

На правах рукописи



РЫЖОВ Роман Владимирович

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНЫХ МЕТОДОВ**

Специальность 05.13.18 – математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Пенза – 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия» на кафедре «Прикладная математика и исследование операций в экономике».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Деркаченко Валентин Николаевич

Официальные оппоненты: **Михайлов Петр Григорьевич,**
доктор технических наук, профессор,
ЗАО «НИИФИ и ВТ», г. Пенза,
научный сотрудник;
Логвина Ольга Александровна,
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная
технологическая академия», доцент кафедры
математики.

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный
университет»

Защита состоится 02 мая 2012 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.337.01 при Пензенской государственной технологической академии по адресу: 440039, г. Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, д. 1а / 11, ПГТА, 1 корпус, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия».

Автореферат разослан 30 марта 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Чулков Валерий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Активизация экономической деятельности малых предприятий (МП) в настоящее время является ключевой проблемой модернизации российской экономики. Без повышения эффективности их деятельности невозможно преодолеть спад производства, достичь финансовой стабилизации, подъема экономики, повышения качества жизни населения как в стране в целом, так и в ее регионах.

Правительство Российской Федерации рассматривает малый бизнес как одно из основных направлений развития экономики. Одним из важных факторов повышения эффективности работы предприятий малого бизнеса является умение правильно и своевременно принимать рациональные управленческие решения. Это возможно при наличии математических моделей оценки и прогнозирования показателей эффективности их работы. Применение математических моделей позволит руководителям и менеджерам малого бизнеса проводить сравнительный анализ, выявлять важнейшие факторы, влияющие на характер развития процесса в регионах и на конкретных предприятиях, количественно оценивать и прогнозировать показатели, характеризующие развитие малого бизнеса.

В работах Айвазяна С.А., Басаревой В.Г., Егоровой Н.Е., Клейнера Г.Б., Колесниковой Л.А., Журавской Е.В., Лапиной Г.П., Мхитаряна В.С., Орлова А.И., Попова В.М., Сониной К.А., Хачатряна С.Р. и др. освещены вопросы математического моделирования и прогнозирования развития малого бизнеса, его инвестиционной привлекательности. Однако, таким вопросам, как изучение малого бизнеса на региональном уровне, моделирование и прогнозирование в условиях неоднородной информации и разных объемов выборки, выявление связи между группой показателей и группой факторов, выделение однородных регионов по уровню развития малых предприятий, построение дискриминантных моделей, выявление скрытых закономерностей в развитии малого предпринимательства, моделирование стабильности рыночного равновесия малых предприятий в литературе уделено недостаточно внимания.

Для построения математических моделей прогнозирования в условиях неоднородной информации и разных объемов выборки возникает необходимость разработки и использования алгоритмов и комплекса программ. Решение задач в условиях многомерных наблюдений и значительного объема обрабатываемой информации требует выбора рациональных программных средств, реализующих классификацию наблюдений и построение математических моделей. В настоящее время не существует программ, реализующих методы оценки качества кластеризации объектов и стабильности рыночного равновесия малых предприятий. Кроме того, отсутствие методик выявления скрытых закономерностей развития малого бизнеса не позволяет эффективно управлять процессами хозяйственной деятельности предприятий. При наличии ограниченной информации решение вопросов построения многофакторных моделей прогнозирования существующими методами практически невозможно. Поэтому возникает задача разработки алгоритма построения моделей в условиях малой выборки. Результаты кластерного анализа могут быть эффективно использованы при наличии дискриминантных функций. Такие функции для малых предприятий к настоящему времени не найдены.

Все вышесказанное определяет актуальность темы исследования.

Объект исследования – малые предприятия и показатели их деятельности.

Предмет исследования – математические модели прогнозирования развития малого предпринимательства с использованием многомерных статистических методов.

Целью диссертационной работы является разработка математических моделей, алгоритмов и комплекса программ, обеспечивающих прогнозирование развития малых предприятий.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи.

1. Разработка структурной схемы модели многомерного анализа и методики выявления количественных связей между группой показателей и группой факторов с использованием численных методов.

2. Создание математических моделей для прогнозирования показателей работы малых предприятий и разработка алгоритма построения моделей в условиях ограниченной информации на основе теории самоорганизации.

3. Построение дискриминантных функций для диагностики малых предприятий и разработка методики выявления скрытых закономерностей развития малого предпринимательства.

4. Разработка комплекса программ для оценки качества кластеризации объектов и стабильности рыночного равновесия малых предприятий.

Методы исследований – теория математического моделирования, корреляционный, канонический, регрессионный, кластерный, дискриминантный и компонентный анализ, теория самоорганизации.

Научная новизна работы состоит в следующем.

1. Разработана методика оценки связи между группами показателей и факторов деятельности малых предприятий с использованием численных методов, которая позволила оценить степень связи между группами для решения задач кластеризации.

2. Разработаны математические модели прогнозирования работы малых предприятий с использованием численных и многомерных статистических методов и алгоритм создания прогнозных моделей в условиях малой выборки.

3. Построены дискриминантные функции для диагностики малого бизнеса и разработана методика выявления скрытых закономерностей его развития, которая позволила установить латентные факторы и выполнить классификацию объектов по главным компонентам.

4. Создан комплекс программ для оценки качества кластеризации объектов и моделирования стабильности рыночного равновесия малых предприятий, что позволило обеспечить адекватность и объективность выделения кластеров и определить условия стабильности рынка.

Практическая значимость работы

1. Разработанный комплекс программ, алгоритмов и методик решает задачи математического моделирования и прогнозирования деятельности малых предприятий, что позволяет на основе прогнозных оценок повышать качество их работы.

2. Разработанные практические рекомендации по применению созданных алгоритмов, программ, методик и моделей позволяют повысить эффективность управления деятельностью малых предприятий.

Внедрение результатов работы

Основные результаты исследований внедрены в ЗАО «Пензаспецавтомаш» для прогнозирования показателей работы предприятия. Комплекс методик, алгоритмов и программ использован в учебном процессе Пензенской государственной технологической академии по специальности «Математические методы в экономике».

Достоверность результатов работы

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием математических методов моделирования и прогнозирования, статистическими критериями, внедрением на предприятии, апробацией на всероссийских и международных научных конференциях.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки связи между группами показателей и факторов деятельности малых предприятий с использованием численных методов.

2. Математические модели прогнозирования показателей работы малых предприятий с использованием численных методов, многомерного статистического анализа и алгоритм построения прогнозных моделей в условиях ограниченной информации.

3. Дискриминантные функции для диагностики состояния малых предприятий и методика выявления скрытых закономерностей их развития.

4. Комплекс программ для оценки качества кластеризации объектов и моделирования стабильности рыночного равновесия малых предприятий.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на международных научно-технических и всероссийских научно-практических конференциях.

Публикации. По материалам диссертации имеется 9 публикаций общим объемом 2 п.л., в том числе три статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложения. Диссертация изложена на 180 страницах машинописного текста, содержит 33 рисунка и 34 таблицы. Библиография включает 111 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражена актуальность рассматриваемой проблемы, формулируется цель, представлены задачи, научная новизна и практическая ценность исследования, основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе проанализированы методы моделирования и прогнозирования, а также выполнен статистический анализ деятельности малых пред-

приятий в РФ, Приволжском ФО и Пензенской области. Сравнительная оценка работы МП проводилась в динамике развития по отдельным регионам. В качестве основных показателей деятельности применены количество МП и среднесписочная численность занятых в них работников, объем оборота МП и инвестиций в основной капитал.

Основное количество малых предприятий осуществляет деятельность в сфере оптовой и розничной торговли, ремонта автотранспортных средств, бытовых изделий и предметов личного пользования (38 %), операций с недвижимым имуществом, аренды и предоставления услуг (21 %), строительства, а также добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распределения газа и воды (по 11 %).

Объем оборота МП Приволжского ФО иллюстрируется лепестковой диаграммой (рисунок 1). Высокие значения этого показателя имеют регионы: Республика Башкортостан; Республика Татарстан; Нижегородская и Самарская области. Средние: Пермский край и Саратовская область. Ниже среднего: Удмуртская Республика; Кировская, Оренбургская, Пензенская и Ульяновская области. Низкие: Республика Марий Эл, Республика Мордовия и Чувашская Республика.



Рисунок 1 – Объем оборота МП Приволжского ФО в 2010 г., млн. руб.

Значительный разброс значений показателей деятельности МП по регионам требует внимательного анализа причин и разработки математических моделей прогнозирования, получения прогнозных оценок и выработки рекомендаций для улучшения их деятельности.

За последние годы методы моделирования экономических объектов интенсивно разрабатывались, будучи ориентированными на теоретические цели экономического анализа и практические задачи планирования, управления и прогноза. По существу используемого метода построения экономико-математической модели вероятностно-статистического либо оптимизационного характера, модель может быть математической или имитационной.

Решение задач моделирования и прогнозирования деятельности объектов малого бизнеса основывается на комплексном использовании математических методов. Процесс математического моделирования включают этапы от постановки задачи и сбора статистической информации до выработки рекомендаций по практическому использованию результатов моделирования и прогнозирования.

Важнейшее значение имеют прогнозирование показателей работы МП и оценка точности прогноза. В разделе обоснованы подходы к составлению прогнозов, в основу которых закладывается информация о фактическом развитии объекта прогнозирования в прошлом и настоящем времени, а также конкретизированы задачи исследования.

Второй раздел направлен на создание математической модели многомерного анализа кластеризации объектов и разработку комплекса программ оценки качества и стабильности рыночного равновесия малых предприятий. Особое внимание уделено методике определения связи между группами показателей и факторов на основе численных методов, построению дискриминантных функций для диагностики предприятий по уровню их развития, а также проверке работоспособности разработанных моделей, методик и программ.

Разработанная структурная схема модели многомерного анализа показана на рисунке 2. Адекватные и точные математические модели прогнозирования могут быть получены на основе однородной информации.

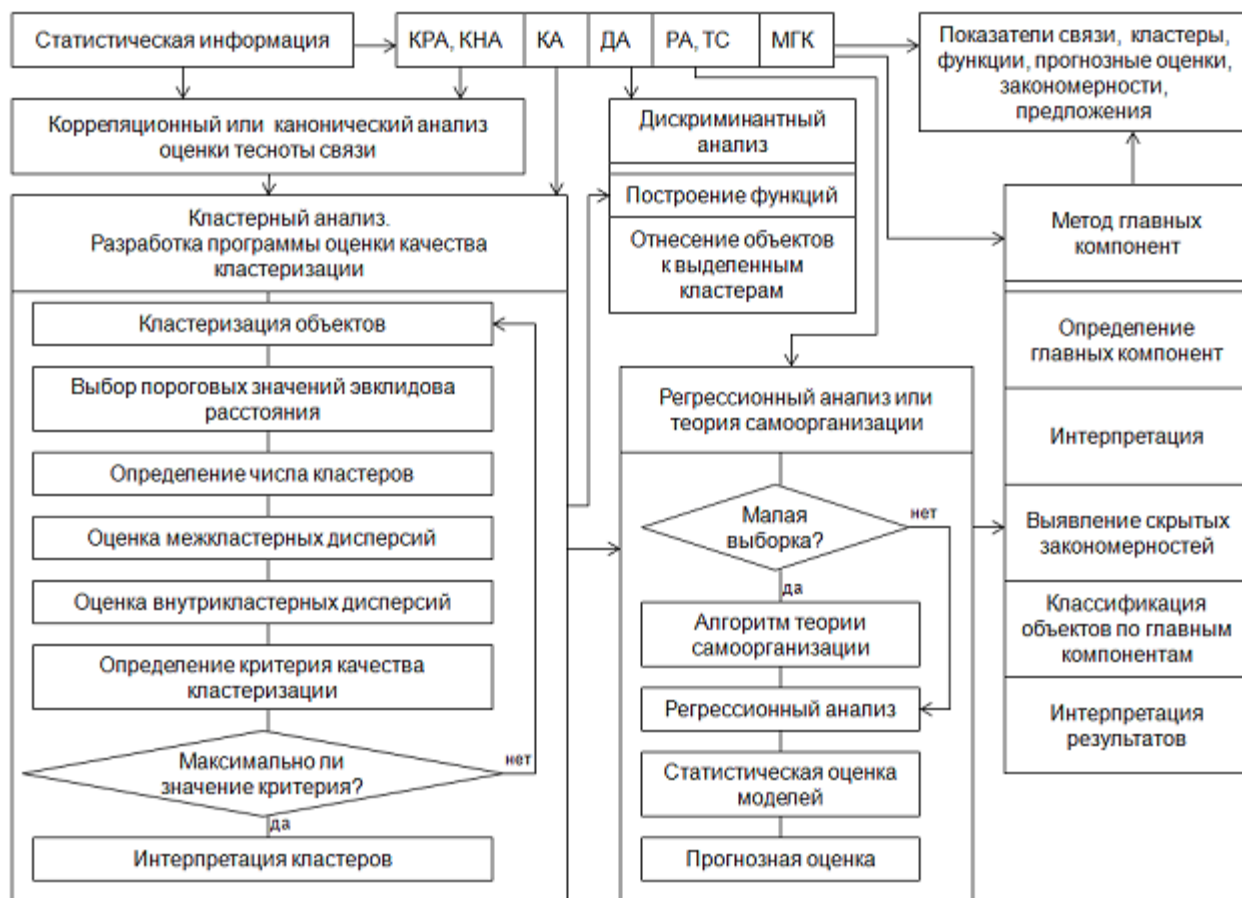


Рисунок 2 – Структурная схема модели многомерного анализа

Модель кластеризации представлена в виде:

$$d_{ab} = \alpha_i d_{ib} + \alpha_f d_{fb} + \beta d_{if} + \gamma (d_{ib} - d_{fb}), \quad (1)$$

где: $\alpha_i, \alpha_f, \beta, \gamma$ – параметры, определяющие конкретный алгоритм; d_{ib}, d_{fb}, d_{if} – расстояние между соответствующими кластерами.

При кластеризации возникает проблема объективного выделения кластеров. Ни одна из существующих программ не позволяет оценить качество выделения кластеров. Поэтому внимание было сосредоточено на разработке алгоритма и программы, обеспечивающих объективное выделение кластеров по критерию качества кластеризации. Алгоритм (см. рисунок 2) предполагает назначение граничных (пороговых) значений эвклидова расстояния, которые принимаются равными $d_{sp} = (0,5 \dots 0,9) \cdot d_{\max}$. Назначение граничного значения ниже 0,5 и выше 0,9 нецелесообразно, так как в первом случае число кластеров практически будет равно числу объектов, а во втором – число кластеров ограничится двумя. Поэтому в программе предусмотрено назначение пороговых значений эвклидова расстояния равными 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9.

Для каждого варианта определяется число кластеров и рассчитывается критерий качества:

$$K = \frac{\sigma_{MK}^2}{\sigma_{sp,ex}^2}, \quad (2)$$

где σ_{MK}^2 – межкластерная дисперсия; $\sigma_{sp,ex}^2$ – средняя внутрикластерная дисперсия. Максимальное значение критерия обеспечивает объективное качественное разбиение объектов на кластеры.

Проверка работоспособности алгоритма и программы оценки качества кластеризации объектов проводилась по статистическим данным малых предприятий Приволжского ФО. Результаты кластеризации представлены на рисунке 3. Для кластеризации использовались следующие показатели: Y – объем оборота МП, млрд. руб., X_1 – инвестиции в основной капитал, млн. руб., X_2 – среднесписочная численность персонала МП, тыс. чел.

Максимальное значение критерия качества кластеризации, полученное при $d_{sp} = 0,5 \cdot d_{\max} = 4399,6$, составило $K = 0,2614$. По данному критерию можно выделить три кластера: 1 – Нижегородская область и Республика Татарстан; 2 – Пермский край ... Республика Марий Эл; 3 – Самарская, Пензенская области и Республика Башкортостан. Первый кластер характеризуется наибольшим объемом инвестиций в основной капитал и высоким объемом оборота малых предприятий. Второй кластер образуют регионы со средними значениями экономических показателей. Третий кластер составляют регионы с показателями выше средних. По инвестициям в основной капитал они занимают соответственно 3, 4, 5 места в Приволжском ФО. Однако внутри кластера эти регионы отличаются по объему оборота и численности занятого на МП персонала. Таким образом,

разработанные алгоритм и программа позволяют объективно установить число кластеров с достоверной интерпретацией их показателей.

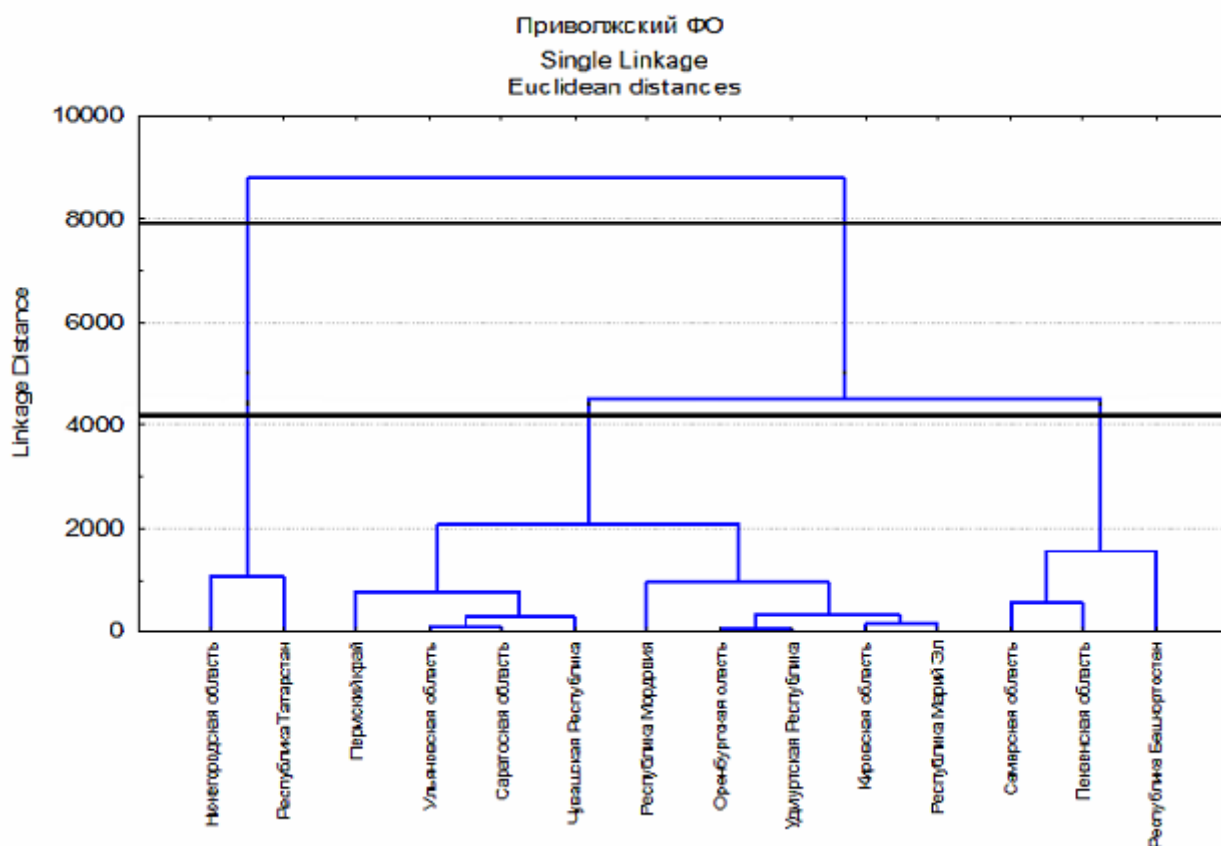


Рисунок 3 – Результаты кластеризации регионов Приволжского ФО

Далее разработаны математическая модель стабильности рыночного равновесия малых предприятий и соответствующее программное обеспечение. Математическая модель получена в виде:

$$P(t) = (P_0 - P_E) \cdot (k)^t \cdot \cos(\pi t) + P_E,$$

$$Q(t) = (Q_E - Q_0) \cdot (k)^{t + \frac{1}{2}} \cdot \sin(\pi t) + Q_E,$$

где Q_E – равновесный объём; Q_0 – начальное значение объёма; P_E – равновесное значение цены; P_0 – начальное значение цены. Получена также формула для определения времени стабилизации рынка

$$t = \frac{\ln[\Delta P_t / \Delta P_0]}{\ln k},$$

из которой следует, что на продолжительность периода установления равновесного состояния рынка влияют коэффициент стабильности рынка, отклонения текущей и начальной цен от равновесной.

Работоспособность модели проверялась для условий, представленных в таблице 1. Если $\Delta P_t = 5\%$, $\Delta P_0 = 50\%$, $k = 0,6$, то рынок приходит к равновесию через $t = 4,51$ условных единиц времени.

Таблица 1 – Время стабилизации рынка t в зависимости от изменения отклонения начальной цены от равновесной ΔP_0 и коэффициента стабильности рынка k при $\Delta P_t = 5\%$

k	ΔP_0										
	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
0,05	0	0,2	0,5	0,6	0,694	0,77	0,83	0,88	0,93	0,96	1
0,1	0	0,3	0,6	0,78	0,903	1	1,08	1,15	1,2	1,26	1,301
0,2	0	0,4	0,9	1,11	1,292	1,43	1,54	1,64	1,72	1,8	1,861
0,3	0	0,6	1,2	1,49	1,727	1,91	2,06	2,19	2,3	2,4	2,488
0,4	0	0,8	1,5	1,96	2,269	2,51	2,71	2,88	3,03	3,15	3,269
0,5	0	1	2	2,58	3	3,32	3,58	3,81	4	4,17	4,322
0,6	0	1,4	2,7	3,51	4,071	4,51	4,86	5,17	5,43	5,66	5,864
0,7	0	1,9	3,9	5,02	5,83	6,46	6,97	7,4	7,77	8,1	8,399
0,8	0	3,1	6,2	8,03	9,319	10,3	11,1	11,8	12,4	13	13,43
0,9	0	6,6	13	17	19,74	21,9	23,6	25	26,3	27,4	28,43
0,99	0	69	138	178	206,9	229	247	263	276	288	298,1

Полученная математическая модель и разработанная программа позволяют определить условия стабильности рынка при реализации определенного вида продукции, дают возможность количественно определить время стабилизации рыночной цены и на основе этих данных предприятие может составить оптимальный план производства рассматриваемой продукции.

Определение связи между группами показателей и факторов проводится на основе численных методов. Исходные данные представляются в виде матрицы, состоящей из двух частей: значений факторов и показателей – $x_1, x_2, x_3, \dots, x_q$ и $y_1, y_2, y_3, \dots, y_p$.

Связь между группами – это корреляция между новыми переменными K и L :

$$K = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_qx_q, \quad (3)$$

$$L = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_py_p, \quad (4)$$

где x_1, \dots, x_q – факторы; y_1, \dots, y_p – показатели; $a_1, \dots, a_q; b_1, \dots, b_p$ – коэффициенты моделей. Теснота связи между новыми переменными K и L определяется по формуле:

$$r = \frac{\text{cov}(K, L)}{\sqrt{\text{var}(K) \cdot \text{var}(L)}}, \quad (5)$$

где $\text{cov}(K, L)$ – коэффициент ковариации; $\text{var}(K), \text{var}(L)$ – дисперсии переменных K и L .

Основная задача исследования заключается в нахождении такой пары переменных K и L , которой соответствует максимальный канонический коэффициент корреляции. Вначале определяется корреляционная матрица, а затем она разбивается на четыре части:

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где R_{11} – корреляционная матрица факторов, размерностью $(q \times q)$; R_{22} – корреляционная матрица показателей, размерностью $(p \times p)$; R_{12} и R_{21} – корреляционные матрицы факторов и показателей, размерностью $(q \times p)$ и $(p \times q)$.

Матрица R_{21} представляет результат транспонирования матрицы R_{12} . После преобразований получим:

$$r = \frac{\text{cov}(XA, YB)}{\sqrt{\text{var}(XA) \cdot \text{var}(YB)}} = \frac{A' R_{12} B}{\sqrt{A' R_{11} A B' R_{22} B}}, \quad (7)$$

где $K = XA$; $L = YB$; K, L – векторы канонических переменных; X, Y – матрицы исходных значений переменных; A, B – векторы коэффициентов; A', B' – транспонированные векторы коэффициентов.

По разработанной методике определена связь между показателями деятельности предприятий (y_1 – объем производства продукции на МП, млн. руб.; y_2 – рентабельность реализованной продукции) и семью факторами, определившими деятельность МП Приволжского ФО в 2010 г. Максимальный коэффициент канонической корреляции равен 0,982. Ему соответствуют канонические переменные:

$$K_1 = -0,807x_1 + 0,369x_2 - 0,391x_3 - 0,347x_4 - 0,036x_5 + 0,089x_6 + 0,098x_7, \\ L_1 = -0,998y_1 + 0,075y_2.$$

Второму коэффициенту канонической корреляции $r_2 = 0,714$ соответствует следующая пара канонических переменных:

$$K_2 = 4,342x_1 - 3,763x_2 + 0,218x_3 - 3,439x_4 + 2,422x_5 - 0,002x_6 + 0,294x_7, \\ L_2 = 0,415y_1 + 0,910y_2.$$

Установлено, что эта связь является достаточно сильной, поэтому для выделения однородных регионов Приволжского ФО по деятельности малых предприятий могут быть использованы одновременно как показатели, так и факторы, определяющие развитие малого бизнеса. В работе предлагается методика оценки устойчивости работы малых предприятий на основе дискриминантного анализа. Для построения дискриминантных функций использовались статистические данные по основным показателям финансово-хозяйственной деятельности малых организаций Пензенской области. В качестве дискриминантной модели используется линейная функция:

$$Y = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m, \quad (8)$$

где x_1, x_2, \dots, x_m – значения факторов (признаков); b_1, b_2, \dots, b_m – дискриминантные коэффициенты. Они определяются из условия:

$$b = K^{-1} \begin{pmatrix} -^{(1)}x_i & -^{(2)}x_i \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где b – вектор дискриминантных коэффициентов.

Получены следующие дискриминантные модели для каждой группы малых предприятий:

$$Y_0 = -13,6588 + 0,0234X_1 + 0,1927X_2 + 0,1075X_3 + 0,2732X_4 + 0,1733X_5 - 0,0019X_6 - 0,2278X_7 + 0,0103X_8 + 0,0804X_9 - 0,0153X_{10} + 0,2639X_{11} - 0,2418X_{12}; \quad (10)$$

$$Y_1 = -15,7557 + 0,0224X_1 + 0,2016X_2 + 0,1146X_3 + 0,0781X_4 + 0,1589X_5 - 0,0023X_6 - 0,2388X_7 - 0,0231X_8 + 0,0723X_9 + 0,0201X_{10} + 0,0389X_{11} - 0,0301X_{12}; \quad (11)$$

$$Y_2 = -29,7483 + 0,0078X_1 + 0,5625X_2 + 0,0531X_3 - 0,1547X_4 + 0,1150X_5 - 0,0026X_6 - 0,1077X_7 + 0,1058X_8 - 0,2992X_9 - 0,2362X_{10} - 0,0424X_{11} + 0,2245X_{12}, \quad (12)$$

где Y_0, Y_1, Y_2 – дискриминантные функции, описывающие предприятия с низкими, средними и высокими показателями работы; X_1, X_2, \dots, X_{12} – факторы устойчивости работы малых предприятий.

С помощью этих функций можно диагностировать работу малых предприятий. Они будут относиться к той группе, для которой значение дискриминантной функции является максимальным. Для проверки работоспособности дискриминантных функций использовались показатели финансовой устойчивости трех предприятий, не вошедших в “обучающую” выборку. Проведенные расчеты подтверждают работоспособность полученных математических моделей.

Третий раздел посвящен разработке математических моделей прогнозирования показателей деятельности малых предприятий.

Прогнозирование показателей проводится по разработанным линейным и нелинейным однофакторным и многофакторным моделям. Разработаны модели для прогнозирования показателей работы малых предприятий Пензенской области: среднесписочной численности занятых на МП, тыс. чел. – y_1 , объема инвестиций в основной капитал, млн. руб. – y_2 , объема оборота, млрд. руб. – y_3 ; поступления единого налога на вмененный доход, млн. руб. – y_4 . Математические модели, их характеристики и прогнозные значения показателей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Модели и прогнозная оценка показателей

Модели для прогнозирования	Коэффициент детерминации, R^2	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F	Вероятность, P	Прогноз 2012 г.
$y_1 = e^{4,33 - \frac{0,2317}{t}}$	0,79	0,0493	7,46	0,014	77,54
$y_2 = e^{8,309 - \frac{1,726}{t}}$	0,94	0,2552	15,49	0,003	7329,0
$y_3 = -7,198 + 15,1t$	0,93	6,7116	25,32	0,011	113,6
$y_4 = e^{5,022 + 0,7016t}$	0,98	0,0909	64,63	0,0003	652,5

Для построения производственной функции объема оборота малых предприятий с инвестициями в основной капитал и среднесписочной численностью занятых использована статистическая информация по регионам Приволжского ФО. Получена следующая модель:

$$V = -9,5194 - 0,0029W + 1,2359L, \quad (13)$$

где V – объем оборота малых предприятий, млрд. руб., W – инвестиции в основной капитал, млн. руб., L – среднесписочная численность занятых, тыс. чел.

Характеристики модели: коэффициент детерминации $R^2 = 0,73$; стандартная ошибка равна 76,9. Так как расчетное значение критерия Фишера равно 14,5 и вероятность $p=0,0008$ (при заданном уровне значимости, равном 0,05), то модель значима. Однако знак при факторе W не соответствует логической интерпретации, поэтому переходим к нелинейной модели вида:

$$V = A_0 W^{A_1} L^{A_2}, \quad (14)$$

где A_1 и A_2 – показатели эластичности. В результате решения модель преобразована к виду:

$$V = 0,2925W^{0,1429} L^{1,0132}. \quad (15)$$

Характеристики модели: $R^2 = 0,83$; стандартная ошибка равна 0,46; расчетное значение критерия Фишера равно 26,7. Так как вероятность попадания расчетного значения критерия в критическую область равна 0,0000005 при заданном уровне значимости 0,05, то модель значима. Доверительные интервалы для коэффициентов модели располагаются в пределах:

$$\ln A_0 : -3,1183 \dots 0,6596; A_1 : -0,3271 \dots 0,6128; A_2 : 0,3409 \dots 1,6854.$$

Изменение инвестиций в основной капитал на 1% приводит к увеличению объема оборота на 0,1 %, а изменение численности занятых на 1 % приводит к увеличению показателя на 1 %.

Для построения математических моделей прогнозирования в условиях ограниченной информации в работе разработан алгоритм, основанный на по-

ложениях теории самоорганизации. С помощью данного алгоритма можно решать задачи построения математических моделей для прогнозирования показателей в условиях превышения числа факторов над объемом исследуемой информации. На основе численных методов выполнен расчет определения параметров полной модели в зависимости от коэффициентов частных уравнений.

Исключение промежуточных переменных и определение коэффициентов полной модели рассматривается на примере пяти факторов.

На первом ряду селекции они образуют 10 комбинаций: $y_1 = f(x_1x_2)$; $y_2 = f(x_1x_3)$; $y_3 = f(x_1x_4)$; $y_4 = f(x_1x_5)$; $y_5 = f(x_2x_3)$; $y_6 = f(x_2x_4)$; $y_7 = f(x_2x_5)$; $y_8 = f(x_3x_4)$; $y_9 = f(x_3x_5)$; $y_{10} = f(x_4x_5)$. Пропускаем из ряда в ряд 5 переменных. Допустим, на третьем ряду селекции получено минимальное значение критерия регулярности (среднее значение). Из этих значений, например, десятая переменная (V_{10}) наиболее регулярная.

Запишем частные уравнения:

$$V_{10} = C_{010} + C_{110}z_4 + C_{210}z_5; \quad z_4 = b_{04} + b_{14}y_1 + b_{24}y_5;$$

$$z_5 = b_{05} + b_{15}y_2 + b_{25}y_3; \quad y_1 = a_{01} + a_{11}x_1 + a_{21}x_2;$$

$$y_5 = a_{05} + a_{15}x_2 + a_{25}x_3; \quad y_2 = a_{02} + a_{12}x_1 + a_{22}x_3;$$

$$y_3 = a_{03} + a_{13}x_1 + a_{23}x_4.$$

Таким образом, полная модель включает четыре фактора (x_1, x_2, x_3, x_4); x_5 — не значим. Коэффициенты полной модели определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} V_{10} &= C_{010} + C_{110}(b_{04} + b_{14}y_1 + b_{24}y_5) + C_{210}(b_{05} + b_{15}y_2 + b_{25}y_3) = \\ &= C_{010} + C_{110}[b_{04} + b_{14}(a_{01} + a_{11}x_1 + a_{21}x_2) + b_{24}(a_{05} + a_{15}x_2 + a_{25}x_3)] + \\ &+ C_{210}[b_{05} + b_{15}(a_{02} + a_{12}x_1 + a_{22}x_3) + b_{25}(a_{03} + a_{13}x_4 + a_{23}x_4)]. \end{aligned}$$

Из этого выражения определим a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 .

$$\begin{aligned} a_0 &= C_{010} + C_{110}b_{04} + C_{110}b_{14}a_{01} + C_{110}b_{24}a_{05} + C_{210}b_{05} + C_{210}b_{15}a_{02} + \\ &+ C_{210}b_{25}a_{03} = C_{010} + C_{110}(b_{04} + b_{14}a_{01} + b_{24}a_{05}) + C_{210}(b_{05} + b_{15}a_{02} + b_{25}a_{03}); \end{aligned}$$

$$a_1 = C_{110}b_{14}a_{11} + C_{210}b_{15}a_{12} + C_{210}b_{25}a_{13}; \quad a_2 = C_{110}b_{24}a_{11} + C_{110}b_{24}a_{15};$$

$$a_3 = C_{110}b_{24}a_{25} + C_{210}b_{15}a_{22}; \quad a_4 = C_{210}b_{25}a_{23}.$$

Разработанные математические модели и алгоритм позволили получить краткосрочные прогнозы для выработки рекомендаций по улучшению деятельности малых предприятий.

В четвертом разделе разработана методика выявления скрытых закономерностей в развитии малого предпринимательства.

При анализе деятельности малых предприятий Федеральных округов РФ использованы 16 показателей. Исходные показатели X_1, X_2, \dots, X_{16} обобщены зна-

чениями шести главных компонент, из которых первая компонента F_1 объясняет примерно 54,7 % всей вариации; вторая компонента F_2 объяснит 18,4 % – меньшую часть по сравнению с F_1 . F_3 объясняет 15,3 %; $F_4=7,0$ %; $F_5=3,7$ % от общей дисперсии. Шестая компонента F_6 охватывает оставшуюся часть – 0,9 %. Все главные компоненты $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$ объясняют исходные данные X_1, X_2, \dots, X_{16} полностью, на 100 %. Для дальнейшего рассмотрения оставлены четыре первых главных компоненты, описывающих более 95 % суммарной дисперсии.

Первая главная компонента характеризует структурное распределение малых предприятий в регионах. Коэффициент интерпретации K_1 составил 81,8 %. Полученный результат говорит о том, что выбранные восемь показателей объясняют 81,8 % дисперсии первой главной компоненты. Коэффициент интерпретации второй главной компоненты, которую можно определить как человеческий фактор, составил $K_2 = 46,9\%$. Это говорит о том, что выбранные два показателя объясняют 46,9 % дисперсии второй главной компоненты.

Третья главная компонента характеризуется также двумя показателями: X_6 (среднемесячная номинальная заработная плата работников списочного состава МП) и X_7 (среднемесячная номинальная заработная плата работающих в экономике). Поэтому третью компоненту можно назвать фактором оплаты труда. Коэффициент интерпретации K_3 имеет значение 66,8 %. Полученный результат свидетельствует о том, что выбранные два показателя объясняют 66,8 % дисперсии третьей главной компоненты.

Четвертая главная компонента тесно связана только с одним показателем – долей МП в общем объеме инвестиций в основной капитал, и поэтому может быть названа инвестиционным фактором. Коэффициент интерпретации равен $K_4 = 46,1\%$. Следовательно, доля МП в общем объеме инвестиций в основной капитал объясняет 46,1 % дисперсии четвертой главной компоненты.

Таким образом, выявлены скрытые закономерности и сокращено исходное количество показателей до четырех главных компонент, которые характеризуют деятельность МП в России. По выделенным компонентам проведена классификация ФО с точки зрения развития малого бизнеса, которая иллюстрируется рисунком 4, где ФО разделены на три группы. В первую группу входят Уральский ФО, Дальневосточный ФО, Южный ФО, Приволжский ФО и Сибирский ФО. Вторая группа образуется Центральным ФО, а третья – Северо-Западным ФО.

Аналогичные исследования выполнены для МП Приволжского ФО и Пензенской области. Для них выделены две главные компоненты, которые интерпретируются как человеческий фактор и количество МП на 100 тыс. населения. По ним проведена классификация регионов Приволжского ФО и районов Пензенской области.

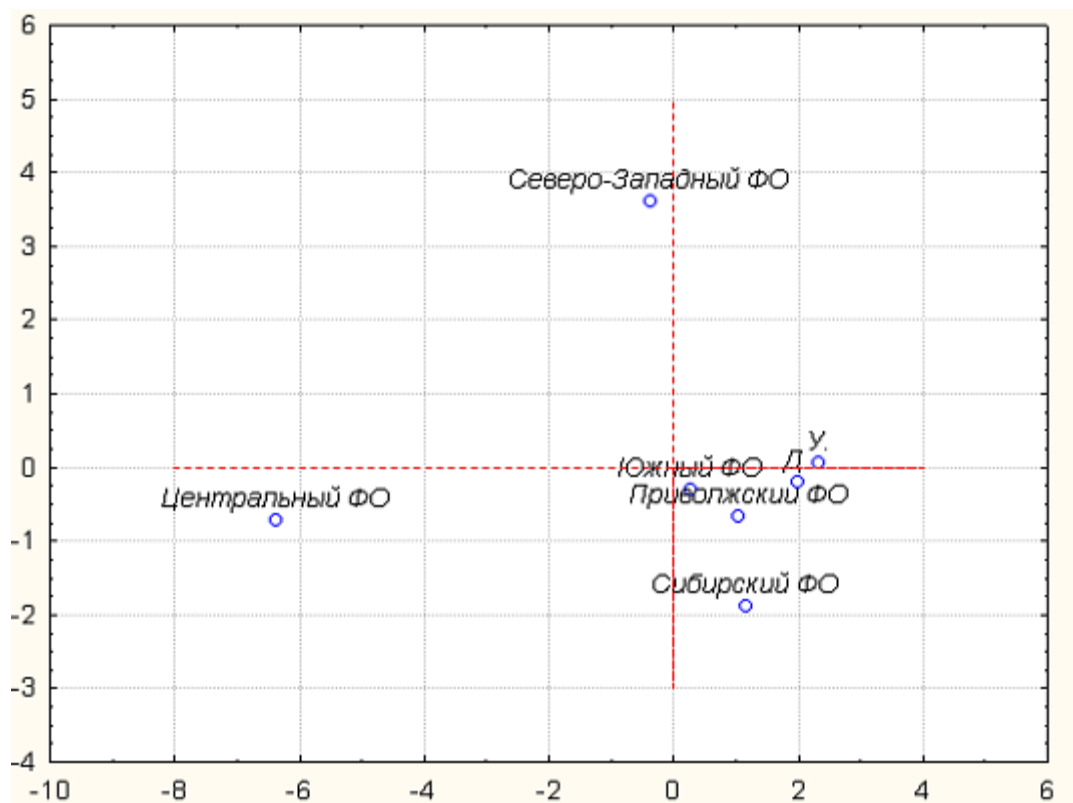


Рисунок 4 – Классификация ФО РФ по главным компонентам

В разделе выполнена рейтинговая оценка регионов Приволжского ФО и районов Пензенской области по уровню развития малого бизнеса и даны предложения по повышению эффективности их работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Цель диссертационного исследования, заключающаяся в разработке математических моделей прогнозирования развития малых предприятий, алгоритмов и комплекса программ, достигнута в результате решения поставленных задач.

Результаты работы состоят в следующем.

1. Разработаны структурная схема модели многомерного анализа и методика оценки связи между группами показателей и факторов деятельности малых предприятий с использованием численных методов, которая позволила оценить степень связи между группами для решения задач кластеризации. Работоспособность методики проверена на примере выявления тесноты связей между группой показателей и группой факторов деятельности малых предприятий Приволжского ФО.

2. Разработаны алгоритм и программа оценки качества кластеризации, которые обеспечивают по критерию качества кластеризации объективное выделение кластеров. Применение разработанных алгоритма и программы позволили объективно выделить кластеры регионов Приволжского ФО по результатам деятельности малых предприятий.

3. Предложена математическая модель рыночного равновесия малых предприятий и разработана программа оценки их стабильности. Работоспособность модели и программы проверены для различных цен на продукцию и коэффициентов стабильности рынка.

4. Разработаны математические модели прогнозирования работы малых предприятий с использованием численных и многомерных статистических методов, позволившие получить краткосрочные прогнозы для выработки рекомендаций по улучшению деятельности малого бизнеса.

5. Построены дискриминантные функции для диагностики малого бизнеса и разработана методика выявления скрытых закономерностей его развития, которая позволила установить латентные факторы и выполнить классификацию объектов по главным компонентам.

6. На основе теории самоорганизации разработан алгоритм построения математических моделей прогнозирования в условиях ограниченной информации. С использованием численных методов выполнен расчет параметров полной модели в зависимости от коэффициентов частных уравнений.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Рыжов, Р.В. Дискриминантный анализ и кластерные технологии в исследовании экономической деятельности малых предприятий / А.Ф. Зубков, В.Н. Деркаченко, Р.В. Рыжов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – № 5 (64). – С. 307–311.

2. Рыжов, Р.В. Моделирование экономической деятельности малых предприятий / Р.В. Рыжов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2011. – № 4 (20). – С. 70–77.

3. Рыжов, Р.В. Комплексное исследование характеристик малого бизнеса с применением математического моделирования и кластерных технологий / Р.В. Рыжов // Нива Поволжья. – 2012. – № 1 (22). – С. 63–65.

Публикации в других изданиях:

4. Рыжов, Р.В. Построение дискриминантных моделей для классификации малых предприятий Пензенской области, Приволжского федерального округа по показателям финансовой устойчивости / В.Н. Деркаченко, Р.В. Рыжов // ВИНИТИ, Отдел депонирования научных работ. – Москва, 2007.

5. Рыжов, Р.В. Построение дискриминантных моделей для классификации малых предприятий по показателям финансовой устойчивости / В.Н. Деркаченко, Р.В. Рыжов // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: Сборник статей XIX Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2007. – С. 24–28.

6. Рыжов, Р.В. Дискриминантный анализ и кластерные технологии в исследовании экономической деятельности малых предприятий / А.Ф. Зубков, В.Н. Деркаченко, Р.В. Рыжов // Инновационная экономика и промышленная полити-

ка региона (Экопром – 2008): Труды Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. д-ра экон. наук, проф. В.В. Глухова, д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина/ – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – С. 582–589.

7. Рыжов, Р.В. Многомерный статистический анализ в исследовании экономической деятельности малых предприятий / А.Ф. Зубков, В.Н. Деркаченко, Р.В. Рыжов // Статистические исследования социально-экономических систем в условиях развития мирохозяйственных связей: Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел: ОрелГТУ, 2007. – С.40–46.

8. Рыжов, Р.В. Многомерные статистические методы в анализе финансово-хозяйственной деятельности малых предприятий Приволжского федерального округа в 2006 г. / Р.В. Рыжов // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: Сборник статей XXI Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2008. – С. 250–252.

9. Рыжов, Р.В. Построение производственных функций для прогнозирования показателей малых предприятий / Р.В. Рыжов, Н.Г. Хохлова // Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: ПГСХА, 2012. – С. 176–179.

Компьютерная верстка Д.Б. Фатеева, Е.В. Рязановой

Сдано в производство 27.03.12. Формат 60x84 ¹/₁₆
Бумага типогр. №1. Печать трафаретная. Шрифт Times New Roman Суг.
Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 1,2. Заказ № 2151. Тираж 100.

Пензенская государственная технологическая академия.
440605, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ ул. Гагарина, 1^а/11.