

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

На правах рукописи



Алимханова Алия Нуржановна

Математическое и алгоритмическое обеспечение для оценки
эффективности деятельности предприятий
Специальность 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
д-р. техн. наук, профессор Мицель Артур Александрович

Томск 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛОССАРИЙ.....	4
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ БАНКРОТСТВА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	18
1.1 Понятие эффективности деятельности предприятия.....	18
1.2 Подходы к определению эффективности предприятия.....	19
1.3 Признаки и виды несостоятельности (банкротства).....	22
1.4 Обзор существующих методов оценки эффективности деятельности предприятия и математических моделей прогнозирования банкротства.....	25
1.5 Актуальность исследования в области прогнозирования банкротства предприятия.....	41
1.6 Выводы по первой главе.....	45
ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА БАНКРОТСТВА.....	46
2.1 Методика предварительной обработки финансовых показателей для метода DEA.....	46
2.2 Многофакторная модель управления риском банкротства предприятия.....	52
2.3 Сравнение моделей оценки и определения уровня риска.....	74
2.4 Выводы по второй главе.....	77
ГЛАВА 3. ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ВЫРУЧКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	79
3.1 Стратегия управления финансовыми показателями.....	79
3.2 Динамическая модель управления выручкой предприятия с учетом эффективности его деятельности.....	82
3.3 Сравнение предложенного алгоритма решения динамической задачи с классическим алгоритмом.....	101
3.4 Выводы по третьей главе.....	103

ГЛАВА 4. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ ВЫРУЧКОЙ ПРЕДПРИЯТИЙ	104
4.1 Общие сведения о программном комплексе.....	104
4.2 Тестирование и экспериментальная проверка.....	111
4.3 Сравнение программного комплекса с аналогами.....	115
4.4 Выводы по главе	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А. АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В ООО «СОФТ-ВЕСТ».....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В НИ ТПУ	135
ПРИЛОЖЕНИЕ В. АКТ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ТУСУР.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ ПРОГРАММЫ.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ БАНКРОТСТВА.....	142

ГЛОССАРИЙ

Алгоритм — набор четких инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения результата решения задачи за конечное число действий.

Банкротство – признанная уполномоченным государственным органом неспособность должника удовлетворить в полном объёме требования кредиторов по денежным обязательствам и исполнить обязанность по уплате обязательных государственных платежей.

Корреляционный анализ – статистический метод, позволяющий с использованием коэффициентов корреляции определить, существует ли статистическая зависимость между переменными и насколько она сильна.

Математическая модель – система математических соотношений (формул, функций, уравнений, систем уравнений), описывающих те или иные стороны изучаемого объекта, явления, процесса или объект (процесс) в целом.

Метод – систематизированная совокупность шагов, действий, которые необходимо предпринять, чтобы решить определённую задачу или достичь определённого результата.

Методика – совокупность методов, способов, алгоритмов, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования.

Подход – совокупность способов получения новых знаний и методов решения определённой задачи.

Регрессионный анализ – статистический аналитический метод, позволяющий вычислить предполагаемые отношения между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными.

Риск – неопределённое событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие на репутацию компании, приводит к приобретениям или потерям в денежном выражении.

Финансовые показатели – это отчетные или расчетные данные, характеризующие различные стороны деятельности предприятия, связанные с образованием и использованием его денежных фондов и накоплений.

Финансовая устойчивость – состояние предприятия, гарантирующее свою платежеспособность.

Эффективность – в рамках данной работы это понятие означает сравнительную результативность деятельности предприятия относительно других предприятий.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

DEA – Data Envelopment Analysis

SFA – Stochastic Frontier Analysis

КА – корреляционный анализ

ЛПР – лицо, принимающие решения

МГК – метод главных компонент

ММШ – метод многомерного шкалирования

ОКВЭД – Общероссийский классификатор видов экономической
деятельности

ПК – программный комплекс

ПО – программное обеспечение

ПП – программный продукт

РА – регрессионный анализ

ФА – факторный анализ

ЮЛ – юридическое лицо

ВВЕДЕНИЕ

Рост значения эффективности в любом секторе экономики является одним из ключевых факторов, влияющих на оценку эффективности предприятия, которая дает возможность реализовать эффективную и прибыльную стратегию распределения ресурсов. Оценка эффективности необходима не только владельцам и менеджерам, но и кредиторам, учитывая ежегодный рост несостоятельных компаний. Поэтому понимание важности эффективности и ее оценки может помочь предприятиям избежать банкротства и принимать более обоснованные решения при распределении ресурсов.

Поскольку рыночная среда является высококонкурентной и динамичной, предприятия могут сталкиваться как с высоким, так и с низким риском. Банкротство — это риск, которого не может гарантированно избежать ни один предприниматель, независимо от спроса на его товары или услуги. Именно поэтому многие руководители идут на больший риск, чтобы увеличить свою прибыль. Однако те управляющие лица предприятий, которые не желают идти на такой риск и предпочитают сохранять свое нынешнее положение, могут быть подвержены банкротству, когда они не выдержат конкуренции по эффективности со своими конкурентами. В связи с этим, количество финансово нестабильных предприятий постоянно увеличивается.

В законодательстве Российской Федерации институт банкротства получил правовое закрепление в 1992 г. в Законе РФ от 19 ноября 1992 г. N 3929-1 «О несостоятельности (банкротстве) предприятий» [1].

Согласно, данным из Единого федерального реестра сведений о банкротстве в 2020 году поступило порядка 12133 сообщений о признании должника банкротом, а в 2021 году – 12704 сообщений [2].

Современные подходы диагностики банкротства предприятий основываются на применении коэффициентного анализа и дискриминантных моделей. В последние годы все большую популярность приобретают параметрические и непараметрические методы оценки эффективности предприятий. Эти методы опираются на зависимость объема выпускаемой

продукции от затраченных ресурсов. Использование этих методов возможно только при наличии доступа к информации об используемых ресурсах. Однако такая информация в открытых источниках отсутствует, причем нет информации не только об объемах затрачиваемых ресурсов, но и о номенклатуре используемых ресурсов. Альтернативный подход оценки финансовой устойчивости заключается в использовании финансовых показателей, которые рассчитываются на основе доступной в открытых источниках бухгалтерской отчетности предприятий.

Объектом исследования данной работы является финансовая устойчивость деятельности предприятий.

Предметом исследования являются методы, модели, алгоритмы и программное обеспечение для оценки финансовой устойчивости предприятий.

Степень научной разработанности проблемы

Анализ существующей научной литературы и публикаций показал, что не существует единой системы моделей оценивания эффективности деятельности предприятия. Применение зарубежных моделей для российской экономики затруднительно, поэтому отечественные авторы разработали собственные или адаптировали западные модели [3].

В 30-х гг. XX века зарубежные авторы, такие как П. Фицпатрик, Р. Смит и А. Винакор, создали основу для прогнозирования банкротства. Они предложили использовать значения определенных финансовых коэффициентов, которые отличаются у действующих и обанкротившихся предприятий [4]. В 1960-х годах Э. Альтман и У. Бивер сделали значимый вклад в эту область и провели важные исследования. Э. Альтман разработал известную модель Z-score, которая используется для прогнозирования банкротства предприятий. У. Бивер также внес свой вклад в разработку методов прогнозирования банкротства [5].

Дальнейшее развитие моделей прогнозирования банкротства предприятий получили в исследованиях зарубежных ученых: Р. Лиса [6], Р. Таффлера и Г. Тишоу [7], Дж. Спрингейта [8], Ж. Конана и М. Гольдера [9], Д. Дюрана [10], Д. Фулмера [11], А. Стрикленда [12], Дж. Ольсона [13], и в работах российских

ученых: Г. Давыдовой и А.Ю. Беликова [14], Г.А. Хайдаршиной [15], О.П. Зайцевой [16], Л.В. Донцовой [17], М.А. Федотовой [18], Г.В. Федоровой [19], Е.В. Телипенко, Мицеля А.А. [20, 21], Е.А. Федорова и Е.В. Гиленко [22], А.Д. Шеремета [23], Р.С. Сайфулиной и Г.Г. Кадыкова [24, 25] и других.

Экономико-математические модели оценки эффективности деятельности предприятия на основе использования параметрических методов рассмотрены в работах С.А.К. Lovell [26], G. Battese и T. Coelli [27], Е.И. Борисова [28], А.А. Пересецкий [29, 30], Д.И. Малахов и Н.П. Пильник [31], С.А. Айвазян [32], А.В. Рябченко [33], И.Б. Ипатова [34], Е.И. Щетинин [35] и др. Модели, построенные на использовании непараметрических методов, рассмотрены в трудах А. Charnes, W. Cooper и E. Rhodes [36], Т.А. Рукавицыной [37], А.А. Новожилова [38,39], Е.П. Моргунова [40], Е.В. Кочурова [41] и других.

Математические модели оценки эффективности применяются также для решения инженерных задач. Так, в работе [42] предлагается метод быстрого анализа многокритериальной оценки на примере сравнения эффективности отечественных газовых котлов типа ВГА. Задача решается путем выбора трех критериев эффективности, а именно – энергетического, экологического и экономического, с последующим определением доверительных интервалов каждого из показателей и построением на их основе трехкритериальной диаграммы. Данный метод позволяет наглядно увидеть недостатки и преимущества каждого из котлов, спланировать мероприятия по их модернизации и определить их рейтинг. В ходе исследования были использованы материалы технического отчета о теплофикационных испытаниях семи газовых котлов по стандартной методике. Анализ результатов проводился методом сумм с последующим ранжированием влияний и последующей проверкой предложенного быстрого метода сравнения эффективности. В работе [43] представлен подход принятия решений, основанный на анализе охвата данных (DEA) для определения эффективной стратегии обработки контейнеров на терминале автоматизированного контейнера порта. Контейнеры выгружаются с корабля с помощью набережной кранов и транспортируются в зону хранения

автоматизированными управляемыми транспортными средствами. В данной работе с использованием DEA показано, как отправки и используемый ряд технических средств влияют на показатели эффективности процесса обработки контейнеров.

Метод проектирования параметров при разработке продукции и процессов с использованием запланированных и незапланированных экспериментов предложена в работе [44]. Метод позволяет прогнозировать чувствительность (робастность) системы к стохастическим стрессовым шумам и неестественным источникам вариаций, объясняющим неспособность разрабатываемого продукта/процесса достичь оптимальной функциональности, помимо чисто случайных возмущений. Внутренние и внешние компоненты нечувствительности выделяются и оцениваются с помощью методологии производства на стохастических границах. Кобба-Дугласа и ТрансЛога, две принятые функциональные формы для модели стохастической границы, используются для проверки адекватности и предсказуемости данных выборки. Проверка гипотез относительно величины и направления внутренних и внешних компонентов устойчивости, распределительной формы внешней нечувствительности и оценки параметров стохастической модели границы осуществляется с помощью метода максимального правдоподобия. В работе [45] предлагается модель стохастической границы на панельных данных, в которой неэффективность, характерная для отдельных объектов, пространственно коррелирована. В частности, эта модель имеет одновременно три важные особенности: 1) общая неэффективность производственной единицы зависит от ее собственной неэффективности и неэффективности ее соседей; 2) пространственно-коррелированная и изменяющаяся во времени неэффективность отделяется от инвариантной во времени ненаблюдаемой неоднородности; 3) систематические различия в неэффективности могут быть объяснены с помощью экзогенных переменных. Поведение предложенных оценок на конечной выборке исследуется с помощью ряда экспериментов Монте-Карло.

В статье [46] выполнен анализ эффективности выбранных транспортных единиц в военной логистике и военных транспортных средств при выполнении задач грузового транспорта с использованием метода стохастического пограничного анализа (SFA) и анализа охвата данных (DEA) и предложена основа для дальнейшего анализа параметров, которые влияют на эффективность военных транспортных средств. Результаты показывают, что выбор метода оказывает существенное влияние на полученные оценки технической эффективности и, следовательно, на возможные решения управления, основанные на выполненном анализе эффективности. В статье [47] предлагается разработанный на основе метода DEA новый подход для расчета оценок ресурсной ценности нефтесодержащих отходов в хранилище и ресурсного потенциала объектов системы переработки, в качестве которых рассматриваются комбинации «хранилище НСО – технология переработки». Применение предложенного подхода к оценке системы переработки, включающей 20 хранилищ и 10 технологий переработки, и последующий анализ результатов показали, что ранжированные оценки ресурсного потенциала объектов системы, полученные с учётом оценок ресурсной ценности нефтесодержащих отходов в хранилищах, позволяют определить наиболее эффективную очередность переработки соответствующими технологиями. В монографии [48] рассматриваются две методологии DEA и SFA для оценки технической эффективности производства электроэнергии в Мексике для набора термоэлектрических электростанций.

Модель DEA и анализ эффективности коммунального предприятия по распределению электроэнергии, которое использует 12 линий электропередач в качестве DMU, представлена в статье [49]. В качестве входных показателей рассматриваются покупной отпуск электроэнергии и общая протяженность линий электропередач, а потребляемая электроэнергия, количество потребителей и суммарные потери мощности, рассматриваются как выходные показатели. Результаты показали, что 4 из 12 линий электропередач неэффективны и, следовательно, нуждаются в улучшении.

Большое количество работ в данной области ещё раз подтверждает актуальность проблемы и говорит о наличии недостатков в предложенных моделях.

Цели и задачи диссертационного исследования

Целью работы является разработка методов, моделей, алгоритмов и программного продукта для оценки эффективности предприятий и финансовой устойчивости. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить современное состояние проблемы диагностики банкротства российских предприятий и проанализировать современные социально-экономические подходы, методы и модели диагностики банкротства и их применение.

2. Провести исследования значимых корреляционных зависимостей между значениями выходных и входных финансовых показателей для моделей оценки эффективности деятельности предприятий

3. Модифицировать известные методы DEA и SFA с целью их применения для оценки эффективности деятельности предприятий на основе доступной информации в открытых источниках.

4. Разработать математические модели для оценки финансовой устойчивости предприятия на основе финансовых показателей.

5. Разработать динамическую модель управления выручкой предприятия, как ключевого фактора финансовой устойчивости предприятия.

6. На основе предложенных моделей создать программное обеспечение для оценки финансовой устойчивости предприятия и управления выручкой предприятия.

7. Провести апробацию разработанных математических моделей, а также предложенной методики на исторических данных российских предприятий.

Методы выполнения работы

В процессе выполнения диссертационной работы применены различные математические методы, включая линейное и динамическое программирование,

численные методы, методы корреляционного и регрессионного анализа. Кроме того, проведено математическое моделирование, используя программные продукты Microsoft Excel и Mathcad.

Программные продукты

Для разработки программного комплекса использован язык программирования Python в сочетании с средой разработки Spyder и Qt Designer. Этот выбор обусловлен универсальностью, простотой и гибкостью языка программирования.

Научная новизна результатов исследования

1. На основе предложенной методики предобработки финансовых показателей *обоснована* возможность использования метода DEA оценки эффективности деятельности предприятий с использованием открытых источников данных о финансовой и хозяйственной работе предприятий.

2. *Предложен* оригинальный метод оценки эффективности деятельности предприятий на основе многофакторной параметрической модели метода SFA, который, в отличие от классического метода, позволяет оценивать финансовую устойчивость предприятия на основе финансовых показателей сразу по нескольким выходным параметрам.

3. *Разработана* модификация динамической модели управления выручкой предприятия, отличающаяся от известной в литературе модели учётом параметра эффективности деятельности предприятия. Предложен пошаговый алгоритм решения динамической задачи с ограничениями, отличающийся от классического алгоритма, основанного на редукции исходной задачи к задаче квадратичного программирования.

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии методов диагностики банкротства предприятия и его оценки эффективности, в создании математической модели для управления финансовыми показателями российских компаний и разработки программного комплекса на ее основе.

Практическая значимость исследования

Разработанные методика и модели могут использоваться менеджментом предприятий для раннего обнаружения финансовой нестабильности и принятия, превентивных мер, направленных на снижение риска банкротства. Данные модели позволяют оценить эффективность деятельности предприятий конкретной отрасли и составить план развития предприятия. В диссертации разработана программа для расчёта эффективности предприятия с помощью параметрического метода с использованием финансовых показателей. На программу получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022661008 от 01.06.2022 г., зарегистрированное в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (см. приложение Г). Программа внедрена на предприятии ООО «Софт-Вест» (см. приложение А).

Материалы диссертационной работы могут быть полезны для научно-педагогических работников и студентов, направления исследований которых связаны с поддержкой принятия решений в деятельности предприятий.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод DEA на основе финансовых показателей в совокупности с методикой предобработки входных данных позволяет выполнять сравнительный анализ эффективности работы предприятий (соответствует п. 2 паспорта специальности 1.2.2)

2. Метод SFA на основе многофакторной модели позволяет получить комплексную оценку эффективности деятельности предприятий (соответствует п. 2 паспорта специальности 1.2.2)

3. Динамическая модель позволяет изменять выручку предприятия путём управляемого воздействия на финансовые показатели и осуществлять запланированную программу развития предприятия. Пошаговый алгоритм решения динамической задачи с ограничениями позволяет сократить время расчета в 19-36 раз по сравнению с классическим алгоритмом (соответствует п. 8 паспорта специальности 1.2.2)

4. Проблемно-ориентированный комплекс программ позволяет решать актуальную задачу оценки эффективности деятельности предприятий на основе оригинального математического обеспечения (соответствует п. 3 паспорта специальности 1.2.2)

Использование результатов исследований

1. НИР «Разработка модели оценки эффективности деятельности предприятий на основе их финансовых показателей», грант РФФИ 20-31-90100, 2020-2022 гг.

2. Результаты диссертации использованы в ФГБОУ ВО «ТУСУР» при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, проект FEWM-2023-0013 «Гибридная методология построения цифровых моделей социально-экономических и технических систем со структурной и параметрической неопределенностью».

3. Материалы диссертации использованы в учебном процессе ФГБОУ ВО «ТУСУР» и НИ ТПУ (см. приложения Б, В)

Достоверность полученных результатов и выводов обусловлена обоснованным использованием общепризнанных теоретических законов и вычислительных алгоритмов, результатами проведения моделирования на панельных данных, полученными в данной диссертационной модели, и разработанные модели были адекватны. Результаты расчётов были согласованы с теоретическими заключениями и выводами, а также с реальными данными, что подтверждает их достоверность.

Внедрение результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования внедрены:

1) в компании ООО «Софт-Вест» с получением положительного экономического эффекта, что подтверждает соответствующий акт внедрения. (Приложение А);

2) в учебный процесс Национального исследовательского Томского политехнического университета в ходе подготовки студентов по направлениям

01.04.02 «Прикладная математика и информатика» (профиль «Математические методы в экономике», Приложение Б).

3) в учебный процесс Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники при подготовке студентов по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» (профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления в экономике», Приложение В).

Апробация результатов

Диссертационные исследования поддержаны грантом РФФИ (проект № 20-31-90100 «Разработка модели оценки эффективности деятельности предприятий на основе их финансовых показателей»).

Результаты докладывались и представлялись в материалах следующих конференций:

- Всероссийская научно-практическая конференция «Современные технологии принятия решений в цифровой экономике», г. Юрга, 15-17 ноября 2018 г.
- Международная конференция студентов аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», г. Томск, 23-26 апреля 2019 г.
- Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР», г. Томск, 2018, 2019, 2020 гг.
- Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева «Решетневские чтения», г. Красноярск, 10-13 ноября 2020 г.
- Международная научно-техническая конференция «Природные ресурсы Сибири», г. Томск, 24 ноября 2020 г.
- VII Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы физико-математических наук», г. Орел, 18-21 ноября 2021 г.
- Региональная научно-практическая конференция «Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения», г. Томск, 2021 г.

Публикации.

Результаты опубликованы в 19 работах (4 без соавторов):

Тип публикации	Количество
Статьи в журналах из перечня ВАК	5
Статьи в трудах конференций, индексируемых в WoS, SCOPUS	3
Доклады в трудах отечественных конференций	10
Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ	1
ИТОГО:	19

Личный вклад

Постановка цели работы и задач исследования выполнена совместно с научным руководителем д.т.н., профессором Мицелем А.А.

Основные выносимые на защиту научные результаты, представленные в диссертации получены автором лично.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Мицелю Артуру Александровичу за профессиональную помощь при выполнении диссертационного исследования, научные консультации и поддержку.

Структура и объем диссертации

В состав диссертации входят введение, четыре главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, 6 приложений и список источников из 120 наименований, приложение из 16 с. Объем диссертации с приложением – 148 с., в т.ч. 36 рисунков и 14 таблиц.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ БАНКРОТСТВА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1 Понятие эффективности деятельности предприятия

Понятие эффективности является важной составляющей для любого современного предприятия при оценке его деятельности, будь то промышленное производство или игра на валютных рынках. Для заинтересованных сторон всегда важно понимать соотношение между затратами и доходами. Правильность и адекватность такой оценки играет ключевую роль в успехе бизнеса на конкурентном рынке. Собственники и управляющие лица сталкиваются с проблемой оценки эффективности функционирования своих предприятий, которая является одной из главных [50].

В повседневной практике понятие эффективности имеет важное значение, но его формализация остается слабой. Так что же под ней понимается? Эффективность – это важное свойство целенаправленной деятельности, которое может быть измерено по достижению поставленных целей с оптимальным использованием ресурсов и времени [50]. Однако, определение эффективности не всегда является однозначным и формализованным, так как термин может иметь разные значения в различных источниках. Несмотря на это, эффективность является фундаментальным понятием и отражает закономерности, присущие любой человеческой деятельности. Важно отметить, что концепция эффективности имеет широкое применение в различных областях, и ее изучение является важным элементом развития науки и практики [51].

В контексте управления качеством, термины "эффективность" и "результативность" часто ассоциируются друг с другом, но они несут разную смысловую нагрузку. Однако, при изучении данной предметной области следует учитывать их различия. Согласно стандарту ISO 9000:2011, "результативность" определяется как достижение запланированных целей и задач, в то время как "эффективность" отражает соотношение между достигнутыми результатами и затраченными ресурсами [52].

В настоящий момент существует много определений термина «эффективность», который встречается в разных областях науки и практики. Основоположниками понятия «эффективность» в экономических науках являются Петти В. и Кенэ Ф., которые отождествляют «эффективность» и «результативность» [53]. Однако позднее Рикардо Д. разделил эти понятия, объясняя, что "эффективность" представляет собой специфическое значение, выражающее соотношение между результатом и конкретным видом расходов [54]. В работах Ковалева В.В. и Мухиной И.А. отмечается, что эффективность определяется как отношение между полученным результатом и затратами (или ресурсами), которые были использованы для достижения данного результата [55, 56]. По мнению Асаур А.Н. эффективность является качественной категорией, связанной с интенсивностью развития предпринимательства. В данном случае эффективность отражает процессы глубокого совершенствования всех его элементов. Данное толкование концепции эффективности не противоречит ее узкому определению. В обществе широко распространены показатели эффективности производства, такие как интенсивность функционирования системы, степень достижения целей, организационная структура и другие общеизвестные факторы [57]. С одной стороны, это говорит об универсальности понятия эффективности, а с другой стороны, подчеркивает сложность его измерения и представления в виде конкретных показателей и мер.

Эффективность предприятия является комплексным понятием, которое объединяет различные свойства и параметры, отражающие качество его работы. Она выражается в осознанном расходовании ресурсов, рациональной организации технологии производства, производительности труда и других аспектах деятельности. Важно отметить, что эффективность не ограничивается одним фактором, а является результатом взаимодействия и оптимального использования различных ресурсов и процессов в рамках предприятия.

1.2 Подходы к определению эффективности предприятия

Выделяют несколько подходов к определению эффективности предприятия (рисунок 1.1).

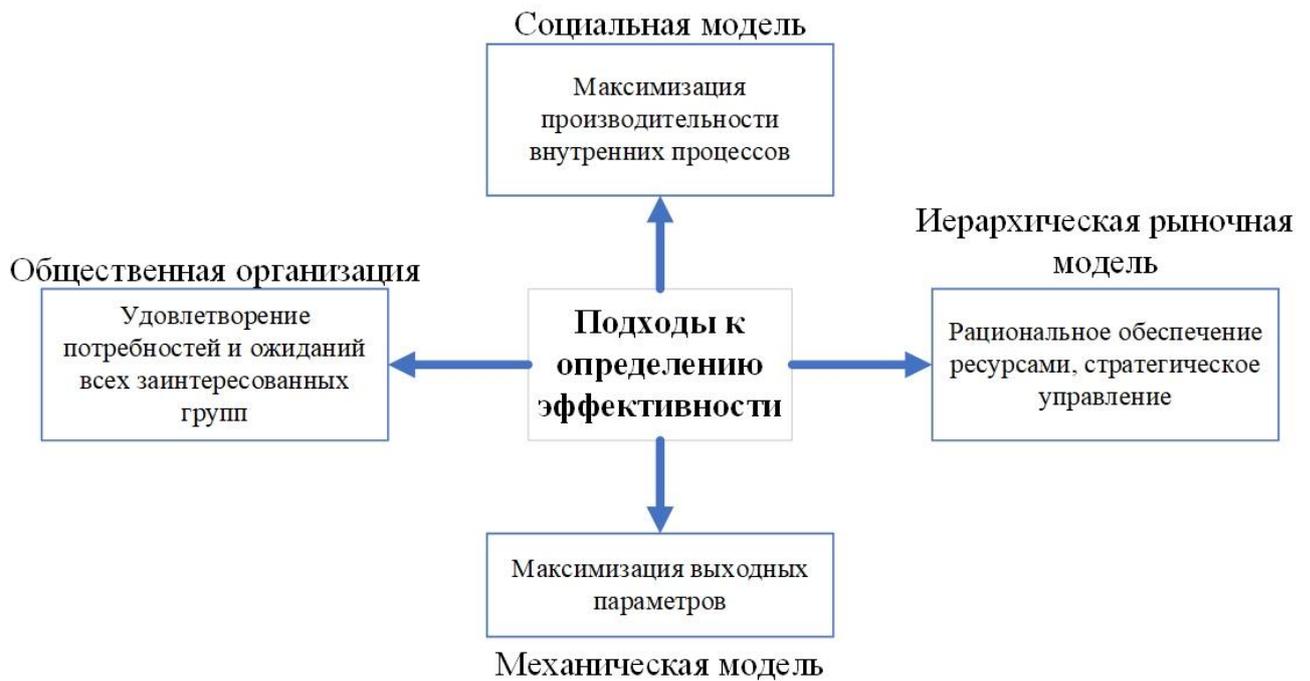


Рисунок 1.1 – Подходы к определению эффективности предприятия

Первый подход «Социальная модель» сфокусирован на внутренних процессах предприятия и подчеркивает значимость эффективности труда для достижения поставленных целей. В этой модели особое внимание уделяется использованию трудовых ресурсов компании, а также интеграции деятельности, удовлетворенности сотрудников и социальному климату.

Второй подход «Общественная организация» предполагает учет интересов и характеристик эффективности всех заинтересованных сторон предприятия. В этом подходе оценивается эффективность не только с точки зрения производительности, продаж и прибыли, но и удовлетворения потребностей различных групп заинтересованных сторон, таких как клиенты, поставщики, трейдеры и общество в целом [58].

Третий подход «Иерархическая модель» заключается в том, что предприятие воспринимается как система, состоящая из различных уровней, подсистем и элементов, которые взаимодействуют друг с другом и с внешней средой. Эффективность в этом подходе определяется не только производительностью и результативностью работы, но и способностью системы к адаптации и приспособлению к изменениям внешней среды.

В четвёртом подходе «Механическая модель» эффективность предприятия оценивается в контексте оптимального использования и взаимодействия производственных ресурсов и рабочей силы [59]. Главная цель механической модели заключается в обеспечении эффективности процессов производства и максимизации выхода продукции при заданных входных ресурсах [60]. Модель подразумевает рациональную организацию производственных процессов, использование передовых технологий и оптимальное распределение ресурсов с целью достижения наилучших результатов. Она уделяет особое внимание оптимизации производственных операций, минимизации потерь и увеличению производительности. Однако следует отметить, что механическая модель обычно не учитывает социальные и организационные аспекты предприятия, такие как мотивация сотрудников, управление персоналом и удовлетворенность клиентов. Она сконцентрирована на оптимизации технических аспектов производства.

Общим для всех подходов является представление об эффективности как способности предприятия достичь цели, таких как удовлетворение заинтересованности покупателей, наилучшее применение ресурсов либо установленные показатели эффективности. Успешное выполнение целей является основой деятельности. Однако, достижение цели не всегда гарантирует эффективность, если невозможно определить связь между затратами и результатом.

Эффективность деятельности предприятия также заключается в умении устанавливать цели с учетом внутренних и внешних ограничений и достигать их с помощью оптимального соотношения затрат и результатов. Это определение соответствует существующим понятиям.

Концепция эффективности деятельности предприятия подразумевает стремление к улучшению результативности и достижению максимального финансового результата. Максимизация итогового финансового результата является одной из основных целей управления предприятием.

Оценка эффективности может влиять на банкротство в нескольких аспектах:

1) Определение финансовой устойчивости: оценка эффективности может помочь определить финансовую устойчивость компании и риск ее банкротства.

2) Определение причин банкротства: оценка эффективности может помочь выявить причины банкротства и предложить решения для их устранения.

3) Улучшение управления: оценка эффективности может помочь улучшить управление компанией, что снижает риск ее банкротства.

4) Принятие решений: оценка эффективности может помочь владельцам и управляющим компанией принимать более обоснованные решения, улучшающие финансовую устойчивость компании и снижающие риск ее банкротства.

1.3 Признаки и виды несостоятельности (банкротства)

Для определения наличия или отсутствия признаков банкротства используется метод сопоставления размеров денежных обязательств и обязательных платежей предприятия. В состав денежных обязательств входят несколько категорий:

– кредиты и займы: денежные суммы, полученные компанией или лицом от кредиторов или финансовых учреждений. Включает как краткосрочные, так и долгосрочные обязательства;

– обязательства перед поставщиками: суммы, которые компания или лицо обязаны выплатить своим поставщикам за товары или услуги, полученные в кредит;

– задолженность по заработной плате и налогам: невыплаченные суммы по заработной плате работникам или недоплаченные налоги, которые компания или лицо должны уплатить;

– дивиденды и проценты: обязательства по выплате дивидендов акционерам или процентов по долгосрочным облигациям или кредитам;

– юридические обязательства: суммы, которые компания или лицо обязаны выплатить в результате судебного разбирательства, договорных обязательств или возмещения ущерба.

Прочие обязательства включают другие денежные обязательства, которые не подпадают под вышеперечисленные категории, например, задолженность по аренде, лизинговые платежи.

Хотя признаки несостоятельности могут быть общими для разных предприятий, выделяют пять основных видов банкротства, основанных на причинах и факторах, приведших к неплатежеспособности. Эта классификация помогает банкам и другим финансовым институтам оценить риски, связанные с выдачей кредита и сделать правильные инвестиционные решения. Основные виды банкротства включают в себя [61, 62]:

- реальное банкротство – критическая ситуация, когда уровень потерь капитала становится непреодолимым, доля кредиторской задолженности увеличивается, возможность продолжения хозяйственной деятельности и восстановления платежеспособности отсутствует. Одной из главных причин, которые затрудняют восстановление платежеспособности, являются фактические убытки собственного и заемного капитала;

- банкротство бизнеса – термин, используемый агентством «Dun & Bradstreet», относится к специфическому пониманию несостоятельности компании, при котором она прекращает свою деятельность и имеет значительные убытки для кредиторов. В данном случае, даже если формальная процедура банкротства не была официально введена, компания может быть признана несостоятельной согласно этому определению;

- временное (условное) банкротство – относится к состоянию неплатежеспособности организации, при котором применяются меры профессионального антикризисного управления для предотвращения ликвидации предприятия. Это состояние может возникать из-за большой задолженности по дебиторам и наличия значительных запасов готовой продукции. Если предприятие столкнулось с временным банкротством, то для восстановления его платежеспособности и обеспечения устойчивой перспективы развития могут быть использованы процедуры внешнего управления или финансового оздоровления. Антикризисное управление может включать переговоры с кредиторами,

реструктуризацию долгов, сокращение расходов и повышение эффективности операций компании;

- преднамеренное (умышленное) банкротство – ситуация, когда руководители и владельцы компании умышленно создают фиктивное состояние неплатежеспособности в своих собственных интересах или интересах других лиц. Это может включать различные махинации и хищения средств предприятия с целью нанесения экономического ущерба компании. Когда признаки преднамеренного банкротства выявлены арбитражным управляющим или другими соответствующими органами, это может послужить основанием для привлечения виновных лиц к уголовной ответственности;

- фиктивное банкротство – метод, при котором компания ложно заявляет о своей неплатежеспособности с целью ввести кредиторов в заблуждение. Целью таких действий может быть получение льготных условий для выплаты долгов, утаивание активов для избежания расчетов с кредиторами или заставлено кредиторами принимать неконкурентоспособную продукцию в качестве погашения задолженности. Арбитражные управляющие, занимающиеся процедурами банкротства, играют важную роль в выявлении фиктивного банкротства. Они проводят анализ финансовых отчетов, активов и деятельности компании, чтобы определить наличие признаков мошенничества. При обнаружении фиктивного банкротства арбитражные управляющие могут предпринимать юридические действия и сообщать об этом соответствующим органам, что может привести к привлечению виновных лиц к уголовной ответственности [61, 62].

Анализ несостоятельности предприятия может быть как внутренним, так и внешним (рисунок 1.2) [63].



Рисунок 1.2 – Внутренний и внешний анализ несостоятельности предприятия

Внутренний анализ может осуществляться арбитражными управляющими для оценки финансового состояния предприятия, а внешний анализ – кредитными организациями и контрагентами.

1.4 Обзор существующих методов оценки эффективности деятельности предприятия и математических моделей прогнозирования банкротства

1.4.1 Методы оценки эффективности деятельности предприятий

На сегодняшний день при анализе и оценке эффективности деятельности предприятия применяется эконометрический подход, который включает параметрические и непараметрические методы (таблица 1.1) [64, 65].

Параметрические методы анализа, основанные на эконометрическом подходе, включают определение и оценку параметров функций, описывающих производственные процессы, расходы, прибыль или доходы предприятия. Для этого применяется регрессионный анализ, который позволяет оценить связь между зависимыми и независимыми переменными [66].

Таблица 1.1 – Методы оценки эффективности деятельности предприятия

Непараметрические методы	Параметрические методы
Data Envelopment Analysis (DEA, Анализ среды функционирования)	Stochastic Frontier Analysis (SFA, Метод стохастической границы)

Free Disposal Hull (FDH, Метод свободной оболочки)	Thick Frontier Approach (TFA, Метод широкой границы)
Total Factor Productivity Index (TFPI, Общий индекс факторной производительности)	Distribution-Free Approach (DFA, Метод без спецификации распределения)

Метод стохастического граничного анализа (Stochastic Frontier Analysis, SFA) является одним из методов, используемых в экономической науке для измерения эффективности производства или производственных процессов. Он основан на стохастической модели производственной функции, которая учитывает как случайные факторы («шум»), так и неэффективность деятельности [67, 68, 69]. Основное предположение метода SFA состоит в том, что наблюдаемая продуктивность фирмы является результатом сочетания эффективной деятельности и случайных факторов, которые не контролируются фирмой. Неэффективность деятельности может возникать из-за различных причин, таких как неправильное использование ресурсов, отсутствие оптимального управления и т.д. Случайные факторы могут включать в себя временные колебания, изменения внешних условий и другие факторы, которые также могут влиять на продуктивность фирмы. Метод SFA предполагает, что неэффективность деятельности имеет несимметричное распределение, то есть некоторые фирмы могут быть более неэффективными, чем другие. С другой стороны, случайные факторы предполагаются иметь симметричное распределение, что означает, что они в среднем не влияют на продуктивность фирмы [69, 75]. Граница эффективности, определяемая методом SFA, является фиктивной границей, которая "погружена" в область реализации фактических результатов деятельности. Путем сравнения фактических результатов с этой границей можно оценить степень эффективности каждой фирмы и определить факторы, влияющие на ее неэффективность.

Использование стохастического граничного анализа позволяет учесть как случайные факторы, так и неэффективность деятельности при измерении

производительности фирмы, что делает этот метод полезным инструментом для анализа эффективности и улучшения производственных процессов.

В отечественных работах было проведено множество исследований, использующих метод стохастического граничного анализа. Следует выделить следующие публикации, посвященные отдельным отраслям экономики, таким как банковский сектор, некоммерческие предприятия [28], предприятия резиновой и пластмассовой промышленности [30], предприятия бетонной промышленности [31], предприятия по производству и сбыту товаров хозяйственного назначения [70], страховые компании [39], предприятия производящие пищевые продукты [41], сельскохозяйственное производство [71]. В своих трудах ученые С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьева и В.А. Руденко [32] рассмотрели эффективность деятельности предприятий, занимающихся разработкой программного обеспечения и фармацевтики. В свою очередь, Могилат А.Н. и Ипатов И.Б. [40] сосредоточились на влиянии уровня технической эффективности на риски финансовой неустойчивости промышленных организаций в России [69]. Они провели исследование, которое показало прямую зависимость между уровнем технической эффективности и финансовой стабильностью компаний.

Важно отметить исследования зарубежных авторов: в работе [72] проведена аналитическая оценка взаимосвязи масштаба индонезийских банков и их прибыльности с использованием метода оценки эффективности издержек. Авторы Tovar В. и Ramos-Real F.J. [73] исследовали влияние размера фирмы на сектор распределения электричества в Бразилии. Также, Liu Т. и Li К.-W. провели комплексный анализ технической эффективности в китайском промышленном секторе [74, 75, 76].

Метод TFA (Thick Frontier Analysis) используется для анализа эффективности предприятий на основе панельных данных [76]. Этот метод помогает построить границу эффективности путем сравнения компаний с разными уровнями средних затрат. Процесс анализа с использованием метода TFA включает следующие шаги [69]:

1. Сортировка данных: исходные данные о компаниях сортируются по средним затратам на производство или другим показателям эффективности. Это позволяет разделить компании на группы с самыми низкими и самыми высокими средними затратами.

2. Построение "толстых границ": для каждого квартиля средних затрат строится "толстая граница". Толстая граница представляет собой фиктивную линию, которая ограничивает область возможных результатов для компаний в данной группе. При этом учитываются не только случайные факторы, но и неэффективность деятельности.

3. Регрессионный анализ: для каждого года в панельных данных проводится регрессионный анализ для каждого квартиля. Это позволяет оценить влияние различных факторов на производительность и эффективность компаний в каждой группе.

4. Вычисление средней неэффективности компаний, имеющих высокие средние затраты, заключается в применении метода сравнения двух "толстых границ" наивысшего квартиля. Это позволяет определить, насколько далеко эти компании находятся от границы эффективности и какие факторы могут быть ответственными за их неэффективность.

Непараметрические методы оценки эффективности имеют преимущество перед параметрическими методами в том, что они не требуют определения функциональной формы производственной функции или функций затрат [66].

Метод DEA (Data Envelopment Analysis) является непараметрическим методом оценки эффективности, который строит границу эффективности на основе векторного выпуска (когда производится несколько видов продукции). DEA позволяет сравнивать относительную эффективность в различных единицах измерения [50, 67]. DEA использует линейное программирование для определения эффективности каждой единицы относительно границы эффективности. Это позволяет исследователям оценить, какие единицы являются эффективными (на границе) и какие могут быть улучшены, чтобы достичь этой границы [77]. В DEA существуют две основные модели: модель, ориентированная на вход и модель,

ориентированная на выход. Работа Т.А. Рукавицыной [37] предлагает более подробное описание метода DEA и его применение для оценки эффективности в различных контекстах.

При использовании метода DEA авторы [67] рассматривают аптечную сеть. В DEA входные и выходные параметры могут быть выбраны в зависимости от конкретного контекста и целей анализа. В данном случае, входными параметрами используются коммерческие расходы, численность сотрудников и общая площадь филиала, а выходными параметрами – выручка от реализации и выручка реализации, разбитая по сегментам рынка [67]. Вопрос о возможности использования метода DEA для оценки эффективности деятельности предприятий в сфере жилищно-коммунального хозяйства в социальной сфере рассматривается также другими авторами [67], такими как Хасанов Е.Р., Зеленков П.В. и Бахмарева К.К. В статье [78] метод на основе DEA позволяет оценить эффективность системы утилизации нефтесодержащих отходов по разным критериям. Исследование [79] по эффективности управления операционными рисками коммерческих банков выявило, что меньшие банки показывают наибольшую эффективность.

С помощью DEA можно оценить эффективность объектов (например, предприятий, филиалов и т.д.) с учетом различных ресурсов и измеряемых шкал входов и выходов [67]. Это позволяет сравнивать эффективность различных объектов на основе их способности использовать ресурсы для достижения желаемых выходов. DEA также может использоваться для выявления неэффективных предприятий. Путем сравнения каждого объекта с границей эффективности, DEA позволяет определить, какие объекты находятся на границе и считаются эффективными, а какие находятся ниже границы и нуждаются в улучшении. Это помогает выявить слабые места и предложить рекомендации по улучшению эффективности неэффективных объектов. Особенностью DEA является возможность ранжирования объектов по уровням эффективности. DEA может вычислить относительную эффективность каждого объекта и упорядочить их по убыванию или возрастанию эффективности. Это позволяет исследователям

или руководству сравнивать объекты и определять наиболее и наименее эффективные субъекты в их наборе данных [67].

В работе [69] Понькина Е.В. и Курчокина Д.В. исследовали применение методов DEA и SFA для оценки эффективности сельскохозяйственного производства. Исследование показало, что эффективность производства зависит от различных социально-экономических факторов. Тем не менее, для более точной оценки эффективности методов необходимы дополнительные исследования, учитывающие множественные выводы и их точность. Исследование Бондарева И.А. и Морозовой В.Д. показало, что внутренняя норма доходности является наиболее часто используемым показателем эффективности вложений при оценке эффективности инвестиций в промышленном секторе [80]. В данной работе [41], связанной с оценкой эффективности лечебно-профилактических учреждений, обосновано применение методов DEA и SFA и указывает на то, что метод DEA является эффективным инструментом для стратегического управления и внешнего контроля деятельности учреждений. Метод DEA позволяет оценить эффективность учреждений путем сравнения относительной производительности входных и выходных показателей. Однако при использовании метода SFA необходим дополнительный анализ оцениваемых параметров и их корректировка. Метод SFA позволяет оценить эффективность учреждений, учитывая наличие стохастических (случайных) факторов, которые могут влиять на производительность [69].

Во многих исследованиях, включая рассмотренные работы, входные и выходные параметры, используемые при применении методов DEA и SFA, связаны с объемами затраченных ресурсов и выпускаемой продукции. Это позволяет оценить эффективность использования ресурсов для достижения желаемых результатов. Следует отметить, что в открытых источниках такая информация отсутствует. В диссертации предлагается использовать в качестве таких параметров финансовые показатели предприятий, которые публикуются в открытых источниках, либо рассчитываются на основе публикуемой в открытых источниках бухгалтерской отчетности.

1.4.2 Обзор существующих решений – комплексов для расчета эффективности методами SFA и DEA

Существует множество комплексов и программных продуктов для расчета эффективности методами SFA (стохастического фронтального анализа) и DEA (анализа эффективности). Ниже приведен краткий обзор некоторых из них:

DEA Solver Pro [81] – это популярный коммерческий комплекс программных средств, который предоставляет пользователю возможность расчета эффективности по методу DEA. Он обладает мощными инструментами для анализа, а также предоставляет широкий спектр функций для управления данными. Ниже приведены некоторые из недостатков для данного программного продукта:

Frontier Analyst [82] – это другой популярный коммерческий комплекс программных средств для анализа эффективности. Он позволяет проводить анализ SFA и DEA, а также предоставляет пользователю возможность проводить многоуровневый анализ данных. Он также имеет мощные инструменты для визуализации результатов.

DEAOS [83] – это онлайн-программное обеспечение для анализа оболочки данных, разработанное для моделей DEA. Он имеет простой интерфейс и предоставляет пользователю широкий спектр функций для работы с данными.

Это только некоторые из возможных вариантов программных решений для анализа эффективности методами SFA и DEA, сюда также можно отнести такие программные продукты как PIM-DEA [84], DEAP [85], LIMDEP and NLOGIT [86], EffiVision [87] и KonSi-DEA [88].

Анализ рассмотренных программных комплексов выявил следующие недостатки:

- некоторые программы имеют высокую стоимость продукта;
- сложность использования (может быть сложной в использовании для пользователей без опыта в анализе данных, пользователи должны быть знакомы с теорией DEA и способами ее применения, чтобы использовать программу эффективно);

– некоторые программы не обладают широкими возможностями визуализации результатов, что может затруднить интерпретацию полученных результатов;

– ограниченная поддержка языков, что может быть проблематичным для пользователей, которые не говорят на английском языке;

– существующие программные продукты могут быть недостаточно точными в определении эффективности.

В связи с этим необходимо разработать новый программный комплекс. При его разработке рекомендуется учитывать опыт, полученный из предыдущих разработок, и устранять выявленные недостатки, чтобы предложить наиболее подходящие и адаптированные к конкретной области применения решения, которые наилучшим образом соответствуют поставленной задаче.

1.4.3 Модели оценки несостоятельности предприятий

Существует множество моделей, которые помогают принимать решения на всех этапах управления риском банкротства. Эти модели способствуют более эффективному принятию решений и повышению уровня защиты от финансовых рисков (рисунок 1.3).

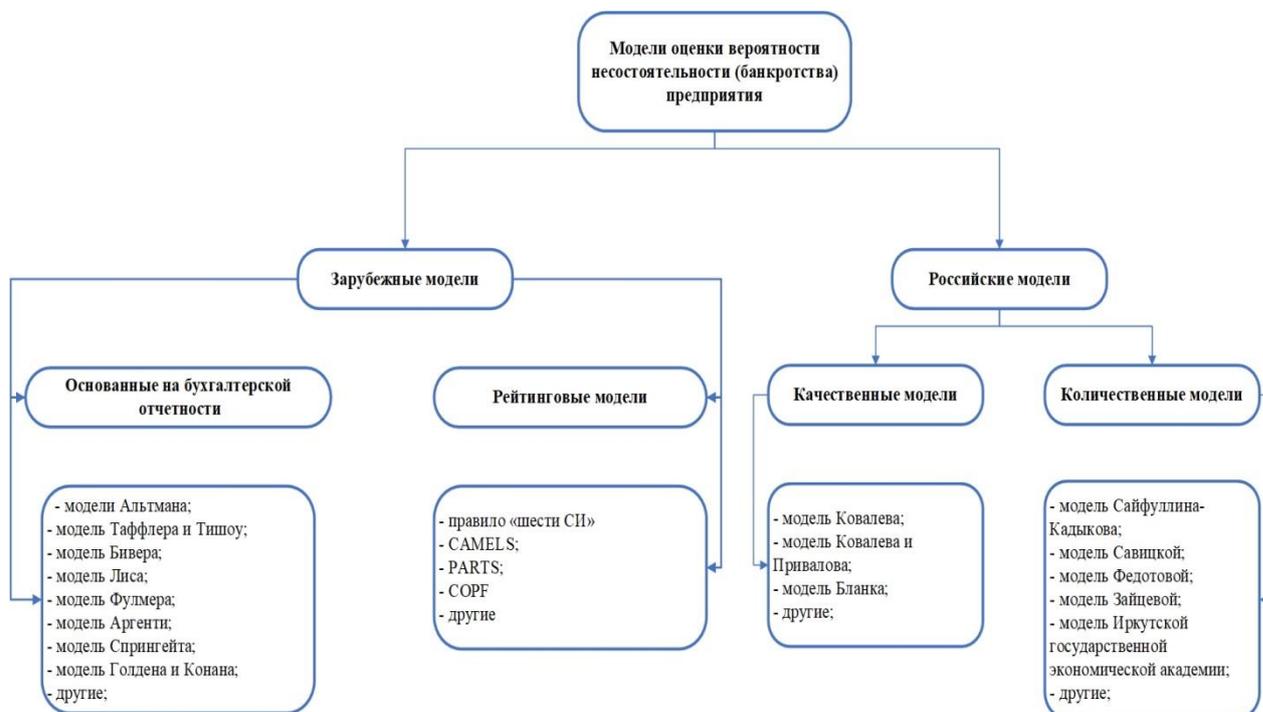


Рисунок 1.3 – Классификация моделей вероятности несостоятельности предприятий

Методы, основанные на использовании финансовых коэффициентов, предложены зарубежными исследователями Э. Альтманом, У. Бивером, Р. Лисом, Г. Спрингейтом, Г. Тишоу и Р. Тоффлером, Д. Чессером Дж. Фулмером и другими учёными. Среди них существует несколько общепризнанных моделей оценки риска банкротства.

Работа американского ученого Эдварда Альтмана получила широкое признание и популярность в области оценки финансовой устойчивости предприятий. Одна из наиболее известных моделей, разработанных Альтманом, называется моделью Z-скоринга (1.1). В основе данной модели лежит учет двух важных факторов – коэффициента текущей ликвидности и коэффициента финансовой зависимости, что делает ее двухфакторной. Она предназначена для оценки финансовой устойчивости и прогнозирования вероятности банкротства предприятия [89].

$$Z = -0,3877 - 1,0736 \times K_{тл} + 0,579 \times \frac{ЗК}{П}, \quad (1.1)$$

где:

$K_{тл}$ – коэффициент текущей ликвидности;

$ЗК$ – заемный капитал;

$П$ – пассивы

Используя модель Z-скоринга Альтмана, значение $Z > 0$ указывает на высокую вероятность наступления банкротства. Это означает, что компания может столкнуться с серьезными финансовыми проблемами и иметь недостаточно ресурсов для погашения долгов.

Пятифакторная Z-модель Эдварда Альтмана является расширенной версией его двухфакторной модели и считается более информативной для оценки вероятности банкротства предприятий [89]. В модели (1.2) используется метод мультипликативного дискриминантного анализа (МДА), который позволяет отобрать показатели, наиболее значимые для различения групп компаний, выживших и обанкротившихся. Это позволяет проводить классификацию

компаний на основе их финансовых показателей и оценивать вероятность их банкротства.

$$Z = 1,2 \times X1 + 1,4 \times X2 + 3,3 \times X3 + 0,6 \times X4 + X5, \quad (1.2)$$

где

$X1$ - отношение оборотного капитала к сумме активов;

$X2$ - отношение распределенной прибыли к сумме активов;

$X3$ - отношение прибыли до налогообложения к общей стоимости активов;

$X4$ - отношение рыночной стоимости собственного капитала к балансовой стоимости всех обязательств;

$X5$ - отношение объема продаж к общим активам предприятия.

В таблице 1.2 показано соотношение индекса Альтмана к вероятности банкротства предприятия.

Таблица 1.2 – Соотношение показателя Альтмана и вероятности банкротства предприятия

Значение Z-показателя	Вероятность банкротства компании
$Z < 1,81$	80 – 100%
$1,81 \leq Z < 2,77$	35 – 50%
$2,77 < Z < 2,99$	15 – 20 %
$Z \geq 2,99$	Близка к 0

Модель (1.3) в отличие от оригинальной пятифакторной модели, которая была создана для оценки вероятности банкротства публичных компаний, модифицированная модель учитывает особенности компаний, не публично торгуемых на бирже

$$Z = 0,717 \times X1 + 0,847 \times X2 + 3,107 \times X3 + 0,42 \times X4 + 0,995 \times X5 \quad (1.3)$$

где:

$X1$ – собственный оборотный капитал/сумма активов;

$X2$ – нераспределенная прибыль прошлых лет/сумма активов;

$X3$ – прибыль до уплаты процентов и налогов/сумма активов;

$X4$ – денежные средства/полная балансовая стоимость долговых обязательств;

$X5$ – выручка от реализации/сумма активов.

Если значения Z -показателя находится в диапазоне $Z < 1,23$, то это говорит о высокой вероятности банкротства предприятия. В диапазоне $1,23 < Z < 2,89$ ситуация неопределенная, а если значение $Z > 2,9$, то это свидетельствует о финансовой стабильности и устойчивости компании.

Применение модели Альтмана для оценки финансовой устойчивости в экономике России может быть сложным. Несколько факторов могут оказывать влияние на применимость модели [23]:

1. Различия в статистической выборке предприятий: возможны различия в выборке предприятий, используемой для построения модели, что может привести к непропорциональному представлению определенных секторов или типов компаний в России.

2. Различия в учете показателей: в России используются отличные от стандартов GAAP и МСФО бухгалтерские стандарты. Это может привести к различиям в учете и отражении финансовых показателей, которые влияют на модель.

3. Различия в стоимости активов: балансовая и рыночная стоимость активов могут отличаться в разных экономических контекстах. Это может повлиять на оценку финансовой устойчивости, так как модель Альтмана основана на отношении различных финансовых показателей к стоимости активов.

4. Влияние инфляции: модель Альтмана не учитывает влияние инфляции на финансовые показатели. В условиях высокой инфляции, такой как в России, это может привести к искажениям и неправильной интерпретации результатов модели.

Модель (1.4), предложенная английским ученым Романом Лисом [6], основана на известной методике Эдварда Альтмана. Однако, Лис адаптировал модель, учитывая специфические особенности финансовой отчетности компаний в своей стране. Модель использует финансовые показатели, такие как ликвидность, рентабельность и платежеспособность, для определения вероятности банкротства предприятий. Следует учесть, что при применении этой

модели к российским предприятиям, результаты могут быть не совсем точными. Это связано с тем, что модель не учитывает финансовую деятельность и налоговый режим, а также не учитывает прибыль от продаж [9].

$$Z = 0,063 \times X1 + 0,092 \times X2 + 0,057 \times X3 + 0,001 \times X4, \quad (1.4)$$

где:

- $X1$ – доля оборотных средств в активах;
- $X2$ – рентабельность активов по прибыли от реализации;
- $X3$ – рентабельность активов по нераспределенной прибыли;
- $X4$ – коэффициент финансирования.

Интерпретация результатов:

$Z < 0,037$ – вероятность банкротства высокая;

$Z > 0,037$ – вероятность банкротства малая.

Экономист [10] Спрингейт Г. в 1978 г. разработал четырехфакторную модель (1.5), основываясь на работах Альтмана.

$$Z = 1,03 \times X1 + 3,07 \times X2 + 0,66 \times X3 + 0,4 \times X4, \quad (1.5)$$

где,

- $X1$ – Оборотный капитал/Баланс;
- $X2$ – (Прибыль до налогообложения+Проценты к уплате)/Баланс;
- $X3$ – Прибыль до налогообложения/Краткосрочные обязательства;
- $X4$ – Выручка (нетто) от реализации/Баланс.

При $Z < 0,862$ компания является потенциальным банкротом.

Модель (1.6), предложенная британскими исследователями Р. Таффлером и Г. Тишоу [7], является четырехфакторной моделью, которая учитывает отношение прибыли от реализации к краткосрочным обязательствам. Эта модель была разработана с целью применения на фондовом рынке, где она может быть использована для оценки финансовой устойчивости и потенциальной доходности компаний.

$$Z = 0,53 \times X1 + 0,13 \times X2 + 0,18 \times X3 + 0,16 \times X4, \quad (1.6)$$

Эта формула используется для расчета Z-показателя, который позволяет оценить вероятность банкротства компании. Показатели X1-X4 отражают различные финансовые аспекты компании:

X1 – степень выполнимости обязательств за счет внутренних источников финансирования;

X2 – состояние оборотного капитала;

X3 – показатель финансовых рисков;

X4 – способность компании рассчитаться по обязательствам.

Значение Z-показателя не более 0,2 свидетельствует о высоком риске банкротства предприятия. Если значение Z-показателя больше 0,3, то это указывает на финансовую устойчивость компании и низкую вероятность банкротства.

В США получила популярность девятифакторная модель Дж. Фулмера, в которой вводится учет объема инвестиций [11].

Среди отечественных моделей можно выделить:

— модель (1.7) Р.С. Сайфулина и Г.Г. Кадыкова [24, 25], которые предложили среднесрочную рейтинговую модель оценки финансового состояния предприятия, которая применяется для оценки организации различных отраслей и масштабов. В качестве критерия оценки вероятности банкротства предприятия авторами было разработано рейтинговое число.

$$R = 2 \times X1 + 0,1 \times X2 + 0,08 \times X3 + 0,45 \times X4 + X5, \quad (1.7)$$

где:

X1 – коэффициент обеспеченности собственными средствами;

X2 – коэффициент текущей ликвидности;

X3 – коэффициент оборачиваемости активов;

X4 – рентабельность продаж;

X5 – рентабельность собственного капитала;

R – рейтинговое число.

Если $R < I$ – вероятность банкротства предприятия считается высокой, если $R > I$ – низкой.

— шестифакторная модель (1.8) О.П. Зайцевой, предложенная в 1998 г. для прогнозирования вероятности банкротства [16]. Эта модель на тот временной период имела недостаток, который заключался в недостаточных статистических данных по предприятиям-банкротам. В основе модели лежит показатель, который получен методом рейтинговой оценки.

$$K = 0,25 \times X1 + 0,1 \times X2 + 0,2 \times X3 + 0,25 \times X4 + 0,1 \times X5 + 0,1 \times X6, \quad (1.8)$$

где

$X1$ – коэффициент убыточности предприятия;

$X2$ – коэффициент соотношения кредиторской и дебиторской задолженности;

$X3$ – показатель соотношения краткосрочных обязательств и наиболее ликвидных активов;

$X4$ – убыточность реализации продукции;

$X5$ – отношение заемного капитала к собственным источникам финансирования;

$X6$ – отношение общей величины активов предприятия (валюты баланса) к выручке.

Для определения вероятности банкротства необходимо провести сравнительный анализ с нормативным значением, которое рассчитывается по формуле (1.9):

$$K = 0,25 \times X1 + 0,1 \times X2 + 0,2 \times X3 + 0,25 \times X4 + 0,1 \times X5 + 0,1 \times X6_{np}, \quad (1.9)$$

где:

$X6_{np}$ – отношение общей величины активов предприятия (валюты баланса) к выручке за прошлый год.

Если $K > K_{норматив}$, то высока вероятность наступления банкротства предприятия, иначе вероятность незначительной

— двенадцатифакторная модель (1.10) Хайдаршиной [15], которая имеет спецификации по четырем отраслям: торговля, промышленность, сельское хозяйство, топливно–энергетический комплекс. Недостатком модели является то, что для использования данной модели необходимы некоторые непубличные показатели.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-a_0 - a_1 K1 - a_2 K2 - a_3 K3 - a_4 K4 - a_5 K5 - a_6 K6 - a_7 K7 - a_8 K8 - a_9 K9 - a_{10} K10 - a_{11} K11}} \quad (1.10)$$

где:

$K1$ – фактор «возраста» предприятия. Принимает значение 0, если предприятие было создано более 10 лет назад, 1 – если менее 10 лет;

$K2$ – характеристика кредитной истории хозяйственной деятельности компании. Если положительна – 0, иначе 1;

$K3$ – коэффициент текущей ликвидности;

$K4$ – отношение прибыли до налогообложения к уплаченным процентам;

$K5$ – собственный капитал;

$K6$ – ставка рефинансирования ЦБ;

$K7$ – характеристика деятельности предприятия с точки зрения ее региональной принадлежности. Значение 0 – при нахождении в Москве или Санкт-Петербурге, 1 – в других регионах;

$K8$ – показатель рентабельности активов предприятия;

$K9$ – показатель рентабельности собственного капитала;

$K10$ – показатель отражающий темп прироста собственного капитала;

$K11$ – показатель отражающий темп прироста активов;

$a_{0..11}$ – отраслевые коэффициенты.

Вероятность банкротства P находится в интервале от 0 до 1:

$0,8 < P < 1$ – максимальная вероятность банкротства;

$0,6 < P < 0,8$ – большая вероятность банкротства;

$0,4 < P < 0,6$ – умеренная вероятность банкротства;

$0,2 < P < 0,4$ – небольшая вероятность банкротства;

$0 < P < 0,2$ – минимальная вероятность банкротства.

R-модель, разработанная в 1997 г. Иркутской государственной экономической академией [14]. Несмотря на высокую точность, модель (1.11) обладает недостатками, такими как отсутствие учета отраслевых особенностей и сложность интерпретации итогового значения.

$$R = 8,38 \times K1 + K2 + 0,054 \times K3 + 0,63 \times K4, \quad (1.11)$$

где:

$K1$ – коэффициент эффективности использования активов предприятия;

$K2$ – коэффициент рентабельности – отношение чистой прибыли к собственному капиталу;

$K3$ – коэффициент оборачиваемости активов;

$K4$ – норма прибыли – отношение чистой прибыли к себестоимости.

Вероятность банкротства организации определяется следующим образом:

$R < 0$ – максимальная вероятность банкротства (90 – 100%);

$0 \leq R < 0,18$ – высокая вероятность банкротства (60 – 80%);

$0,18 \leq R < 0,32$ – средняя вероятность банкротства (35 – 50%);

$0,32 \leq R < 0,42$ – низкая вероятность банкротства (15 – 20%);

$R > 0,42$ – вероятность банкротства минимальная (до 10%).

— В своих работах [90] Недосекин О.А. рассматривает матричный метод прогнозирования банкротства предприятий с использованием нечётких множеств. Автор [90] говорит о том, что надо учитывать все факторы, которые могут повлиять на предприятия: внешние и внутренние. Предлагается использовать разработанную им модель, которая является конструктором [90]. Достоинствами нечетко-множественного матричного метода являются:

1) метод позволяет учесть не только числовые данные, но и качественные характеристики, которые могут быть представлены в виде лингвистических переменных или нечетких множеств. Это расширяет возможности модели и позволяет учесть более широкий спектр факторов при принятии решений;

2) вместо точных числовых значений, значения факторов могут быть представлены в виде нечетких чисел или функций принадлежности. Это позволяет учесть неопределенность или неуверенность в данных и принимать решения на основе приближенной информации.

Также сюда относятся модели, разработанные Г.В. Савицкой, М.В. Евстропова, А.Д. Шеремета, Г., А.Н. Макарьевой и Л.В. Андреевой [91] и др.

Анализируя вышеперечисленные модели, можно выявить общие недостатки:

- зарубежные модели не учитывают особенности российской экономики, которая отличается системой бухгалтерского учета и налоговым законодательством;

- отсутствие рекомендаций и методов по минимизации риска банкротства;

- отраслевые особенности деятельности предприятий не учитываются;

1.5 Актуальность исследования в области прогнозирования банкротства предприятия

Кризисные ситуации, включая банкротство, могут привести к гибели предприятия в условиях рыночной экономики.

Слово «банкротство» имеет латинские корни «bancus» (скамья) и «ruptus» (сломанный) [92]. В истории развития этого термина, "банком" изначально называлась устанавливаемая в людных местах, таких как рынки и ярмарки, скамья, на которой проводились финансовые сделки и оформлялись документы. Когда владелец "банка" стал неплатежеспособным, он символически ломал свою скамью, что стало метафорой для обозначения банкротства [93].

Согласно определению, приведенному в Федеральном законе [1] «Банкротство представляет собой признанную арбитражным судом неспособность должника в полном объеме удовлетворить требования кредиторов по денежным обязательствам и (или) исполнить обязанность по уплате обязательных платежей». Такое определение является основой для установления статуса банкротства и проведения процедуры банкротства в России. Федеральный закон «О несостоятельности (банкротстве)» [1] предоставляет рамки и процедуры

для решения широкого спектра проблем, связанных с несостоятельностью предприятий или граждан. В результате судебного процесса, в котором выносится решение о неспособности должника расплатиться с долгами, осуществляются следующие аспекты [94]:

- закон позволяет инициировать процедуру банкротства для компаний неэффективно работающих, что способствует устранению неэффективных структур и поддерживает здоровую конкуренцию на рынке;

- процедура банкротства обеспечивает защиту интересов кредиторов, которые имеют требования к должнику и не получили запланированную прибыль от него. Кредиторы получают возможность получить частичное возмещение своих требований в соответствии с установленным порядком распределения активов должника;

- банкротство предоставляет механизм защиты интересов инвесторов, которые могут потерять свои вложения в случае несостоятельности предприятия. Процедуры банкротства позволяют рациональное распределение активов и возможность компенсации инвесторам;

- для компаний, оказавшихся несостоятельными не по собственной вине, но с потенциалом для будущего развития, процедуры банкротства предоставляют возможность восстановления экономической стабильности. Это может включать реструктуризацию долгов, санацию предприятия или его реорганизацию с целью обеспечения долгосрочной устойчивости.

Трактовка Седлова И.В. и Круш З.А. отражает суть несостоятельности предприятия и связывает ее с финансово-хозяйственной деятельностью компании. Они утверждают, что несостоятельность проявляется в недостаточности денежных потоков и ликвидных активов для выполнения денежных обязательств и обязательных платежей кредиторам. Это свидетельствует о неэффективности финансово-хозяйственной деятельности компании [95].

Количество дел по банкротству предприятий растет, о чем свидетельствует проведенный анализ судебной практики Арбитражного суда РФ (рисунок 1.4) [96].

Анализ статистических данных установил, что в 2021 году увеличилось число поступивших заявлений в арбитражный суд. Также следует отметить, что количество принятых решений о признании должника банкротом и об открытии конкурсного производства растет.



Рисунок 1.4 – Данные о заявлениях, поступивших в Арбитражный Суд Российской Федерации за 2015-2021 гг.

Признаки банкротства определяются путем сравнения размеров денежных средств и обязательных платежей, которые должно выполнить предприятие [1].

Жизненный цикл предприятия является важным аспектом изучения банкротства (рисунок 1.5), поскольку он связан с различными фазами развития предприятия и его функционирования. Модель жизненного цикла предприятия описывает изменения, происходящие внутри предприятия на протяжении его существования и выделяет различные этапы или фазы, которые оно проходит [97, 98, 99].

Связь между жизненным циклом предприятия и банкротством основывается на том, что ход жизненного цикла предприятия соотносится с его финансовым положением и прибыльностью. В различные периоды жизненного цикла

предприятие может претерпеть финансовые испытания. В результате чего может ухудшиться его положение на рынке и возникнет вынужденное банкротство. Поэтому, оценка жизненного цикла предприятия и его финансовых показателей может быть полезной в прогнозировании вероятности банкротства.

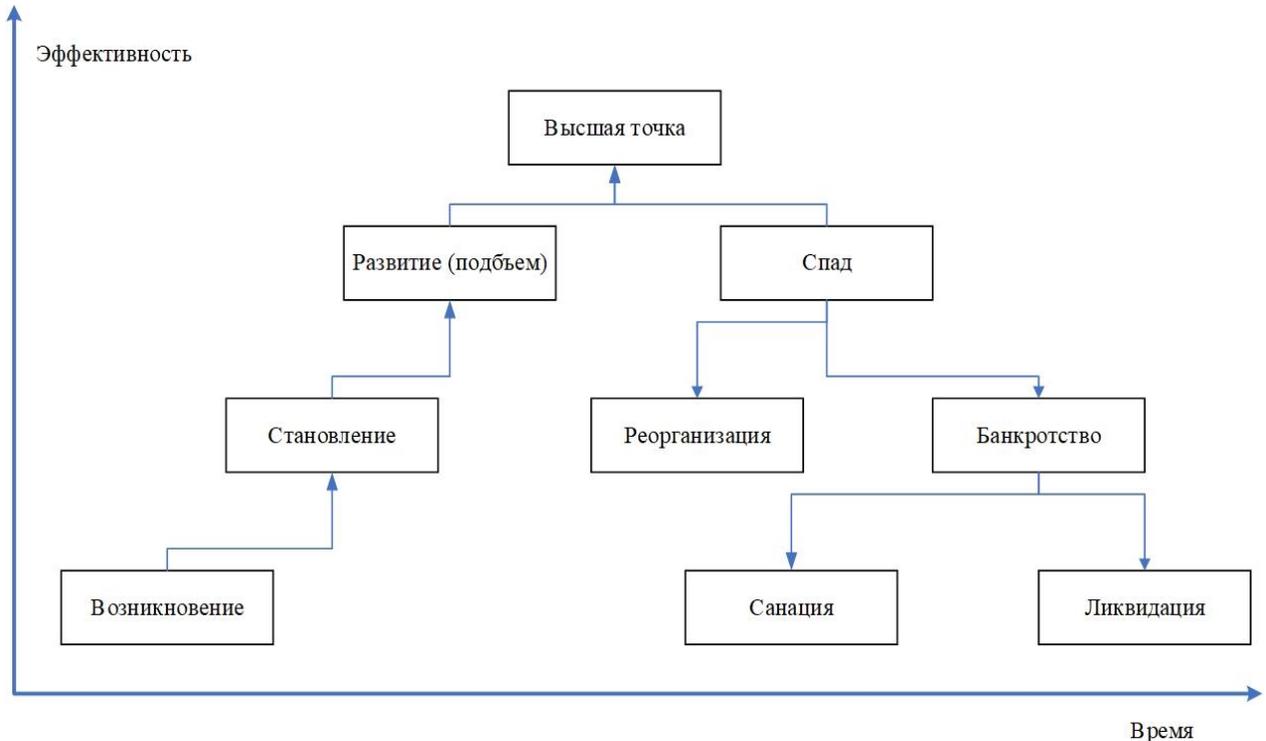


Рисунок 1.5 – Связь между жизненным циклом предприятия и банкротством

Таким образом, банкротство предприятий может быть вызвано различными внешними и внутренними факторами. Внешние факторы могут включать экономические кризисы, изменения в правовом и регуляторном окружении, снижение спроса на продукцию или услуги, сильную конкуренцию, изменения на рынке и другие факторы, которые нарушают стабильность и прибыльность предприятия.

Внутренние факторы, связанные с управлением и финансовыми аспектами, также могут способствовать банкротству предприятий. Это могут быть неправильное финансовое планирование и управление, недостаточная ликвидность, высокий уровень долговой нагрузки, неправильное управление капиталом, низкая рентабельность, недостаточная эффективность производства и другие проблемы, которые влияют на финансовое состояние предприятия [100].

1.6 Выводы по первой главе

1. Рассмотрено понятие эффективности и описаны основные подходы оценки эффективности.

2. Рассмотрено понятие финансовой устойчивости и виды банкротства предприятий.

3. Выполнен обзор существующих методов и математических моделей оценки эффективности деятельности предприятия. Существующие непараметрические и параметрические методы основаны на производственной функции, которая использует данные о потребляемых ресурсах и объемах выпуска продукции.

4. Вместо объемов ресурсов и выпускаемой продукции в диссертации предлагается использовать финансовые показатели в качестве входных и выходных параметров моделей DEA и SFA.

ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА БАНКРОТСТВА

2.1 Методика предварительной обработки финансовых показателей для метода DEA

2.1.1 Описание метода DEA и методики

Метод DEA (Data Envelopment Analysis) заключается в определении границы эффективности, которая может рассматриваться как производственная функция. Он используется для оценки эффективности нескольких единиц производства. В рамках этого метода производство представляется в виде вектора, который включает в себя несколько видов продукции, производимых этими единицами производства [64, 110].

Существует два типа моделей, использующих метод DEA – входо-ориентированные и выходо-ориентированные [101]. Во входо-ориентированных моделях осуществляется минимизация множества входных параметров при заданном множестве выходных параметров [110]. Это означает, что модель оценивает эффективность предприятий или организаций исходя из использования минимального количества ресурсов (входных параметров) при достижении заданного уровня выходных параметров. Такие модели позволяют определить, какие предприятия или организации достигают наилучшей производительности при заданных ресурсах [110].

В выходо-ориентированных моделях, наоборот, осуществляется максимизация вектора выходных параметров при заданном векторе входных параметров [110]. Здесь модель оценивает эффективность предприятий или организаций исходя из максимального достижения выходных параметров при ограниченных ресурсах (входных параметрах). Такие модели помогают определить, какие предприятия или организации могут достичь наилучших результатов с заданными ресурсами [102].

В данной работе для расчета оценки эффективности применяется модель, ориентированная на выход, которая имеет вид [103]:

$$\begin{aligned}
 f(v, L) &= v + L \cdot 0 \rightarrow \max, \\
 -v_{out} \cdot Y^{(j)} + Y \cdot L &\geq 0; \\
 X^{(j)} - X \cdot L &\geq 0, \\
 L_i &\geq 0, \quad i = 1, \dots, n; \\
 j &= 1, \dots, n.
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

где

$f(v, L)$ – функция эффективности;

X – матрица входных показателей размерности $m \times n$ (m – количество входных показателей, n – количество предприятий);

v – показатель эффективности;

L – вектор весов размерности $n \times 1$;

Y – матрица выходных (агрегированных) показателей размерности $k \times n$ (k – количество выходных показателей);

j – номер экономического объекта.

Если показатель эффективности в выходо-ориентированной модели $v_{out} > 1$, то это может означать, что можно рекомендовать увеличить значения выходных параметров при сохранении значений входных параметров [102].

Графическое представление метода DEA включает построение границ эффективности или эффективностных фронтов, которые отображают относительную эффективность различных объектов или единиц, сравниваемых в рамках анализа DEA, как показано на рисунке 2.1.

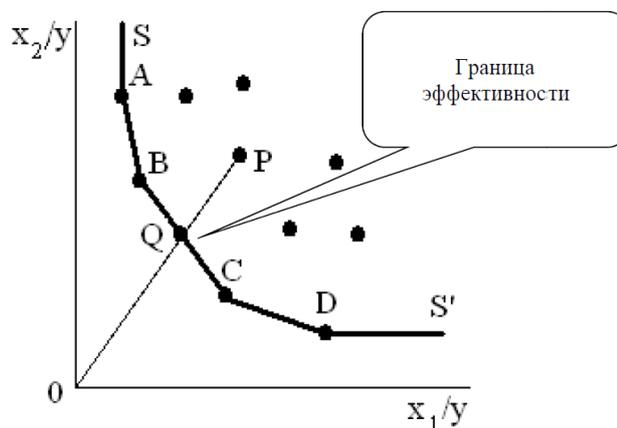


Рисунок 2.1 – Геометрическая интерпретация метода DEA

Формула (2.2) позволяет измерить численную оценку эффективности финансово-хозяйственной деятельности компании.

$$T_{out} = \exp(-(v_{out} - 1)) \quad (2.2)$$

Если использовать данную меру, то значение $T_{out} = 1$ будет соответствовать предприятиям, расположенным на границе эффективности ($v_{out} = 1$). При этом для неэффективных предприятий $T_{out} < 1$ ($v_{out} > 1$).

Одним из преимуществ DEA-модели является возможность измерения входных и выходных параметров в разных единицах измерения. Это позволяет оценить эффективность предприятий на основе различных наборов параметров и ранжировать их по уровню эффективности. При использовании данного подхода можно выявить неэффективные предприятия и предложить рекомендации по улучшению их эффективности, опираясь на результаты расчетов. Данный подход позволяет выявлять неэффективные предприятия и предоставлять рекомендации по улучшению их эффективности, основываясь на результатах расчетов [109, 110].

Для нахождения оценки эффективности деятельности предприятий методом DEA необходимо:

1. Вычислить входные и выходные финансовые показатели для каждого экономического объекта.
2. Выполнить корреляционный анализ между входными и выходными показателями финансовой деятельности.

Анализ коэффициентов корреляции позволяет выявить, как прямую, так и обратную статистическую зависимость между отдельными входными и выходными показателями. Это позволит модифицировать классический метод DEA следующим образом:

2.1. Выполнить нормировку показателей, т.е. разделить каждый показатель конкретного предприятия на его максимальное значение для каждого временного периода.

2.2. Если коэффициент корреляции между выходным показателем Y и некоторым входным показателем X отрицательный, то в модель подставляется значение $1 - x$, где x – нормированный входной показатель. Это необходимо для

того, чтобы зависимость между входным и выходными параметрами была прямо пропорциональной, как это имеет место в традиционном методе DEA, основанном на производственной функции.

3. Для каждой группы выходных параметров вычисляется показатель эффективности v_{out} и затем находится среднее значение.

4. Рассчитывается показатель эффективности для каждого предприятия за определенный период времени $T_{out} = \exp(-(v_{out} - 1))$ [102, 110].

2.1.2 Использование методики по предварительной обработке финансовых показателей для метода DEA

В качестве примера рассмотрим 8 предприятий, из которых 4 действующих и 4 предприятия-банкрота, или в отношении которых возбуждено дело о банкротстве [110]. Исходные данные представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Данные входных и выходных показателей

Наименование показателя	ПАО "ТОМСКЭНЕРГОСБЫТ"				
	2016	2017	2018	2019	2020
Входные переменные					
X1	2,65	1,83	1,70	1,68	0,83
X2	0,40	0,60	0,98	0,97	1,20
X3	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
X4	0,11	0,14	0,02	0,05	0,04
X5	0,00	0,00	0,09	0,06	0,09
X6	0,34	0,42	0,06	0,14	0,09
X7	7,51	7,43	7,63	6,31	7,60
X8	8,23	8,29	10,87	10,57	9,86
Выходные переменные					
Y1	0,29	0,37	0,37	0,38	0,55
Y2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y3	7,44	6,51	5,70	4,53	4,54
Y4	1,16	1,44	2,34	2,32	2,05

В качестве входных и выходных параметров были выбраны следующие финансовые показатели: X1 – коэффициент капитализации, X2 – коэффициент платежеспособности, X3 – коэффициент при мобилизации средств, X4 – рентабельность совокупного актива, X5 – рентабельность внеоборотного капитала, X6 – рентабельность перманентного капитала, X7 – оборачиваемость заемного капитала, X8 – оборачиваемость кредиторской задолженности, Y1 – коэффициент финансовой устойчивости, Y2 – рентабельность продаж, Y3 – оборачиваемость оборотного капитала, Y4 – коэффициент текущей ликвидности.

В таблице 2.2 приведены вычисленные коэффициенты корреляции между показателями финансовой деятельности, которые демонстрируют наличие как прямой, так и обратной связи между различными показателями. Исходя из этих результатов, можно перегруппировать данные в таблице по годам и нормализовать каждый показатель путем деления его на максимальное значение в соответствующей строке [110].

Была проведена оценка значимости для рассчитанных коэффициентов корреляции с использованием t -критерия Стьюдента (t_{pac}). Если $t_{pac} > t_q(n-2)$, то корреляция считается значимой, где $t_q(n-2)$ – критическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости q . При уровне значимости $q=0,05$ уровень значимости $t_q(n-2) = 2,77$. Коэффициенты корреляции, которые были наиболее значимы по t -критерию Стьюдента, выделены жирным шрифтом и в рамке.

Таблица 2.2 – Данные корреляции между финансовыми показателями

	ПАО "ТОМСКЭНЕРГОСБЫТ"			
	Y1	Y2	Y3	Y4
X1	-0,96	-0,63	0,85	-0,64
X2	0,83	0,87	-0,94	0,87
X3	-0,16	0,60	-0,52	0,78
X4	-0,45	-0,97	0,69	-0,87
X5	0,67	0,98	-0,79	0,89

X6	-0,53	-0,97	0,75	-0,89
X7	0,16	-0,08	0,45	-0,37
X8	0,36	0,96	-0,77	0,98

Выходные параметры разбиваются на четыре группы, и в случае, если коэффициент корреляции отрицателен, используется вместо соответствующего входного параметра «единицу минус входной параметр» [110].

В таблице 2.3 представлены результаты расчета показателя эффективности для восьми предприятий за период с 2016 по 2020 год [110]. Заметно, что из этих восьми предприятий предприятия №1 и №7 являются эталонными.

Таблица 2.3 – Результаты расчетов показателя эффективности

№ предприятия	1	2	3	4	5	6	7	8
2016	1	0,95	0,71	0,28	1	0,99	1	0,59
2017	1	1	0,70	0,65	0,53	1	1	0,56
2018	0,18	0,22	0,96	0,91	0,25	0,98	1	0,17
2019	1	0,03	0,005	1	0,50	0,89	1	0,16
2020	1	0	0,0002	1	0,21	0,92	0,66	0,0006

На рисунке 2.2 представлена динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности действующих и предприятий-банкротов соответственно за 2016-2020 года [110].

Высокую эффективность деятельности на протяжении пяти лет показывает предприятие №6. Показатель эффективности колеблется около единицы, что говорит о финансовой стабильности предприятия [110].

Наилучшие значения эффективности показали предприятия №1 и 7. В течение четырех лет показатели эффективности близки к 1. Однако у предприятия №7 в 2020 году наблюдается уменьшение параметра T_{out} , т.е. эффективность деятельности предприятия снизилась на 0,34. У предприятия №1 лишь в 2018 году наблюдается резкое уменьшение показателя T_{out} [110].

Предприятие №8 к концу анализируемого периода понизил эффективность своей деятельности. В начале 2021 года в отношении данного предприятия было возбуждено дело о несостоятельности.

У предприятия №4 к концу анализируемого периода показатель эффективности близкой к единице, либо равный единице. Однако, в начале анализируемого периода данные предприятия показывали неэффективность своей деятельности [110].

Деятельность предприятий №2 и 3 можно назвать неэффективной, так как показатель за последние несколько лет меньше единицы. Предприятие №2 было ликвидировано в начале 2020 г, поэтому показатель $T_{out} = 0$. В отношении предприятия №3 было возбуждено дело о несостоятельности (банкротстве) [110].

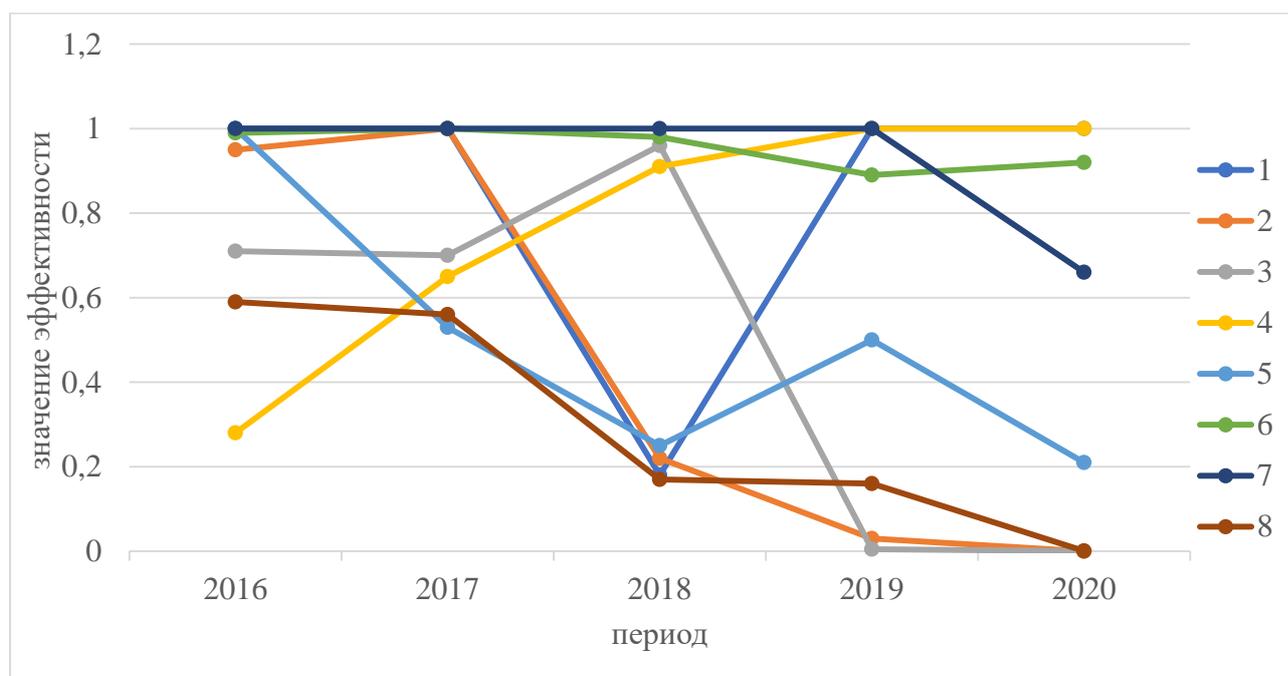


Рисунок 2.2 – Динамика эффективности деятельности предприятий

Предприятия №2, 3 и 8 по методике DEA оказались неэффективны, так как на протяжении всего анализируемого периода показатель эффективности гораздо ниже единицы (за исключением 2017 года) [110].

2.2 Многофакторная модель управления риском банкротства предприятия

2.2.1 Описание многофакторной модели

Пусть выходной показатель i -го экономического объекта характеризуется набором из p величин $y_i^k, k=1, \dots, p$. Тогда связь k -го выходного показателя i -го

объекта y_i^k с входными финансовыми показателями x_{ij} определяется выражением (2.3)

$$\ln(y_i^k) = \sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) + v_i^k - u_i^k, \quad (2.3)$$

где m – количество предикторов (показателей хозяйственно-финансовой деятельности объекта) регрессионной модели; β^k – коэффициенты регрессионной Модели; v_i^k – случайная ошибка; u_i^k – показатель неэффективности работы i -го экономического объекта [75].

Предположим, что случайный фактор u_i i -го экономического объекта, связанный с эффективностью его работы, не зависит от номера выходного показателя [75]. В этом случае случайную ошибку можно записать как

$$\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i. \quad (2.4)$$

С другой стороны, случайную ошибку ε_i^k можно записать как

$$\varepsilon_i^k = \ln(y_i^k) - \left(\sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) \right). \quad (2.5)$$

1) Показатель u_i подчиняется показательному распределению

Пусть распределения вероятностей случайных величин v_i^k и u_i имеют вид

$$f_v(v_i^k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot e^{\left(-\frac{(v_i^k)^2}{2\sigma_v^2}\right)}, \quad (2.6)$$

$$f_u(u_i) = \lambda \cdot e^{-\lambda u_i}, \quad u_i \geq 0,$$

где индекс i – номер экономического объекта $i=1, \dots, n$;

n – число рассматриваемых экономических объектов;

v_i^k – случайная ошибка с параметрами $M(v_i^k)=0, D(v_i^k)=\sigma_v^2$ учитывает влияние внешних факторов на деятельность экономического объекта;

u_i – неотрицательная случайная ошибка с параметрами $M(u_i) = \frac{1}{\lambda}$,

$$D(u_i) = \frac{1}{\lambda^2} \quad [75].$$

Величина u_i учитывает «неэффективность» работы i -го экономического объекта, а величина $\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i$ описывает отклонение от границы производственных возможностей.

Совместную плотность случайной величины $\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i$ u_i равна

$$f(\varepsilon_i^k, u_i) = \frac{\lambda}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot \exp\left(\varepsilon_i^k \lambda + \frac{\lambda^2 \sigma_v^2}{2}\right) \exp\left(-\frac{(u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}\right). \quad (2.7)$$

Тогда совместная плотность векторной величины ε_i^k и u_i равна [73]:

$$f(\varepsilon_i, u_i) = \left(\frac{\lambda}{\sqrt{2\pi}\sigma_v}\right)^p \cdot \exp\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k \lambda + \frac{\lambda^2 \sigma_v^2}{2})\right) \exp\left(-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}\right). \quad (2.8)$$

Плотность случайной величины ε_i равна

$$f(\varepsilon_i) = \int_0^{\infty} f(\varepsilon_i, u_i) du_i = \left(\frac{\lambda}{\sqrt{2\pi}\sigma_v}\right)^p \cdot e^{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k \lambda + \frac{\lambda^2 \sigma_v^2}{2})} \int_0^{\infty} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i. \quad (2.9)$$

Вычислим интеграл $\int_0^{\infty} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i$

$$\int_0^{\infty} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i = e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{pu_i^2}{2\sigma_v^2} - u_i \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)}{\sigma_v^2}} du_i \Rightarrow \quad (2.10)$$

Имеем табличный интеграл [104] $\int_0^{\infty} e^{-hx^2 - qx} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{q^2/4h} (1 - \Phi(q/2\sqrt{h}))$.

Для заданного распределения параметры будут такими

$$h = \frac{p}{2\sigma_v^2}; \quad q = \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)}{\sigma_v^2}.$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2\pi}\sigma_v}{\sqrt{p}} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)\right)^2}{2\sigma_v^2 p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)}{\sqrt{2}\sigma_v \sqrt{p}} \right) \right). \quad (2.11)$$

Подставляя формулу (2.11) в (2.10), получим плотность вероятности $f(\varepsilon_i)$

$$f(\varepsilon_i) = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \right)^p \frac{\sqrt{2\pi}\sigma_v}{\sqrt{p}} \times e^{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k \lambda + \frac{\lambda^2 \sigma_v^2}{2})} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)\right)^2}{2\sigma_v^2 p}} \times \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)}{\sqrt{2}\sigma_v \sqrt{p}} \right) \right) \quad (2.12)$$

Запишем логарифмическую функцию правдоподобия с учетом того, что параметры регрессии β известны (опуская константу).

$$\begin{aligned}
L(\sigma_v, \lambda) = & n \cdot p \cdot \lambda + (n - np) \ln(\sigma) + \\
& + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\varepsilon_i^k \lambda + \frac{\lambda^2 \sigma_v^2}{2} \right) - \frac{1}{2\sigma_v^2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\varepsilon_i^k \lambda + \lambda \sigma_v^2 \right)^2 + \\
& + \frac{1}{2\sigma_v^2 p} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^p \left(\varepsilon_i^k \lambda + \lambda \sigma_v^2 \right) \right)^2 + \sum_{i=1}^n \ln \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p \left(\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2 \right)}{\sqrt{2\sigma_v} \sqrt{p}} \right] \right). \quad (2.13)
\end{aligned}$$

Путем максимизации функции правдоподобия определим параметры σ_v , λ , β_j^k . Вычислим условную плотность вероятности

$$f(u_i / \varepsilon_i) = \frac{f(u_i, \varepsilon_i)}{f(\varepsilon_i)}. \quad (2.14)$$

Подставив (2.11) и (2.12) в (2.14) получим

$$f(u_i / \varepsilon_i) = \frac{\frac{2\sqrt{p}}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2) \right)}{\sqrt{2\sigma_v} \sqrt{p}} \right)} \frac{e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2 p}}}{e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}}}. \quad (2.15)$$

Вычислим условное среднее $M(u_i / \varepsilon_i) = \int_0^{\infty} u_i f(u_i / \varepsilon_i) du_i$.

Рассмотрим интеграл $\int_0^{\infty} u_i e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i$.

$$\int_0^{\infty} u_i e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i = e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} \int_0^{\infty} u_i e^{-\frac{p}{2\sigma_v^2} u_i^2 - 2u_i \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)}{2\sigma_v^2}} du_i \Rightarrow \quad (2.16)$$

Табличный интеграл равен [105]

$$\int_0^{\infty} x e^{-hx^2 - 2vx} dx = \frac{1}{2h} - \frac{v}{2h} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{\frac{v^2}{h}} \left(1 - \Phi\left(\frac{v}{\sqrt{h}}\right) \right). \quad (2.17)$$

Здесь $h = \frac{p}{2\sigma_v^2}$, $v = \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2)}{2\sigma_v^2}$.

$$\Rightarrow e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} \left(\frac{\sigma_v^2}{p} - \frac{\sqrt{2\pi}\sigma_v}{2p^{3/2}} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2) \right) \times \right. \\ \left. \times e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2) \right)^2}{2\sigma_v^2 p}} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2) \right)}{\sqrt{2\sigma_v} \sqrt{p}} \right) \right] \right). \quad (2.18)$$

Для показателя неэффективности можно получить следующее выражение [75]:

$$u_i = M(u_i / \varepsilon_i) = \frac{\sqrt{2}\sigma_v}{\sqrt{p}} \\ \times \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2) \right)^2}{2\sigma_v^2 p}}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2)}{\sqrt{2\sigma_v} \sqrt{p}} \right)} - \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2)}{\sqrt{2\sigma_v} \sqrt{p}} \right). \quad (2.19)$$

Показатель технической эффективности JMLS равен [106, 31]:

$$T_{JMLS} = \exp(-u_i) \quad (2.20)$$

Вычислим условное среднее $M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \int_0^{\infty} e^{-u_i} f(u_i / \varepsilon_i) du_i$.

Рассмотрим интеграл $\int_0^{\infty} e^{-u_i} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i$

$$\int_0^{\infty} e^{-u_i} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2}} du_i = e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{p}{2\sigma_v^2} u_i^2 - u_i} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} du_i \Rightarrow \quad (2.21)$$

Табличный интеграл равен [104]

$$\int_0^{\infty} e^{-hx^2 - qx} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{q^2/4h} (1 - \Phi(q/2\sqrt{h})). \quad (2.22)$$

Используем табличный интеграл, получим

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2\pi}\sigma_v}{2\sqrt{p}} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2}} e^{-\frac{(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2) + \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2 p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2) + \sigma_v^2}{\sqrt{2}\sigma_v\sqrt{p}} \right] \right). \quad (2.23)$$

В результате получим

$$M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \frac{e^{-\frac{(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2))^2}{2\sigma_v^2 p}} e^{-\frac{(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2) + \sigma_v^2)^2}{2\sigma_v^2 p}}}{1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2)}{\sqrt{2}\sigma_v\sqrt{p}} \right]} \times \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda \sigma_v^2) + \sigma_v^2}{\sqrt{2}\sigma_v\sqrt{p}} \right] \right). \quad (2.24)$$

Преобразуем показатель экспоненты и запишем окончательно выражение для ВС эффективности

$$T_{BC} = M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \frac{e^{-\frac{2\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2) + \sigma_v^2}{2p}}}{1 - \operatorname{erf}\left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2)}{\sqrt{2}\sigma_v\sqrt{p}}\right]} \left(1 - \operatorname{erf}\left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \lambda\sigma_v^2) + \sigma_v^2}{\sqrt{2}\sigma_v\sqrt{p}}\right] \right). \quad (2.25)$$

2) Показатель u_i подчиняется полунормальному распределению

Пусть распределения вероятностей случайных величин v_i^k и u_i имеют вид

$$f_v(v_i^k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot \exp\left(-\frac{(v_i^k)^2}{2\sigma_v^2}\right), \quad (2.26)$$

$$f_u(u_i) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \cdot \exp\left(-\frac{u_i^2}{2\sigma_u^2}\right), \quad u_i \geq 0.$$

Здесь индекс i – это номер экономического объекта $i=1, \dots, n$ (n – количество рассматриваемых экономических объектов); v_i^k – случайная ошибка с параметрами $M(v_i^k) = 0$, $D(v_i^k) = \sigma_v^2$, учитывает влияние внешних факторов на деятельность экономического объекта; u_i – неотрицательная случайная ошибка с параметрами $M(u_i) = \sigma_u \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}}$, $D(u_i) = \sigma_u^2 \left(1 - \frac{2}{\pi}\right)$. Величина u_i учитывает «неэффективность» работы i -го экономического объекта, а величина $\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i$ описывает отклонение от границы производственных возможностей [75].

Совместная плотность вероятности случайной величины $\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i$ и u_i равна

$$f(\varepsilon_i^k, u_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}} \cdot \exp\left(-\frac{(\varepsilon_i^k)^2}{2\sigma_v^2}\right) \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \exp\left(-\frac{(u_i + \varepsilon_i^k)^2}{2\sigma_u^2}\right). \quad (2.27)$$

Тогда, совместная плотность векторной величины ε_i^k и u_i

$$f(\varepsilon_i, u_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*}} \right)^p \times \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^p \times \exp \left(-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k)^2}{2\sigma_*^2} \right) \exp \left(-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2} \right). \quad (2.28)$$

$$\text{где } \sigma_* = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}; \quad a = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}.$$

Плотность случайной величины ε_i равна

$$f(\varepsilon_i) = \int_0^{\infty} f(\varepsilon_i, u_i) du_i = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*}} \right)^p \cdot \exp \left(-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k)^2}{2\sigma_*^2} \right) \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^p \int_0^{\infty} \exp \left(-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2} \right) du_i. \quad (2.29)$$

Рассмотрим экспоненту

$$\exp \left(-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2} \right) = \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(pu_i^2 + 2u_i \sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k a + \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)^2 \right) \right). \quad (2.30)$$

Табличный интеграл равен [104]

$$\int_0^{\infty} e^{-hx^2 - qx} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{q^2/4h} (1 - \Phi(q/2\sqrt{h})). \quad (2.31)$$

Используя значение табличного интеграла, получим для плотности $f(\varepsilon_i)$ выражение

$$f(\varepsilon_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*}} \right)^p \times \frac{\sqrt{2\pi}\sigma}{2\sqrt{p}} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k)^2}{2\sigma_*^2}} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right)^p \times$$

$$\times e^{-\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)^2 + \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right)^2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b}{\sqrt{p}} \right) \right]. \quad (2.32)$$

Логарифмическая функция правдоподобия случайной величины ε равна (опуская константу)

$$L(\beta, \sigma_*, \sigma, b) = -n \cdot p \cdot \ln(\sigma_*) + (n - np) \ln(\sigma) -$$

$$- \frac{1}{2\sigma_*^2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\ln(y_i^k) - \left(\beta_0^k + \sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) \right) \right)^2 -$$

$$- \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\left(\ln(y_i^k) - \left(\beta_0^k + \sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) \right) \right) b \right)^2 +$$

$$+ \frac{1}{p} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^p \left(\ln(y_i^k) - \left(\beta_0^k + \sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) \right) \right) b \right)^2 + \quad (2.33)$$

$$+ \sum_{i=1}^n \ln \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \left(\ln(y_i^k) - \left(\beta_0^k + \sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) \right) \right) b}{\sqrt{p}} \right) \right].$$

Параметры β, σ_*, b ищем из условия максимума функции $L(\beta, \sigma_*, b)$.

Примечание. Если параметры β искать как параметры регрессии данных y_i^k от x_i , то логарифмическая функция правдоподобия равна

$$\begin{aligned}
L(\sigma_*, \sigma, b) = & -n \cdot p \cdot \ln(\sigma_*) + (n - np) \ln(\sigma) - \\
& - \frac{1}{2\sigma_*^2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k)^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)^2 + \\
& + \frac{1}{p} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b \right)^2 + \sum_{i=1}^n \ln \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b}{\sqrt{p}} \right] \right). \tag{2.34a}
\end{aligned}$$

Обозначим оценки параметров $\beta, \sigma_*, \sigma, \hat{b}$. Подставим найденные оценки параметров β в формулу (2.5), получим

$$\varepsilon_i^k = \ln(y_i^k) - \left(\beta_0^k + \sum_{j=1}^m \beta_j^k \ln(x_{ij}) \right). \tag{2.35}$$

Вычислим условную плотность вероятности

$$f(u_i / \varepsilon_i) = \frac{f(u_i, \varepsilon_i)}{f(\varepsilon_i)}, \tag{2.36}$$

$$f(u, \varepsilon_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_*} \right)^p \cdot e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k)^2}{2\sigma_*^2}} \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right)^p e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2}}. \tag{2.37}$$

Подставив выражения (2.32), (2.37) в (2.36), получим для условной плотности

$$f(u_i / \varepsilon_i) = \frac{e^{\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)^2}{p} - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b / \sqrt{p}}{\sqrt{p}} \right)} \frac{2\sqrt{p}}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2}} \tag{2.38}$$

Вычислим условное среднее

$$M(u_i / \varepsilon_i) = \frac{e^{\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)^2}{p} - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b / \sqrt{p}}{\sqrt{p}} \right)} \times \frac{2\sqrt{p}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^\infty u_i e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2}} du_i \Rightarrow \tag{2.39}$$

Вычислим интеграл $\int_0^{\infty} u_i \cdot e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2}} du_i$

$$\int_0^{\infty} u_i \cdot e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + \varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2}} du_i =$$

$$= \int_0^{\infty} u_i \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(pu_i^2 + 2u_i \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)^2 \right)\right) du_i \Rightarrow$$
(2.40)

Табличный интеграл равен [105, 104]

$$\int_0^{\infty} x e^{-hx^2 - 2vx} dx = \frac{1}{2h} - \frac{v}{2h} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{v^2/h} (1 - \Phi(v/\sqrt{h}))$$
(2.41)

здесь $v = \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)$, $h = \frac{p}{2\sigma^2}$.

$$\Rightarrow e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)\right)^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{\sigma^2}{p} - \frac{\sqrt{2\pi}\sigma}{2p^{3/2}} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) \cdot e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)\right)^2}{2\sigma^2 p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)}{\sqrt{2\sigma}\sqrt{p}} \right) \right) \right) \Rightarrow$$
(2.42)

Учитывая соотношение $b = \frac{a}{\sqrt{2\sigma}}$, выражение для интеграла примет вид

$$\Rightarrow e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)\right)^2}{2\sigma^2}} \left(\frac{\sigma^2}{p} - \frac{\sigma^2 \sqrt{\pi}}{p^{3/2}} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \cdot e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)\right)^2}{p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)}{\sqrt{p}} \right) \right) \right) \cdot$$
(2.43)

Подставим это в выражение для $M(u_i / \varepsilon_i)$ и окончательно получим

$$u_i = M(u_i / \varepsilon_i) = \sqrt{2\sigma} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{p}\sqrt{\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)\right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b / \sqrt{p}}{\sqrt{p}} \right)} - \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right).$$
(2.44)

Показатель технической эффективности JMLS

$$T_{JLMS} = \exp(-u_i), \quad (2.45)$$

при этом в выражение (2.44) подставляем ε_i^k , вычисленную по формуле (2.35), а вместо параметров b и σ подставляем их оценки \hat{b} и σ , найденные из решения задачи максимизации (2.33) или (2.34а) и формул

$$\sigma = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sqrt{\frac{\sigma_u^2}{2} + \frac{\sigma_v^2}{2}}}, \quad (2.46)$$

$$\sigma_v = \frac{\sigma^*}{\sqrt{\hat{b}^2 \frac{\sigma^{*2}}{2} + 1}}, \quad \sigma_u = \frac{\hat{b} \sigma^{*2}}{\sqrt{\hat{b}^2 \frac{\sigma^{*2}}{2} + 1}}. \quad (2.47)$$

Рассмотрим оценку эффективности ВС $M(e^{-u_i} / \varepsilon_i)$.

$$M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \frac{e^{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b}{\sqrt{p}} \right)} \times \quad (2.48)$$

$$\times \frac{2\sqrt{p}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^\infty e^{-u_i} \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(pu_i^2 + 2u_i \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)^2 \right) \right) du_i \Rightarrow$$

Рассмотрим подынтегральное выражение

$$\begin{aligned}
& e^{-u_i} \cdot \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(pu_i^2 + 2u_i \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)^2 \right) \right) = \\
& = \exp \left(-\frac{p}{2\sigma^2} \left(u_i^2 + 2u_i \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sigma^2 \right) \frac{1}{p} + \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sigma^2 \right)^2 \frac{1}{p^2} \right) + \right. \\
& \left. + \frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sigma^2 \right)^2}{2\sigma^2 p^2} - \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a)^2}{2\sigma^2} \right) = \\
& = \exp \left(-\frac{p}{2\sigma^2} \left(u_i + \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sigma^2 \right) \right)^2 + \frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right)^2}{p^2} - \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b)^2 \right). \tag{2.49}
\end{aligned}$$

Введем переменную $t = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2}\sigma} \left(u_i + \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a) + \sigma^2 \right) \right)$, $dt = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2}\sigma} du_i$,

получим для условного среднего $M(e^{-u_i} / \varepsilon_i)$ выражение

$$\Rightarrow \frac{\exp \left(\frac{1}{p^2} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right)^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right)^2 \right)}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b / \sqrt{p}}{\sqrt{p}} \right)} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-t^2} dt. \tag{2.50}$$

В результате для эффективности ВС $M(e^{-u_i} / \varepsilon_i)$ получим формулу

$$T_{BC} = M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \frac{e^{\frac{1}{p^2} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right)^2} - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) \right)^2}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p \varepsilon_i^k b / \sqrt{p}}{\sqrt{p}} \right)} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}}}{\sqrt{p}} \right) \right). \tag{2.51}$$

При этом в выражение (2.51) подставляем ε_i^k , вычисленную по формуле (2.35), а вместо параметров b и σ подставляем их оценки \hat{b} и $\hat{\sigma}$, найденные из решения задачи максимизации (2.33) и формул (2.46), (2.47).

3) Показатель u_i подчиняется усеченному нормальному распределению

Пусть распределения вероятностей случайных величин v_i^k и u_i имеют вид

$$f_v(v_i^k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot \exp\left(-\frac{(v_i^k)^2}{2\sigma_v^2}\right),$$

$$f_u(u_i) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \cdot \exp\left(-\frac{(u_i - \mu_u)^2}{2\sigma_u^2}\right), u_i \geq 0. \quad (2.52)$$

где индекс i – это номер экономического объекта $i=1, \dots, n$ (n – количество рассматриваемых экономических объектов); v_i^k – случайная ошибка с параметрами $M(v_i^k) = 0$, $D(v_i^k) = \sigma_v^2$, учитывает влияние внешних факторов на деятельность экономического объекта; u_i – неотрицательная случайная ошибка с

параметрами

$$M(u_i) = \sigma_u \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} e^{-\mu_u^2/2\sigma_u^2} + \mu_u \left(1 + \operatorname{erf}(\mu_u / \sqrt{2}\sigma_u)\right),$$

$$D(u_i) = M(u_i^2) - (M(u_i))^2,$$

$$\text{где } M(u_i^2) = \sigma_u^2 \left(\frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{\mu_u}{\sqrt{2}\sigma_u} e^{-\frac{\mu_u^2}{2\sigma_u^2}} + \left(2 \frac{\mu_u^2}{2\sigma_u^2} + 1\right) \left(1 + \operatorname{erf}(\mu_u / \sqrt{2}\sigma_u)\right) \right) [75].$$

Величина u_i учитывает «неэффективность» работы i -го экономического объекта, а величина $\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i$ описывает отклонение от границы производственных возможностей [75].

Совместная плотность вероятности случайной величины $\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i$ и u_i равна

$$f(\varepsilon_i^k, u_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_*} \cdot \exp\left(-\frac{(\varepsilon_i^k + \mu_u)^2}{2\sigma_*^2}\right) \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}\right). \quad (2.53)$$

где

$$\sigma = \frac{\sigma_v \sigma_u}{\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}}, \quad (2.54)$$

$$\begin{aligned}\sigma_* &= \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}, \\ a &= \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}, \\ d &= \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}.\end{aligned}\tag{2.55}$$

Тогда, совместная плотность векторной величины ε_i^k и u_i [75]

$$f(\varepsilon_i, u_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_*}\right)^p \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)^p e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \mu_u)^2}{2\sigma_*^2}} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}}.\tag{2.56}$$

Плотность случайной величины ε_i равна

$$\begin{aligned}f(\varepsilon_i) &= \int_0^\infty f(\varepsilon_i, u_i) du_i = \\ &= \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_*}\right)^p \times \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)^p e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \mu_u)^2}{2\sigma_*^2}} \int_0^\infty e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i.\end{aligned}\tag{2.57}$$

Вычислим интеграл $\int_0^\infty e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i$

$$\int_0^\infty e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i = e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)^2}{2\sigma^2}} \int_0^\infty e^{-\frac{pu_i^2 - u_i \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)}{\sigma^2}} du_i \Rightarrow\tag{2.58}$$

Табличный интеграл равен [104]

$$\int_0^\infty e^{-hx^2 - qx} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{q^2/4h} (1 - \Phi(q/2\sqrt{h}))\tag{2.59}$$

Тогда

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*}} \right)^p \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^p e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \mu_u)^2}{2\sigma_*^2} - \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)^2}{2\sigma^2}} e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d) \right)^2}{2\sigma^2 p}} \times$$

$$\times \frac{\sqrt{2\pi\sigma}}{2\sqrt{p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)}{\sqrt{2\sigma}\sqrt{p}} \right) \right) \quad (2.60)$$

Примем, что $\frac{a}{\sqrt{2\sigma}} = \frac{\sigma_u / \sigma_v}{\sqrt{2}\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}} = b$, $\frac{d}{\sqrt{2\sigma}} = \frac{\sigma_v / \sigma_u}{\sqrt{2}\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}} = c$, получим

$$f(\varepsilon_i) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*}} \right)^p \left(\frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^p e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k + \mu_u)^2}{2\sigma_*^2} - \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)^2}{2\sigma^2}} \times$$

$$\times e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) \right)^2}{p}} \frac{\sqrt{2\pi\sigma}}{2\sqrt{p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}} \right) \right) \quad (2.61)$$

Запишем логарифмическую функцию правдоподобия с учетом того, что параметры регрессии β известны (опуская константу)

$$L(\sigma_*, \sigma, b, c, \mu_u) = -n \cdot p \cdot \ln(\sigma_*) + (n - np) \ln(\sigma) -$$

$$-\frac{1}{2\sigma_*^2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\varepsilon_i^k + \mu_u \right)^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\varepsilon_i^k b - \mu_u c \right)^2 +$$

$$+\frac{1}{p} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) \right)^2 + \sum_{i=1}^n \ln \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}} \right] \right) \quad (2.62)$$

Искомые параметры $\sigma_*, \sigma, b, c, \mu_u$ находятся из условия максимума функции $L(\sigma_*, \sigma, b, c, \mu_u)$.

Вычислим условную плотность вероятности

$$f(u_i / \varepsilon_i) = \frac{f(u_i, \varepsilon_i)}{f(\varepsilon_i)} \quad (2.63)$$

Подставив выражения (2.56) и (2.61) в (2.63), получим для условной плотности

$$f(u_i / \varepsilon_i) = \frac{e^{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) \right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}} \right)} \times$$

$$\times \frac{2\sqrt{p}}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} \quad (2.64)$$

Вычислим условное среднее

$$M(u_i / \varepsilon_i) = \frac{e^{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) \right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}} \right)} \times$$

$$\times \frac{2\sqrt{p}}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_0^{\infty} u_i e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i \quad (2.65)$$

Вычислим интеграл $\int_0^{\infty} u_i \cdot e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i$.

$$\begin{aligned}
& \int_0^{\infty} u_i \cdot e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i = \\
& = \int_0^{\infty} u_i \cdot \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(pu_i^2 + 2u_i \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d) + \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)^2 \right)\right) du_i \Rightarrow
\end{aligned} \tag{2.66}$$

Табличный интеграл равен [105, 104]

$$\int_0^{\infty} x e^{-hx^2 - 2vx} dx = \frac{1}{2h} - \frac{v}{2h} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{v^2/h} (1 - \Phi(v/\sqrt{h})) \tag{2.67}$$

$$\begin{aligned}
& \text{В нашем случае здесь } v = \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d) = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c), \quad h = \frac{p}{2\sigma^2}, \\
& \Rightarrow \frac{\sigma^2}{p} - \frac{\sigma^2}{p^{3/2}} \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)\right)^2}{p}} \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)\right)}{\sqrt{p}}\right)\right).
\end{aligned} \tag{2.68}$$

Подставив это выражение в формулу (2.65), получим

$$u_i = M(u_i / \varepsilon_i) = \sqrt{2}\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{p}\sqrt{\pi}} \frac{e^{-\frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)\right)^2}}{\left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}}\right)\right)} - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)\right) \right) \tag{2.69}$$

Показатель технической эффективности JMLS

$$T_{JMLS} = \exp(-u_i) \tag{2.70}$$

Вычислим условное среднее $M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \int_0^{\infty} e^{-u_i} f(u_i / \varepsilon_i) du_i$.

Рассмотрим интеграл $\int_0^{\infty} e^{-u_i} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i$.

$$\int_0^{\infty} e^{-u_i} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (u_i + (\varepsilon_i^k a - \mu_u d))^2}{2\sigma^2}} du_i = e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)^2}{2\sigma^2}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{p}{2\sigma^2} u_i^2 - u_i \frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d) + \sigma^2}{\sigma^2}} du_i \Rightarrow \quad (2.71)$$

Табличный интеграл равен [104]

$$\int_0^{\infty} e^{-hx^2 - qx} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{h}} e^{q^2/4h} (1 - \Phi(q/2\sqrt{h})). \quad (2.72)$$

Используя табличный интеграл, получим

$$\begin{aligned} &\Rightarrow \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2\pi}\sigma}{\sqrt{p}} e^{-\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d)^2}{2\sigma^2}} e^{-\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d) + \sigma^2\right)^2}{2\sigma^2 p}} \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k a - \mu_u d) + \sigma^2\right)}{\sqrt{2}\sigma\sqrt{p}} \right] \right) = \\ &= \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2\pi}\sigma}{\sqrt{p}} e^{-\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)^2} e^{\frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)^2} \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{\sqrt{p}} \right] \right) \end{aligned} \quad (2.73)$$

Теперь условное среднее записывается так:

$$\begin{aligned} M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) &= \frac{e^{\frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)^2} e^{-\frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)\right)^2}}{1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}} \right]} \times \\ &\times \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}}}{\sqrt{p}} \right] \right) \end{aligned} \quad (2.74)$$

Рассмотрим показатель экспоненты

$$\frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right)^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) \right)^2 = \frac{1}{p} \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \left(2 \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right) \quad (2.75)$$

Подставив в (2.74), приходим к выражению для ВС эффективности

$$T_{BC} = M(e^{-u_i} / \varepsilon_i) = \frac{e^{\frac{1}{p} \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \left(2 \sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right)}}{1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c)}{\sqrt{p}} \right)} \left(1 - \operatorname{erf} \left[\frac{\sum_{k=1}^p (\varepsilon_i^k b - \mu_u c) + \frac{\sigma}{\sqrt{2}}}{\sqrt{p}} \right] \right) \quad (2.76)$$

2.2.2 Рассмотрение многофакторной модели на примере промышленных предприятий РФ

Многофакторная модель на основе финансовых показателей 20 действующих предприятий и 15 предприятий-банкротов была использована для расчетов эффективности.

После предварительной обработки исходных данных выбраны два показателя в качестве входных переменных: коэффициент задолженности и коэффициент маневренности. В качестве объясняющих переменных использована система показателей, включающая коэффициенты рентабельности, финансовой устойчивости, деловой активности и ликвидности [107, 108].

Предварительно финансовые показатели были нормированы по начальному значению. Затем был использован метод наименьших квадратов для вычисления коэффициентов множественной регрессии α [109].

$$\alpha = (X^T X)^{-1} \times X^T Y \quad (2.77)$$

где X – матрица входных показателей, Y – матрица выходных показателей.

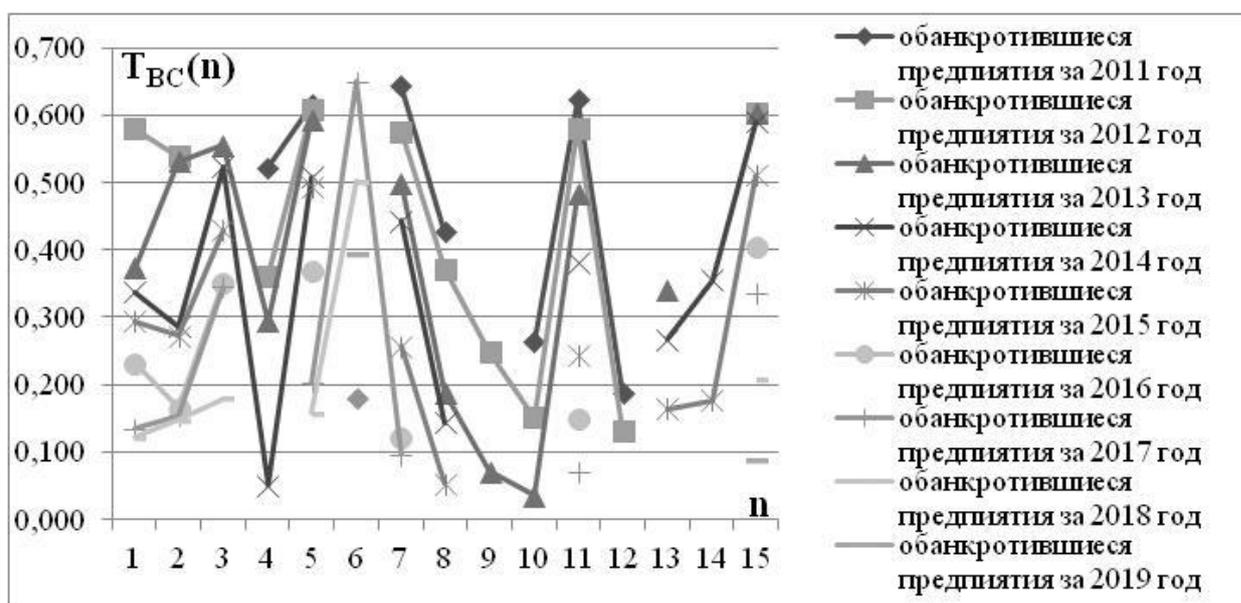
В таблице 2.4 приведено распределение оценок эффективности многофакторной моделью SFA на период с 2011 по 2020 г.

Таблица 2.4 – Распределение оценок эффективности многофакторной моделью SFA

Значение эффективности	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0-0,2	1	2	3	2	3	3	4	4	1	1
0,2-0,4	1	3	3	5	4	3	3	1	1	0
0,4-0,6	2	4	5	4	6	1	2	3	3	1
0,6-0,8	3	2	1	0	11	12	11	8	7	8
0,8-1	0	0	0	0	6	8	8	10	10	11

На рисунке 2.3 представлена динамика эффективности деятельности предприятий-банкротов (n). Предприятия с наихудшей эффективностью имеют значения показателя эффективности в диапазоне от 0 до 0,2. Следовательно, предприятия с номерами от 1 до 15 подтверждают свой статус "банкрот" [110, 75].

Рисунок 2.3 – Динамика оценки эффективности предприятий-банкротов



На рисунке 2.4 представлена динамика эффективности здоровых предприятий. Если оценка эффективности близка к 1 это свидетельствует о финансовой устойчивости предприятия и отсутствии риска банкротства [75, 110].

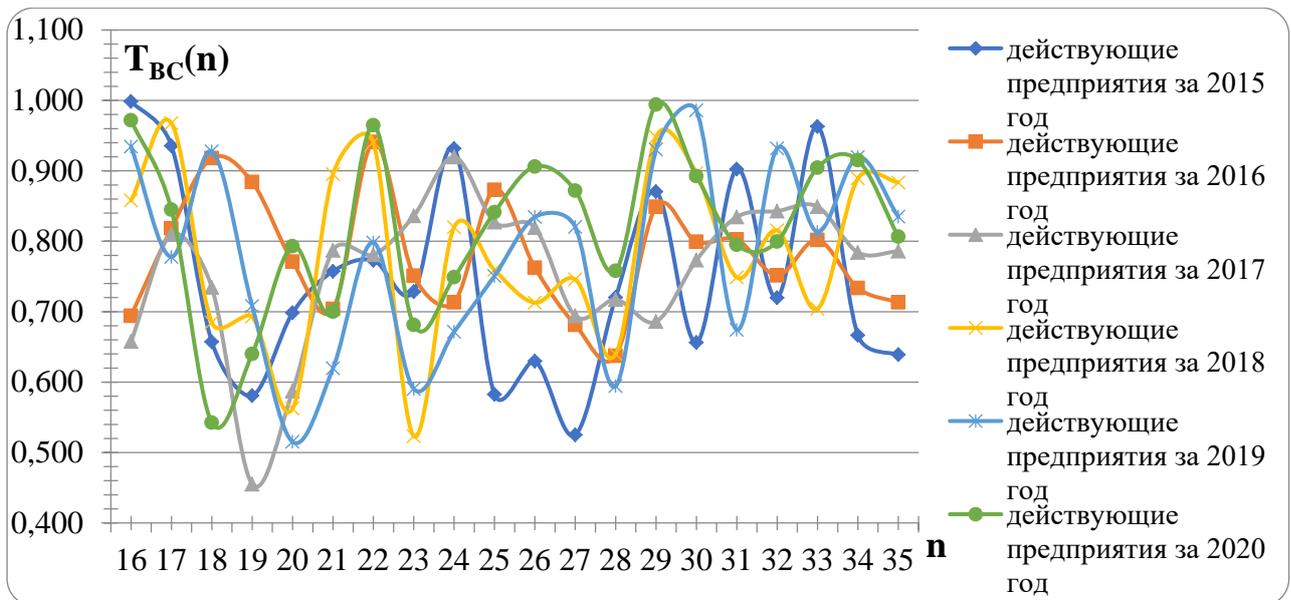


Рисунок 2.4 – Динамика оценки эффективности действующих предприятий.

2.3 Сравнение моделей оценки и определения уровня риска

В главе 1 описаны модели банкротства как отечественных, так и зарубежных авторов.

Проанализируем и сопоставим распространенные в литературе модели с собственным методом, основанным на применении стохастической модели SFA [111]. Модели, подлежащие к сравнению:

1. Модель прогнозирования вероятности банкротства О.П. Зайцевой.
2. Дискриминантная модель диагностики риска банкротства Г.В. Савицкой.
3. Модель Р. Лиса.
4. Пятифакторная модель Э. Альтмана.
5. Авторская стохастическая модель (SFA).

Для метода SFA предлагается использовать вербально-числовую шкалу, в состав которой входят содержательно описываемые наименования их градаций и соответствующие им численные значения или диапазоны численных значений.

Рассмотрим предприятия банкроты, в отношении которых в 2020 году возбуждалась процедура банкротства. На рисунке 2.5 представлены результаты сравнения и апробации моделей оценки вероятности банкротства (Приложение Е).

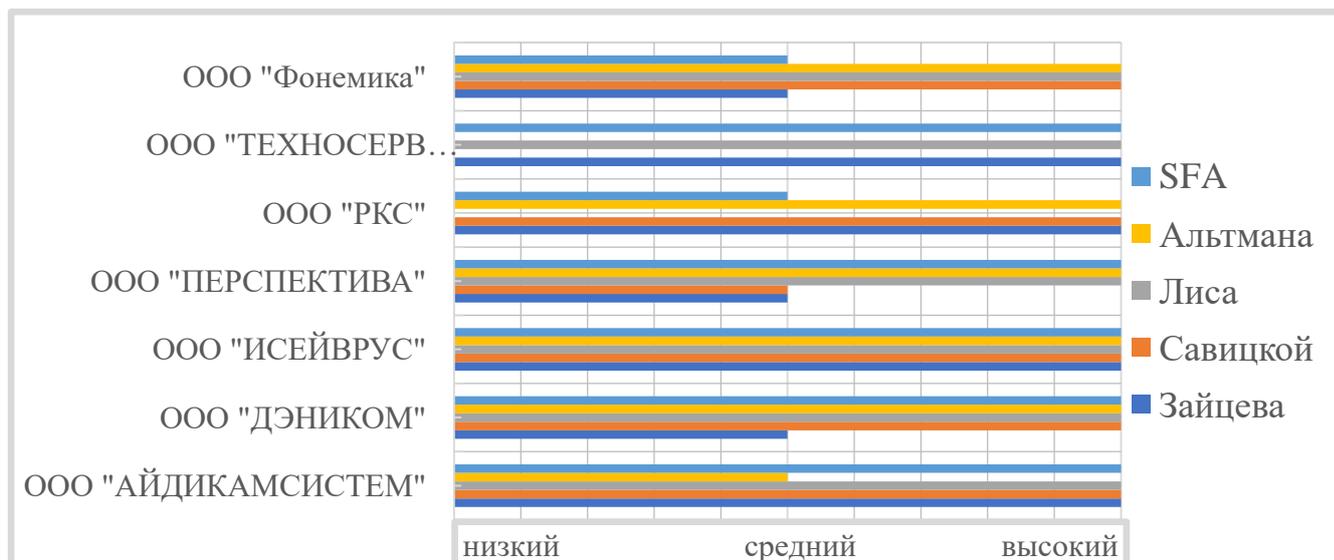


Рисунок 2.5– Результаты сравнения предприятий по уровню риска банкротства за 2020 г. (фрагмент)

Уровень риска банкротства предприятий, оцененный с использованием модели Альтмана и Лиса (рисунок 2.6), показывает, что из 29 предприятий в отчетном периоде 2020 года статус банкрота подтверждается для 8 предприятий.

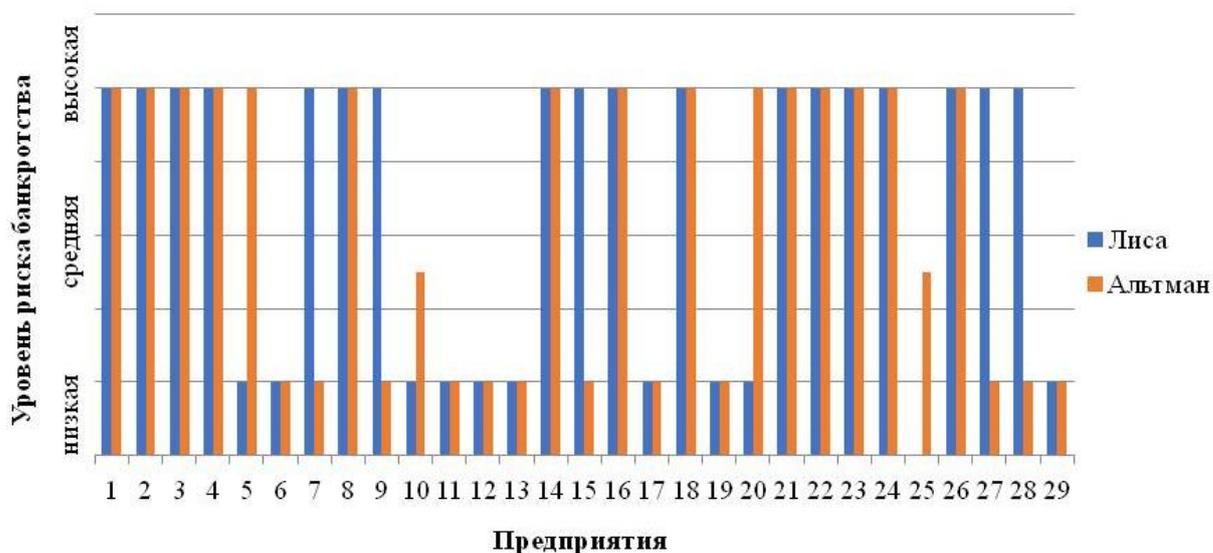


Рисунок 2.6– Результаты работа модели Альтмана и Лиса

Модель Зайцевой (рисунок 2.7) показывает не самую лучшую оценку вероятности банкротства, по результатам вычисления получается, что 17 предприятий имеют незначительный риск наступления банкротства.



Рисунок 2.7– Результаты работы модели Зайцевой

Так же можно сказать о модели Савицкой (рисунок 2.8), результат вычисления риска банкротства предприятия показал, что большая часть предприятий имеет низкую вероятность наступления банкротства.

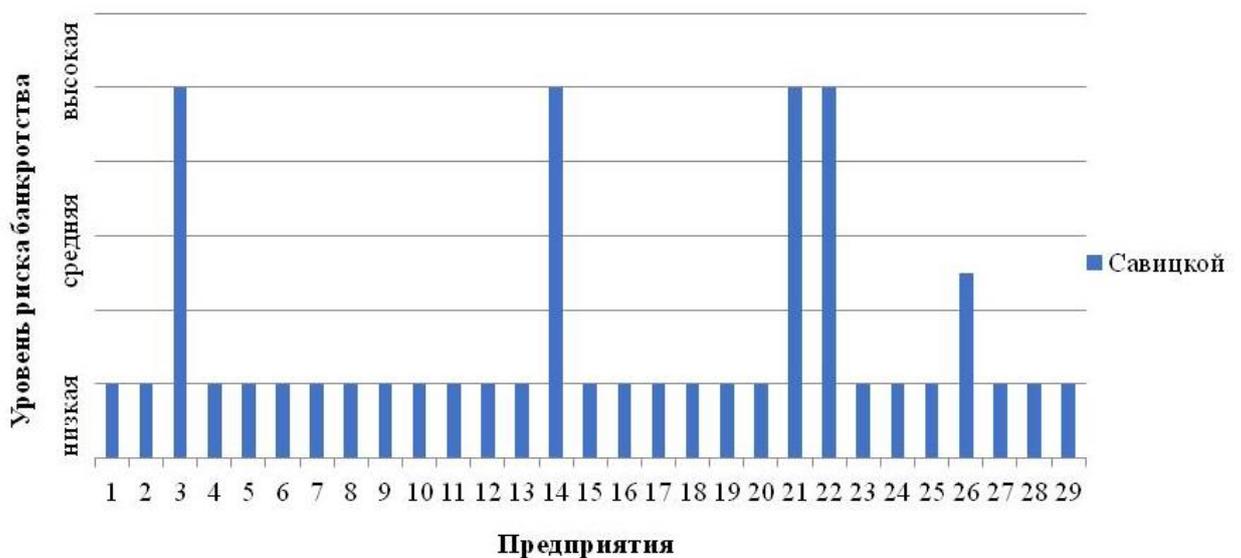


Рисунок 2.8 – Результаты работа модели Савицкой

С использованием разработанной стохастической модели получены достоверные оценки уровня риска банкротства для предприятий. Результаты подтверждаются бухгалтерской отчетностью предприятий. Для данного метода применен кластерный анализ, который позволил распределить оценки эффективности.

Рассмотрим, предприятие ООО "АМРУСОФТ" – банкрот, подтверждается информационным ресурсом [112] и сведениями арбитражного суда города

Москвы [113], дополнительно рассчитаем оценки уровня банкротства за 2016-2017 г., чтобы просмотреть состояние предприятия задолго до заявления о признании должника банкротом (Рисунок Рисунок 2.9).

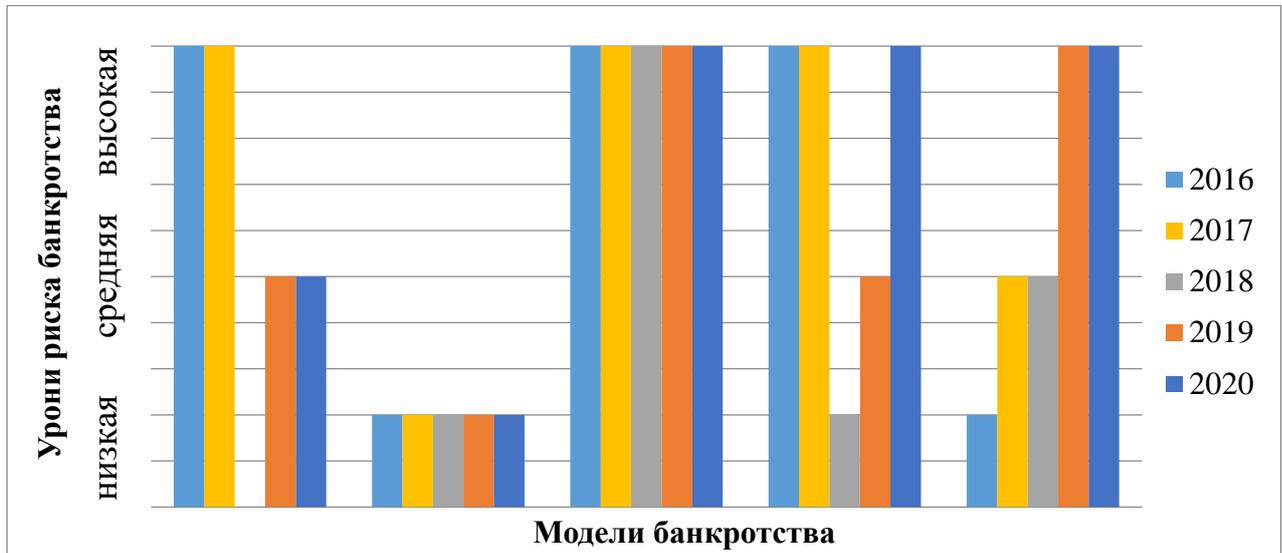


Рисунок 2.9 – Результаты оценки риска банкротства предприятия

Из рисунка можно увидеть, что ситуация с неплатежеспособностью предприятия начиная с 2016 года ухудшается, это подтверждает модель Лиса и стохастическая модель.

Таким образом, четыре модели подтвердили высокую вероятность наступления банкротства, при этом наиболее точной оказалась стохастическая модель. Модель Лиса показала на всем исследуемом периоде высокую вероятность наступления банкротства, однако стоит учесть, что данная модель зарубежная и может давать не совсем точные результаты для российских предприятий.

2.4 Выводы по второй главе

1. Предложена методика предобработки финансовых показателей для метода DEA, которая обосновывает возможность использования данного метода для оценки эффективности деятельности предприятия.

2. Разработана новая многофакторная модель SFA, позволяющая оценить эффективность деятельности предприятия с использованием финансовых показателей в качестве исходных данных, а не объемы выпускаемой продукции и затраченные ресурсы.

3. В результате проведенного анализа выявлена необходимость в разработке комплексной системы управления риском банкротства предприятия, которая реализует: сбор и обработку данных, сравнение с базовыми показателями; определяет вероятность наступления банкротства: высокая, средняя или низкая, минимизация риска.

ГЛАВА 3. ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ВЫРУЧКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Стратегия управления финансовыми показателями

Управление выручкой предприятия включает в себя манипуляцию с ценами, увеличение объемов продаж, поиск новых рынков и сегментов, использование эффективных маркетинговых инструментов, выявление и использование сильных и слабых сторон продуктов или услуг предприятия. Целью управления является увеличение доходов, уменьшение расходов и повышение прибыльности. Это может включать в себя улучшение процессов производства, снижение цен на товары или услуги, а также поиск новых источников доходов. Показатели для малых предприятий были взяты из регламентированных отчетов «Бухгалтерский баланс» и «Отчет о финансовых результатах» [114]. В таблице 3.1 приведены обозначения и описание показателей предприятий малого бизнеса.

Таблица 3.1 — Показатели малого бизнеса

Обозначение показателя [□]	Описание показателя [□]
<i>Rev</i> [□]	Выручка [¶] Отображается в «Отчете о финансовых результатах», строка 2110. [□]
<i>X1</i> [□]	«Итого по разделу I» (Внеоборотные активы) рассчитывается как [¶] Отображается в «Бухгалтерском балансе», строка 1100. [□]
<i>X2</i> [□]	«Итого по разделу II» (Оборотные активы) [¶] Отображается в «Бухгалтерском балансе», строка 1200. [□]
<i>X3</i> [□]	«Итого по разделу III» (Капитал и резервы) [¶] Отображается в «Бухгалтерском балансе», строка 1300. [□]
<i>X4</i> [□]	«Итого по разделу IV» (Долгосрочные обязательства) [¶] Отображается в «Бухгалтерском балансе», строка 1400. [□]
<i>X5</i> [□]	«Итого по разделу V» (Краткосрочные обязательства) [¶] Отображается в «Бухгалтерском балансе», строка 1500. [□]

На данные показатели накладываются следующие ограничения:

- 1) $X1 + X2 = X3 + X4 + X5$;
- 2) $X1 + X2 = 1$;

$$3) X_3 + X_4 + X_5 = 1.$$

Такие ограничения не позволяют управлять каждым из балансовых показателей по отдельности. Чтобы справиться с этой проблемой, возможно сформировать три группы стратегий управления, основанных на нескольких показателях. Такой подход позволяет сделать более точные прогнозы, оценить взаимосвязь между различными показателями и улучшить управление финансами и экономикой в целом.

Выделяют три группы стратегий управления балансовыми показателями:

1. Показатели «Внеоборотные активы» и «Оборотные активы» относятся к активу баланса. Регулирование подобными показателями состоит в воздействии на перераспределение средств между оборотными активами, а также используемыми внеоборотными активами предприятия. Оборотные активы состоят из товаров на складах, запасов и денежных средств. Они участвуют в текущем бизнес-процессе и в кратчайшие сроки могут быть преобразованы в денежные средства. Внеоборотные активы включают в себя здания, землю и оборудование, которые используются долгосрочно.

2. Показатели «Капитал и резервы», «Долгосрочные обязательства» и «Краткосрочные обязательства» относятся к пассиву баланса. Управление такими показателями возможно, как двумя сразу или одновременно всеми показателями. Регулирование подобными показателями заключается в перераспределении денег между капиталом, резервами, а также долгосрочными (краткосрочными) обязательствами предприятия. Например, снижение объемов краткосрочных обязательств возможно с привлечением кредитов и займов на долгосрочной основе.

3. Активно-пассивная группа, которая позволяет одновременно изменять несколько показателей, как из активной, так и пассивной части баланса предприятия. Это позволяет достигать баланса между различными финансовыми показателями, обеспечивая эффективное использование имеющихся ресурсов и минимизацию финансовых рисков. Например, снижение объемов запасов товаров на складе и одновременно сокращение суммы задолженности перед

поставщиками. Это позволит освободить денежные средства и уменьшить общую сумму задолженности предприятия.

Общие меры по восстановлению платежеспособности предприятия:

1) регулирование финансового положения предприятия. Для этого необходимо отслеживать и контролировать финансовые показатели предприятия, такие как прибыль, потери, расходы, доходы, денежные потоки. Необходимо, чтобы расходы были ниже доходов, а прибыль – выше потерь;

2) оптимизация бизнес-процессов. Необходимо провести анализ бизнес-процессов предприятия, улучшить их эффективность, ускорить работу, уменьшить затраты, улучшить качество продуктов/услуг;

3) развитие новых рынков и продуктов/услуг. Развитие и расширение бизнеса в сторону новых рынков и продуктов/услуг может увеличить доходы и улучшить финансовое положение предприятия;

4) регулярный аудит и консультации;

5) анализ рынка и конкурентов. Изучение рынка, а также анализ конкурентов позволяет определить слабые и сильные стороны компании, а также выбрать наиболее эффективные стратегии развития;

6) определение целей и стратегий. Необходимо ясно определить цели и стратегии для успешного развития предприятия, эффективный маркетинг и повышение прибыли;

7) оценка эффективности и контроль. Необходимо регулярно проводить оценку эффективности выполнения плана мероприятий и при необходимости вносить корректировки.

Таким образом, взаимосвязь между балансовыми показателями требует комплексного подхода к управлению. Формирование групп стратегий управления может стать важным инструментом в достижении целей устойчивого развития и экономического роста предприятий.

3.2 Динамическая модель управления выручкой предприятия с учетом эффективности его деятельности

3.2.1 Описание динамической модели

Допустим, выявлено m ключевых показателей, которые критически влияют на оценку риска банкротства, а также на выручку, как главный источник формирования финансовых ресурсов компании. Если значения этих показателей опустились ниже допустимых уровней, то мы должны увеличить их, чтобы избежать банкротства. Для достижения этой цели необходимы инвестиции в предприятие [115].

Обозначим за $x_{ji}(t)$, $j=1, \dots, n$; $i=1, \dots, m$ финансовые показатели j -го предприятия в момент времени t ($t=0, \dots, T-1$), где n – количество предприятий; T – планируемый момент времени выхода предприятия из критического состояния; $x_i^0(t)$ – плановые значения показателей, соответствующих устойчивому функционированию предприятия; $V_j(t)$ – выручка от реализации продукции j -го предприятия, которую должно иметь предприятие для вывода предприятия из кризиса (фактически это связано с дополнительным объемом инвестиций в предприятие, необходимым для выхода из кризиса); $V^0(t)$ – плановая выручка, необходимая для устойчивого функционирования предприятия. Предполагается, что часть этой выручки вкладывается в производство [115].

Зависимость выручки j -го предприятия от времени представим в виде множественной регрессии [109]

$$V_j(t) = \sum_{i=1}^m a_i(j) \cdot x_{ji}(t), \quad (3.1)$$

где a_i – коэффициенты регрессии.

Зависимость плановой выручки представляется в виде

$$V_j^0(t+1) = (1 + \mu_j^0(t))V_j^0(t), \quad (3.2)$$

где $\mu_j^0(t)$ – желаемый темп роста выручки j -го предприятия. Темп роста выручки должен быть таким, чтобы плановая выручка, как минимум, покрывала инфляцию [114, 115].

Зависимость финансового показателя $x_{ji}(t)$ от времени представляется в форме

$$x_{ji}(t+1) = (x_{ji}(t) + u_{ji}(t)), \quad i=1, \dots, m.$$

Здесь $u_{ji}(t)$ – приращение показателя $x_{ji}(t)$ ($u_{ji}(t) > 0$ – увеличение; $u_{ji}(t) < 0$ – уменьшение). Тогда выручка j -го предприятия от времени может быть представлена в виде

$$V_j(t+1) = \sum_{i=1}^m a_i(j) \cdot (x_{ji}(t) + u_{ji}(t)) = V_j(t) + \sum_{i=1}^m a_i(j) \cdot u_{ji}(t). \quad (3.3)$$

В качестве целевой функции выберем квадратичный функционал:

$$J_j = \sum_{t=0}^{T-1} \left[[V_j(t) - V_j^0(t)]^2 + (u_j(t))^T R(t) (u_j(t)) \right] + [V_j(T) - V_j^0(T)]^2, \quad (3.4)$$

Данный функционал характеризует качество процесса слежения за плановой выручкой предприятия. Минимизируя этот функционал, мы тем самым обеспечим выход предприятия на плановый режим [115].

Пусть $R(t)$ – диагональная матрица весовых коэффициентов. Подставим в (3.5) формулу (3.2). Критерий качества J примет форму

$$J_j = \left\{ \sum_{t=0}^{T-1} \left[\sum_{i=1}^m (a_i(t) \cdot (x_{ji}(t) + u_{ji}(t))) - V_j^0(t+1) \right]^2 + \sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=1}^m (u_{ji}(t))^T R(t) (u_{ji}(t)) \right\} \rightarrow \min_{u_{ji}(t)}. \quad (3.5)$$

Итак, есть задача оптимального управления, в которой многошаговый процесс (3.3) описывает уравнение состояния, а выражение (3.5) определяет

функционал качества. Управление задается вектором $u(t)$. Введем ограничения на финансовые показатели [115].

$$\begin{aligned} x_i^{\min}(t) &\leq x_{ji}(t) + u_{ji}(t) \leq x_i^{\max}(t), \\ i &= 1, \dots, m; \\ t &= 0, \dots, T-1 \end{aligned} \quad (3.6)$$

где $x_i^{\min}(t)$, $x_i^{\max}(t)$ – минимальное и максимальное значения финансовых показателей.

Рассмотрим ещё одно ограничение, связанное с эффективностью деятельности предприятия. Для учета эффективности будем использовать метод SFA. Метод SFA применяется для оценки технической эффективности деятельности предприятия и основан на её производственной функции, связывающей объём выпускаемой продукции с объёмами потребляемых ресурсов [75, 115]. Предполагается, что вариация продуктивности связана как с неэффективностью деятельности, так и с «шумом», поэтому граница эффективности напрямую зависит от фактических результатов деятельности. При этом неэффективность распределена несимметрично, а случайная ошибка подчиняется симметричному распределению [75]. В данной работе вместо производственной функции мы будем использовать финансовые показатели.

Суть метода SFA состоит в следующем. Отклонение модельных от реальных данных по выручке для j -го экономического объекта в момент времени t представляет собой ошибку $\varepsilon_j(t)$ модели [115].

$$\begin{aligned} \varepsilon_j(t+1) &= V_j^0(t+1) - \left(\sum_{i=1}^m a_i(t) \cdot (x_{ij}(t) + u_{ij}(t)) \right), \\ j &= 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (3.7)$$

где $a_i(t)$ – коэффициент регрессии, связывающей для данного момента t сравниваемые между собой предприятия; $x_{ji}(t)$ – i -й показатель j -го объекта; n – количество предприятий.

Представим случайную ошибку в виде $\varepsilon_j = y_j - e_j$, где y_j – случайная ошибка, связанная с внешними причинами, не зависящими от деятельности экономического объекта; e_j – случайный фактор, связанный с деятельностью предприятия, который получил название в литературе [75, 115, 116, 117] неэффективность деятельности.

Для построения модели необходимо задать вероятностные распределения случайных величин y_j и e_j в виде

$$\begin{aligned} f_y(y_j) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \exp\left(-\frac{(y_j)^2}{2\sigma_y^2}\right), \\ f_e(e_j) &= \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_e} \cdot \exp\left(-\frac{e_j^2}{2\sigma_e^2}\right), \quad e_j \geq 0 \end{aligned} \quad (3.8)$$

$$j = 1, \dots, n$$

здесь j – номер экономического объекта, $j=1, \dots, n$ (n – количество рассматриваемых предприятий); y_j – случайная ошибка с параметрами $M(y_j)=0$, $D(y_j)=\sigma_y^2$ учитывает влияние внешних факторов на деятельность экономического объекта; e_j – неотрицательная случайная ошибка с параметрами $M(y_j)=\sigma_u \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}}$, $M(y_j)=\sigma_u^2 \left(1 - \frac{2}{\pi}\right)$ [75]. Величина e_j учитывает «неэффективность» работы экономического объекта, а $\varepsilon_j = y_j - e_j$ (случайная ошибка) описывает отклонение от границы производственных возможностей [75].

Плотность вероятностей случайной величины $\varepsilon_j = y_j - e_j$ имеет вид

$$\begin{aligned}
f(\varepsilon_j) &= \int_0^{\infty} f_v(\varepsilon_j + e_j) f_e(e_j) de_j = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_e} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{(\varepsilon_j + e_j)^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{e_j^2}{2\sigma_e^2}\right) de_j = \quad , \quad (3.9) \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}} \cdot \exp\left(-\frac{\varepsilon_j^2}{2(\sigma_y^2 + \sigma_e^2)}\right) \left(1 - \operatorname{erf}\left(\varepsilon_j \cdot \frac{\sigma_e/\sigma_y}{\sqrt{2}\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}\right)\right)
\end{aligned}$$

где $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt$.

Условная плотность вероятностей случайной величины e_j

$$f(e_j/\varepsilon_j) = \frac{f(e_j, \varepsilon_j)}{\int_0^{\infty} f(e_j, \varepsilon_j) de_j} = \frac{f(e_j, \varepsilon_j)}{f(\varepsilon_j)}, \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned}
f(e_j, \varepsilon_j) &= f_v(\varepsilon_j + e_j) f_e(e_j) = \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot \exp\left(-\frac{(\varepsilon_j + e_j)^2}{2\sigma_y^2}\right) \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_e} \cdot \exp\left(-\frac{e_j^2}{2\sigma_e^2}\right) = \quad (3.11) \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_e^2}} \cdot \exp\left(-\frac{\varepsilon_j^2}{2(\sigma_v^2 + \sigma_e^2)}\right) \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(e_j + \varepsilon_j a)^2}{2\sigma^2}\right).
\end{aligned}$$

Подставим (3.9) и (3.11) в (3.10) получим (3.12)

$$f(e_j/\varepsilon_j) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \frac{\exp\left(-\frac{(e_j + \varepsilon_j c)^2}{2\sigma^2}\right)}{\left(1 - \operatorname{erf}\left(\varepsilon_j \frac{c}{\sqrt{2}\sigma}\right)\right)}, \quad (3.12)$$

где

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_e^2 \sigma_y^2}{(\sigma_y^2 + \sigma_e^2)}, \quad c = \frac{\sigma_e^2}{(\sigma_y^2 + \sigma_e^2)}. \quad (3.13)$$

Вычислим условный момент $M(e_j / \varepsilon_j) = \int_0^{\infty} e_j \cdot f(e_j / \varepsilon_j) de_j$, который используется в качестве оценки неэффективности деятельности j -го предприятия [104, 105].

$$\begin{aligned}
 ee_j &= M(e_j / \varepsilon_j) = \int_0^{\infty} e_j \cdot f(e_j / \varepsilon_j) de_j = \\
 &= \sqrt{2} \frac{\sigma_y \sigma_e}{\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}} \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp\left(-\varepsilon_j^2 \left(\frac{\sigma_e / \sigma_y}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}\right)^2\right)}{1 - \operatorname{erf}\left(\varepsilon_j \frac{\sigma_e / \sigma_y}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}\right)} - \varepsilon_j \frac{\sigma_e / \sigma_y}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}} \right) \quad (3.14)
 \end{aligned}$$

где ε_j - ошибка модели, вычисленная по формуле (3.7)

$$\varepsilon_j(t+1) = V_j^0(t+1) - \left(\sum_{i=1}^m a_i(t) \cdot (x_{ij}(t) + u_{ij}(t)) \right) \quad (3.15)$$

где \hat{a}_i - параметр регрессионной модели

Для показателя неэффективности можно получить следующее выражение

$$ee_j = \sqrt{2} \cdot \sigma \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-\varepsilon_j^2 \cdot b^2)}{1 - \operatorname{erf}(\varepsilon_j \cdot b)} - \varepsilon_j(t) \cdot b \right), \quad (3.16)$$

где $b = \frac{\sigma_e / \sigma_y}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}$; $\sigma = \frac{\sigma_y \sigma_e}{\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_e^2}}$; $\varepsilon_j(t)$ - ошибка модели, вычисленная по

формуле (3.7), в которой используются найденные коэффициенты регрессии $a_i(t)$

Показатель технической эффективности JMLS равен [102]

$$T_j^{JMLS} = \exp(-ee_j) \quad (3.17)$$

Введем ограничение на показатель неэффективности

$$T_j^{JMLS} \geq \text{eff}_j \quad (3.18)$$

где eff_j – желаемый уровень эффективности j -го экономического объекта.

Запишем модель динамической задачи

$$J_j = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=0}^{T-1} \left[a^T(j) \cdot (x_j(t) + u_j(t)) - V_j^0(t+1) \right]^2 + \\ + \sum_{t=0}^{T-1} (u_j(t))^T R(t) (u_j(t)) \end{array} \right\} \rightarrow \min_{u_j(t)} \quad (3.19)$$

$$V_j(t+1) = a^T(j) \cdot (x_j(t) + u_j(t)), \quad (3.20)$$

$$x^{\min}(t) \leq x_j(t) + u_j(t) \leq x^{\max}(t), \quad t = 0, \dots, T-1,$$

$$\exp \left(-\sqrt{2} \cdot \sigma \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-\varepsilon_j^2(t) \cdot b^2)}{1 - \text{erf}(\varepsilon_j(t) \cdot b)} - \varepsilon_j(t) \cdot b \right) \right) \geq \text{eff}_j(t) \quad (3.21)$$

Необходимо найти оптимальное решение $(\bar{x}(t), \bar{u}(t))$, которое удовлетворяет уравнению состояния (3.20) и ограничениям (3.21), при котором значение функционала (3.19)(3.5) принимает минимальное значение [115].

Для данной задачи динамического программирования с квадратичным критерием рассмотрим следующий алгоритм решения.

3.2.2 Алгоритм расчета интегрального показателя на основе однофакторной модели

Задаем начальные значения выручки предприятий $V_j(0)$, их плановых значений $V^0(0)$ и желаемый темп роста выручки $\mu^0(t)$. Задаются также границы изменения финансовых показателей отраслей, а также желаемой эффективности eff_j [115].

Введем векторы коэффициентов регрессии $a(t)$ и $a_i(t)$, вектор финансовых показателей $x(t)$ и вектор управления $u(t)$. Приведём этапы решения задачи для конкретного предприятия. В связи с этим индекс j (номер предприятия) опустим [114].

Шаг 1. Решить задачу для момента $t = 0$

$$J_j(u(0)) = \left\{ \begin{aligned} & \left[\left(a^T(j) \cdot (x_j(0) + u_j(0)) - V_j^0(1) \right)^2 + \right. \\ & \left. + u_j^T(0) R(0) u_j(0) \right] \end{aligned} \right\} \rightarrow \min_{u_j(0)}, \quad (3.22)$$

$$x^{\min}(1) \leq (x_j(0) + u_j(0)) \leq x^{\max}(1),$$

$$EXP \left(\sqrt{2} \cdot \sigma \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-(\varepsilon_j(1) \cdot b)^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon_j(1) \cdot b))} - \varepsilon_j(1) \cdot b \right) \right) \geq \operatorname{eff}(1) \quad (3.23)$$

$$x_j(1) = (x_j(0) + u_j(0)), \quad (3.24)$$

где ε_j вычисляется по формуле (3.7).

Шаг 2. Решить задачу для момента $t = 1$

$$J_j(u(1)) = \left\{ \begin{aligned} & \left[\left(a^T(j) \cdot (x_j(1) + u_j(1)) - V_j^0(2) \right)^2 + \right. \\ & \left. + u_j^T(1) R(1) u_j(1) \right] \end{aligned} \right\} \rightarrow \min_{u_j(1)}, \quad (3.25)$$

$$x^{\min}(2) \leq (x_j(1) + u_j(1)) \leq x^{\max}(2),$$

$$EXP \left(\sqrt{2} \cdot \sigma \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-(\varepsilon_j(2) \cdot b)^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon_j(2) \cdot b))} - \varepsilon_j(2) \cdot b \right) \right) \geq \operatorname{eff}(2) \quad (3.26)$$

Затем по найденному уравнению $u(1)$ вычисляется:

$$x_j(2) = (x_j(1) + u_j(1)). \quad (3.27)$$

Этап T-1. Решаем задачу для $t = T - 1$.

$$\begin{aligned} J_j(u_j(T-1)) &= \\ &= \left\{ \begin{aligned} & \left[\left(a^T(j) \cdot (x_j(T-1) + u_j(T-1)) - V_j^0(T) \right)^2 + \right. \\ & \left. + u_j^T(T-1) R(T-1) u_j(T-1) \right] \end{aligned} \right\} \rightarrow \min_{u_j(T-1)} \end{aligned} \quad (3.28)$$

$$x^{\min}(T) \leq (x_j(T-1) + u_j(T-1)) \leq x^{\max}(T),$$

$$EXP \left(\sqrt{2} \cdot \sigma \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{\exp(-(\varepsilon_j(T) \cdot b)^2)}{(1 - \operatorname{erf}(\varepsilon_j(T) \cdot b))} - \varepsilon_j(T) \cdot b \right) \right) \geq \operatorname{eff}(T) \quad (3.29)$$

По найденному управлению $u_j(T-1)$ вычисляем:

$$x_j(T) = (x_j(T-1) + u_j(T-1)). \quad (3.30)$$

3.2.3 Рассмотрение динамической модели на примере предприятий малого бизнеса

Полученная модель была применена для моделирования управления финансовыми показателями российских предприятий моногорода.

Годовая отчетность каждого предприятия является исходными данными для анализа и содержит множество показателей. Однако не все показатели присутствуют в отчетности каждого предприятия. Например, бухгалтерский баланс состоит из 5 разделов, и количество показателей в каждом разделе может различаться. Именно по этой причине принято решение изучить обобщенные показатели по каждому разделу баланса [115]. В отчете о финансовых результатах выбран только один показатель – "выручка". Данный показатель является одним из ключевых в бизнес-среде и часто служит основой для оценки деятельности предприятия [115].

Применена технология загрузки и автоматической обработки отчетности малого предприятия [118]. Загрузка данных включает следующие задачи:

1. Формирование списка предприятий малого бизнеса моногорода;
2. Определение периода исследования, за который необходимо загрузить данные.
3. Непосредственная загрузка данных с возможностью максимальной авторизации данной процедуры.

Исходные данные по выручке предварительно нормировались, так как размерность исходных данных различна. Для всех отраслей малого бизнеса моногорода, указанных в таблице 3.2 выполнена процедура нормировки. Нормирование выручки проводилось следующим образом: текущее значение показателя делилось на найденное максимальное значение выручки [114].

Таблица 3.2 – Отрасли экономики моногорода

Номер отрасли	Наименование отрасли
1	Обрабатывающие производства
2	Строительство
3	Оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного использования
4	Деятельность гостиниц и ресторанов
5	Транспорт и связь
6	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг

В таблице 3.3 приведены нормировки для 6 отраслей. Здесь *Rev* – реальная выручка, *Rev_n* – нормированная выручка.

Таблица 3.3 – Исходные данные

	Отрасль 1		Отрасль 2		Отрасль 3		Отрасль 4		Отрасль 5		Отрасль 6	
	<i>Rev</i> ,руб.	<i>Rev</i> <i>n</i>	<i>Rev</i> ,руб.	<i>Rev</i> <i>n</i>	<i>Rev</i> , руб.	<i>Rev</i> <i>n</i>						
2007	35089,333	0,507	9990,000	0,144	25222,125	0,364	4772,000	0,069	2125,500	0,031	14186,167	0,205
2008	43020,750	0,622	4399,667	0,064	26385,476	0,381	5094,500	0,074	4564,000	0,066	10250,500	0,148
2009	50432,250	0,729	7197,333	0,104	32815,609	0,474	6495,500	0,094	1528,000	0,022	6344,000	0,092
2010	36807,000	0,532	3260,000	0,047	29575,517	0,427	5537,667	0,080	4050,200	0,059	59215,667	0,855
2011	42645,800	0,616	1738,500	0,025	24895,818	0,360	15569,667	0,225	8388,000	0,121	41892,200	0,605
2012	28348,800	0,410	16326,000	0,236	24267,028	0,351	19913,333	0,288	6526,900	0,094	25113,200	0,363
2013	13 489,104	0,195	11837,167	0,171	19946,515	0,288	9720,000	0,140	6618,556	0,096	15222,116	0,220
2014	10726,058	0,155	8361,741	0,121	17242,640	0,249	9202,714	0,133	5929,263	0,086	15283,431	0,221
2015	11079,438	0,160	9933,313	0,144	16912,392	0,244	6055,846	0,087	12666,136	0,183	12749,232	0,184
2016	9695,729	0,140	15611,971	0,226	21315,682	0,308	6672,467	0,096	16544,957	0,239	15066,220	0,218
2017	10 793,446	0,156	16859,167	0,244	19688,458	0,284	9130,364	0,132	19722,333	0,285	14898,471	0,215
2018	14147,340	0,204	15256,120	0,220	20619,793	0,298	6105,167	0,088	12834,950	0,185	18898,216	0,273
2019	14325,078	0,207	16324,476	0,236	20414,429	0,295	6912,818	0,100	17188,000	0,248	22160,821	0,320
2020	14035,792	0,203	19480,650	0,281	23126,980	0,334	4449,500	0,064	18024,800	0,260	19277,875	0,279
2021	20172,917	0,291	9990,000	1,000	24584,538	0,355	5852,556	0,085	18699,850	0,270	18871,951	0,273

В таблице 3.4 представлены значения коэффициентов регрессии для отраслей 1-6. В данной таблице используются следующие обозначения:

X1 – внеоборотные активы;

X2 – оборотные активы;

X3 – капитал и резервы;

X4 – долгосрочные обязательства;

X5 – краткосрочные обязательства.

Эти коэффициенты регрессии были рассчитаны с помощью пакета MS Excel на основе предварительно обработанных данных.

Таблица 3.4 – Коэффициенты регрессии

Отрасль	X1	X2	X3	X4	X5
№1	-0,56256	-0,94231	2,813319	1,234472	16,37489
№2	-0,74012	-1,8269	12,72102	-1,95656	15,23503
№3	0,677137	0,309009	1,462181	-0,86176	-1,51321
№4	-0,07224	0,196955	0,564035	0,036146	-1,18152
№5	1,057226	1,133884	-7,83356	-0,92589	-5,76095
№6	-0,2081	0,044338	-1,0011	2,904171	2,577806

Рисунки 3.1-3.6 демонстрируют сравнение реальной нормированной выручки (Rev) и модельного значения выручки (Rev_m) для 6 отраслей за период с 2007 по 2021 гг. На оси ординат отображены значения показателей в условных единицах, а на оси абсцисс – годы [115]. Оранжевая линия обозначает моделируемые значения, а синяя – реальные значения. Результаты моделирования показывают соответствие реальных и моделируемых данных. Однако для отраслей №1 и 2 выявлено наибольшее расхождение (в 1,57 и 3,5 раза соответственно), поскольку реальная выручка в начале расчётного периода вычислена с помощью аппроксимации.

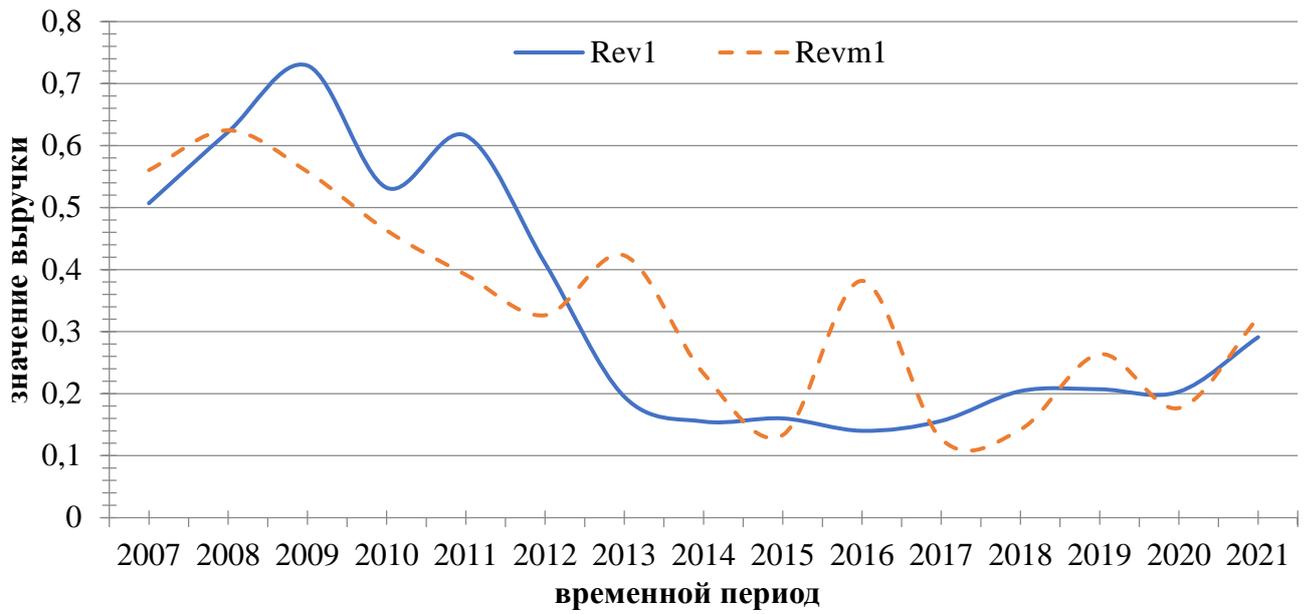


Рисунок 3.1 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (3.2) для отрасли №1

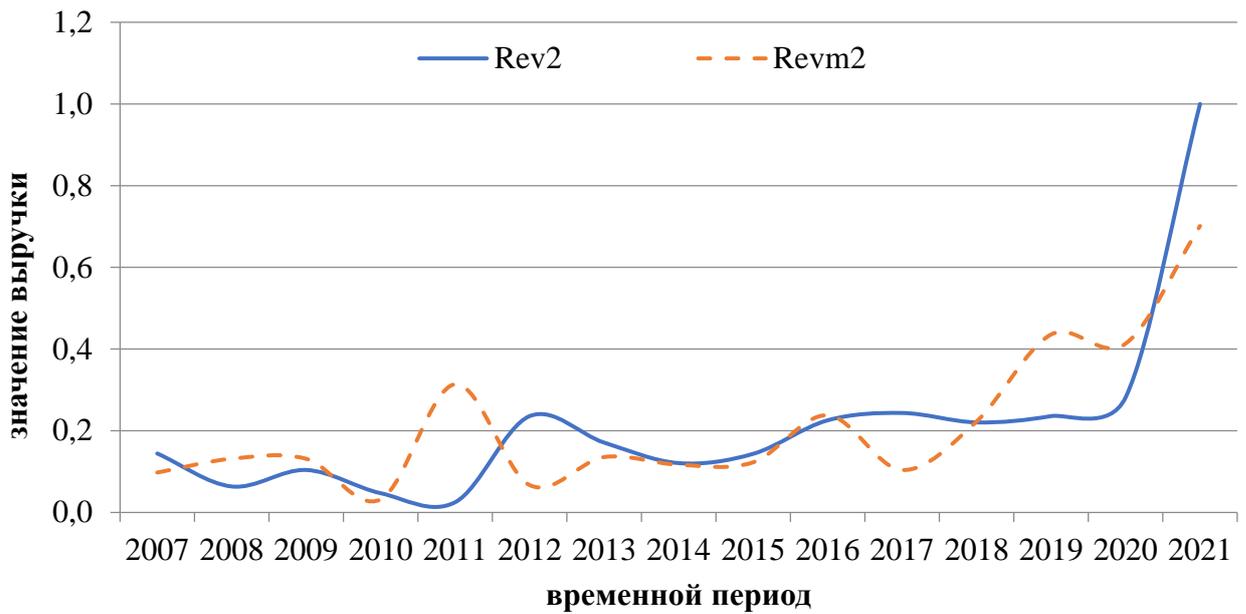


Рисунок 3.2 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (3.2) для отрасли №2

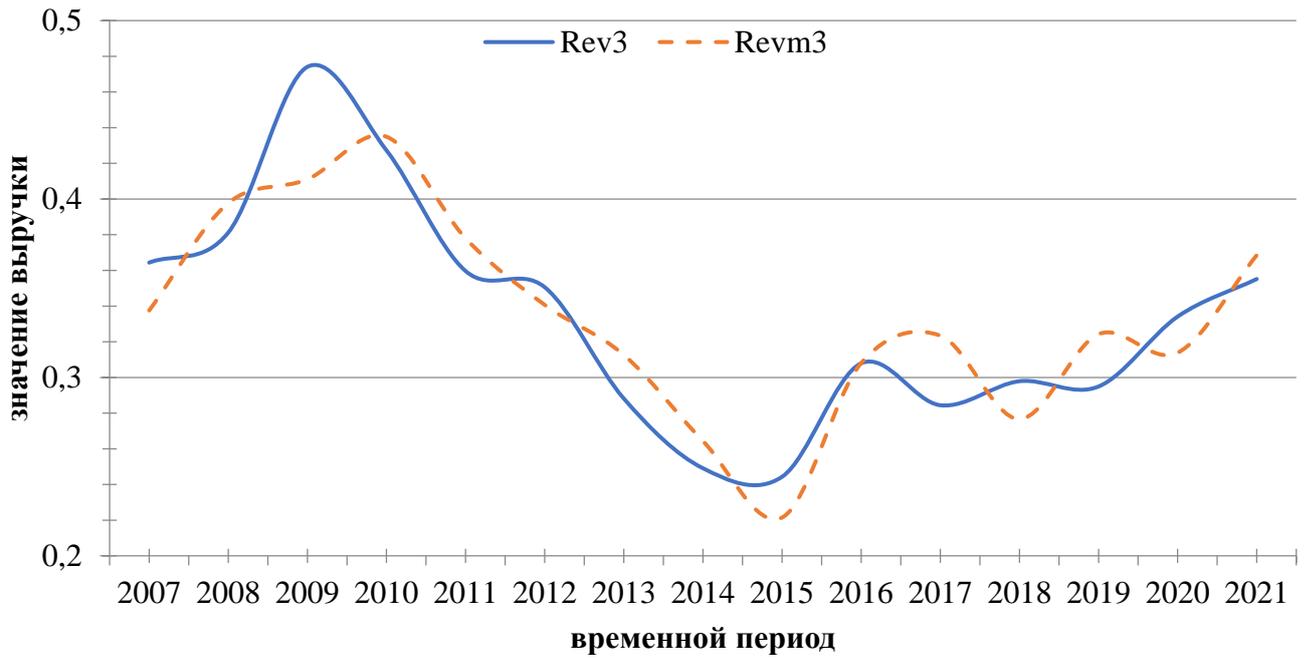


Рисунок 3.3 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (3.2) для отрасли №3

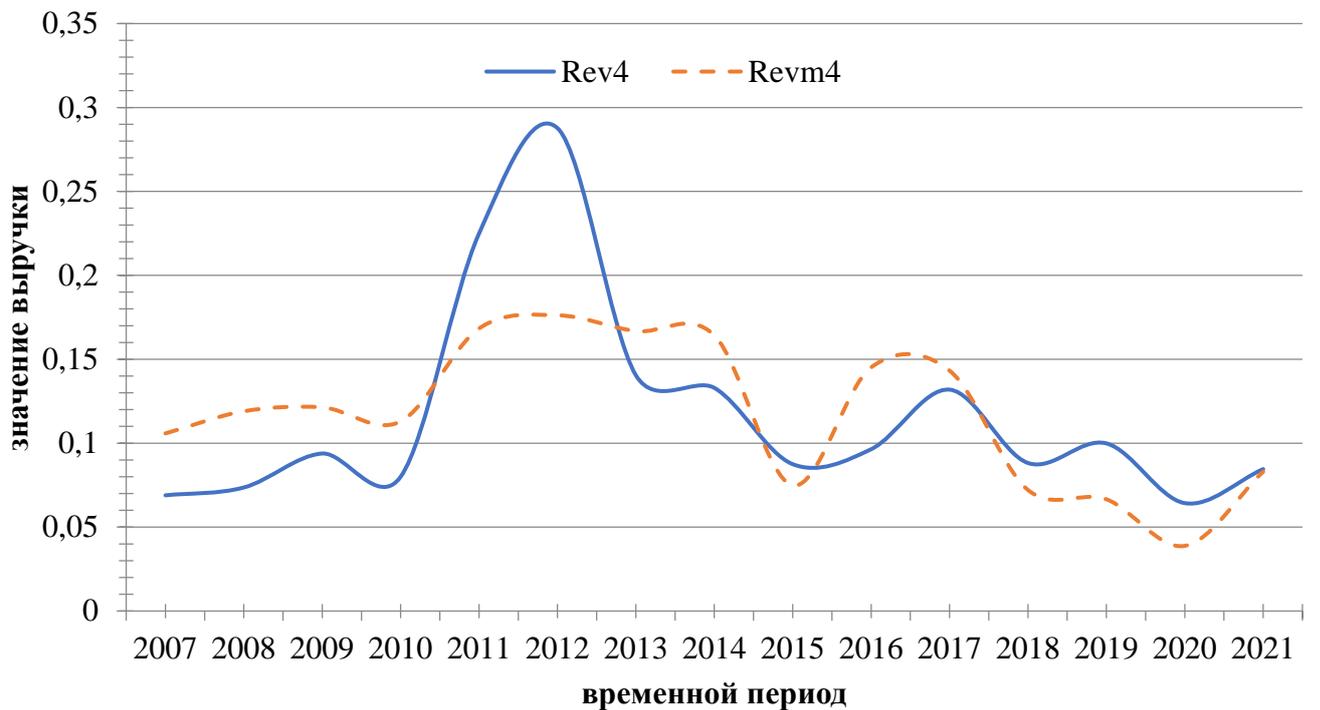


Рисунок 3.4 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (3.2) для отрасли №4

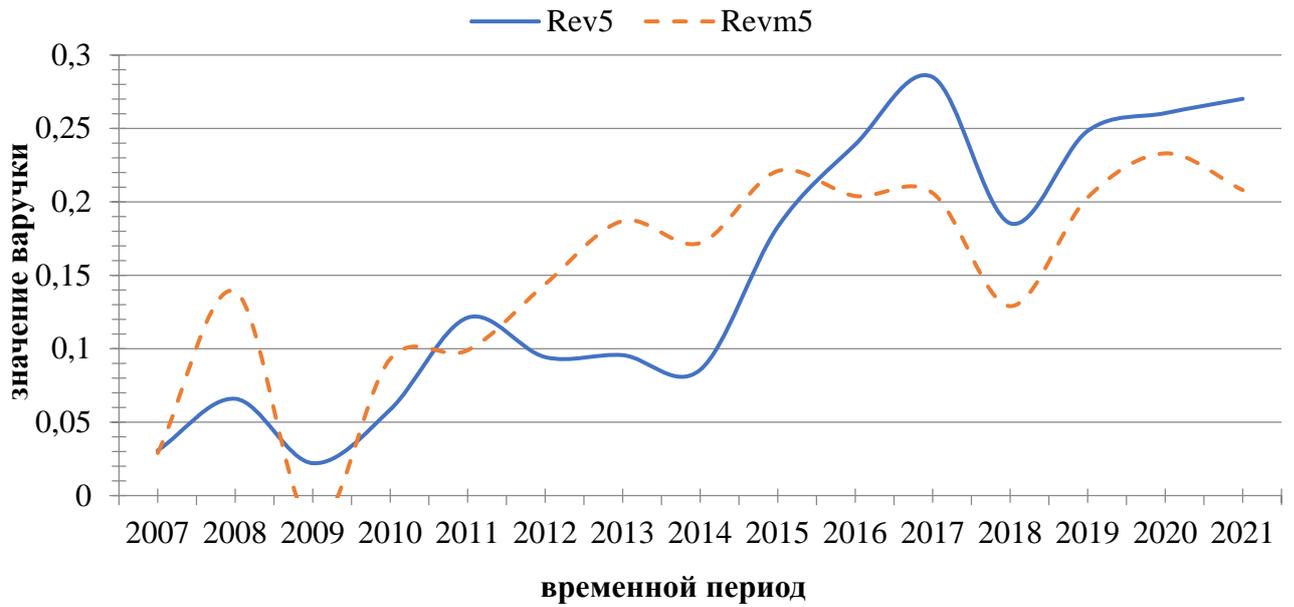


Рисунок 3.5 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (3.2) для отрасли №5

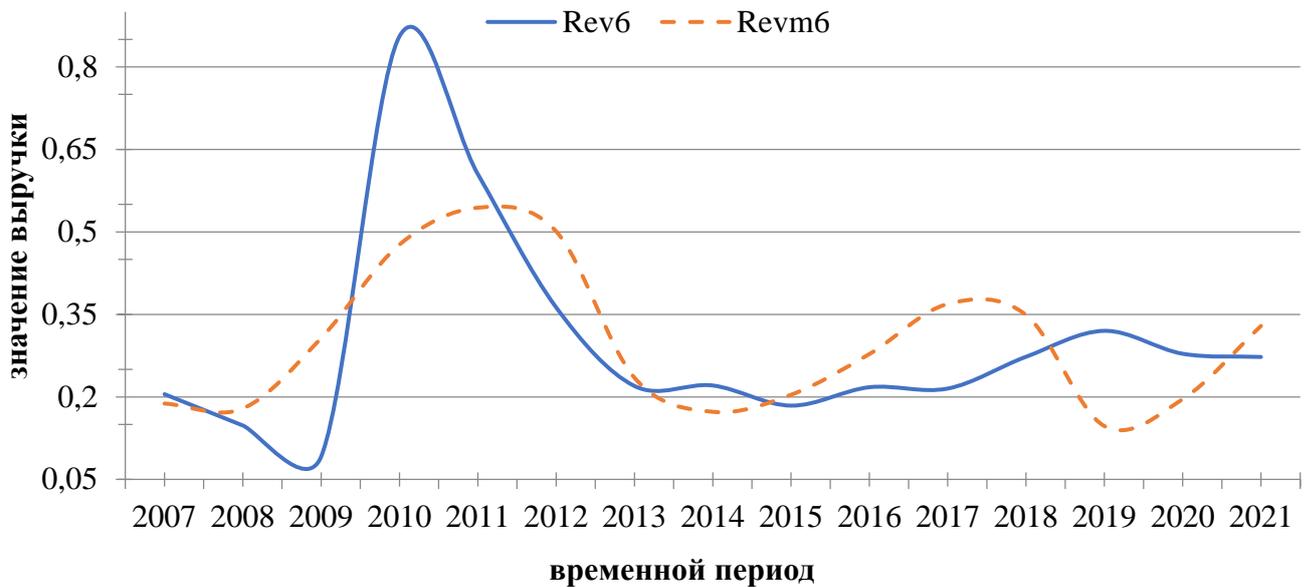


Рисунок 3.6 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (3.2) для отрасли №6

Расчет параметров темпов изменения показателей $\mu_i(t)$ проводился на основе исторических данных по формуле (3.31)

$$\mu_i(t) = \frac{\sum_{t=2}^T x_i(t)x_i(t-1)}{\sum_{t=2}^T (x_i(t-1))^2} - 1, i = 1, \dots, n \quad (3.31)$$

Результаты расчетов $\mu_i(t)$ представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Параметры темпов изменения показателей

Отрасль	$\mu_j(t)$				
№1	0,196386	0,616996	0,008233	0,014397	0,00311
№2	0,067032	0,820458	0,00479	0,000556	0,006921
№3	0,076643	0,735129	0,010589	0,00299	0,020087
№4	0,239288	0,58449	0,007383	0,213352	0,001686
№5	0,527567	0,350937	0,004393	0,057926	0,005339
№6	0,146914	0,690977	0,004453	0,000587	0,018444

Переходим к задаче управления выручкой предприятия путем решения задачи динамического программирования с квадратичным критерием и ограничениями. На рисунках 3.7 – 3.12 показан процесс слежения за плановым показателем выручки. По оси ординат отображается значение показателя, а по оси абсцисс – период в годах с 2013 по 2020 гг. Сплошной линией обозначено моделируемое поведение исследуемого показателя (V_0), а пунктирной – желаемые значения показателя (V).

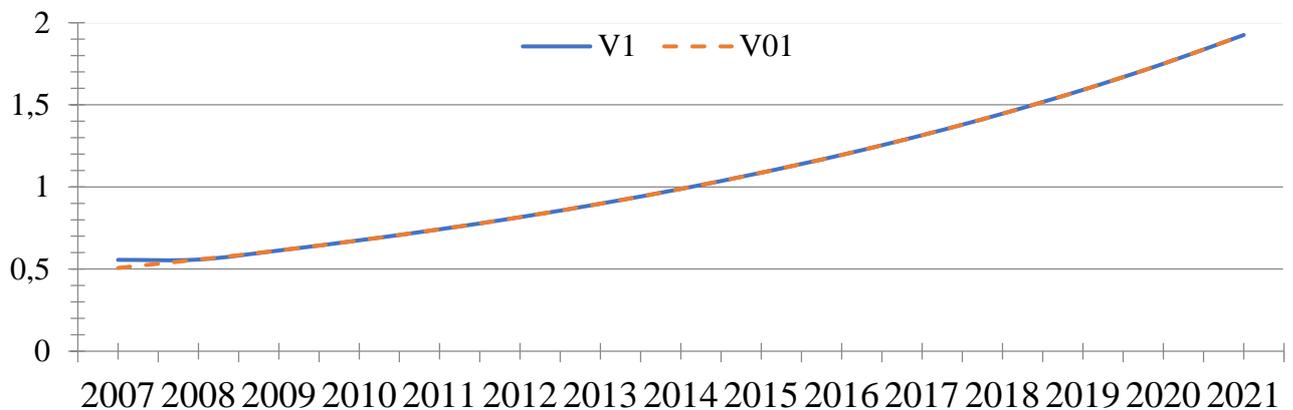


Рисунок 3.7 – График слежения за плановым показателем выручки

для отрасли №1

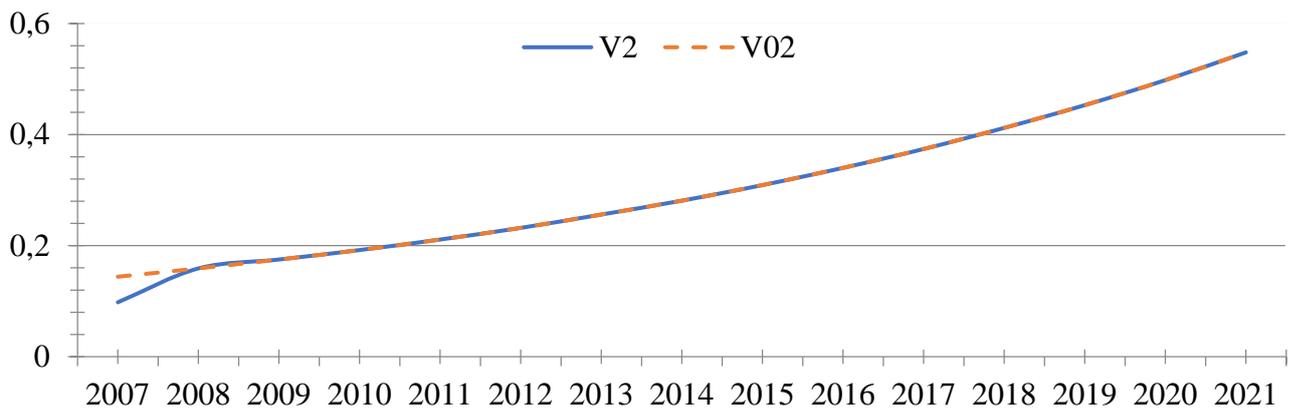


Рисунок 3.8 – График слежения за плановым показателем выручки

для отрасли №2

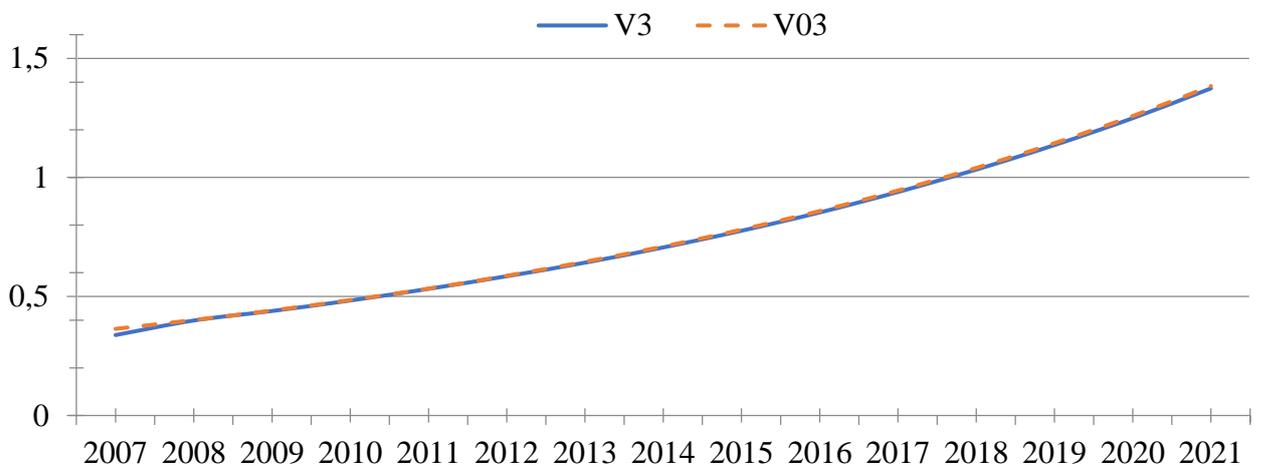


Рисунок 3.9 – График слежения за плановым показателем выручки

для отрасли №3

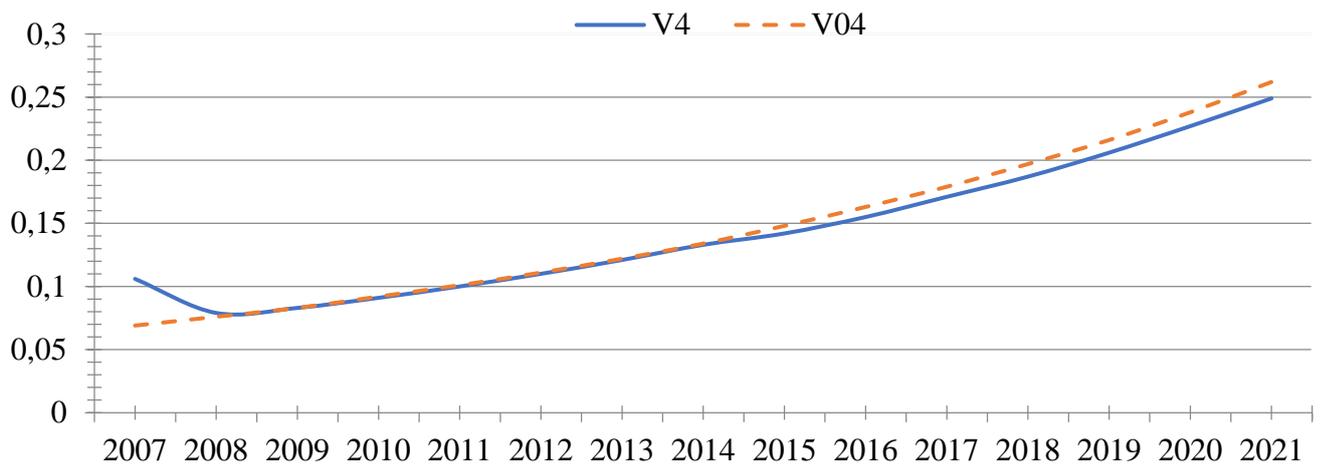


Рисунок 3.10 – График слежения за плановым показателем выручки

для отрасли №4

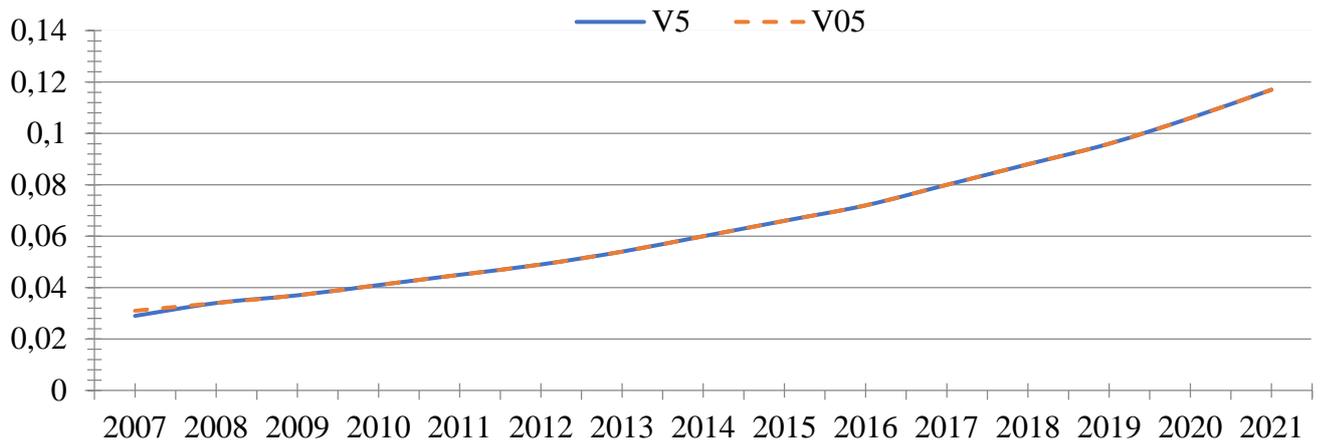


Рисунок 3.11 – График слежения за плановым показателем выручки
для отрасли №5

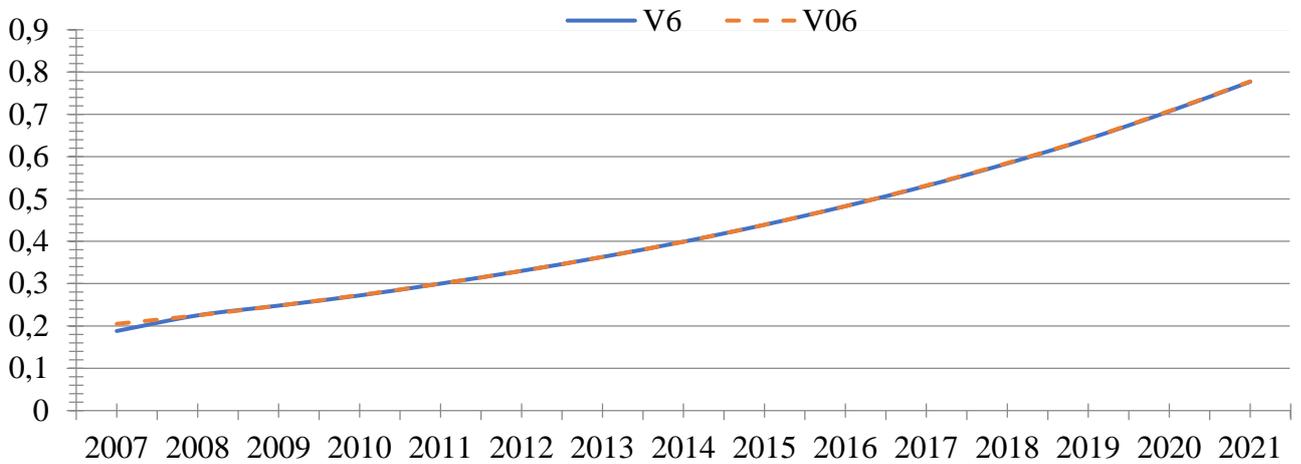


Рисунок 3.12 – График слежения за плановым показателем выручки
для отрасли №6

Показатель эффективности принимает значение от 0 до 1. Чем он ближе к единице, тем более эффективным считается предприятие, и наоборот. При решении задач показатель задавался $eff = 0,5$, определяя таким образом среднее значение показателя эффективности.

В таблице 3.6 представлены результаты оценки эффективности деятельности отраслей малого бизнеса моногорода.

Таблица 3.6 – Значения оценки эффективности

	Период	Отрасль					
		№1	№2	№3	№4	№5	№6
T_j^{JMLS}	2007	0,227	0,22	0,22	0,213	0,216	0,223
	2008	0,822	0,817	0,828	0,804	0,82	0,816

2009	0,807	0,948	0,836	0,78	0,843	0,806
2010	0,845	0,947	0,791	0,763	0,813	0,776
2011	0,786	0,943	0,822	0,807	0,871	0,827
2012	0,837	0,951	0,843	0,823	0,78	0,834
2013	0,824	0,951	0,846	0,819	0,759	0,82
2014	0,859	0,955	0,88	0,828	0,698	0,839
2015	0,785	0,949	0,745	0,807	0,823	0,788
2016	0,9	0,939	0,819	0,922	0,86	0,569
2017	0,959	0,954	0,959	0,953	0,807	0,833
2018	0,982	0,965	0,991	0,98	0,758	0,933
2019	0,764	0,905	0,897	0,677	0,919	0,84
2020	0,988	0,972	0,998	0,991	0,699	0,982
2021	0,962	0,953	0,989	0,953	0,824	0,955

На рисунке 3.13 представлен график поведения показателя эффективности для отраслей экономики.

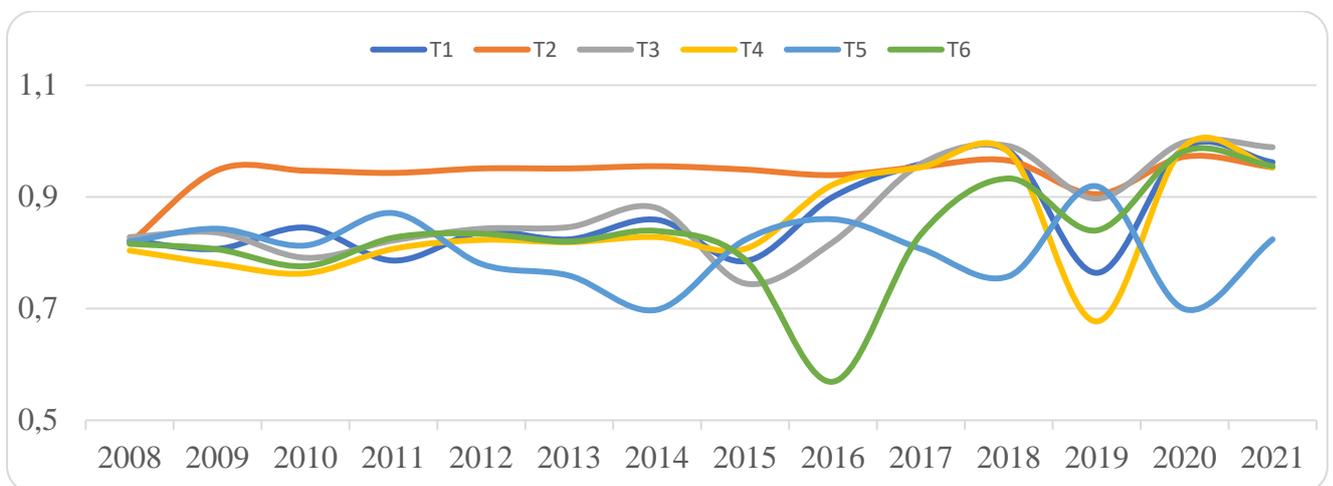


Рисунок 3.13 – График поведения показателя эффективности по отраслям

Графики, полученные в результате расчетов, указывают на возможность использования эффективности в качестве ограничения для достижения плановых устойчивых значений выручки. Это означает, что при управлении финансовыми показателями в определенный промежуток времени можно ориентироваться только на один фактор – эффективность. Однако стоит отметить, что такая

однофакторная модель имеет свои ограничения и не учитывает все аспекты финансовой деятельности предприятия.

3.3 Сравнение предложенного алгоритма решения динамической задачи с классическим алгоритмом

Классическим методом решения динамической задачи с ограничениями является редукция к задаче квадратичного программирования [119].

Вводится составной вектор U размерности $(m \cdot T \times 1)$

$$U = \begin{pmatrix} u(0) \\ u(1) \\ \dots \\ u(T-1) \end{pmatrix} \quad (3.32)$$

Определяется блочно-диагональная матрица размерности $(m \cdot T) \times (m \cdot T)$

$$A = \begin{pmatrix} R & 0 & \dots & 0 \\ 0 & R & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & R \end{pmatrix} \quad (3.33)$$

Зададим составной вектор финансовых показателей и вектора ограничений показателей размерности $(m \cdot T \times 1)$

$$VX = \begin{pmatrix} x(0) + u(0) \\ x(0) + u(0) + u(1) \\ \dots \\ x(0) + \sum_{k=0}^{T-1} u(k) \end{pmatrix}, \quad (3.34)$$

$$X_{\min} = \begin{pmatrix} x_{\min}(0) \\ x_{\min}(1) \\ \dots \\ x_{\min}(T-1) \end{pmatrix}, \quad X_{\max} = \begin{pmatrix} x_{\max}(0) \\ x_{\max}(1) \\ \dots \\ x_{\max}(T-1) \end{pmatrix}$$

Введем вектор E размерности T

Таблица 3.7 – Сравнение времени счета

Номер отрасли	Пошаговый алгоритм	Алгоритм на основе квадратичного программирования	Выигрыш во времени расчёта
1	0,234	4,970	21
2	0,218	4,719	21
3	0,250	6,407	25
4	0,203	7,484	36
5	0,203	4,828	23
6	0,250	4,843	19
среднее значение	0, 226	4,83	24

Из таблицы 3.7 следует, что выигрыш во времени составляет 19-36 раз.

3.4 Выводы по третьей главе

1. В процессе исследования выявлены основные факторы, оказывающие значительное влияние на малый бизнес в моногородах. Этими факторами являются показатели бухгалтерской отчетности, а именно выручка и итоговые разделы бухгалтерского баланса.

2. В целях повышения эффективности малого бизнеса определены существующие отрасли в экономике моногорода. Выполнена модификация динамической модели управления выручкой предприятия, которая позволяет учитывать эффективность деятельности предприятий малого бизнеса.

3. Полученные результаты исследования подтверждают, что метод SFA может быть использован для оценки эффективности различных отраслей малого бизнеса в моногороде. Это позволит принимать обоснованные управленческие решения с целью улучшения определенных секторов экономики города.

4. Пошаговый алгоритм решения динамической задачи позволяет сократить время счета в 19-36 раз по сравнению с алгоритмом на основе редукции к задаче квадратичного программирования.

ГЛАВА 4. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ ВЫРУЧКОЙ ПРЕДПРИЯТИЙ

4.1 Общие сведения о программном комплексе

Для разработки комплекса программ выбран язык программирования Python, он применим для широкого круга задач и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими языками:

1) Простой и понятный синтаксис, что также делает код на Python более читаемым и понятным для других разработчиков.

2) Большое количество библиотек и фреймворков, в том числе для научных вычислений и анализа данных. Эти инструменты могут значительно ускорить разработку, так как разработчикам не нужно писать код «с нуля».

3) Кроссплатформенность. Python может использоваться на всех основных операционных системах, включая Windows, macOS и Linux.

Для создания комплекса программ использована среда разработки Spyder. Пользовательский интерфейс программы создан с помощью инструментария Qt Designer.

Полученные в рамках диссертационного исследования результаты легли в основу комплекса программ для вычисления оценки эффективности и управления выручкой предприятия.

Основные требования к разрабатываемому комплексу являются:

1. Пользовательский интерфейс должен быть интуитивно понятным и удобным для работы.

2. Для обеспечения эффективной процедуры ввода данных необходимо предусмотреть возможность загрузки информации как вручную из файлов, так и автоматического сбора данных с сайтов-провайдеров, которые свободно доступны в интернете. Таким образом, пользователи смогут получить полный и точный набор информации для дальнейшего анализа и использования.

3. Комплекс должен включать расчет оценок эффективности с помощью параметрического метода SFA и непараметрического метода DEA.

4. Комплекс должен поддерживать возможность отображения результатов в удобной и понятной графической форме. Это позволит пользователям быстрее и легче визуализировать данные и принимать взвешенные решения на основе наглядной информации.

Комплекс программ включает в себя 3 основных модуля (рисунок 4.1):

- 1) сбор и первичная обработка данных;
- 2) оценка эффективности деятельности предприятия;
- 3) управление выручкой предприятия, каждый из которых отвечает за свой набор реализуемых функций.

Модуль «Оценка эффективности деятельности предприятия» включает в себя 2 модуля: 1) расчет оценки эффективности методом DEA; 2) расчет оценки эффективности методом SFA.

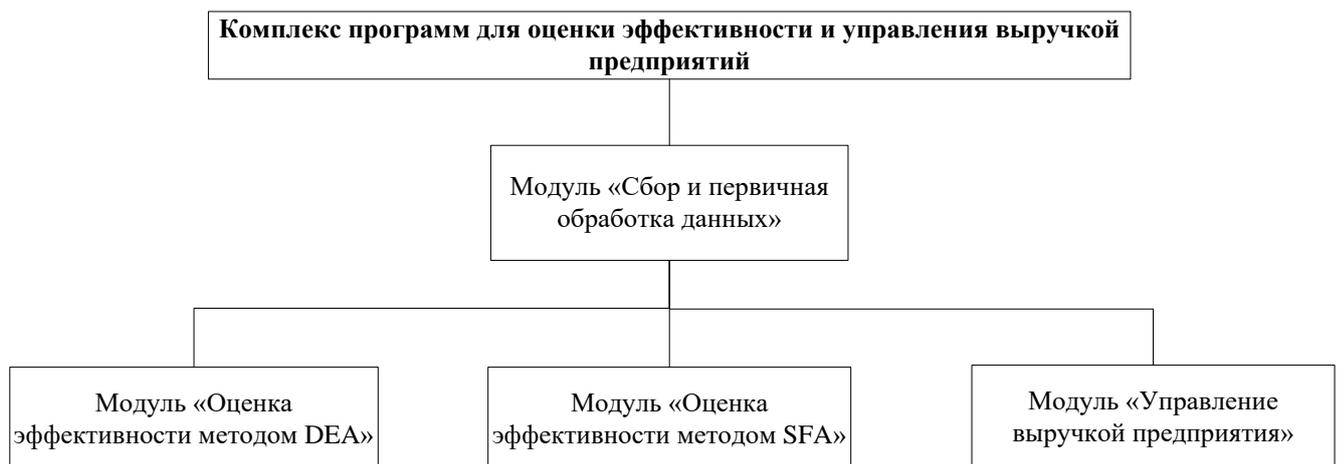


Рисунок 4.1 – Структурная схема комплекса программ для оценки эффективности деятельности и управления выручкой предприятий

На рисунке 4.2 представлена функциональная схема комплекса программ, а на рисунке 4.3 – блок-схема комплекса программ. Для реализации программного комплекса требуется соответствующее алгоритмическое обеспечение. На рисунках 4.4 – 4.6 изображены основные алгоритмы, используемые в работе комплекса.



Рисунок 4.2 – Блок-схема разработанного программного комплекса



Рисунок 4.3 – Функциональная схема комплекса программ

На рисунке 4.4 изображена детальная блок-схема модуля 1, который отвечает за сбор и первичную обработку данных в рамках программного комплекса. Этот модуль является первым этапом в обработке данных, необходимых для последующего анализа и принятия управленческих решений.

Данный модуль является основным, так как эффективность всей программы зависит от качества входной информации, на которой она основывается. Он предназначен для структуризации данных путем сводки множества текстовых переменных к меньшему числу переменных.

Для определения оценки эффективности на основе математических моделей, описанных во второй главе диссертации, были разработаны специальные алгоритмы, представленные в виде блок-схем на рисунке 4.5а – метод DEA и 4.5б – метод SFA. Данные алгоритмы позволяют осуществлять оценку эффективности с высокой точностью и надежностью, что делает их полезным инструментом для принятия взвешенных управленческих решений в различных областях экономики. В ходе работы комплекса данные алгоритмы применяются в модуле 2 «Оценка

эффективности», где производится анализ и определение наиболее эффективных направлений развития предприятий.

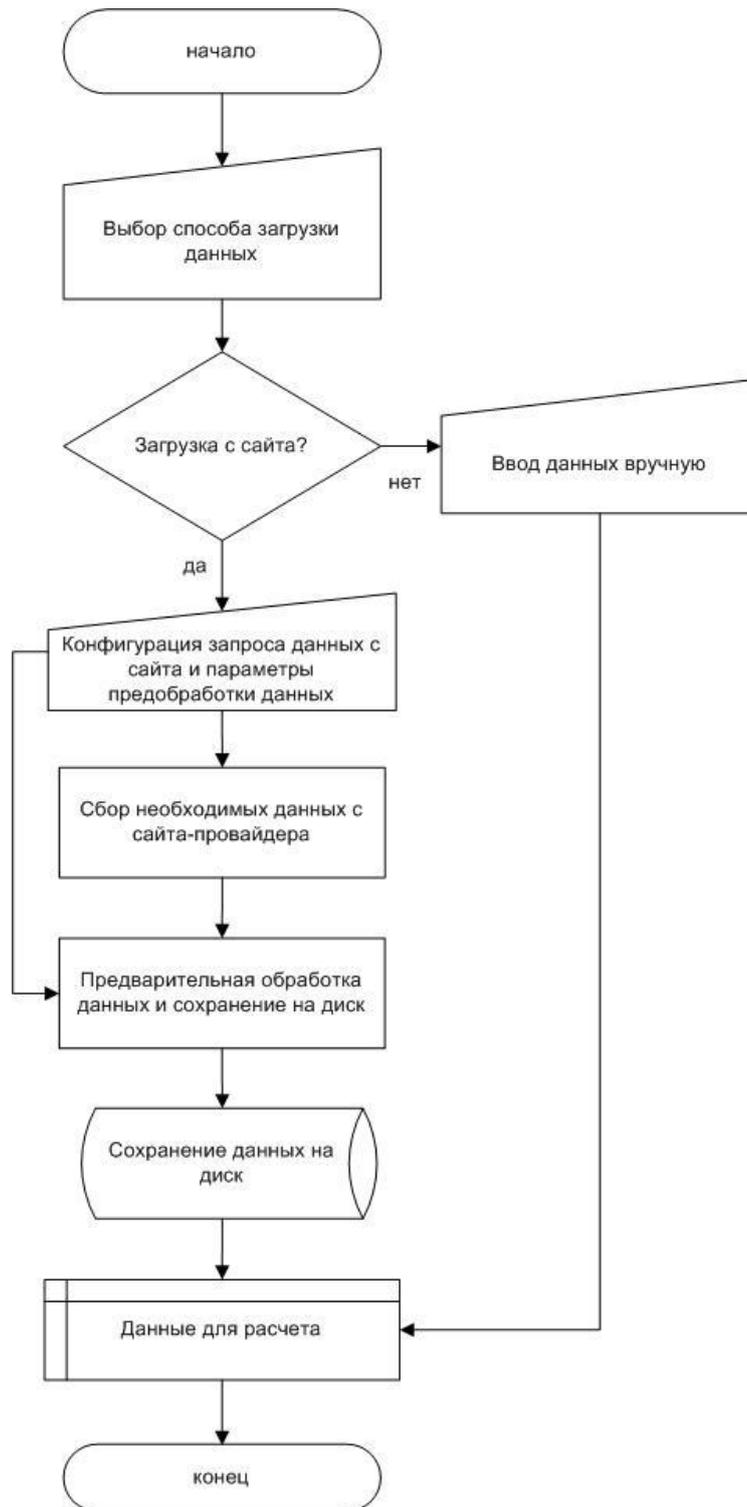


Рисунок 4.4 – Блок-схема модуля «Сбор и первичная обработка данных»

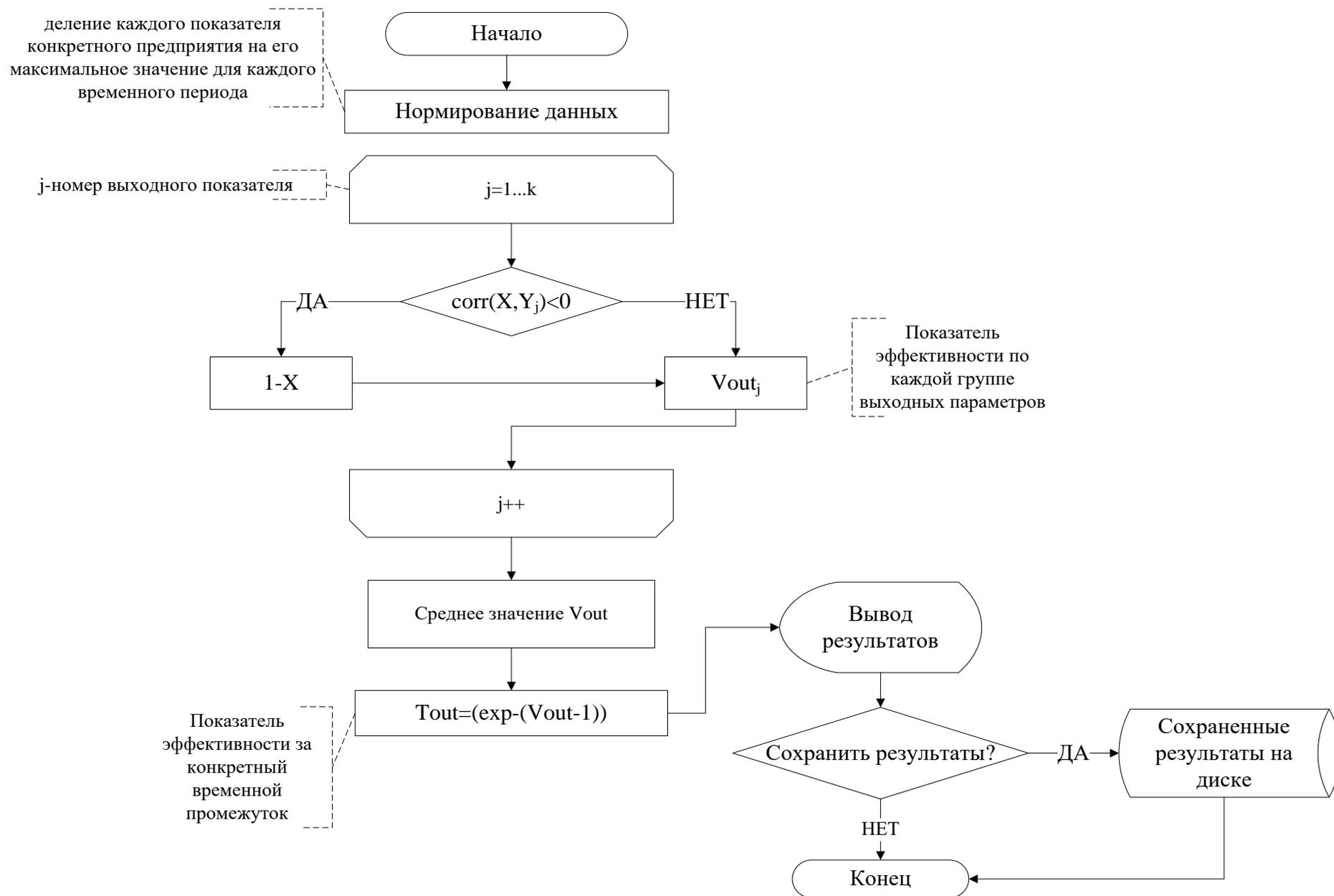


Рисунок 4.5а – Блок-схема модуля «Оценка эффективности методом DEA»

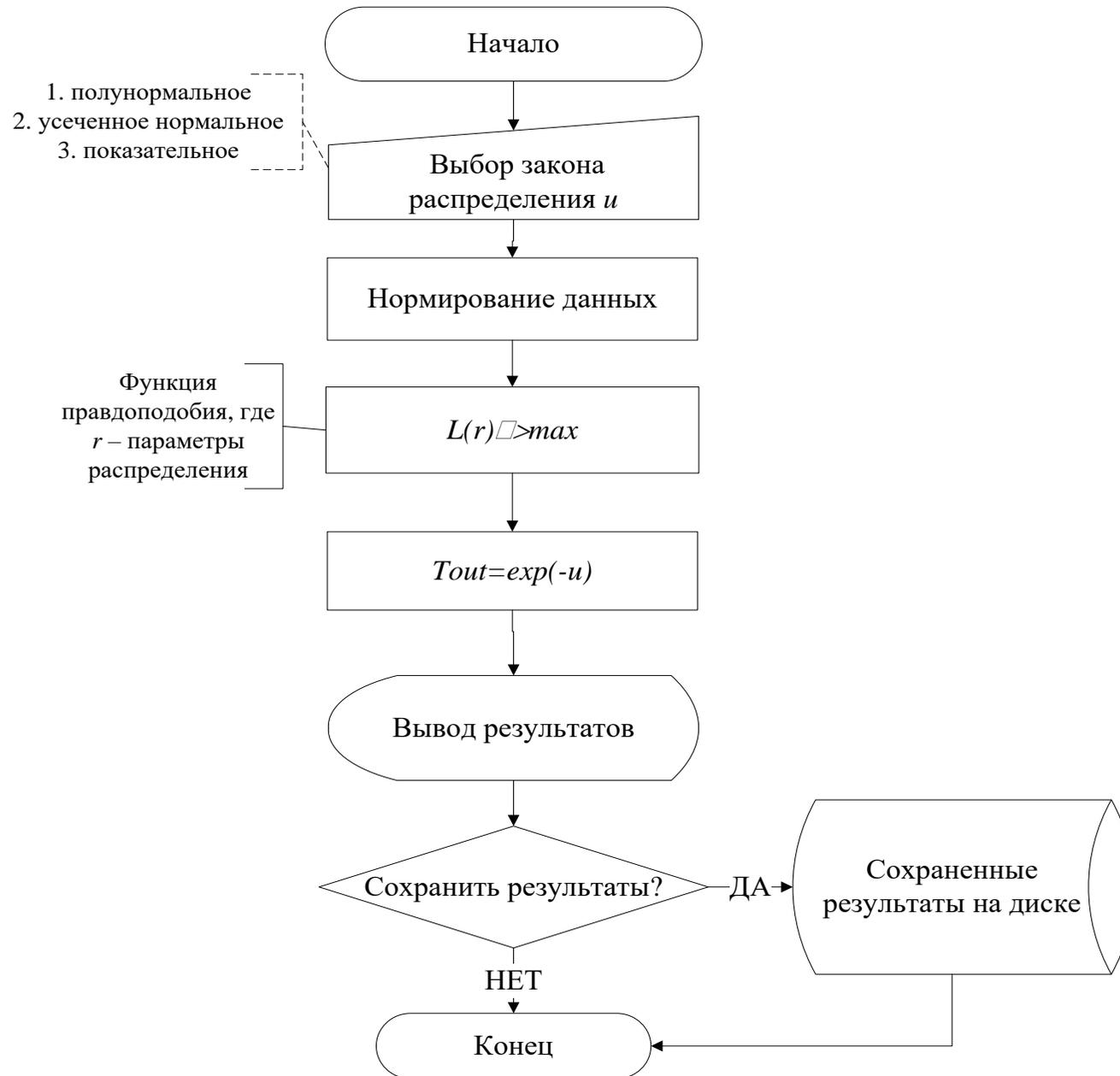
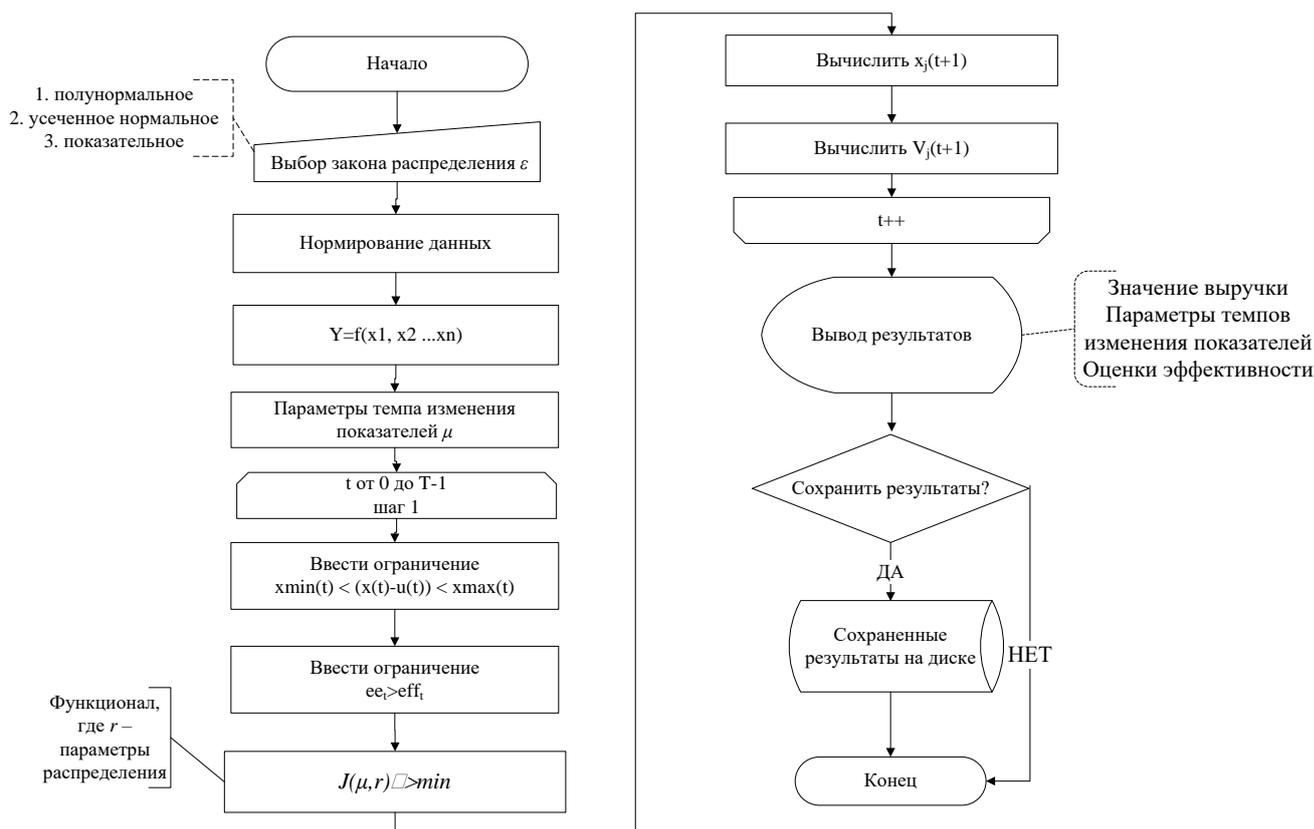


Рисунок 4.5б – Блок-схема модуля «Оценка эффективности методом SFA»

На рисунке 4.6 представлена блок-схема подпрограммы «Управление выручкой». Подпрограмма «Управление выручкой» отвечает за решение задачи динамического программирования с квадратичным критерием и ограничениями, связанными с управлением выручкой предприятия. Эта подпрограмма использует данные, собранные и обработанные в модуле 1 «Сбор и первичная обработка данных»



4.6 – Блок-схема модуля «Управление выручкой»

4.2 Тестирование и экспериментальная проверка

В целях экспериментальной проверки, предложенных в данной диссертационной работе методики и моделей реализован программный комплекс, который формирует оценки эффективности деятельности предприятий, а также выполняет управление выручкой.

4.2.1 Формирование списка предприятий для исследования

Наиболее популярными серверами для проверки контрагентов с возможностью получать бухгалтерскую отчетность являются «СПАРК», «СБИС», «Контур. Фокус», «Прима-Информ», «Биранк» и «Скрин Контрагент».

Для определения списка предприятий следует воспользоваться сайтом, который собирает всю доступную информацию о них и извлекает из информации знания, которые помогают снижать риски и эффективно работать с контрагентами [120]. Ресурс «СПАРК» позволяет отобрать предприятия для исследования по географическому признаку (страны и региона), отраслям деятельности, статусу предприятия (банкрот/действующие), по размеру предприятия (крупные / средние / малые / микро) и т.д. А также выгрузить необходимые строки бухгалтерской отчетности необходимые для расчета финансовых показателей. Бухгалтерская отчетность фильтруется по годам и кварталам. Отобранные предприятия могут быть выгружены с сайта в документ формата XML.

С 2013 года юридические лица, независимо от выбранной системы налогообложения, обязаны представлять государственным контролирующим органам отчетность по бухгалтерскому учету. Эта отчетность включает такие документы, как "Бухгалтерский баланс" и "Отчет о финансовых результатах" (или "Отчет о прибылях и убытках") [109].

4.2.2 Описание разработанного программного продукта

На рисунке 4.7 представлено главное окно программного комплекса для оценки эффективности и управления выручкой предприятия.

Рисунок 4.7 – Основное окно программного комплекса

Для загрузки данных из внешних источников необходимо установить переключатель «Загрузка с сайта», обозначенная под номер 1 на рисунке 4.7. Для загрузки данных вручную необходимо выбрать переключатель «Вручную», номер 2 на рисунке 4.7. Например, для загрузки с внешних источников необходимо указать период (с какого по какой год), а также ввести номер ИНН. Программа автоматически заполнит пропуски в данных с помощью интерполяции Ньютона на неравномерной сетке. Данные можно сохранить на диск, либо использовать дальше для анализа. В разделах обозначенных 3 и 4 на рисунке 4.7, производится оценка эффективности двумя методами. Для каждого метода предусмотрены свои входные и выходные параметры. Имеется возможность вывести коэффициенты корреляции и регрессии, а также оценки эффективности.

На рисунке 4.8 представлен пример результата работы метода DEA.

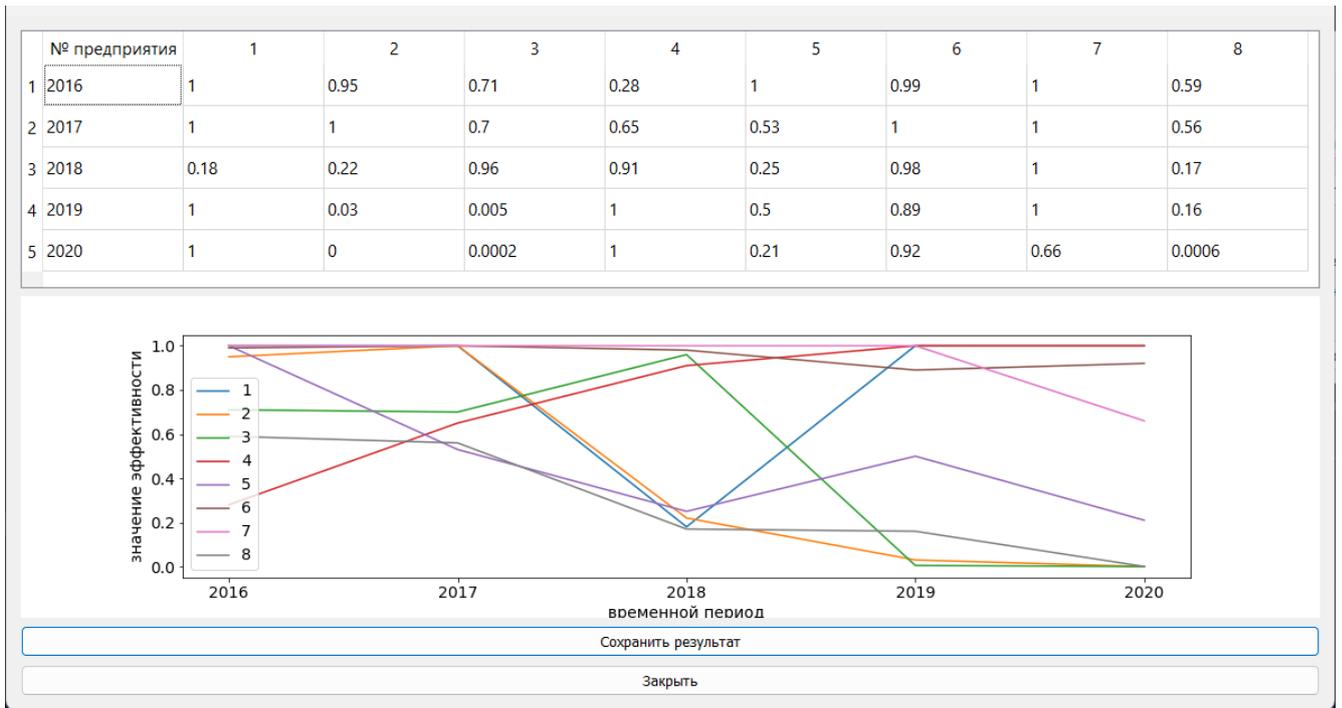


Рисунок 4.8 – Результаты работы метода DEA

На рисунке 4.8 представлен окно управления выручкой предприятия, если выбрать «Вывести значение выручки» и «Вывести графики сравнения выручек».

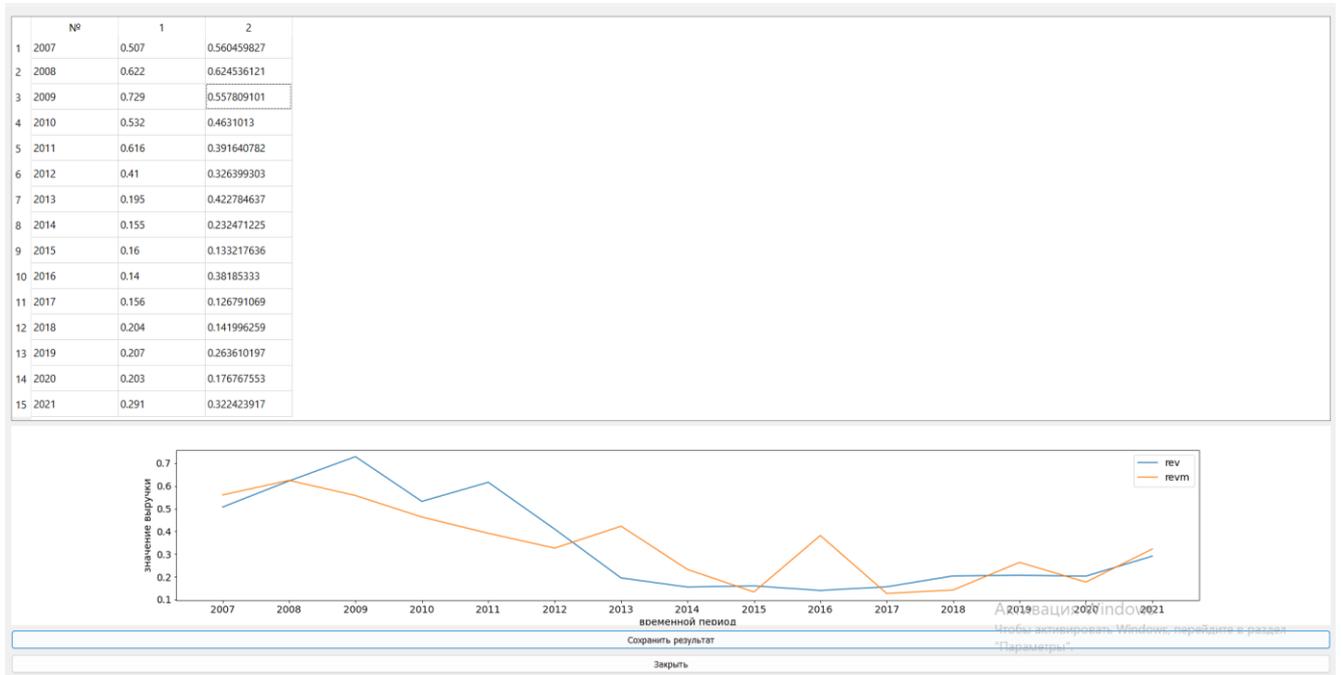


Рисунок 4.9 – Сравнение реальной и модельной выручки для 1 отрасли

4.3 Сравнение программного комплекса с аналогами

Сравнение разработанного программного комплекса с уже существующими инструментами проходило по ключевым функциональным группам, таким как доступ и интерфейс, ввод данных, функциональность. В п. 1.4.2 приведен обзор существующих решений для расчета эффективности методами SFA и DEA.

Таблица 4.1 – Сравнение разработанного программного комплекса с существующими программами

	Разработанный программный комплекс	DEA Solver Pro	DEAOS	Frontier Analyst	Limdep
Доступ и интерфейс					
Пробный бесплатный период	+	+	+	–	–
Свободный доступ	+	–	+	–	–
Удобный интерфейс	+	+	+	+	+
Ввод данных					
Ручной ввод данных	+	+	+	+	+
Автоматический ввод данных с сайтов	+	–	–	–	–
Основные функции					
Выбор распределения	+	–	–	+	+
Управление выручкой	+	–	–	–	–
Оценка эффективности предприятия методом DEA	+	+	+	–	+
Оценка эффективности предприятия методом SFA	+	–	–	–	+

Отличительной особенностью разработанного программного комплекса является его ключевое преимущество перед существующими альтернативами в виде наличия модуля управления выручкой предприятия, а также возможности загрузки данных с сайтов провайдеров, свободный доступ и оценки эффективности предприятия методами DEA и SFA.

4.4 Выводы по главе

1. Предложена структура программного комплекса по управлению выручкой и оценки эффективности предприятий. Состоящая из трех основных модулей.

2. Реализован комплекс программ, который позволяет обеспечивать взаимосвязь решений по всем основным этапам управления выручкой и оценкой эффективности экономического объекта. В качестве математической базы используются авторские модели, методики и алгоритмы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-практическая задача разработки экономико-математических моделей, методики и программного комплекса для оценки финансовой безопасности и устойчивости предприятий.

В соответствии с целями и задачами исследования получены следующие результаты:

1. Рассмотрено понятие эффективности и описаны основные подходы оценки эффективности деятельности экономических объектов.

2. Рассмотрено понятие финансовой устойчивости и виды банкротства предприятий.

3. Выполнен обзор существующих математических моделей оценки эффективности деятельности предприятия. Существующие непараметрические и параметрические методы основаны на производственной функции, которая использует данные о потребляемых ресурсах и объемах выпуска продукции.

4. Вместо объемов ресурсов и выпускаемой продукции в диссертации предлагается использовать финансовые показатели в качестве входных и выходных параметров моделей DEA и SFA. Финансовые показатели рассчитываются на основе открытых источников бухгалтерской отчетности. Предложена методика предобработки финансовых показателей для метода DEA, которая обосновывает возможность использования данного метода для оценки эффективности деятельности предприятия.

5. Разработана новая многофакторная модель SFA, позволяющая оценить эффективность деятельности предприятия с использованием финансовых показателей в качестве исходных данных, а не объемы выпускаемой продукции и затраченных ресурсов.

6. Модифицирована динамическая модель управления выручкой предприятия, как ключевого фактора финансовой устойчивости предприятия.

7. Разработано программное обеспечение для оценки эффективности деятельности предприятий на основе финансовых показателей

8. Выполнены расчеты оценки эффективности деятельности предприятий с использованием методики предобработки данных и разработанных моделей на основе реальных данных предприятий Российской Федерации. Результаты подтвердили адекватность моделей и разработанных алгоритмов.

9. Материалы диссертации внедрены на предприятии и используются научно-образовательных процессах НИ ТПУ и ТУСУРа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 года № 127-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.
2. Статистический бюллетень по банкротству на 31 декабря 2021 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fedresurs.ru/news/29f08071-a8ef-4a16-bdc2-bb7559fd1cca>
3. Алимханова А.Н. Разработка модели диагностики риска банкротства / А.Н. Алимханова // XIV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «перспективы развития фундаментальных наук». – Томск, 2017 г. – Т. 5. – С. 10-12.
4. Воронова Н.С. Актуальные вопросы корпоративных финансов: диагностика эмитентов / Н.С. Воронова, И.А. Дарушин, Н.А. Львова. – М: СПб, 2012. – 87 с.
5. Beaver W. Financial Ratios as Predictors of Failure, Empirical Research in Accounting Selected Studies / W. Beaver // Journal of Accounting Research. – 1966. – Vol. 4. – P. 71-111.
6. Мельников Г.А. Архитектура зарубежного моделирования оценки вероятности банкротства / Г.А. Мельников // Молодой ученый. – 2015. – №11. – С.55-58.
7. Taffler R.J. Going, going, gone four factors which predict... / R.J. Taffler, H.J. Tisshaw.// Accountancy. – 1977. – Vol. 3. –No 88. – P. 50–54.
8. Springate G.L.V. Predicting the Possibility of Failure in a Canadian Firm / G.L.V. Springate // Unpublished M. B.A. Research Project, Simon Fraser University –1978. – 164 p.
9. Кленина, Е.А. Банкротство и финансовая реструктуризация в процессе антикризисного управления / Е.А. Кленина // Современный менеджмент: теория и практика, монография / под ред. д.н.э., проф. Л.В. Плаховой. – Орел: Изд-во Орел ГИЭТ, 2011 г.

10. Султанова К.Т. Методика кредитного скоринга в оценке финансового положения потенциального заемщика / К.Т. Султанова // Педагогическая наука и практика. – 2020. – № 1. – С. 69-74.
11. Fulmer J.G. Jr. Bankruptcy Classification Model for Small Firms / J.G. Jr. Fulmer, J.E. Moon, T. A. Gavin, M.J. Erwin // Journal of commercial Bank Lending. – 1984. – P. 25-37.
12. Братухина О.А. Финансовый менеджмент: учебное пособие / О.А. Братухина. – М.: КНОРУС, 2014. – 324 с.
13. Ohlson J.A. Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy / J. A. Ohlson // Journal of Accounting Research. – 1980. – No 18. – p. 109-131.
14. Беликов А.Ю. Диагностика риска банкротства предприятия (на примере предприятий торговли): дис. канд. экон. наук.: 08.00.05 / Беликов Александр Юрьевич. – М.: Иркутск, 1997.– 182 с.
15. Хайдаршина Г.А. Комплексная модель оценки риска банкротства / Г.А. Хайдаршина // Финансы. – 2009. – № 2. – С. 67–69.
16. Зайцева О.П. Антикризисный менеджмент в российской фирме / О.П. Зайцева // Аваль (Сибирская финансовая школа). – 1998. – № 11-12. – С. 101-110.
17. Донцова Л. В. Анализ финансовой отчетности. / Л.В. Донцова, Н.А. Никифорова. 2-е изд. – М.: Дело и сервис, 2004. – 336 с.
18. Жданов В.Ю. Разработка модели диагностики риска банкротства для авиапредприятий. / В.Ю. Жданов, О.А. Афанасьев // Управление экономическими системами. – 2011. – №8 (32). – С. 43.
19. Федорова Г. В. Учет и анализ банкротств / Г.В. Федорова. - М.: Омега – Л, 2008. – 323 с.
20. Телипенко Е.В., Захарова А.А. Проблемы прогнозирования риска банкротства предприятий машиностроительного комплекса / Е.В. Телипенко, А.А. Захарова // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической

- конференции. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 262-266.
21. Мицель А.А. Минимизация риска банкротства предприятия на основе метода анализа иерархий / А.А. Мицель, Е.В. Телипенко // Экономика и предпринимательство. – 2013. – Т. 7. – № 1 (30). – С. 163–170.
 22. Фёдорова Е.А. Модели прогнозирования банкротства: особенности российских предприятий. / Е.А. Фёдорова, Е.В. Гиленко, С.Е. Довженко // Проблемы прогнозирования. – 2013. – №2. – С. 85-92.
 23. Шеремет А.Д. Методика финансового анализа / А.Д. Шеремет, Р.С. Сайфулин, Е.В. Негашев.- М.: ИНФРА-М, 2010.- 368 с.
 24. Шейкина Т.С. Диагностика финансового состояния предприятия с целью предупреждения банкротства / Т.С. Шейкина // Труды вольного экономического общества. – 2017. – Т. 206. –№4. – С. 262–276.
 25. Пакова О.Н. Комплексный подход к оценке вероятности банкротства хозяйствующего субъекта / О.Н. Пакова // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2012. – №4. – С. 192-195.
 26. Lovell С.А.К. Production Frontiers and Productive Efficiency / Fried Н., Lovell С.А.К, Schmidt S. (eds) // The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications. New York: Oxford University Press, 1993.
 27. Battese G. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India / G. Battese, T. Coelli // Journal of Productivity Analysis. – 1992. – Vol. 3.– P. 153–169.
 28. Борисова Е.И. Анализ эффективности некоммерческих ассоциаций методом стохастической границы (на примере товариществ собственников жилья) // Прикладная эконометрика. – 2010. –№4(20). – С.75-101.
 29. Головань С.В. Эффективность российских банков с точки зрения минимизации издержек. / С.В. Головань. О.Ю. Костюрина, Е.В. Пастухова, А.М. Карминский, А.А. Пересецкий // Препринт # WP 2007/71. - М., Российская экономическая школа, 2007 – 25 с.

30. Ипатова И.Б. Техническая эффективность предприятий отрасли производства резиновых и пластмассовых изделий / И.Б. Ипатова, А.А. Пересецкий // Прикладная эконометрика. – 2013. – Т. 32. – №. 4. – С. 71-92.
31. Малахов Д.И. Методы оценки показателя эффективности в моделях стохастической производственной границы / Д.И. Малахов, Н.П. Пильник // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2013 – № 17 (4). – С. 660-686.
32. Айвазян С.А. Оценка эффективности регионов РФ на основе модели производственного потенциала с характеристиками готовности к инновациям / С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьев, В.А. Руденко // Экономика и математические методы. – 2014. № 50 (4). –С. 34-70
33. Рябченко А.В. Оценка эффективности страховых компаний. SFA-подход / А.В. Рябченко // Вестник Хабаровской государственной академии экономики и права. – 2012. – № 1. – С. 97-106.
34. Могилат А.Н. Техническая эффективность как фактор финансовой устойчивости промышленных компаний / А.Н. Могилат, И.Б. Ипатова // Прикладная эконометрика. – 2016. – №2 (42). – С. 5-29.
35. Щетинин Е.И. Производственный процесс в пищевой промышленности: взаимосвязь инвестиций в основной капитал и технической эффективности / Е.И. Щетинин, Е.Ю. Назруллаева // Прикладная эконометрика. – 2012. №4 (28). – С. 63-84.
36. Charnes A. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units / A. Charnes, W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.
37. Рукавицына Т.А. Развитие модели методологии DEA / Т.А. Рукавицына // Вестник СибГАУ. – 2010. – Т. 24. – № 3. – С. 74–77.
38. Новожилов А.А. Метод DEA для функционирования предприятий по переработке твердых отходов / А.А. Новожилов // Информатика и системы управления. – 2010. – Т. 23. №1. – С. 98–103.

39. Новожилов А.А. Метод ДЕА для функционирования предприятий по переработке твердых отходов // Информатика и системы управления. – 2010. – Т. 23, №1. – С. 98–103.
40. Моргунов Е.П. Применение метода Data Envelopment Analysis для оценки эффективности ИТ-специалистов / Е.П. Моргунов, О.Н. Моргунова // Решетневские чтения. – 2017. – №. 21-2. – С. 450-451.
41. Кочуров Е.В. Оценка эффективности деятельности лечено-профилактических учреждений: сравнительный анализ методов и моделей / Е.В. Кочуров // Вестник СПбГУ. – 2002. – № 3. – С. 110–128.
42. Demchenko V., Trubachev A., Hron S. Comparative Analysis of the efficiency of gas boilers by express method of multi-criteria assessment. Технологический аудит и резервы производства. – 2018. – Т. 5. – №1 (43). – С. 34-41.
43. Pjevcevic D., Vladislavljevic I., Vukadinović K., Teodorović D. Application of DEA to the analysis of AGV fleet operations in a port container terminal // Social and Behavioral Sciences. — 2011. — Vol 20. —P. 816-825.
44. Trabelsi, A., Rezgui, M.A. Robust design of processes and products using the mathematics of the stochastic frontier (SF) // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2020. – Vol. 106. – P. 2829–2841.
45. Belotti, F., Ilardi, G., Piano Mortari, A. Estimation of stochastic frontier panel data models with spatial inefficiency // CEIS to Vergata – 2019. – Vol. 17. – No 459. – P. 29.
46. Despic D.R., Bojovic N.J., Kilibarda M.J., Kapetanovic M.V. Assessment of efficiency of military transport units using the DEA and SFA methods // Vojnotehnički glasnik. — 2019. — Vol. 67. — No.1. — P. 68-92.
47. Дервянов М.Ю., Плешивцева Ю.Э. Анализ ресурсной ценности и ресурсного потенциала объектов системы переработки нефтесодержащих отходов на основе ДЕА-метода // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 27-34.
48. Rodríguez-Aguilar R., Marmolejo-Saucedo J.A. Evaluation of Technical

- Efficiency of Thermal Power Units in Mexico: Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontiers // Modeling, Simulation, and Optimization. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. – 2018. – P. 101-122.
- 49 Bongo M.F., Ocampo L.A., Magallano Y.A.D. Manaban G.A., Ramos E.K.F. Input–output performance efficiency measurement of an electricity distribution utility using super-efficiency data envelopment analysis // Soft Computing. – 2018. – Vol. 22. – P. 7339–7353.
- 50 Мицель А.А., Алимханова А.Н. Модель оценки эффективности деятельности предприятий // Современные технологии принятия решений в цифровой экономике: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 210-213.
51. Понькина Е.В. Количественная оценка влияния технологических и социально-экономических факторов на эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий Алтайского края на основе методов Data Envelopment Analysis (DEA) и Stochastic Frontier Analysis (SFA). / Е.В. Понькина, С.В. обова, Д.В. Курочкин, С.А. Межин // Препринт, 2013. – 43 с.
52. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартиформ, 2020. – 32 с.
53. Классика экономической мысли: Сочинения / В. Петти, А. Смит, Д. Рикардо, Дж. Кейнс, М. Фридмен. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – С. 5-76.
54. Классика экономической мысли: Сочинения / В. Петти, А. Смит, Д. Рикардо, Дж. Кейнс, М. Фридмен. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – С. 403-479.
55. Ковалев В.В. Финансовый менеджмент: Теория и практика / В.В. Ковалев. – М.: ТК Велби, Проспект, 2007. – 1024 с.

56. Мухина И.А. Экономика организации (предприятия): учеб. пособие / И.А. Мухина. — 2-е изд., стер. — М.: Флинта, 2017. — 320 с.
57. Родионова В.Н. Организация производства на предприятиях в современных условиях / В.Н. Родионова. – Воронеж: ВГТУ, 2015. – 212 с.
58. Куденко Г.Е. Управление эффективностью деятельности промышленного предприятия: Монография / Куденко Г.Е., Канарская Н.В., Беленцов В.Н., Севостьянова С.И. – Севастополь: Вебер, 2003. – 239 с.
59. Мескон М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури [пер. с англ.]. – М.: Дело, 2004. – 799 с.
60. Елистратова А.И. Теоретические подходы к определению эффективности функционирования предприятия. / А.И. Елистратова, А.А. Пегушина //Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6. – № 3 (20). – С. 140-144.
61. Михалева О.В. Анализ осиновых видов банкротства организации / О.В. Михалева // Политика, экономика и инновации. –2019. – №. 2 (25). – С. 20.
62. Телипенко Е.В. Система поддержки принятия решений при управлении риском банкротства предприятия: дис. канд. тех. наук.: 05.13.10 / Телипенко Елена Викторовна. – Новосибирск, 2013.– 150 с.
63. Савицкая Г.В. Теория анализа хозяйственной деятельности: учеб. пособие. / Г.В. Савицкая. – М.: ИНФРА – М, 2018. –352 с.
64. Алимханова А.Н. Применение стохастического метода SFA для оценки эффективности деятельности предприятия // Решетневские чтения: материалы XXIV международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева (10-13 ноября 2020, г. Красноярск): в 2 ч. – Красноярск, 2020 – Ч.2., с. 564-564.
65. Алимханова А.Н. Методы оценки эффективности деятельности предприятия // Научная сессия ТУСУР–2019: материалы Международной

- научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–24 мая 2019 г.: в 4 частях. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 3. – С. 97-98.
66. Ведмидь Е.И. Методы оценки эффективности работы предприятия / Е.И. Ведмидь, Т.Н. Чугунова // Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: Сборник трудов III региональной научно-практической конференции, Симферополь, 12–13 апреля 2018 года / Под общей редакцией В.М. Ячменевой. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2018. – С. 72-75.
67. Алимханова А.Н. Оценка эффективности предприятий на основе метода DEA / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т.22. – №2. – С. 104-108.
68. Mitsel, A. Advancing the multifactor model of Stochastic Frontier Analysis / A. Mitsel, A. Alimkhanova, M. Grigorieva // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. –2021. Vol. 3. – No 4 (111). – P. 58–64.
69. Алимханова А.Н., Мицель А.А. Метод стохастической границы для оценки эффективности деятельности предприятий // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – No 1. – С. 143–155. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.08
70. Афанасьев М.Ю. Модель производственного потенциала с управляемыми факторами неэффективности / М.Ю. Афанасьев // Прикладная эконометрика. – 2006. – № 4 (4). – С. 74-89.
71. Понькина Е.В. Технологическая эффективность производства продукции растениеводства: измерение на основе эконометрических методов Data Envelopment Analysis и Stochastic Frontier Analysis / Е.В. Понькина, Д.В. Курчокин // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – №1. – С. 170-178.

- 72 Margono H. Cost efficiency, economies of scale, technological progress and productivity in Indonesian banks / H. Margono, S.C. Sharma, P.D. Melvin II // *Journal of Asian Economics*. – 2010. – №. 2. – С. 53-65.
- 73 Tovar B. Firm size and productivity. Evidence from the electricity distribution industry in Brazil / B. Tovar, F.J. Ramos-Real, E.F. Almeida // *Energy Policy*. – 2011. – Vol. 39. – P. 826-833.
- 74 Liu T. Analyzing China's productivity growth: Evidence from manufacturing industries / T. Liu, K.-W. Li // *Economic Systems*. – 2012. – Vol. 36. – P. 531–551.
- 75 Алимханова А.Н. Многопродуктовая модель оценки эффективности безопасной деятельности предприятий / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // *Доклады ТУСУР*. – 2022. – Т. 25. – №1. – С. 107-113.
- 76 Алимханова А.Н., Мицель А.А. Оценка эффективности деятельности предприятий промышленной отрасли // *Профессорский журнал. Серия: Технические науки*. – 2021. – №1. – С. 20-30.
- 77 Алимханова А.Н., Мицель А.А. Модель оценки эффективности деятельности предприятий // *Современные технологии принятия решений в цифровой экономике: Материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. - Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – С. 210-213.
78. Derevyanov M.Yu. Simulation and Multi-Objective Evaluation of Reuse Potential of Waste Recycling System for Oil and Gas Industry / M.Yu. Derevyanov, Yu.E. Pleshivtseva, A.A. Afinogentov, A.G. Mandra, A.A. Pimenov // *XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP)*. Samara, Russia. – 2019. – P. 429 – 434 с.
79. Abu-Alrop J.H. Asses the Efficiency of Operational Risk Management in Russian Banks / J.H. Abu-Alrop // *Issues of Risk Analysis*. – 2020. –Vol. 17. – No 2. – P. 102-119.
- 80 Бондарев, И. А. Оценка эффективности инвестиционной деятельности

- промышленных предприятий / И. А. Бондарев, В. Д. Морозова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – № 2(110). – С. 86-92.
- 81 DEA-SolverPro от SAITECH [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.deafrontier.net/deasoftware.html>
- 82 Frontier Analyst от Banxia Software [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://banxia.com/frontier/resources/demodownload/>
- 83 DEEOS STATISTICS [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.deaos.com/#pricing>
- 84 PIM-DEA [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.deasoftware.co.uk/>
- 85 DEAP [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://deap.readthedocs.io/en/master/>
- 86 LIMDEP and NLOGIT [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.limdep.com/>
- 87 Кривоножко В.Е, Сафин М.М., Уткин О.Б., Лычев А.В. Программный комплекс «EffiVision» для анализа деятельности сложных систем // ИТиВС. – 2005. – № 3. –С. 85–95
- 88 KonSi-DEA [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.benchmarking.ru/index-dea.html>
- 89 Ерофеева К. С. Оценка точности моделей прогнозирования банкротства // Ерофеева К.С., Алимханова А.Н., Чудин П.А. // Научная сессия ТУСУР–2016: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 мая 2016 г. – Томск: В-Спектр, 2015: в 6 частях. –Ч. 6. –С. 53 – 55.
90. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А.О. Недосекин. – СПб, Типография «Сезам», 2002. – 167с.

91. Макарьева В.И., Андреева Л.В. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия / В.И. Макарьева, Л.В. Андреева. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 264 с.
92. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова – М.: ИТИ Технологии, 2006. – 944 с.
93. Карелина С.А. Механизм правового регулирования отношений несостоятельности: учебное пособие. /С.А. Карелина. – М: Wolters Kluwer, 2006. – 42 с.
94. Понькина Е.В. Количественная оценка влияния технологических и социально-экономических факторов на эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий Алтайского края на основе методов Data Envelopment Analysis (DEA) и Stochastic Frontier Analysis (SFA). / Е.В. Понькина, С.В. Лобова, Д.В. Курочкин, С.А. Межин – Препринт, 2013. – 43 с.
95. Круш З.А. Экономический механизм предотвращения банкротства сельскохозяйственных предприятий / З.А. Круш, И.В. Седлов. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. – 127 с.
96. Судебный департамент при Верховном Суде Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79>
97. Кукукина И.Г., Астраханцева И.А. Учет и анализ банкротств. Антикризисное управление: учеб. пособие / И.Г. Кукукина, И.А. Астраханцев. — ИНФРА-М, 2021. — 377 с.
98. Рыкова И.Н., Губанов Р.С. Предпосылки возникновения банкротства в реальном секторе экономики / И.Н. Рыкова, Р.С. Губанов // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2015. – № 11 (170). – С. 95-112.
99. Ширококов В.Г. Концепция бухгалтерского учета и содержание баланса на стадиях жизненного цикла организации / В.Г. Ширококов // Современная экономика: проблемы и решения. – 2011. – № 11 (23). – С. 56-64.

100. Бельбекова О.А. Взаимосвязь финансовой несостоятельности и риска банкротства в аграрном секторе экономики / О.А. Бельбекова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2016. – № 12(84). – С. 8-21.
101. Алимханова А.Н., Мицель А.А. Обработка данных бухгалтерской отчётности предприятий для оценки эффективности их деятельности с помощью метода DEA // Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения: материалы X региональной научно-практической конференции, Томск, 2021. – Томск: ТУСУР. – 2021. – С. 552-555.
102. Alimkhanova A. DE Analysis of Enterprises Activity. / A. Alimkhanova, A. Mitsel // Global Economics and Management: Transition to Economy 4.0. Springer Proceedings in Business and Economics. – 2019. – P 25-36.
103. Алимханова А.Н. Оценка эффективности предприятий на основе метода DEA // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2018», – 2018. – Ч.5. – С. 13-15.
104. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды (стр. 343). – М.: Изд. ФМ. – 1981. – 798с.
105. Градштейн И.С. и Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений (стр. 352). – М.: Изд. ФМ. – 1108с.
106. Jondrow J., Lovell C.A.K., Materov I.S., Schmidt P. On the Estimation of Technical Inefficiency in Stochastic Frontier Production Function Model // Journal of Econometrics. 1982. Vol. 19. P. 233–239.
107. Алимханова А.Н. Оценка эффективности деятельности предприятия на основе стохастического метода SFA // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 13–30 мая 2020 г.: в 2 частях. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 2. – С. 158-160.
108. Алимханова А.Н., Мицель А.А. Параметрический метод оценки эффективности деятельности предприятия // Материалы 26-й международной научно-практической конференции «Природные

- интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-26-2020)»: Томск, 24 ноября 2020 г., - Томск: Изд-во ТУСУР, 2020, с. 61-65
- 109 Важдает А.Н. Модели и программное обеспечение поддержки принятия решений для повышения эффективности малого бизнеса моногорода: на примере муниципального образования города Юрга: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 / Важдает Андрей Николаевич. – Томск, 2019. - 162 с.
- 110 Алимханова А.Н. Оценка финансовой безопасности предприятий методом DEA / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики». Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – №3-2. С. 33-38
- 111 Алимханова А.Н. Модели управления риском банкротства предприятий // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 18-20.
- 112 Информационный ресурс Федресурс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fedresurs.ru/company/4c52a2a5-1240-4911-8b7f-7a132230ab14>
- 113 Электронное правосудие. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://kad.arbitr.ru/Bankruptcy/d8a64fa9-7ff7-48ba-860f-f30de9d0c439>
- 114 Алимханова, А. Н. Управление выручкой предприятия с учетом эффективности его деятельности на основе модели SFA / А. Н. Алимханова, А. А. Мицель // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – No 1. – С. 89–101.
- 115 Alimhanova A., Vazhdaev A., Mitsel A., Sidorov A. Dynamic Model of Enterprise Revenue Management Based on the SFA Model. Mathematics 2023, 11, 211. <https://doi.org/10.3390/math11010211>
- 116 Coelli T. An introduction to efficiency and productivity analysis. / T. Coelli, D.S. Prasada Rao, G.E. Battese. – Springer New York, NY, 1998. – 276 p.
- 117 Battese G.E. Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized

- frontier production function and panel data / G.E. Battese, T.J. Coelli. // *Journal of Econometrics*. – 1988. – Vol. 38. Issue 3. – P. 387–399.
- 118 Vazhdaev A.N Technology of downloading data of accounting reporting of small business enterprises from the service of contract inspection (on the example of the single-industry town of Yurga). *Fundamental research*, 2017, no №5, pp. 31-35.
- 119 Домбровский В.В. Управление с прогнозированием системами со случайными параметрами и мультипликативными шумами и применение к оптимизации инвестиционного портфеля / В.В. Домбровский, Д.В. Домбровский, Е.А. Ляшенко // *Автоматика и телемеханика*. – 2005. – № 4. – С. 84–97.
- 120 Сетевое издание Информационный ресурс СПАРК. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spark-interfax.ru/about>

**ПРИЛОЖЕНИЕ А. АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ДИССЕРТАЦИИ В ООО «СОФТ-ВЕСТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «СОФТ-ВЕСТ»

Поликашечкин Дмитрий Александрович
15.03.2022

АКТ

О внедрении (использовании) результатов диссертационной работы
Алимхановой Алии Нуржановны
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Настоящим актом подтверждается, что были внедрены в рабочий процесс «Софт-ВЕСТ» следующие результаты диссертационной работы Алимхановой А.Н.:

1. Модель SFA для оценки эффективности деятельности предприятия и ее программная реализация

2. Методика отбора финансовых показателей, используемых в качестве исходных данных для модели.

Внедрение результатов кандидатской диссертационной работы Алимхановой А.Н. позволило:

1. Сравнить эффективность работы предприятия с аналогичными предприятиями за период 2016-2021 года. Результаты представлены в приложении к акту о внедрении.

2. В 2 раза уменьшить время проверки уровня надежности контрагентов.

Генеральный директор



Поликашечкин Д.А.

Приложение к акту о внедрении

В таблице 1 представлены расчеты оценок эффективности деятельности предприятий на основе метода SFA.

Рассматривается 7 предприятий, у которых ОКВЭД 62.02 «Деятельность консультативная и работы в области компьютерных технологий». В данной выборке предприятие ООО «Амрусфот» находится в статусе «в стадии банкротства», соответственно показатели оценки эффективности у него самые низкие в пределах 0,1-0,3. Предприятие ООО «ИТЦ» проходит процедуру ликвидации, оценки эффективности колеблются от 0,3 до 0,4. Остальные предприятия находятся в статусе «действующие», показатели оценки эффективности таких предприятий находятся в пределах нормы. Чем выше показатель эффективности, тем стабильнее предприятие.

Таблица 1- Результаты оценки эффективности деятельности предприятий

№	Название предприятия	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ООО «Софт-Вест»	0,823	0,884	0,792	0,751	0,798	0,734
2	ООО «АПИМ технологии»	0,831	0,765	0,737	0,694	0,734	0,844
3	ООО «Ф- Консалтинг»	0,9	0,849	0,769	0,610	0,749	0,874
4	ООО «Брейнсторм»	0,754	0,798	0,625	0,686	0,636	0,73
5	ООО «Передовые решения»	0,848	0,663	0,793	0,549	0,522	0,678
6	ООО «ИТЦ»	0,410	0,382	0,342	0,337	0,327	0,315
7	ООО «Амрусфот»	0,258	0,258	0,237	0,146	0,128	0,122

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В НИ ТПУ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Справка о внедрении в учебный процесс материалов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Алимхановой Алии Нуржановны

Настоящая справка подтверждает, что в Инженерной школе ядерных технологий Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ) внедрены и используются материалы диссертационной работы «Математическое и алгоритмическое обеспечение для оценки эффективности деятельности предприятий» Алимхановой А.Н. при проведении лекционных занятий и лабораторных работ по дисциплине «Математическая экономика» студентами направления 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», а именно:

1. Основные положения диссертации в виде:
 - обзор моделей для прогнозирования банкротства предприятий;
 - методика по предварительной обработке финансовых показателей для нахождения оценки эффективности деятельности предприятий методом DEA;
 - метод DEA оценки эффективности деятельности предприятий на основе информации и финансовых показателей
 - метод SFA оценки эффективности деятельности предприятий на основе информации и финансовых показателей.

2. Материалы диссертации используются в научно-исследовательских работах аспирантов и студентов Инженерной школы ядерных технологий ТПУ.

Руководитель образовательной программы
01.04.02 «Прикладная математика и информатика» отделения математики и информатики на правах кафедры,
к.ф.-м.н., доцент

О.В. Богданов

Подпись Богданова О.В. удостоверяю
Начальник ОО ИЯТШ



Н.В. Здерва

ПРИЛОЖЕНИЕ В. АКТ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ТУСУР



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе ТУСУР

к.т.н.

П.В. Сенченко

«15» 09 2022

АКТ внедрения в учебный процесс

результатов диссертационной работы Алимхановой Алии Нуржановны
«Математическое и алгоритмическое обеспечение для оценки эффективности
деятельности предприятий»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Комиссия в составе:

Председателя Романенко В.В. (зав. Кафедрой АСУ, к.т.н.), членов комиссии Исаковой А.И. (методист каф. АСУ, к.т.н., доцент), Мицеля А.А. (профессор каф. АСУ, руководитель ОПОП магистратуры направления 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, профиль Автоматизированные системы обработки информации и управления в экономике, д.т.н.) установила, что:

1. Результаты второй главы диссертации использовались при проведении лабораторных работ по дисциплине «Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений» для магистров направления 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, профиль Автоматизированные системы обработки информации и управления в экономике.
2. Разработанная модель оценки эффективности деятельности предприятий, основанная на методе SFA, применяется при проведении научно-исследовательской работы, связанной с разработкой моделей оценки банкротства предприятий.

Председатель комиссии:

 /В.В. Романенко/

Члены комиссии:

 /А.И. Исакова/
 /А.А. Мицель/

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г. СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ
ПРОГРАММЫ**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022661008

**Программа для ЭВМ оценки эффективности
деятельности предприятия методом Stochastic Frontier
Analysis**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники» (RU)*

Авторы: *Алимханова Алия Нуржановна (RU), Мицель Артур
Александрович (RU)*



Заявка № **2022619821**

Дата поступления **01 июня 2022 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **14 июня 2022 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14c40f0a94e6bd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 26.05.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Показатели деловой активности (оборачиваемости)			
№	Название коэффициента	Формула по балансу	Пояснение
1	К-т. оборачиваемост и активов (Коа)	$\text{стр.2100} \times \frac{\text{стр.1600}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1600}_{\text{к.г.}}}{2}$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	отражает степень оборачиваемости активов, находящихся в распоряжении предприятия,
2	К-т. оборачиваемост и текущих активов (Кота)	$\text{стр.2100} \times \frac{\text{стр.1200}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1200}_{\text{к.г.}}}{2}$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	характеризует число оборотов всех оборотных средств совершенных в периоде
3	К-т. оборачиваемост и внеоборотных средств (Ковс)	$\text{стр.2110} \times \frac{\text{стр.1150}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1150}_{\text{к.г.}}}{2}$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	отражает эффективность использования основных средств
4	К-т. оборачиваемост и собственного капитала (Коск)	$\text{стр.2110} \times \frac{\text{стр.1300}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1300}_{\text{к.г.}}}{2}$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	показывает скорость оборота собственного капитала
5	К-т. оборачиваемост и инвестированног о капитала (Коик)	$\text{стр.2110} \times \left(\left(\frac{\text{стр.1300}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1300}_{\text{к.г.}}}{2} \right) + \left(\frac{\text{стр.1400}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1400}_{\text{к.г.}}}{2} \right) \right)$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	показывает скорость оборота долгосрочных и краткосрочных инвестиций предприятия, включая инвестиции в собственное развитие
6	К-т. оборачиваемост и заемного капитала (Козк)	$\text{стр.2110} \times \left(\left(\frac{\text{стр.1500}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1500}_{\text{к.г.}}}{2} \right) + \left(\frac{\text{стр.1400}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1400}_{\text{к.г.}}}{2} \right) \right)$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	показывает скорость оборота заемного капитала
7	К-т. оборачиваемост и дебиторской задолженности	$\text{стр.2110} \times \frac{\text{стр.1230}_{\text{н.г.}} + \text{стр.1230}_{\text{к.г.}}}{2}$ <p style="text-align: center;">где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	показывает, насколько быстро компания получает оплату за проданные товары

	(Кодз)		(работы, услуги) от своих покупателей
8	К-т. оборачиваемость и кредиторской задолженности	$\frac{\text{стр.2110}}{(\text{стр.1520}_{н.г.} + \text{стр.1520}_{к.г.}) / 2}$ <p>где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	показывает, сколько требуется оборотов для оплаты выставленных счетов
Показатели рентабельности			
1	К-т. рентабельность продаж (Крп)	$\frac{\text{стр.2200}}{\text{стр.2110}} \times 100\%$	показывает, какую сумму прибыли получает предприятие с каждого рубля проданной продукции
2	К-т. рентабельности собственного капитала (Крск)	$\frac{\text{стр.2400}}{0.5 \times (\text{стр.1300}_{н.г.} + \text{стр.1300}_{к.г.} + \text{стр.1530}_{н.г.} + \text{стр.1530}_{к.г.})}$ <p>где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	определяет эффективность использования капитала, инвестированного собственниками предприятия
3	К-т. рентабельности заемного капитала (Крзк)	$\frac{\text{стр.2400}}{\text{стр.1410} + \text{стр.1510}}$	характеризует эффективность использования предприятием ее заемного капитала
4	К-т. рентабельности оборотного капитала (Крок)	$\frac{\text{стр.2400}}{\text{стр.1200}}$	показывает, сколько рублей прибыли приходится на один рубль, вложенный в оборотный капитал
5	К-т. рентабельности активов (Кра)	$\frac{\text{стр.2400}}{(\text{стр.1600}_{н.г.} + \text{стр.1600}_{к.г.}) / 2}$ <p>где н.г. – начало года, к.г. – конец года</p>	отражает величину прибыли на единицу стоимости капитала
6	К-т. рентабельности производства	$\frac{\text{стр.2200}}{0.5 \times (\text{стр.1150}_{н.г.} + \text{стр.1150}_{к.г.} + \text{стр.1200}_{н.г.} + \text{стр.1200}_{к.г.})}$	представляет собой величину прибыли, приходящуюся на

	(Крп)	где н.г. – начало года, к.г. – конец года	каждый рубль себестоимости проданной продукции
Показатели ликвидности (платежеспособности)			
1	К-т быстрой ликвидности (Кбл)	$\frac{\text{стр.1240} + \text{стр.1250} + \text{стр.1260}}{\text{стр.1500} - \text{стр.1530} - \text{стр.1540}}$	показывает, насколько возможно будет погасить текущие обязательства, если положение станет критическим
2	К-т текущей ликвидности (Ктл)	$\frac{\text{стр.1200}}{\text{стр.1500} - \text{стр.1530} - \text{стр.1540}}$	показывает способность компании погашать текущие (краткосрочные) обязательства за счёт только оборотных активов
3	К-т текущей ликвидности (Ктл)	$\frac{\text{стр.1240} + \text{стр.1250}}{\text{стр.1500} - \text{стр.1530} - \text{стр.1540}}$	характеризует платежеспособность организации, способность погашать текущие обязательства
4	К-т. общей ликвидности (Кобл)	$\frac{\text{стр.1200}}{\text{стр.1400} + \text{стр.1500} - \text{стр.1530} - \text{стр.1540}}$	показывает способность предприятия погашать все краткосрочные и долгосрочные обязательства
5	К-т. промежуточной ликвидности (Кпл)	$\frac{\text{стр.1240} + \text{стр.1250} + \text{стр.1260}}{\text{стр.1500} - \text{стр.1530} - \text{стр.1540}}$	показывает, насколько возможно будет погасить текущие обязательства, если положение станет критическим
Показатели финансовой устойчивости			

1	К-т. финансовой устойчивости (Кфу)	$\frac{\text{стр.1300} + \text{стр.1400}}{\text{стр.1700}}$	показывает долю тех источников финансирования, которая организация использует в своей деятельности
2	К-т. финансовой независимости (Кфн)	$\frac{\text{стр.1300}}{\text{стр.1700}}$	показывает долю активов организации, которые покрываются за счет собственного капитала
3	К-т. финансовой зависимости (Кфз)	$\frac{\text{стр.1700}}{\text{стр.1300}}$	показывает, в какой степени организация зависит от внешних источников финансирования, сколько заемных средств привлекла организация на 1 руб. собственного капитала
4	К-т. соотношения заемных и собственных средств (Ксзсс)	$\frac{\text{стр.1400} + \text{стр.1500}}{\text{стр.1300}}$	показывает, сколько приходится заемных средств на 1 руб. собственных средств
5	К-т. обеспеченности собственными источниками финансирования (Косиф)	$\frac{\text{стр.1300} - \text{стр.1100}}{\text{стр.1200}}$	показывает, какая часть оборотных активов финансируется за счет собственных средств

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ БАНКРОТСТВА

Название предприятия	Период	Зайцева			Савицкой		Лиса		Альтман		SFA	
		Кф1	Кн2	р3	К4	р	К	р	К	р	е5	р
ООО "АйдикамСисте"	2021	5,98	2,06	высокая	11,08	маленькая	-0,01	высокая	-0,10	высокая	0,222	высокая
	2020	6,34	1,77	высокая	10,21	маленькая	-0,01	высокая	0,15	высокая	0,282	высокая
	2019	-7,15	1,61	незначительная	320,77	маленькая	-0,02	высокая	0,36	высокая	0,511	средняя
ООО "Дэником"	2021	0	2,58	незначительная	0	высокая	0	высокая	0	высокая	0,251	высокая
	2020	13,98	172,70	незначительная	44,35	маленькая	-1,37	высокая	-36,24	высокая	0,349	высокая
	2019	4,43	647,15	незначительная	24963,75	маленькая	15,13	низкая	6354,35	низкая	0,578,	средняя
ООО "Исейврус"	2021	4,42	1,57	высокая	-38,08	высокая	0,00	высокая	-0,22	высокая	0,682	средняя
	2020	384,07	1,57	высокая	-38,16	высокая	-0,10	высокая	-0,11	высокая	0,374	высокая
	2019	74,86	1,57	высокая	-13,53	высокая	-0,02	высокая	0,25	высокая	0,796	низкая

1 фактическое значение

2 нормативное значение

3 вероятность

4 коэффициент, характеризующий оценку вероятности банкротства.

5 эффективность

ООО "Перспектива"	2021	0,00	1,57	незначительная	0,00	высокая	0,00	высокая	0,00	высокая	0,150	высокая
	2020	-1,99	3,08	незначительная	-28,10	высокая	-0,01	высокая	-0,35	высокая	0,246	высокая
	2019	4,34	1,87	высокая	13,58	маленькая	-0,02	высокая	-0,36	высокая	0,592	средняя
ООО "РКС"	2021	-16,63	105,12	незначительная	-1724,61	высокая	0,05	низкая	0,53	высокая	0,5	средняя
	2020	494,76	2,07	высокая	60836,80	маленькая	0,04	низкая	0,36	высокая	0,648	средняя
	2019	1,70	1,93	незначительная	28,73	маленькая	0,02	высокая	0,64	высокая	0,689	средняя
ООО "Смарт-софт"	2021	0,38	1,57	незначительная	-43893,55	высокая	61,22	низкая	308,28	низкая	0,387	высокая
	2020	0,07	1,62	незначительная	4596,41	маленькая	92,92	низкая	2864,76	низкая	0,593	средняя
	2019	0,07	1,67	незначительная	3491,56	маленькая	72,99	низкая	4943,39	низкая	0,894	низкая
ООО "Техносер консалтинг"	2021	585,53	1,86	высокая	1204,13	маленькая	-0,35	высокая	189,85	низкая	0,228	высокая
	2020	52,26	1,63	высокая	1504,98	маленькая	-1,50	высокая	269,84	низкая	0,322	высокая
	2019	0,17	1,65	незначительная	38,53	маленькая	-0,17	высокая	7,61	низкая	0,607	средняя
ООО "Фонемика"	2021	-0,08	105,95	незначительная	17,52	маленькая	-0,09	высокая	-1,23	высокая	0,376	высокая
	2020	-0,30	293,45	незначительная	27,71	маленькая	-0,07	высокая	-0,97	высокая	0,686	средняя

	2019	84,29	1,67	высокая	45,10	маленькая	-0,06	высокая	-0,71	высокая	0,715	средняя
ООО "Креатив соллюшн"	2021	0,87	1,57	незначи тельная	147,20	маленькая	-0,05	высокая	50,83	низкая	0,182	высокая
	2020	12,81	1,57	высокая	239,44	маленькая	-9,47	высокая	478,41	низкая	0,276	высокая
	2019	2,73	1,57	высокая	446,45	маленькая	0,07	низкая	158,67	низкая	0,310	высокая
ООО "Рус- техсистемс"	2021	4,52	2,58	высокая	549,74	маленькая	0,38	низкая	4,65	низкая	0,642	средняя
	2020	1,11	1,69	незначи тельная	53,69	маленькая	0,13	низкая	1,52	неопреде ленно	0,676	средняя
	2019	1,17	1,58	незначи тельная	9,00	маленькая	0,02	высокая	1,17	высокая	0,689	средняя
ООО "Симплком"	2020	0,38	1,69	незначи тельная	21,23	маленькая	0,18	низкая	10,43	низкая	0,566	средняя
	2019	0,54	1,68	незначи тельная	23,33	маленькая	0,20	низкая	11,25	низкая	0,635	средняя
	2018	0,32	2,05	незначи тельная	22,81	маленькая	0,11	низкая	13,61	низкая	0,867	низкая
ООО "Сокол-С"	2020	957,24	460,28	высокая	10724,76	маленькая	0,06	низкая	3,12	низкая	0,212	высокая
	2019	2258,5 6	701,15	высокая	46981,63	маленькая	0,06	низкая	0,73	высокая	0,730	средняя
	2018	3445,3 7	726,55	высокая	66028,12	маленькая	0,06	низкая	0,77	высокая	0,963	низкая
ООО "Сит"	2020	0,16	1,58	незначи тельная	33,63	маленькая	0,05	низкая	12,38	низкая	0,151	высокая
	2019	2,56	1,58	высокая	29,65	маленькая	0,91	низкая	36,35	низкая	0,510	средняя

	2018	3,12	1,42	высокая	7,91	небольшой риск	-0,18	высокая	-4,13	высокая	0,878	низкая
ООО "Бузи"	2020	-11,61	1,59	незначительная	-4,66	высокая	-6,43	высокая	-119,95	высокая	0,077	высокая
	2019	-0,04	1,60	незначительная	22,70	маленькая	-0,08	высокая	6,67	низкая	0,197	высокая
	2018	0,25	1,58	незначительная	23,49	маленькая	0,15	низкая	11,04	низкая	0,506	средняя
ООО "Кадастровый центр"	2020	-0,22	1,58	незначительная	34,17	маленькая	-0,08	высокая	18,92	низкая	0,375	высокая
	2019	0,39	1,59	незначительная	19,23	маленькая	0,02	высокая	13,16	низкая	0,575	средняя
	2018	2,23	1,57	высокая	23,76	маленькая	0,05	низкая	6,60	низкая	0,598	средняя
ООО "Аутсорсинг плюс"	2020	-2,62	1,64	незначительная	14,02	маленькая	-0,29	высокая	-4,55	высокая	0,385	высокая
	2019	0,34	1,63	незначительная	19,01	маленькая	0,08	низкая	4,02	низкая	0,764	средняя
	2018	-0,18	1,65	незначительная	17,69	маленькая	-0,02	высокая	0,84	высокая	0,881	низкая
ООО "Ай Ти Профи"	2020	0,39	1,57	незначительная	35,49	маленькая	0,21	низкая	11,96	низкая	0,529	средняя
	2019	1,13	1,57	незначительная	61,99	маленькая	0,00	высокая	-0,42	высокая	0,695	средняя
	2018	0,37	1,58	незначительная	39,81	маленькая	0,20	низкая	25,92	низкая	0,748	средняя

ООО "Айти-5"	2020	3,15	1,61	высокая	13,35	маленькая	0,00	высокая	0,04	высокая	0,431	средняя
	2019	0,62	1,59	незначительная	20,16	маленькая	0,13	низкая	6,04	низкая	0,64	средняя
	2018	0,71	1,64	незначительная	24,08	маленькая	0,11	низкая	8,76	низкая	0,786	низкая
ООО "Айти-Сервис"	2020	54,66	1,60	высокая	30,76	маленькая	2,69	низкая	108,37	низкая	0,502	средняя
	2019	1,82	1,59	высокая	21,64	маленькая	0,20	низкая	8,50	низкая	0,667	средняя
	2018	172,87	1,60	высокая	-0,45	высокая	0,04	высокая	5,45	низкая	0,734	средняя
ООО "Компания "Айтилаб"	2020	0,27	1,58	незначительная	15,53	маленькая	0,04	низкая	1,02	высокая	0,393	высокая
	2019	-0,25	1,64	незначительная	21,02	маленькая	0,60	низкая	9,85	низкая	0,543	средняя
	2018	29,30	1,66	высокая	15,76	маленькая	0,03	высокая	2,40	неопределенно	0,662	средняя
ООО "Деланте"	2020	0,95	1,57	незначительная	-1104,37	высокая	-6,81	высокая	-377,04	высокая	0,113	высокая
	2019	0,84	2,13	незначительная	-899,81	высокая	-34,04	высокая	-880,57	высокая	0,289	высокая
	2018	0,40	3,57	незначительная	13,45	маленькая	0,03	высокая	1,29	неопределенно	0,3	высокая
ООО "ИРЦ"	2020	-32,77	4,58	незначительная	-2,03	высокая	-0,15	высокая	-2,09	высокая	0,178	высокая
	2019	-5,21	1,64	незначительная	-1,09	высокая	-0,28	высокая	-4,83	высокая	0,401	средняя

	2018	1,74	1,64	высокая	6,76	небольшой риск	-0,04	высокая	-0,41	высокая	0,263	высокая
ООО "Юнитера"	2020	98,47	126,77	незначительная	32,30	маленькая	-0,04	высокая	-0,73	высокая	0,064	высокая
	2019	122,22	1,75	высокая	32,13	маленькая	-0,05	высокая	-0,93	высокая	0,140	высокая
	2018	2142,04	1,63	высокая	39,87	маленькая	-0,05	высокая	-0,18	высокая	0,216	высокая
ООО "Амрусофт"	2020	631,74	1,57	высокая	12,20	маленькая	0,01	высокая	0,17	высокая	0,24	высокая
	2019	631,74	1,57	высокая	12,20	маленькая	0,01	высокая	0,17	высокая	0,303	высокая
	2018	631,74	1,57	высокая	12,20	маленькая	0,01	высокая	0,17	высокая	0,435	средняя
ООО "Телигент"	2020	681,76	1,78	высокая	12,89	маленькая	0,04	низкая	2,55	неопределенно	0,096	высокая
	2019	2,77	1,62	высокая	13,83	маленькая	0,08	низкая	3,93	низкая	0,151	высокая
	2018	0,49	1,65	незначительная	14,96	маленькая	0,13	низкая	6,76	низкая	0,234	высокая
ООО "ПСНМ"	2020	-0,65	506,78	незначительная	3,64	небольшой риск	-0,02	высокая	-0,28	высокая	0,559	средняя
	2019	-6,22	43,13	незначительная	-3,94	высокая	0,00	высокая	-0,05	высокая	0,722	средняя
	2018	-4,53	1,65	незначительная	-5,85	высокая	0,00	высокая	-0,03	высокая	0,889	низкая
ООО "Иннэт"	2020	29,33	1,57	высокая	64,96	маленькая	0,03	высокая	21,98	низкая	0,477	средняя
	2019	10,78	1,59	высокая	101,12	маленькая	0,02	высокая	28,97	низкая	0,556	средняя
	2018	9,47	1,58	высокая	15,01	маленькая	0,01	высокая	4,72	низкая	0,611	средняя

ООО "НПП" Р- Индустрия"	2020	9,30	1,63	высокая	15,92	маленькая	0,04	высокая	1,84	неопределенно	0,376	высокая
	2019	2,12	1,60	высокая	17,43	маленькая	0,02	высокая	2,40	неопределенно	0,618	средняя
	2018	1,29	1,59	незначительная	31,18	маленькая	0,37	низкая	89,43	низкая	0,747	низкая
ООО "Кредо-91"	2020	0,31	1,57	незначительная	49,92	маленькая	0,15	низкая	22,75	низкая	0,425	средняя
	2019	0,64	1,57	незначительная	69,97	маленькая	0,28	низкая	30,03	низкая	0,647	средняя
	2018	1,76	1,57	высокая	63,09	маленькая	-0,09	высокая	49,54	низкая	0,853	низкая