

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ*

Павел Борисович БОЛДЫРЕВСКИЙ^{a,*}, Андрей Константинович ИГОШЕВ^b,
Людмила Анатольевна КИСТАНОВА^c

^a доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Российская Федерация
bravel2@gambler.ru

^b кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики фирмы,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Российская Федерация
akigoshev@iee.unn.ru

^c старший преподаватель кафедры математических и естественнонаучных дисциплин,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Российская Федерация
lakistanova@mail.ru

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 27.09.2017
Получена в доработанном
виде 06.10.2017
Одобрена 13.10.2017
Доступна онлайн 27.10.2017

УДК 005.342

JEL: C02, C22, O13

Аннотация

Предмет. Обеспечение конкурентоспособности и экономической устойчивости предприятий российской промышленности обуславливает необходимость совершенствования и поиска новых форм и методов управления всеми сферами их функционирования. Одним из важнейших направлений решения поставленных задач является развитие методов экономико-математического моделирования взаимосвязей экономических показателей, совокупность которых определяет уровень экономической устойчивости промышленных предприятий. Проведен анализ современного состояния составных элементов и факторов экономической устойчивости и предложены математические модели, позволяющие оценивать экономическое состояние предприятий российской промышленности в современных рыночных условиях.

Цели. Построение экономико-математических моделей, позволяющих проводить анализ факторов экономической устойчивости и оценку условий их стабилизации и развития.

Методология. Для построения математических моделей и получения количественных выводов использовались методы теории систем, кластерного и факторного анализа. Информационной базой для разработки экономико-математических моделей послужили соответствующие данные Федеральной службы государственной статистики с 2010 по 2015 г. Многопараметрические расчеты и построение графиков проводились с использованием пакета прикладных программ Statistica.

Результаты. Представлены результаты кластерного анализа массива экономических показателей, отражающих экономическую устойчивость промышленных предприятий. Выделены два основных кластера и проведен их сравнительный анализ. Сформулированы и проанализированы условия попадания объектов (промышленных предприятий) в определенный кластер. Наряду с численными оценками представлена графическая интерпретация процесса кластеризации.

Выводы. Предложена методика многопараметрического анализа экономической деятельности промышленных предприятий, позволяющая оценивать их экономическую устойчивость на основе представлений кластерного анализа. Показано, что на данный период времени наиболее устойчивыми предприятиями промышленности Российской Федерации являются предприятия топливно-энергетического комплекса, а также предприятия металлургического производства и производства готовых металлических изделий.

Ключевые слова:

промышленное предприятие,
вид экономической
деятельности, экономическая
устойчивость, классификация,
кластерный анализ

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Болдыревский П.Б., Игошев А.К., Кистанова Л.А. Кластерный анализ экономической устойчивости промышленных предприятий России // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2017. – Т. 16, № 10. – С. 1959 – 1971.

<https://doi.org/10.24891/ea.16.10.1959>

Экономическую устойчивость предприятия на современном этапе реформ в России можно расценивать как адаптацию предприятия к рыночным условиям, формируемым внешней и внутренней средой их функционирования. Обеспечение условий для экономической устойчивости прежде всего связано с восстановлением и развитием в хозяйственной системе России свойств устойчивого развития. Таким образом, суть проявления экономической устойчивости промышленных предприятий заключается не в том, чтобы обеспечить ее любым способом, а в том, чтобы максимально полно увязать с благополучием всех видов экономической деятельности промышленности России.

В экономической устойчивости можно выделить следующие составные элементы:

- финансовую;
- производственно-техническую;
- коммерческую;
- организационную;
- инновационную.

Финансовая устойчивость характеризует такое состояние финансовых ресурсов, при котором предприятие способно путем эффективного их использования обеспечить бесперебойный процесс производства и реализации продукции, затраты по расширению и обновлению производства.

Производственно-техническая устойчивость – это стабильность производственного цикла предприятия, налаженность его ресурсного обеспечения.

Коммерческая устойчивость определяется уровнем деловой активности, надежности экономических связей, конкурентным потенциалом компании, ее долей на рынке сбыта.

Организационная устойчивость предполагает стабильность внутренней организационной

структуры, налаженность и оперативность связей между различными отделами и службами предприятия, эффективность их совместной работы.

Инновационная устойчивость характеризует способность предприятия к внедрению новых технологий и способов организации производства, к выпуску новых видов продукции, выполнению новых видов работ, оказанию новых видов услуг [1–3].

Надо заметить, что к числу наиболее важных экономических проблем в условиях конкурентной экономики относится определение границ финансовой устойчивости предприятий [4–6]. Важнейшими ее компонентами являются платежеспособность, степень ликвидности активов, кредитоспособность.

В современных условиях понятие устойчивого экономического развития постепенно приобретает новый смысл – под ним все больше понимается не достижение адаптации к изменяющейся окружающей среде, а активное формирование самой этой среды и конструирование новых принципов реакции на нее [7–9].

Поэтому представляет интерес исследование условий для поддержания экономической устойчивости на заданном уровне и предотвращению ее снижения в постоянно меняющихся условиях рынка. Для определения этих условий необходимо оценить развитие экономической деятельности промышленных предприятий на современном уровне. Для этого нами был проведен анализ промышленных предприятий Российской Федерации по видам экономической деятельности с 2010 по 2015 г. Информационной базой послужили данные Федеральной службы государственной статистики. Были выбраны показатели, отражающие финансовую, производственно-техническую и инновационную деятельность предприятий.

Переменные информационного массива следующие:

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 17-06-00089 А.

- X1 – количество предприятий и организаций по видам экономической деятельности;
- X2 – сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток) организаций по видам экономической деятельности;
- X3 – выручка от продажи товаров, продукции (работ, услуг) организаций по видам экономической деятельности;
- X4 – рентабельность активов организаций;
- X5 – рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) организаций;
- X6 – оборотные активы организаций;
- X7 – коэффициент текущей ликвидности;
- X8 – коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами;
- X9 – дебиторская задолженность организаций;
- X10 – суммарная задолженность по обязательствам организаций;
- X11 – среднегодовая численность работников организаций;
- X12 – среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций;
- X13 – коэффициент обновления основных фондов в организациях по видам экономической деятельности;
- X14 – степень износа основных фондов;
- X15 – инвестиции в основной капитал;
- X16 – удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в общем количестве обследованных организаций;
- X17 – удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций;
- X18 – затраты на технологические инновации организаций по видам экономической деятельности;
- X19 – объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами;
- X20 – индекс производства, в процентах к предыдущему году;
- X21 – затраты на производство и продажу продукции (товаров, работ и услуг) по видам экономической деятельности.

Для обработки данных был использован метод многомерного статистического анализа – кластерный анализ [10, 11]. Кластерный анализ наиболее информативно отражает черты многомерного анализа в классификации. Поэтому выделение предприятий в группы выполнялось с помощью этого метода с применением пакета прикладных программ STATISTICA [12], который имеет достаточно мощный арсенал методов математической статистики. Метод позволяет легко визуализировать данные, имеет удобный интерфейс и средства создания отчетов в наиболее приемлемой для анализа и использования форме. Классификация показателей осуществлялась по стандартизированным данным [13, 14]. В исследовании использовался метод классификации K -средних (K -means [15, 16]), где происходит разделение исходного набора объектов анализа на заранее известное число K кластеров. При этом каждый образец x_i обязательно принадлежит к одному из этих кластеров S_k , $k = 1, \dots, K$. Каждый кластер k характеризуется своим центроидом m_k – точкой, являющейся центром масс всех образцов кластера. Метод K -средних – это итерационный алгоритм, в котором на каждом шаге выполняются следующие операции:

- 1) определяются расстояния от всех объектов анализа до центроидов $d(x_j, m_k), j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, K;$

2) объекты анализа относятся к кластерам в соответствии с тем, какой из центроидов оказался ближе;

3) по этому новому разбиению вычисляются центроиды m_k для каждого из кластеров:

$$m_k = \frac{1}{J_k} \sum_{x_j \in S_k} x_j,$$

где J_k – это число образцов в кластере S_k .

Операции 1–3 повторяются до сходимости.

Информативность переменных в плане кластеризации отражена на основе дисперсионного анализа¹ [17]. Учитывался следующий принцип: чем меньше значение внутригрупповой дисперсии и больше значение межгрупповой дисперсии, тем лучше переменная отражает типичность и тем «качественнее» кластеризация. Были выделены промышленные предприятия следующих видов экономической деятельности:

- С_1 – добыча топливно-энергетических полезных ископаемых (нефть, газ);
- С_2 – добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических;
- С_3 – производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака;
- С_4 – текстильное и швейное производство;
- С_5 – производство кожи, изделий из кожи и производство обуви;
- С_6 – обработка древесины и производство изделий из дерева;
- С_7 – целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность;
- С_8 – производство кокса и нефтепродуктов;
- С_9 – химическое производство;

- С_10 – производство резиновых и пластмассовых изделий;

- С_11 – производство прочих неметаллических минеральных продуктов;

- С_12 – металлургическое производство и производство готовых металлических изделий;

- С_13 – производство машин и оборудования;

- С_14 – производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования;

- С_15 – производство транспортных средств и оборудования;

- С_16 – производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды;

- С_17 – сбор, очистка и распределение воды.

По устойчивости показателей с 2010 по 2015 г. массив разбился на два кластера. В первый кластер попали экономически устойчивые предприятия, из которых самыми устойчивыми, несмотря на неблагоприятную внешнюю обстановку в условиях экономического кризиса, оказались предприятия добычи топливно-энергетических полезных ископаемых (нефть, газ), производства кокса и нефтепродуктов, предприятия металлургического производства и производства готовых металлических изделий, а также предприятия производства, передачи и распределения электроэнергии, газа, пара и горячей воды (табл. 1).

Выделенные табличные данные соответствуют наиболее устойчивым предприятиям. Начиная с 2012 г. в категорию экономически устойчивых предприятий вошли предприятия производства транспортных средств и оборудования. Этот факт имеет особое значение, так как транспортное

¹ Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. М.: Радио и связь, 1983. 248 с.

машиностроение играет важную роль в обеспечении государственной целостности, обороноспособности и экономической независимости страны. С 2013 г. как экономически устойчивые зарекомендовали себя предприятия производства пищевых продуктов. Этот вид экономической деятельности является одним из перспективных и быстро развивающихся, поскольку в последнее время наблюдается положительная тенденция роста числа данных предприятий, осуществляющих технологические инновации.

Классификация по экономическим переменным подтверждает разбиение массива на два кластера. В динамике с 2010 по 2015 г. происходит изменение значения переменных и варьирование их в кластерах, но в основном различие в значениях переменных в первом и во втором кластерах сохраняется (*рис. 1*).

Переменные, имеющие близкие значения в кластерах, не удалены, так как значения этих переменных варьировались по годам.

Применяя метод Варда [18, 19] для 16 наблюдений (одно наблюдение программа отбросила как несущественное) и используя евклидово расстояние, покажем иерархическую классификацию видов экономической деятельности предприятий в виде горизонтальной дендрограммы (*рис. 2*).

Представленная дендрограмма показывает последовательность и приоритет действия стандартизированных переменных в процессе кластеризации. Экономическая устойчивость промышленных предприятий в основном определилась устойчивыми значениями переменных, отображенных в *табл. 2*. При этом факторные нагрузки,

выделенные методом главных компонент (метод вращения варимакс [20]) имеют значения больше 0,7, что определяет достаточный статистический и содержательный смысл группы факторов.

Анализируя данные, представленные в *табл. 4*, можно сделать вывод, что инновационная деятельность для экономической устойчивости предприятий приобретает все большее значение. Так в 2010 г. переменные X16, X17, характеризующие инновационную деятельность, относились к группе фактора 3, а в 2015 г. они уже вошли в фактор 2 и имеют большую факторную нагрузку, по отношению к таким показателям как рентабельность активов организаций (X4) и рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) (X5). Последние показатели уменьшили факторную нагрузку и переместились из фактора 2 в фактор 3 с меньшей долей дисперсии.

Несмотря на значительное количество публикаций по проблемам финансовой устойчивости и устойчивого развития [21], управление экономической устойчивостью предприятия в рыночных условиях хозяйствования является крайне актуальной и малоизученной проблемой. Естественно, что даже частичное изложение всех ее аспектов в данной работе не представляется возможным. Предложенная в работе методика оценки экономической устойчивости на основе кластерного анализа позволит субъектам секторов реальной экономики на основе ретроспективных и прогнозных статистических данных проводить анализ собственной экономической устойчивости и вырабатывать действенные мероприятия для ее поддержки и развития.

Таблица 1

Кластеризация промышленных предприятий по виду экономической деятельности

Table 1

Clustering of industrial enterprises by type of economic activity

Вид экономической деятельности	2010 г.		2011 г.		2012 г.	
	Кластер	Расстояние до центра кластера	Кластер	Расстояние до центра кластера	Кластер	Расстояние до центра кластера
С 1	1	0,8	1	0,89	1	1,05
С 8	1	0,84	1	1	1	0,91
С 12	1	0,7	1	0,77	1	0,61
С 16	1	0,81	1	0,86	1	0,97
С 15	2	1,03	2	1,1	1	0,96
С 3	2	0,87	2	0,8	2	0,79
С 2	2	1,17	2	1,14	2	1,05
С 4	2	0,48	2	0,58	2	0,53
С 5	2	0,66	2	0,72	2	0,94
С 6	2	0,95	2	0,94	2	0,94
С 7	2	0,55	2	0,49	2	0,54
С 9	2	0,66	2	0,63	2	0,67
С 10	2	0,44	2	0,39	2	0,56
С 11	2	0,49	2	0,42	2	0,62
С 13	2	0,39	2	0,42	2	0,41
С 14	2	0,66	2	0,64	2	0,66

Продолжение таблицы

Вид экономической деятельности	2013 г.		2014 г.		2015 г.	
	Кластер	Расстояние до центра кластера	Кластер	Расстояние до центра кластера	Кластер	Расстояние до центра кластера
С 1	1	1,24	1	1,28	1	1,33
С 8	1	1,18	1	1,19	1	0,99
С 12	1	0,6	1	0,64	1	0,59
С 16	1	0,94	1	0,9	1	0,85
С 15	1	0,86	1	0,93	1	0,96
С 3	1	0,75	1	0,76	1	0,77
С 2	2	0,94	2	0,93	2	0,88
С 4	2	0,46	2	0,38	2	0,57
С 5	2	1,04	2	0,63	2	0,64
С 6	2	0,65	2	0,65	2	0,79
С 7	2	0,65	2	0,67	2	0,71
С 9	2	0,63	2	0,64	2	0,9
С 10	2	0,42	2	0,53	2	0,39
С 11	2	0,61	2	0,56	2	0,57
С 13	2	0,49	2	0,56	2	0,5
С 14	2	0,71	2	0,81	2	0,81

Примечание. Выделенные полужирным шрифтом данные соответствуют наиболее устойчивым предприятиям.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2
Факторные нагрузки

Table 2
Factor loading

Переменная	2010 г.			2015 г.		
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
X1	-0,1	-0,5	-0,31	-0,22	0,5	-0,38
X2	0,78	0,53	-0,05	0,77	0,09	0,46
X3	0,98	0,12	-0,04	0,97	0,04	-0,01
X4	0,27	0,89	-0,02	0,29	0,13	0,7
X5	0,18	0,88	-0,14	-0,02	0,12	0,85
X6	0,95	0,17	0,14	0,95	-0,24	-0,01
X7	0,2	0,92	0	0,03	-0,67	0,52
X8	0,37	0,16	0,51	-0,18	-0,17	-0,21
X9	0,98	0,09	0,01	0,98	-0,14	0,04
X10	0,95	0,16	0,13	0,98	0,01	-0,07
X11	0,6	-0,55	0,04	0,45	0,34	-0,58
X12	0,71	0,62	0,09	0,8	-0,29	0,36
X13	0,05	0,32	0,13	0,02	-0,64	0,07
X14	0,29	-0,08	0,74	0,58	0,09	0,26
X15	0,86	0,09	-0,2	0,83	0,18	0,27
X16	0,12	0,28	0,81	0,08	-0,86	-0,11
X17	-0,07	-0,2	0,9	0,15	-0,76	-0,32
X18	0,76	0,15	0,31	0,83	-0,52	-0,06
X19	0,97	0,16	0,02	0,98	0,03	0,07
X20	-0,43	-0,37	0,61	0,45	0,1	0,51
X21	0,99	0,11	0,02	0,99	0,02	-0,02
Общая дисперсия	9,01	4,16	2,97	9,26	3,09	2,87
Доля дисперсии	0,43	0,2	0,14	0,44	0,15	0,14

Источник: авторская разработка

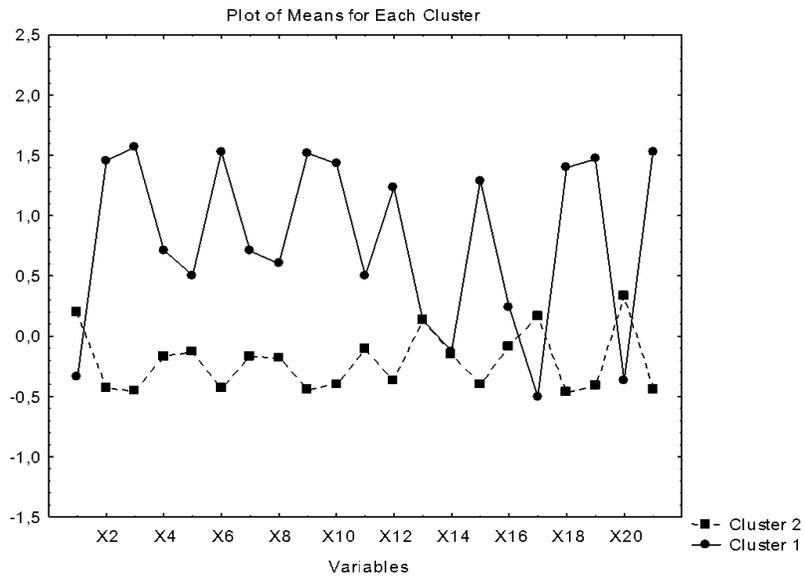
Source: Authoring

Рисунок 1

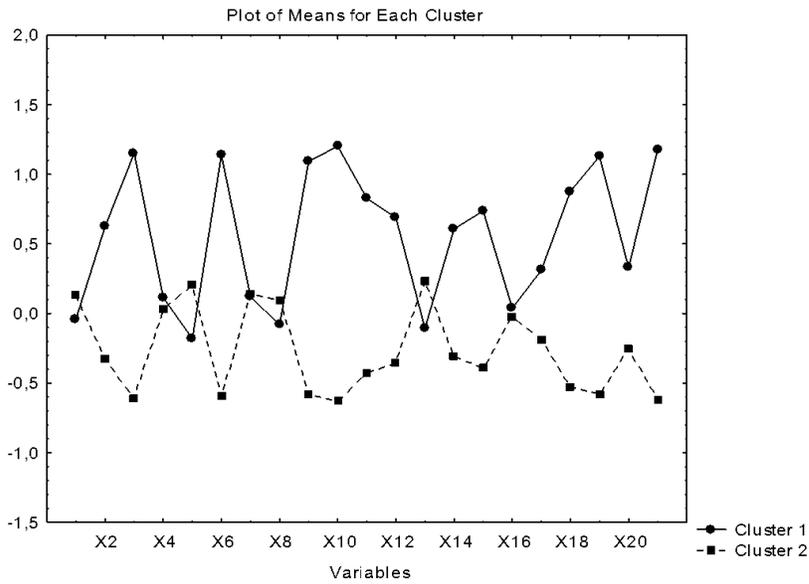
Значения средних стандартизированных переменных в первом и во втором кластерах в динамике: а) 2010 г.; б) 2015 г.

Figure 1

Values of average standardized variables in the first and the second cluster over time: а) 2010; б) 2015



a



b

Источник: авторская разработка

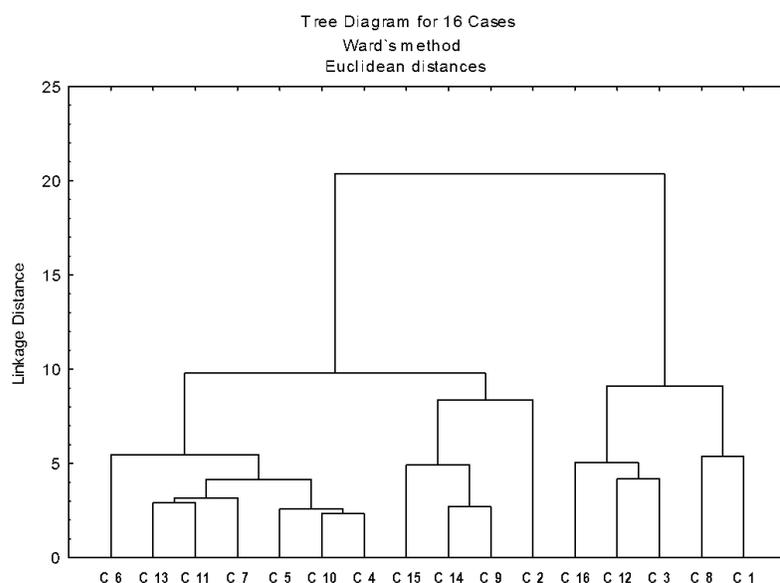
Source: Authoring

Рисунок 2

Иерархическая классификация видов экономической деятельности промышленных предприятий по методу Варда

Figure 2

Hierarchical classification of types of economic activity of industrial enterprises under the Ward's method



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Макаров В.Л. Обзор математических моделей экономики с инновациями // *Экономика и математические методы*. 2009. Т. 45. № 1. С. 3–14.
2. Семенова А. Управление инновационными процессами // *Экономист*. 2004. № 5. С. 46–53.
3. Вертакова Ю.В., Симоненко Е.С. Управление инновациями: теория и практика. М.: Эксмо, 2008. 432 с.
4. Бланк И.А. Управление финансовой безопасностью предприятия. Киев: Эльга, 2009. 250 с.
5. Шеремет А.Д., Негашиев Е.В. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций. М.: ИНФРА-М, 2009. 380 с.
6. Крейнина М.Н. Оценка финансовой устойчивости предприятий // *Финансовый менеджмент*. 2001. № 2. С. 6–11.
7. Розенберг Г.С., Черникова С.А., Краснощекова Г.П. и др. Мифы и реальность «устойчивого развития» // *Проблемы прогнозирования*. 2009. № 2. С. 130–154.
8. Осипова М.Ю. Теория и методология исследования устойчивого развития социально-экономических систем // *Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки*. 2014. № 4. С. 81–88.
9. Мальшиев В.Л. Необходимость изменения механизма производственной деятельности // *Экономика и математические методы*. 2017. Т. 53. № 1. С. 128–143.

10. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. М.: Финансы и статистика, 1988. 342 с.
11. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.
12. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
13. Болдыревский П.Б., Кистанова Л.А. Исследование динамики развития инновационной деятельности промышленных предприятий // Вестник Нижегородского университета. 2014. № 4. С. 37–40. URL: [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2014_-_4\(36\)_unicode/4.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2014_-_4(36)_unicode/4.pdf)
14. Болдыревский П.Б., Кистанова Л.А. Оценка эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий // Актуальные вопросы науки. 2014. № 12. С. 65–69.
15. Coates Adam, Andrew Y.Ng. Learning Feature Representations with K-means. URL: https://www-cs.stanford.edu/~acoates/papers/coatesng_nntot2012.pdf
16. Балдин А.В., Борисевич В.Б., Нестеренко В.И. Факторный и кластерный анализ основных показателей производственной деятельности предприятий транспортного комплекса // Российское предпринимательство. 2006. № 1. С. 56–58.
17. Багриновский К.А., Никонова А.А., Соколов Н.А. Методы технологической трансформации производственной системы // Экономика и математические методы. 2016. Т. 52. № 1. С. 3–19.
18. Классификация и кластер / под ред. Дж. Вэн Райзина. М.: Мир, 1980. 390 с.
19. Ward J.H.Jr. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 1963, vol. 58, iss. 301, pp. 236–244. doi: 10.2307/2282967
20. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
21. Endovitskii D.A., Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Kupryushina O.M. From Assessment of Organization's Financial Standing to Integrated Methodology for Analysis of Sustainable Development // Дайджест-финансы. 2017. Т. 22. № 2. С. 123–143. URL: <https://doi.org/10.24891/el.22.2.123>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

A CLUSTER ANALYSIS OF RUSSIAN INDUSTRIAL ENTERPRISES' ECONOMIC SUSTAINABILITY

Pavel B. BOLDYREVSKII^{a*}, Andrei K. IGOSHEV^b, Lyudmila A. KISTANOVA^c

^a National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation
bpavel2@rambler.ru

^b National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation
akigoshev@iee.unn.ru

^c National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation
lakistanova@mail.ru

* Corresponding author

Article history:

Received 27 September 2017
Received in revised form
6 October 2017
Accepted 13 October 2017
Available online
27 October 2017

JEL classification: C02, C22,
O13

Keywords: industrial
enterprise, economic activity,
economic sustainability,
classification, cluster analysis

Abstract

Subject The article reviews the elements and factors of economic sustainability and offers mathematical models enabling to assess the economic condition of Russian industrial enterprises under current market conditions.

Objectives The purpose is to build economic and mathematical models to analyze factors of economic stability and assess conditions for their stabilization and development.

Methods To build mathematical models and obtain quantitative findings, we employ methods of systems theory, and cluster and factor analysis. Relevant statistical data of the Federal Service of State Statistics of the Russian Federation for the period from 2010 to 2015 served as the information base for the models' development. We performed multiparameter calculations and plotting, using the Statistica software package.

Results We present the results of cluster analysis of an array of economic indicators reflecting the economic stability of industrial enterprises. We distinguish and compare two main clusters. The paper formulates and analyzes conditions, under which industrial enterprises are incorporated in a certain cluster. We present a graphical interpretation of the clustering process, along with numerical estimates.

Conclusions We offer a technique of multiparameter analysis of industrial enterprises' economic activity, enabling to evaluate their economic sustainability based on a cluster analysis. It shows that at present the enterprises of the fuel and energy complex, steelmaking industry, and finished metal product manufacturers are the most stable enterprises of the Russian industry.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Boldyrevskii P.B., Igoshev A.K., Kistanova L.A. A Cluster Analysis of Russian Industrial Enterprises' Economic Sustainability. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 10, pp. 1959–1971.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.10.1959>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 17-06-00089 A.

References

1. Makarov V.L. [A review of mathematical models of innovation-driven economy]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2009, vol. 45, no. 1, pp. 3–14. (In Russ.)
2. Semenova A. [Management of innovative processes]. *Ekonomist = Economist*, 2004, no. 5, pp. 46–53. (In Russ.)
3. Vertakova Yu.V., Simonenko E.S. *Upravlenie innovatsiyami: teoriya i praktika* [Innovation management: Theory and practice]. Moscow, Eksmo Publ., 2008, 432 p.

4. Blank I.A. *Upravlenie finansovoi bezopasnost'yu predpriyatiya* [Managing the financial security of the enterprise]. Kiev, El'ga Publ., 2009, 250 p.
5. Sheremet A.D., Negashev E.V. *Metodika finansovogo analiza deyatel'nosti kommercheskikh organizatsii* [Methods of financial analysis of commercial organizations' operations]. Moscow, INFRA-M Publ., 2009, 380 p.
6. Kreinina M.N. [Assessment of the financial stability of enterprises]. *Finansovyi menedzhment = Financial Management*, 2001, no. 2, pp. 6–11. (In Russ.)
7. Rozenberg G.S., Chernikova S.A., Krasnoshchekova G.P. et al. [Myths and reality of 'sustainable development']. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2000, no. 2, pp. 130–154. (In Russ.)
8. Osipova M.Yu. [Theory and methodology of research on sustainable development of socio-economic systems]. *Vestnik PNIPU. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki = Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Social and Economic Sciences*, 2014, no. 4, pp. 81–88. (In Russ.)
9. Malyshev V.L. [The need to change a mechanism of industrial activities]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2017, vol. 53, no. 1, pp. 128–143. (In Russ.)
10. Jambu M. *Ierarkhicheskii klaster-analiz i sootvetstviya* [Classification Automatique Pour L'Analyse des Données]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1988, 342 p.
11. Mandel' I.D. *Klasternyi analiz* [Cluster Analysis]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1988, 176 p.
12. Borovikov V. *STATISTICA. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov* [STATISTICA. The art of data analysis on computer: For professionals]. St. Petersburg, Piter Publ., 2003, 688 p.
13. Boldyrevskii P.B., Kistanova L.A. [Investigation of the dynamics of innovation activities of industrial enterprises]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod*, 2014, no. 4, pp. 37–40. URL: [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2014_-_4\(36\)_unicode/4.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik_soc/18115942_2014_-_4(36)_unicode/4.pdf) (In Russ.)
14. Boldyrevskii P.B., Kistanova L.A. [Evaluating the efficiency of innovative activities of industrial enterprises]. *Aktual'nye voprosy nauki*, 2014, no. 12, pp. 65–69. (In Russ.)
15. Coates Adam, Andrew Y.Ng. Learning Feature Representations with K-means. URL: https://www-cs.stanford.edu/~acoates/papers/coatesng_nntot2012.pdf
16. Baldin A.V., Borisevich V.B., Nesterenko V.I. [Factor and cluster analysis of the main indicators of production activity of transportation industry enterprises]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2006, no. 1, pp. 56–58. (In Russ.)
17. Bagrinovskii K.A., Nikonova A.A., Sokolov N.A. [Methods of technological transformation in production system]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 3–19. (In Russ.)
18. Van Ryzin (Ed.). *Klassifikatsiya i klaster* [Classification and clustering]. Moscow, Mir Publ., 1980, 390 p.

19. Ward Jr. J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 1963, vol. 58, iss. 301, pp. 236–244. doi: 10.2307/2282967
20. Aivazyan S.A., Mkhitaryan V.S. *Prikladnaya statistika: klassifikatsiya i snizhenie razmernosti* [Applied statistics: Classification and decrease in data space dimension]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1989, 607 p.
21. Endovitskii D.A., Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Kupryushina O.M. From Assessment of Organization's Financial Standing to Integrated Methodology for Analysis of Sustainable Development. *Daidzhest-finansy = Digest Finance*, 2017, vol. 22, iss. 2, pp. 123–143. URL: <https://doi.org/10.24891/el.22.2.123>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.