



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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Томск– 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

**Научный руководитель –** доктор технических наук профессор  
**Мицель Артур Александрович**

**Официальные оппоненты:** **Воскобойников Юрий Евгеньевич,**  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой прикладной математики  
Новосибирского государственного архитектурно-  
строительного университета

**Моргунов Евгений Павлович,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры информатики  
и вычислительной техники Сибирского государственного  
университета науки и технологий имени академика  
М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

**Ведущая организация –** Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Защита состоится 7 декабря 2023 г. в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 24.2.415.02, созданного на базе ТУСУРа, по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ауд. 201.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТУСУРа по адресу: 634045, г. Томск, ул. Красноармейская, 146 и на официальном сайте ТУСУРа по адресу <https://postgraduate.tusur.ru/urls/bjr1ad7q>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Зайченко Татьяна Николаевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность работы.**

С ростом значения эффективности в любом секторе экономики оценка эффективности предприятия дает возможность реализовать эффективную и прибыльную стратегию распределения ресурсов. Учитывая ежегодный рост предприятий-банкротов, процесс оценки эффективности важен не только для владельцев и менеджеров, но и для кредиторов. Поэтому понимание важности эффективности и ее оценки может помочь предприятиям избежать банкротства и принимать более обоснованные решения при распределении ресурсов.

Согласно, данным из Единого федерального реестра сведений о банкротстве в 2020 году поступило порядка 9930 сообщений о признании должника банкротом, а в 2021 году 10319 сообщений. 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 о количествах ресурсов, но и о номенклатуре используемых ресурсов. Альтернативный подход оценки финансовой устойчивости – это использование финансовых показателей, которые рассчитываются на основе доступной в открытых источниках бухгалтерской отчетности предприятий.

**Объектом исследования** данной работы является финансовая устойчивость деятельности предприятий. **Предмет 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 модели или адаптировали западные модели.

В 30-х гг. XX века зарубежными авторами П. Фицпатриком, Р. Смитом и А. Винакором была заложена основа прогнозирования банкротства, суть которой состояла в том, что значения некоторых финансовых коэффициентов действующих и обанкротившихся предприятий отличаются. В 1960-х годах появились наиболее значимые работы по данной теме таких авторов, как Э. Альтманом и У. Бивером.

Дальнейшее развитие моделей прогнозирования банкротства предприятия получили в исследованиях, зарубежных ученых: Р. Лиса, Р. Таффлера и Г. Тишоу, Дж. Спрингейта, Ж. Конана и М. Гольдера, Д. Дюрана, Д. Фулмера, А. Стрикленда, Дж. Ольсона, и в работах российских ученых: Г. Давыдовой и А.Ю. Беликова, Г.А. Хайдаршиной, О.П. Зайцевой, Л.В. Донцовой, М.А. Федотовой, Г.В. Федоровой, Е.В. Телипенко, Мицеля А.А., Е.А. Федорова и Е.В. Гиленко, А.Д. Шеремета, Р.С. Сайфулиной и Г.Г. Кадыкова и других.

В рамках исследований в области системного анализа и управления экономическими системами, которые использовались в подготовке методики решения поставленной задачи, можно отметить работы А.М. Корикова и С.И. Павлова, М.П. Силич, Б.А. Баллод и других.

Экономико-математические модели оценки эффективности деятельности предприятия на основе использования параметрических методов рассмотрены в работах С.А.К. Lovell, G. Battese и Т. Coelli, Е.И. Борисова, А.А. Пересецкий, Д.И. Малахов и Н.П. Пильник, С.А. Айвазян, А.В. Рябченко, И.Б. Ипатова, Е.И. Щетинин и др. Модели, построенные на использовании непараметрических методов, рассмотрены в трудах А. Charnes, W. Cooper и Е. Rhodes, Т.А. Рукавицыной, А.А. Новожилова, Е.П. Моргунов, Е.В. Кочуров и других.

Математические модели оценки эффективности применяются также для решения инженерных задач в работах следующих авторов: В. Демченко, А. Трубачев и С. Хрон, D. Pjevecvic, I. Vladislavljjevic, K. Vukadinovic и D. Teodorovic, A. Trabelsi и M.A. Rezgui,

F. Belloti, D.R., Despic, M.Ю. Деряевнов и Ю.Э. Плешивцева, R. Rodríguez-Aguilar и J.A. Marmolejo-Saucedo, M.F. Bongo и другие.

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

**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.

#### **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.

#### **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 используются в учебном процессе ТУСУР и НИ ТПУ.

#### **Внедрение результатов диссертационного исследования.**

Результаты диссертационного исследования внедрены:

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

2) 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»);

3) 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»).

**Достоверность результатов диссертации** обусловлена обоснованным использованием общепризнанных теоретических законов и вычислительных алгоритмов, результатами проведения моделирования на панельных данных, полученными в данной диссертационной модели, а также адекватностью разработанных моделей, согласованностью теоретических заключений и выводов по результатам расчётов, сопоставимостью полученных результатов с реальными данными.

**Теоретическая значимость работы** состоит в развитии методов диагностики банкротства предприятия и его оценки эффективности, а также разработке математической модели управления финансовыми показателями российских предприятий и созданием на их основе программного продукта.

#### **Практическая значимость**

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. Программа внедрена на предприятии ООО «Софт-Вест».

Материалы диссертационной работы могут быть полезны научно-педагогическим работникам и студентам по направлениям, связанным с поддержкой принятия решений о 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)

#### **Апробация результатов диссертационного исследования:**

Диссертационные исследования поддержаны грантом РФФИ (проект № 20-31-90100).

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.**

По материалам и основному содержанию диссертации опубликовано 5 статей в журналах, рекомендуемых ВАК, 3 статьи в материалах конференций, индексируемых в Web of Science и Scopus, 10 докладов в трудах отечественных конференций, а также получено 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **Личный вклад автора.**

Постановка цели работы и задач исследования была осуществлена совместно с научным руководителем д.т.н., профессором Мицелем А.А. Основные выносимые на защиту научные результаты, представленные в диссертации получены автором лично.

**Структура и объём диссертации.** В состав диссертации входят введение, 4 главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы из 120 наименований, приложение из 16 с. Объём диссертации с приложением – 148 с., в т.ч. 36 рисунков и 14 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** кратко описывается предметная область, степень научной разработанности проблемы, обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и задачи исследования, приводятся применяемые методы, научная новизна и практическая ценность исследования.

**В первой главе** рассмотрены понятия эффективности деятельности предприятия, финансовой устойчивости и виды банкротства предприятия. Выполнен обзор существующих методов оценки эффективности деятельности предприятия и математических моделей прогнозирования банкротства. Существующие непараметрические и параметрические методы основаны на производственной функции, которая использует данные о потребляемых ресурсах и объемах выпуска продукции. Вместо объемов ресурсов и выпускаемой продукции в работе предлагается использовать финансовые показатели в качестве входных и выходных данных параметров.

**Во второй главе** представлены основные научные результаты исследования, а именно:

1. Предложена методика предварительной обработки финансовых показателей для метода DEA; обоснована возможность использования метода DEA оценки эффективности деятельности предприятий на основе финансовых показателей. В классическом методе DEA входными и выходными данными являются объёмы используемых ресурсов и выпускаемой продукции.

2. Предложен оригинальный метод оценки эффективности деятельности предприятий на основе многофакторной параметрической модели SFA. Отличие предлагаемого метода SFA от классического состоит в следующем: 1) входными и выходными данными являются финансовые показатели; 2) выходной параметр модели является многофакторным.

3. Представлено сравнение моделей оценки и определения уровня риска.

Первый раздел второй главы посвящен методике предварительной обработки финансовых показателей для непараметрического метода DEA.

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. Нормируем показатели, т.е. разделим 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 будем подставлять  $1 - x$ , 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. Рассчитываем показатель эффективности  $v_{out}$  по каждой группе выходных параметров и затем усредняем.

4. Определяем показатель эффективности  $T_{out} = \exp(-(v_{out} - 1))$  за конкретный временной промежуток для всех предприятий.

В таблице 1 представлены результаты корреляции между показателями финансовой деятельности, которые выявили как прямую, так и обратную связь, что приводит к необходимости перегруппировать данные в таблице по годам и разделить каждый показатель на максимальное значение по строке.

Для рассчитанных коэффициентов корреляции была проведена оценка значимости на основе t-критерия Стьюдента ( $t_{pac}$ ). При  $t_{pac} > t_q(n-2)$  корреляция считается значимой, где  $t_q(n-2)$  – критическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости  $q$ . Для  $q=0,05$  уровень значимости  $t_q(n-2) = 2,77$ . Значимые по t-критерию Стьюдента коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом и в рамке.

Таблица 1 – 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 разбиваем на 4 группы и где коэффициент корреляции будет отрицательный, будем брать вместо входного параметра «единица минус входной параметр».

В таблице 2 приведены результаты расчетов показателя эффективности 8 предприятий за 2016-2020 гг. Здесь можно видеть, что из 8 предприятий эталонными являются предприятия №1 и №7.

Таблица 2 – 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 рис. 1 представлена динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности действующих и предприятий-банкротов соответственно за 2016-2020 года.

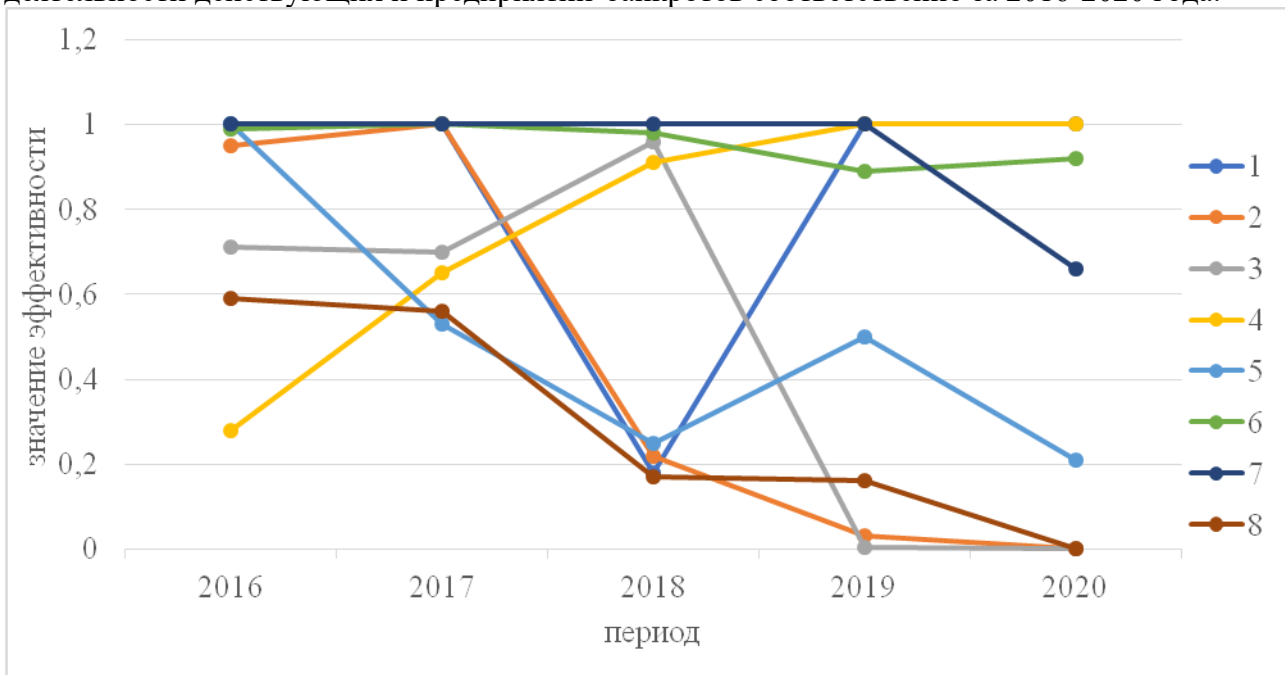


Рис. 1 – Динамика эффективности деятельности предприятий.

Высокую эффективность деятельности на протяжении пяти лет показывает предприятие №6. Показатель эффективности колеблется около единицы. Это говорит о финансовой стабильности предприятия. 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 несколько снизилась. У предприятия №1 лишь в 2018 году наблюдается резкое уменьшение показателя  $T_{out}$ . 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. 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).

Во втором разделе второй главы описывается разработанная многофакторная модель управления риском банкротства предприятия.



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

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

где  $m$  – количество предикторов (показателей хозяйственно-финансовой деятельности объекта) регрессионной модели;  $\beta^k$  – коэффициенты регрессионной модели.

Предположим, что случайный фактор  $i$ -го экономического объекта  $u_i$ , связанный с эффективностью его работы, не зависит от номера выходного показателя, т.е.  $u_i^k = u_i$ . В этом случае случайную ошибку можно записать как

$$\varepsilon_i^k = v_i^k - u_i \quad (2)$$

С другой стороны, случайную ошибку  $\varepsilon_i^k$  можно записать как

$$\varepsilon_i^k = \ln(y_i^k) - \left( \sum_{j=1}^m \beta_i^k \ln(x_{ij}) \right). \quad (3)$$

Для построения модели необходимо задать вероятностные распределения случайных величин  $v_i^k$  и  $u_i$ . Таким образом, получим многофакторную модель SFA. Пусть распределения вероятностей случайных величин  $v_i^k$  и  $u_i$  имеют вид

$$f_v(v_i^k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot e^{-\frac{(v_i^k)^2}{2\sigma_v^2}}, \quad f_u(u_i) = \lambda \cdot e^{-\lambda u_i}, \quad u_i \geq 0$$

Для показателя неэффективности можно получить следующее выражение

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

Показатель технической эффективности JMLS равен

$$T_{\text{JMLS}} = \exp(-u_i). \quad (4)$$

Показатель технической эффективности будет находиться в интервале

$$\exp(-u_i - \hat{\sigma}_i) \leq T_{\text{JMLS}} = \exp(-u_i) \leq \exp(-u_i + \hat{\sigma}_i), \quad \text{где } \hat{\sigma}_i = \frac{1}{\lambda}. \quad (5)$$

На основе предложенной модели и исходных данных были проведены расчеты для 20 действующих предприятий и 15 предприятий банкротов. После предварительной обработки исходных данных в качестве выходных переменных были выбраны два показателя: коэффициент задолженности и коэффициент маневренности. Объясняющими переменными

является система показателей: коэффициенты рентабельности, финансовой устойчивости, деловой активности и ликвидности.

В таблице 3 приведено распределение оценок эффективности многофакторной моделью SFA на период с 2011 по 2020 г.

Таблица 3 – 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 рис. 2 (а) представлена динамика эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятий-банкротов (n). Наихудшими с точки зрения эффективности являются предприятия, у которых значения показателя эффективности попадают в диапазон от 0 до 0,2. Таким образом, предприятия с 1-го по 15-й подтверждают свой статус «банкрот».

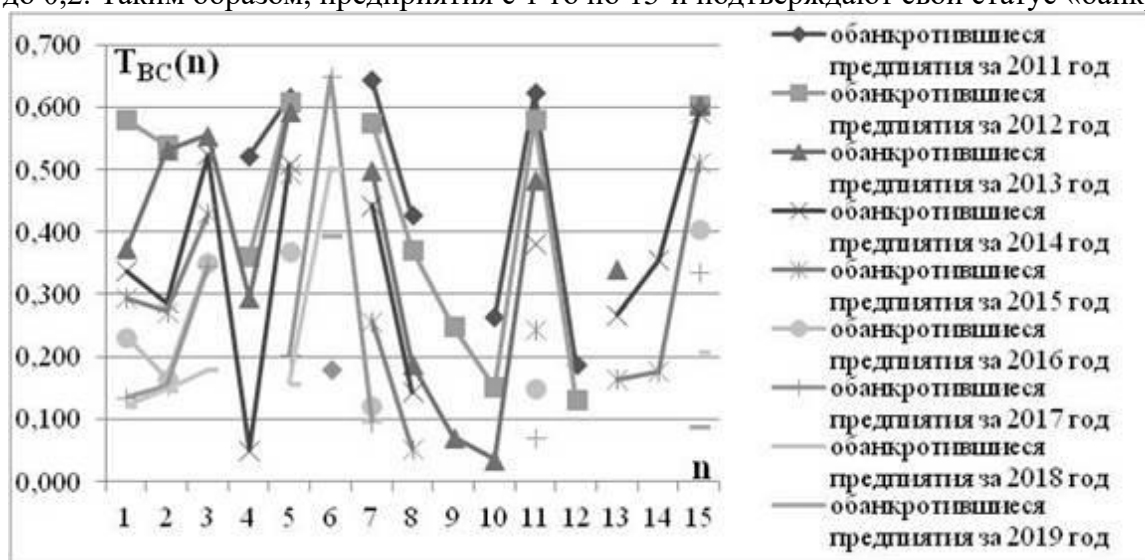


Рис. 2 (а) – Динамика оценки эффективности предприятий-банкротов

На рис. 2 (б) представлена динамика эффективности действующих предприятий. В данном случае если оценка эффективности приближена к 1, это означает, что предприятие финансово устойчиво и ему не грозит банкротство.

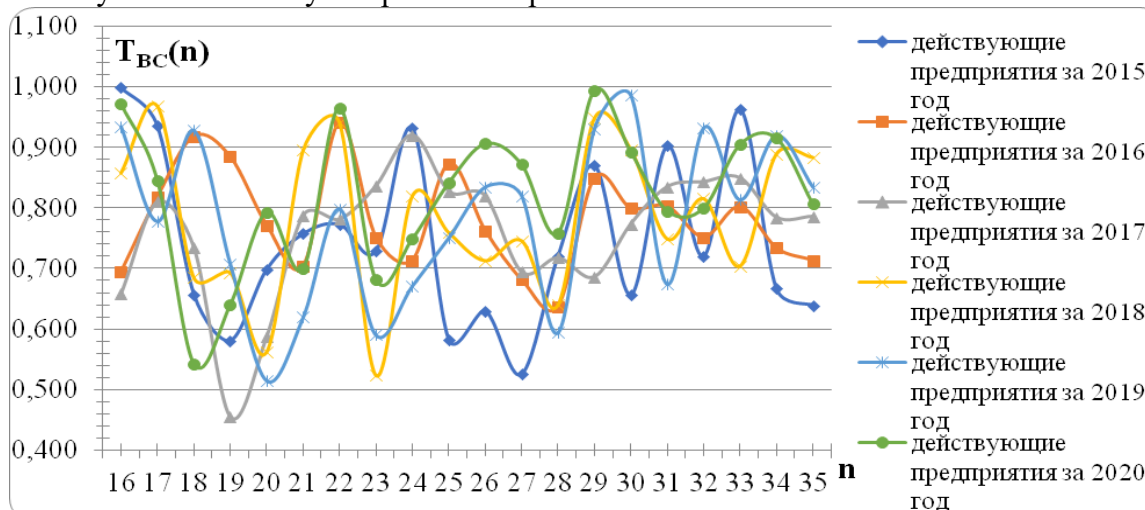


Рис. 2 (б) – Динамика оценки эффективности действующих предприятий

В третьем разделе второй главы представлено сравнение модели оценки и определения уровня риска. Для проведения анализа было отобрано 24 финансовых показателя. Значения, которых рассчитываются на основе бухгалтерской отчетности: Бухгалтерский баланс, Отчет о финансовых результатах (Отчет о прибылях и убытках) за 2019-2020 г. Далее в соответствии с основными этапами МГК были произведены расчеты, в результате которых получили 5 наиболее значимых показателей:

- коэффициент задолженности;
- коэффициент маневренности оборотного капитала;
- коэффициенты финансовой устойчивости;
- коэффициенты деловой активности;
- коэффициенты ликвидности.

На рис. 3 представлены результаты сравнения, и апробации модели из раздела 2.2 с часто встречающимися моделями в литературных источниках: Альтмана, Лиса, Савицкой и Зайцевой. Проверка осуществлялась на 29 предприятиях в период с 2018-2020 гг., с использованием в качестве входной и выходной информации, отобранные методом главных компонент показатели.

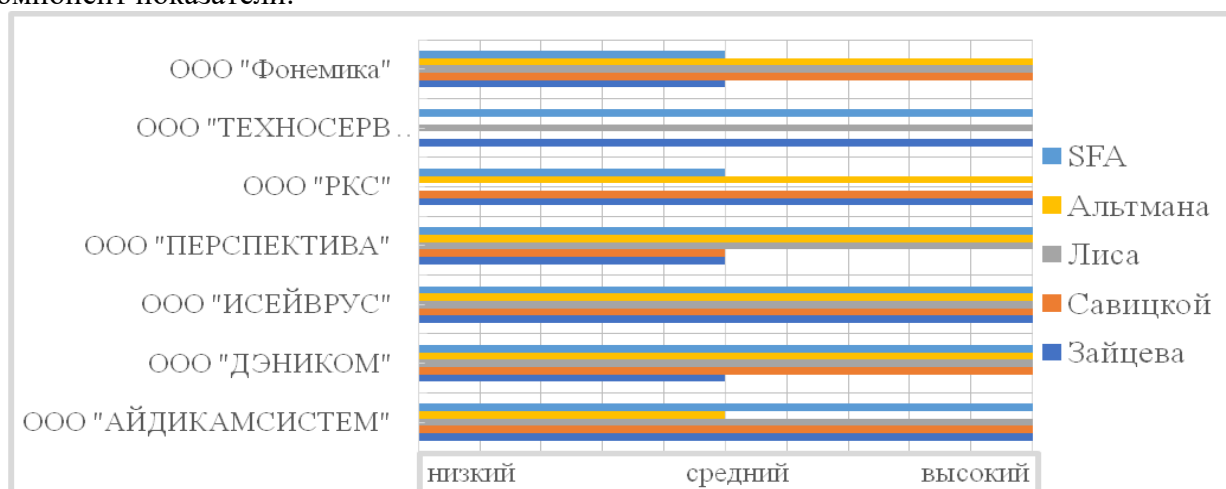


Рис. 3 – Результаты сравнения предприятий по уровню риска банкротства за 2020 г. (фрагмент)

Уровень риска банкротства предприятий, рассчитанный по модели Зайцевой и Савицкой, показывает не самую лучшую оценку вероятности банкротства. По результатам вычисления выявлено, что согласно модели Зайцевой 17 предприятий имеют незначительный риск наступления банкротства, согласно модели Савицкой, большая часть предприятий имеет низкую вероятность наступления банкротства. С помощью модели из второго раздела второй главы получены адекватные уровни риска банкротства предприятий. Результаты подтверждаются бухгалтерской отчетностью предприятий.

Например, рассмотрим предприятие-банкрот ООО «АЙДИКАМСИСТЕМ». Дополнительно вычислены оценки уровня банкротства за 2016-2017 г. для оценки состояния предприятия задолго до заявления о признании должника банкротом. Из рис. 4 наблюдается ухудшение ситуации с неплатежеспособностью предприятия, начиная с 2016 года, что также подтверждается моделями Лиса и SFA.

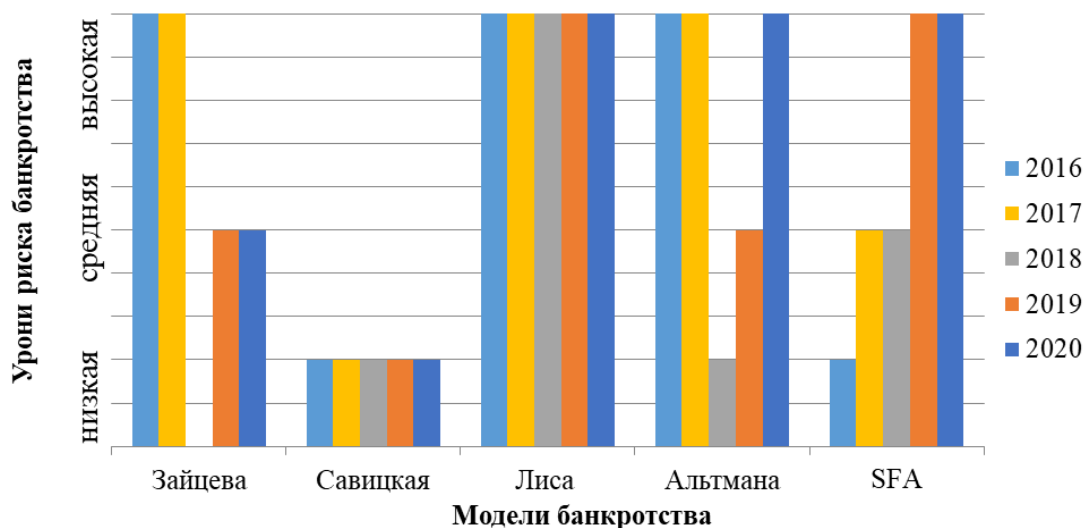


Рис. 4 – Результаты оценки риска банкротства предприятия ООО «АЙДИКАМСИСТЕМ»

В третьей главе представлен подход к управлению банкротством предприятия, который состоит из стратегии управления финансовыми показателями, а также предложена динамическая модель управления выручкой предприятия с учетом эффективности его деятельности.

В первом разделе второй главы описывается стратегия управления финансовыми показателями. Показатели для малых предприятий были взяты из регламентированных отчетов «Бухгалтерский баланс» и «Отчет о финансовых результатах». В таблице 4 приведены обозначения показателей.

Таблица 4 — Показатели малого бизнеса

Обозначение показателя	Описание показателя
<i>Rev</i>	Выручка
<i>X1</i>	«Итого по разделу I» (Внеоборотные активы)
<i>X2</i>	«Итого по разделу II» (Оборотные активы)
<i>X3</i>	«Итого по разделу III» (Капитал и резервы)
<i>X4</i>	«Итого по разделу IV» (Долгосрочные обязательства)
<i>X5</i>	«Итого по разделу V» (Краткосрочные обязательства)

Имеют место ограничения, наложенные на данные показатели:

- $X1 + X2 = X3 + X4 + X5$ ;
- $X1 + X2 = 1$ ;
- $X3 + X4 + X5 = 1$ .

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.

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.

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.

Во втором разделе третьей главы предложена модификация динамической модели управления выручкой предприятия, отличающаяся от известной в литературе модели учётом параметра эффективности деятельности предприятия.

Предположим, мы выделили  $n$  показателей, наиболее критичных для оценки риска банкротства, оказывающих влияние на выручку от реализации продукции, как основной источник формирования финансовых ресурсов предприятия. Пусть значения этих показателей вышли за нижние границы допустимых значений, и мы хотим увеличить их значения, чтобы избежать банкротства. Для этого нам необходимы инвестиции в предприятие.

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.

Зависимость выручки  $j$ -го предприятия от времени представим в виде множественной регрессии

$$V_j(t) = \sum_{i=1}^m a_i(t) \cdot x_{ji}(t) \quad (5)$$

где  $a_i$  – коэффициенты регрессии.

Зависимость плановой выручки представим в форме

$$V_j^0(t+1) = (1 + \mu_j^0(t))V_j^0(t) \quad (6)$$

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

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

$$x_{ji}(t+1) = (x_{ji}(t) + u_{ji}(t)), \quad i = 1, \dots, m \quad (7)$$

где  $u_{ji}(t)$  – 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

$$V_j(t+1) = \sum_{i=1}^m a_i(j) \cdot (x_{ji}(t) + u_{ji}(t)) = V_j(t) + \sum_{i=1}^m a_i(j) \cdot u_{ji}(t) \quad (8)$$

В качестве целевой функции выберем квадратичный функционал:

$$J_j = \sum_{t=0}^{T-1} \left[ [V_j(t) - V_j^0(t)]^2 + (u_j(t))^T R(t) (u_j(t)) \right] + [V_j(T) - V_j^0(T)]^2, \quad (9)$$

где  $R(t)$  – диагональная матрица весовых коэффициентов.

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

Подставив в (4) выражение (1), критерий качества  $J$  примет вид

$$J_j = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^m (a_i(t) \cdot (x_{ji}(t) + u_{ji}(t))) - V_j^0(t) \right]^2 + \\ + \sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=1}^m (u_{ji}(t))^T R(t) (u_{ji}(t)) \end{array} \right\} \rightarrow \min_{u_{ji}(t)} \quad (10)$$

Таким образом, требуется решить задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (7), а функционал качества – выражением (10). Управление задается вектором  $u(t)$ . Вводятся следующие ограничения на финансовые показатели

$$x_i^{\min}(t) \leq x_{ji}(t) + u_{ji}(t) \leq x_i^{\max}(t), \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 0, \dots, T-1 \quad (10)$$

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

Также вводится ограничение на показатель неэффективности

$$T_j^{JMLS} \geq eff_j \quad (11)$$

Необходимо найти оптимальное решение  $(\bar{x}(t), \bar{u}(t))$ , удовлетворяющее уравнению состояния (7), а также ограничениям (10) и (11), при которых функционал (9) принимает минимальное значение.

Полученная модель была применена для моделирования управления финансовыми показателями российских предприятий моногорода. В таблице 5 представлены значения коэффициентов регрессии для отраслей 1-6: 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.

Таблица 5 – 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

На рис. 5-6 представлены примеры сравнения реальной нормированной выручки Rev с модельным значением выручки Revm для первых двух отраслей. По оси ординат строятся значения показателей в условных значениях, а по оси – абсцисс – периоды в годах с 2007 по 2021 гг. Оранжевая линия обозначает моделируемые значения, а синяя – реальные значения.

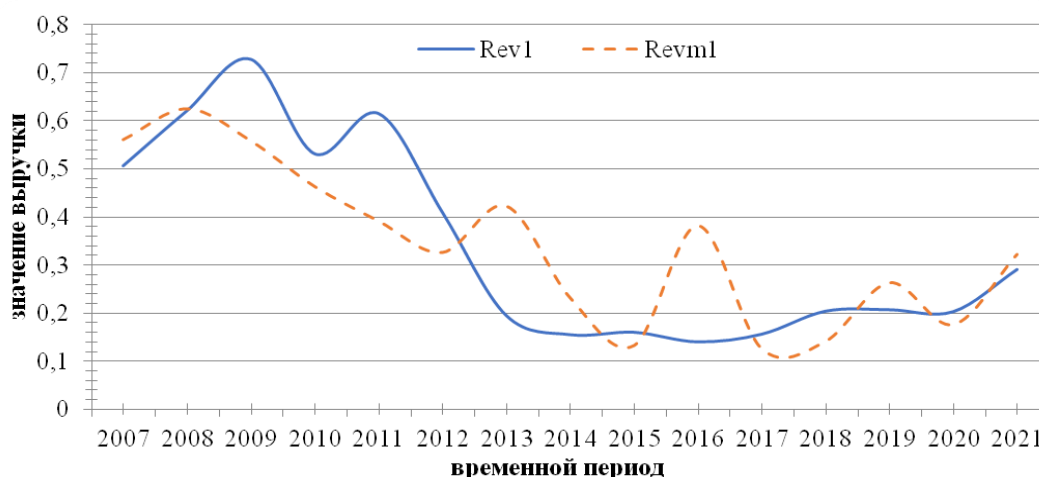


Рис. 5 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (5) для отрасли №1

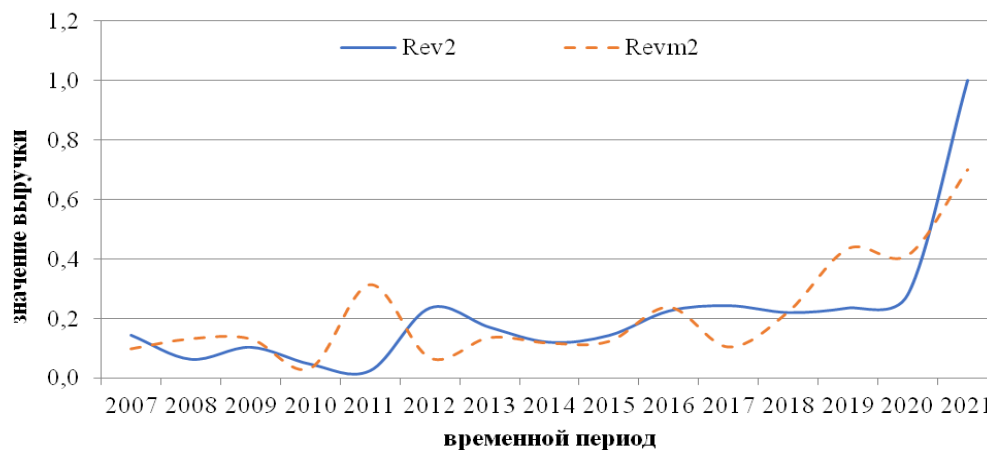


Рис. 6 – Сравнение реальной выручки с модельным значением, рассчитанным по формуле (5) для отрасли №2

В таблице 6 приведены параметры темпов изменения показателей.

Таблица 6 – Параметры темпов изменения показателей

Отрасль	$\mu_j(t)$				
	№1	№2	№3	№4	№5
№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

На рис. 7-8 представлены графики слежения за плановым показателем выручки для отрасли №1 и №2.

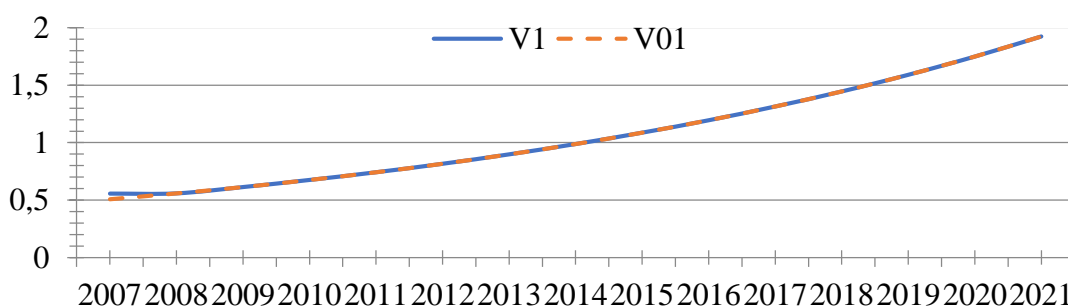


Рис. 7 – График слежения за плановым показателем выручки для отрасли №1

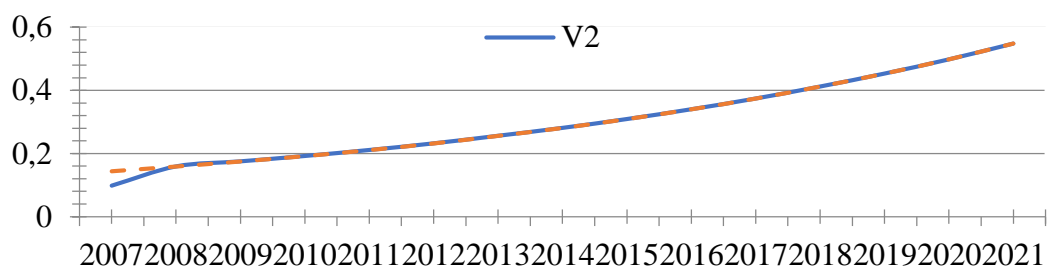


Рис. 8 – График слежения за плановым показателем выручки для отрасли №2

Показатель эффективности принимает значение от 0 до 1. Чем ближе к 1, тем предприятие является эффективнее, и наоборот, если ближе к 0, то менее эффективно. Для решения задачи параметр задавался равным 0,5,  $eff = 0,5$ , так как является средним значением показателя эффективности.

В таблице 7 представлены результаты оценки эффективности деятельности отраслей малого бизнеса моногорода.

Таблица 7 – 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 рис. 9 представлен график поведения показателя эффективности для отраслей экономики.

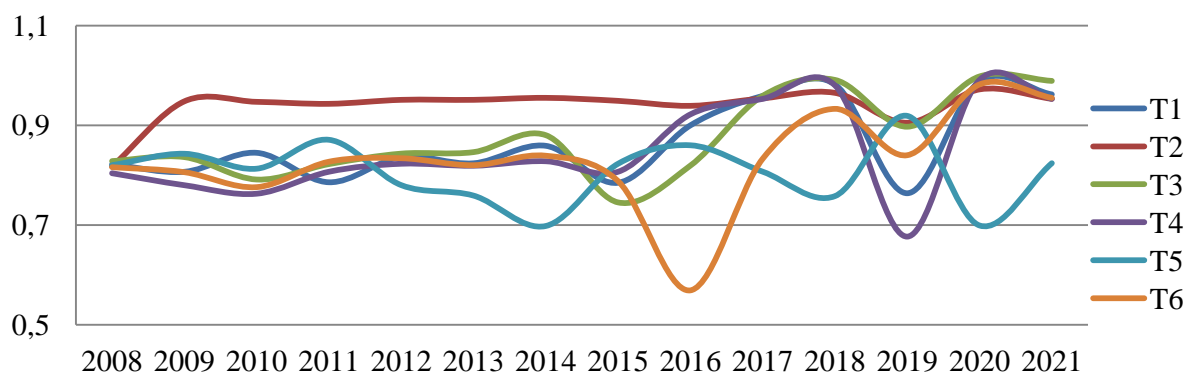


Рис. 9 – График поведения показателя эффективности по отраслям

Данные графики демонстрируют результаты расчетов, из которых следует, что для достижения плановых устойчивых решений значений выручки можно использовать такое ограничение как эффективность. Это говорит о том, что возможность использования однофакторной модели ограничивается лишь управлением одним из финансовых показателей в определенный промежуток времени.

В третьем разделе третьей главы сравнивается алгоритм предложенного решения динамической задачи с классическим алгоритмом. Результаты сравнения времени счета приведены в таблице 8, где можно увидеть, что выигрыш во времени составляет 19-36 раз.

Таблица 8 – 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

В четвертой главе разработан программный комплекс для оценки эффективности и управления выручкой предприятий. Структурная схема программного комплекса представлена на рис. 10.

Также в главе приводится пример практической работы с созданным программным комплексом.



Рис. 10 – Структура программного комплекса

На рисунке 11 представлено главное окно программного комплекса для оценки эффективности и управления выручкой предприятия

Рис. 11 – Основное окно программного комплекса

Для загрузки данных из внешних источников необходимо установить переключатель «Загрузка с сайта», обозначенная под номер 1 на рисунке 11. Для загрузки данных вручную необходимо выбрать переключатель «Вручную», номер 2 на рисунке 11. 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.

На рисунке 12 представлен пример результата работы метода DEA.

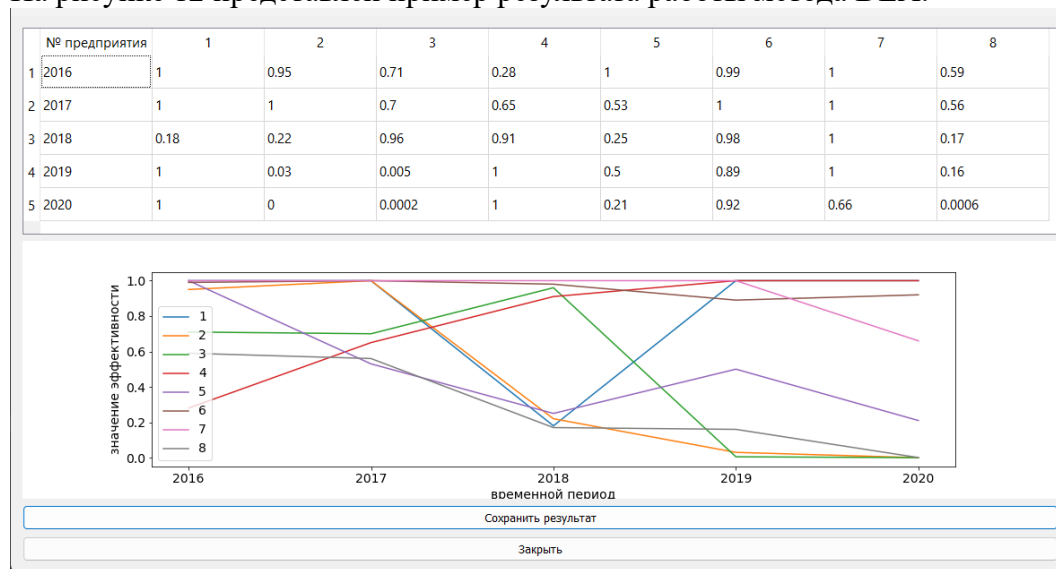


Рис. 12 – Результаты работы метода DEA

## 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 используется научно-образовательных процессах НИ ТПУ и ТУСУРа.

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### Статьи в журналах из перечня ВАК

1. 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.
2. Алимханова А.Н., Мицель А.А. Метод стохастической границы для оценки эффективности деятельности предприятий / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 1. – С. 143–155.
3. 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.
4. Алимханова А.Н. Многопродуктовая модель оценки эффективности деятельности предприятий / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Доклады ТУСУР. – 2022. – Т. 25. – №1. – С. 107-113.
5. 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. – № 1. – С. 89–101.

#### Доклады в трудах конференций, индексируемых в Scopus и(или) Web of Science

1. 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.
2. 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.
3. Alimkhanova A. Dynamic Model of Enterprise Revenue Management Based on the SFA Model / Vazhdaev A., Mitsel A., Sidorov A. // Mathematics. – 2023. – Vol. 11, 211. <https://doi.org/10.3390/math11010211>

#### Доклады (тезисы) в трудах других конференций

1. Алимханова А.Н. Обработка данных бухгалтерской отчетности предприятий для оценки эффективности их деятельности с помощью метода DEA / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения: материалы X региональной научно-практической конференции, Томск, 2021. – Томск: ТУСУР, 2021. – С. 552-555.
2. Алимханова А.Н. Корреляционный анализ показателей финансовой устойчивости / А.Н. Алимханова, О.В. Бадер // Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения: материалы X региональной научно-практической конференции, Томск, 2021. – Томск: ТУСУР, 2021. – С. 420-423.
3. Алимханова А.Н. Оценки эффективности деятельности предприятий промышленной отрасли / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // Professor's Journal. Series: Technical science –2021. Т.1, №1. –С. 20-30.
4. Алимханова А.Н. Применение стохастического метода SFA для оценки эффективности деятельности предприятия / А.Н. Алимханова // 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.

5. **Алимханова А.Н.** Параметрический метод оценки эффективности деятельности предприятия / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // *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
6. **Алимханова А.Н.** Оценка эффективности деятельности предприятия на основе стохастического метода SFA / А.Н. Алимханова // *Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 13–30 мая 2020 г.: в 2 частях.* – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 2. – С. 158-160.
7. **Алимханова А.Н.** Модели управления риском банкротства предприятий / А.Н. Алимханова // *Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.* – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 18-20.
8. **Алимханова А.Н.** Методы оценки эффективности деятельности предприятия / А.Н. Алимханова // *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.
9. **Алимханова А.Н.** Модель оценки эффективности деятельности предприятий / А.Н. Алимханова, А.А. Мицель // *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.
10. **Алимханова А.Н.** Оценка эффективности предприятий на основе метода DEA / А.Н. Алимханова // *Научная сессия ТУСУР–2018: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 16–18 мая 2018 г.: в 5 частях.* – Томск: В-Спектр, 2018. – Ч. 5. – С. 13-15.

#### **Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ**

1. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2022661008. Программа для ЭВМ оценки эффективности деятельности предприятия методом Stochastic Frontier Analysis. Автора: **Алимханова А.Н.**, Мицель А.А. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 14.06.2022 г.