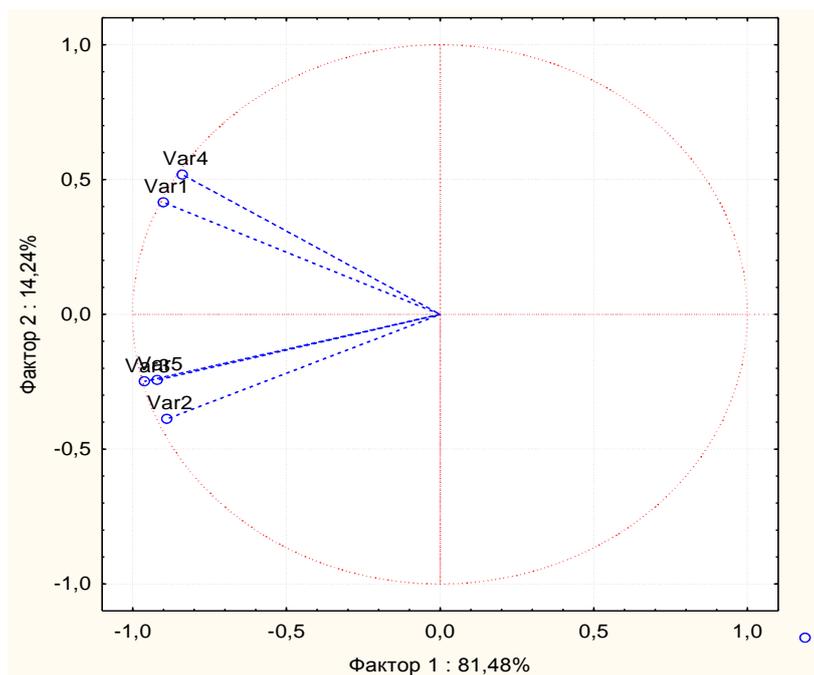


Рис. 2. Проекция переменных на факторную плоскость

Таблица 3

Координаты переменных на первые 2 главные компоненты (факторы)

Переменная	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Координата Фактора 1	-0,900	-0,889	-0,961	-0,838	-0,921
Координата Фактора 2	0,415	-0,388	-0,249	0,518	-0,243

Как свидетельствуют рисунок 2 и таблица 3, все переменные сгруппированы в проекции на фактор 1 от -0,961 до -0,838, т.е. в интервале 0,123. Для второго фактора переменные разбросаны в интервале от -0,388 до 0,518, т.е. довольно в большом интервале 0,906. Поэтому для исследования целесообразно использовать только одну первую главную компоненту.

Вклад всех пяти переменных в первую компоненту примерно равноценный и колеблется от 17,2% (для четвертой переменной) до 22,7%

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

(для третьей переменной). На второй фактор существенное влияние оказывают только 3 переменные, на третий – две переменные, а четвертый на 67,8% зависит от третьей переменной (таблица 4). Это также показывает, что при исследовании конкурентоспособности предприятия целесообразно использовать только одну (первую) главную компоненту.

Таблица 4

Вклад переменных в факторы

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
X1	0,199	0,242	0,093	0,020
X2	0,194	0,211	0,287	0,168
X3	0,227	0,087	0,013	0,627
X4	0,172	0,377	0,143	0,046
X5	0,208	0,083	0,465	0,140

Выводы и направления дальнейших исследований. Решение актуальной задачи оценки конкурентоспособности предприятия дает возможность усовершенствовать процесс принятия решений как на уровне управления конкурентоспособностью, так и на уровне управления предприятием в целом. С этой целью в статье исследована возможность применения метода главных компонент для определения конкурентоспособности предприятия с помощью 5 факторов (рентабельность активов, текущая ликвидность, коэффициент финансовой автономии, оборотность активов, коэффициент обеспеченности оборота собственными оборотными средствами). При исследовании с помощью метода «сломанной трости» и критерия «каменистой осыпи» выявлено, что метод главных компонент можно применять для оценки конкурентоспособности предприятия по первой главной компоненте.

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

Перспективами дальнейших исследований является выявление возможности автоматизации оценки конкурентоспособности предприятий с помощью разработанного метода.

Список использованных источников

1. Фатхутдинов Р.А. Управление конкурентоспособностью // Стандарты и качество. - 2000. - №10. - С. 10-13.

2. Фатхутдинов Р.А. Управление конкурентоспособностью организации [Текст] / Р.А. Фатхутдинов – 2-е изд., испр. и доп – М.: Эксмо, 2005. – 544 с.

3. Фасхиев В.А. Как измерить конкурентоспособность предприятия? [Электронный ресурс] / В.А. Фасхиев // Журнал «Маркетинг в России и за рубежом» – Режим доступа : URL: <http://www.mavriz.ru/articles/2003/4/97.html>.

4. Мошнов В.А. Комплексная оценка конкурентоспособности предприятия [Электронный ресурс] / В.А. Мошнов // Корпоративный менеджмент – Режим доступа URL: http://www.cfin.ru/management/strategy/estimate_competitiveness.shtml.

5. Максимов И. Оценка конкурентоспособности промышленного предприятия [Текст] / Маркетинг. – 1996. - №3. – с. 51-56.

6. Воронов Д.С. Предлагаемая методика оценки конкурентоспособности предприятия [Электронный ресурс] / Д.С. Воронов // Конкурентоспособность предприятия: оценка, анализ, пути повышения – Режим доступа URL: <http://vds1234.narod.ru/>.

7. Костенко Т.Д. Економічний аналіз і діагностика стану сучасного підприємства[Текст]: Навч. посібник / Т.Д. Костенко, Є.О. Підгора, В.С.

Кондаурова И.А., Толкачев Д.О. О возможности оценки конкурентоспособности предприятия с помощью метода главных компонент // Вестник экономической интеграции. 2015. №№ 1-2. С. 50-56. (Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации) (РИНЦ)

Рижиков та Ін.; вид. 2ге перер. та допов. – К.: Центр учбової літератури, 2007 – 400 с.

8. Cangelosi R. , Goriely A., Component retention in principal component analysis with application to cDNA microarray data, *Biology Direct* 2007, 2:2.

9. Главные компоненты и факторный анализ. – StatSoft [Электронный ресурс] / Электронный учебник. – Режим доступа URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stfacan.html#index>.