

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СТОИМОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО БИЗНЕСА

Костырин Е.В., Розанов Д.Г., Керасов С.Н., Арутюнов С.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

mauntain76@mail.ru, daniilrozanov@mail.ru, stenley007@mail.ru, sa.arutyunov@rambler.ru

Аннотация. Разработана система управления стоимостью коммерческой стоматологической клиники, учитывающая влияние факторов: количество высокофункциональных стоматологических кресел; стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов; используемые стоматологические технологии диагностики и лечения пациентов; доля выручки от оказания стоматологических услуг, направляемая на заработную плату врачей-стоматологов.

Ключевые слова: оценка стоимости бизнеса, экономико-математическая модель, прибыльность предприятия, финансовые технологии, инвестиции, стоматология, инвестиционная стоимость.

Введение

Современная стоматологическая клиника – это медицинская организация стоматологического профиля, являющаяся сложным комплексом, в деятельности которого пересекаются задачи получения максимального клинического эффекта в лечении стоматологических заболеваний (профессиональная эффективность деятельности), снижения и профилактики заболеваемости населения отдельных территорий и социальных групп (социальная эффективность работы стоматологической клиники) с учётом рационального использования доступных финансовых ресурсов (с учётом экономической эффективности). Таким образом, в деятельности любой стоматологической клиники необходимо учитывать сразу несколько зачастую взаимоисключающих друг друга эффективностей работы: медицинская эффективность (профессиональная эффективность); социальная эффективность; и экономическая эффективность. К сожалению, в современной российской действительности общественность требует от менеджеров и руководителей системы здравоохранения ограничения их функционирования двумя первыми видами, забывая, однако, что в современных условиях развития невозможно обеспечить качественную и доступную медицинскую помощь всем нуждающимся, не учитывая уровня и эффективности затрат на её предоставление. При этом стоит отметить, что такое положение дел является общемировым трендом развития всех известных систем здравоохранения. Более того, только качественно работающие стоматологические клиники, имеющие оптимальное распределение потоков платежей и поступлений от всех видов деятельности, способны выдержать конкурентную борьбу в условиях возрастающей конкуренции, обеспечить развитие учреждения, закупку современного высокотехнологичного медицинского оборудования на уровне мировых стандартов качества, сохранение и формирование штатов высококвалифицированных сотрудников, способных в кратчайшие сроки освоить сложную медицинскую технику и передовые технологии в лечении заболеваний, как уникальные, так и общераспространённые методы лечения. Напрашивается вывод, и этому легко можно найти подтверждение на практике, что те стоматологические клиники, руководители которых рачительно и результативно используют выделяемые финансовые ресурсы на материально-техническое обеспечение, а также грамотно и эффективно внедряют современные методы ведения хозяйственной деятельности, принципы самокупаемости, современные маркетинговые методы, направленные на привлечение пациентов, увеличение объёмов оказываемых стоматологических услуг, передовые методы профилактики, диагностики и лечения, способны развиваться в современных экономических условиях и достигать высоких профессиональных и социальных эффектов. В свою очередь, высокие показатели результатов деятельности позволяют привлекать дополнительные источники финансирования, расширять своё участие в программах обязательного медицинского страхования, заключать выгодные договоры на медицинское обслуживание сотрудников различных предприятий и договоры добровольного медицинского страхования. В дальнейшем такая стоматологическая клиника способна привлечь дополнительных инвесторов и существенно повысить свою рыночную стоимость, имидж и репутацию.

В настоящее время, к сожалению, в российском здравоохранении сложилась ситуация, что не все стоматологические клиники и медицинские работники адаптировались в новых условиях хозяйствования, когда пациент получил право выбора врача и медицинского учреждения, и, следовательно, последние должны бороться за пациентов, привлекая для этого не только свои профессиональные качества, но и целый ряд рыночных инструментов: цена, обоснованная и согласованная с пациентом; время; комфортные формы записи на приём через интернет и другие

средства связи; набор самых разнообразных сопутствующих услуг; уникальные услуги. Укоренилась практика и стремление населения России получать медицинскую помощь за рубежом, в основном в США, Германии и Израиле, пусть даже и за большую плату. С таким положением дел мириться нельзя, а значит, необходимо повышать инвестиционную привлекательность медицинских учреждений, в том числе стоматологических клиник, следовательно, повышается роль и значимость механизмов увеличения рыночной стоимости стоматологических клиник, инструментов прогнозирования результатов деятельности и оценки стоимости стоматологического бизнеса. Возможно, тогда медицинский туризм в Россию за качественной и доступной медицинской помощью станет распространённым явлением.

В России ежегодно открывается около 500 новых стоматологических клиник, однако примерно 200 из них закрываются в течение первого года работы [1]. Основной причиной этого является нехватка современных программных инструментов, которые могли бы поддерживать лиц, принимающих решения, в процессе управления медицинскими учреждениями. Без эффективных аналитических систем и цифровых продуктов анализа данных, многие новые клиники сталкиваются с трудностями в оптимизации своей деятельности, что в конечном итоге приводит к их закрытию. Разработка и внедрение таких технологий могли бы существенно повысить устойчивость новых медицинских учреждений и их конкурентоспособность на рынке.

Таким образом, актуальность исследования обуславливается отсутствием программных инструментов, позволяющих руководителям оперативно оценивать стоимость бизнеса и необходимостью разработки прикладного инструмента для стоматологического бизнеса с использованием эконометрических моделей и факторного анализа данных.

Целью данной работы является разработка вычислительного алгоритма оценки стоимости бизнеса в зависимости от влияющих факторов с использованием доходного подхода и экономико-математической модели, что позволяет оптимизировать процесс принятия управленческих решений при покупке или продаже готового бизнеса или его отдельных активов.

Материалами исследования выступают базы данных: Хабр (российская интернет-платформа, посвящённая технологиям, науке, IT и бизнесу) и СПАРК (Система Первичной Аналитики и Регистрации Клиентов, российская информационная система, предоставляющая доступ к данным о юридических лицах и индивидуальных предпринимателях).

Методы исследования: алгоритмическое проектирование, доходный подход к оценке стоимости бизнеса, метод дисконтирования денежных потоков и модель Гордона, экономико-математическое моделирование, анализ данных, сравнительный анализ, использование цифровых и информационных технологий, программирование на языке высокого уровня Python, методы экспертных оценок, алгоритмизация данных.

1. Литературный обзор

На рис. 1 представлено распределение анализируемых работ по тематике данного исследования в рамках литературного обзора.

Как следует из рис. 1, в рамках литературного обзора рассмотрены следующие темы:

1. Вычислительный интеллект. В статьях [2-7] вычислительный интеллект рассматривается в качестве продукта, который предоставляет пользователям необходимые данные для анализа и принятия решений в различных сферах. Однако в этих работах недостаточно внимания уделяется тому, что вычислительный интеллект может выполнять роль алгоритмического инструмента, способного решать сложные задачи по оптимизации принятия решений, особенно в контексте оценки стоимости бизнеса. Это ограниченное восприятие снижает понимание потенциала вычислительного интеллекта как многофункционального средства, которое не только собирает и обрабатывает данные, но и активно использует их для повышения точности, надежности и эффективности финансовой оценки компаний. Важно отметить, что современные методы машинного обучения и аналитики данных могут быть интегрированы в алгоритмические модели, которые учитывают множество факторов, влияющих на финансовое состояние организаций, включая рыночные условия, конкурентную среду и внутренние показатели деятельности. Без учета этой значимой функции вычислительного интеллекта разработка комплексных решений, способных адаптироваться к динамичным условиям рынка и предоставлять пользователям более точные и обоснованные рекомендации, становится менее эффективной. Таким образом, существует настоятельная необходимость в более глубоком исследовании возможностей вычислительного интеллекта в качестве инструмента для оптимизации процессов оценки бизнеса, что позволит создать более надежные, адаптивные и интуитивно понятные решения для пользователей, способствующие более обоснованным и стратегически выверенным инвестиционным решениям.

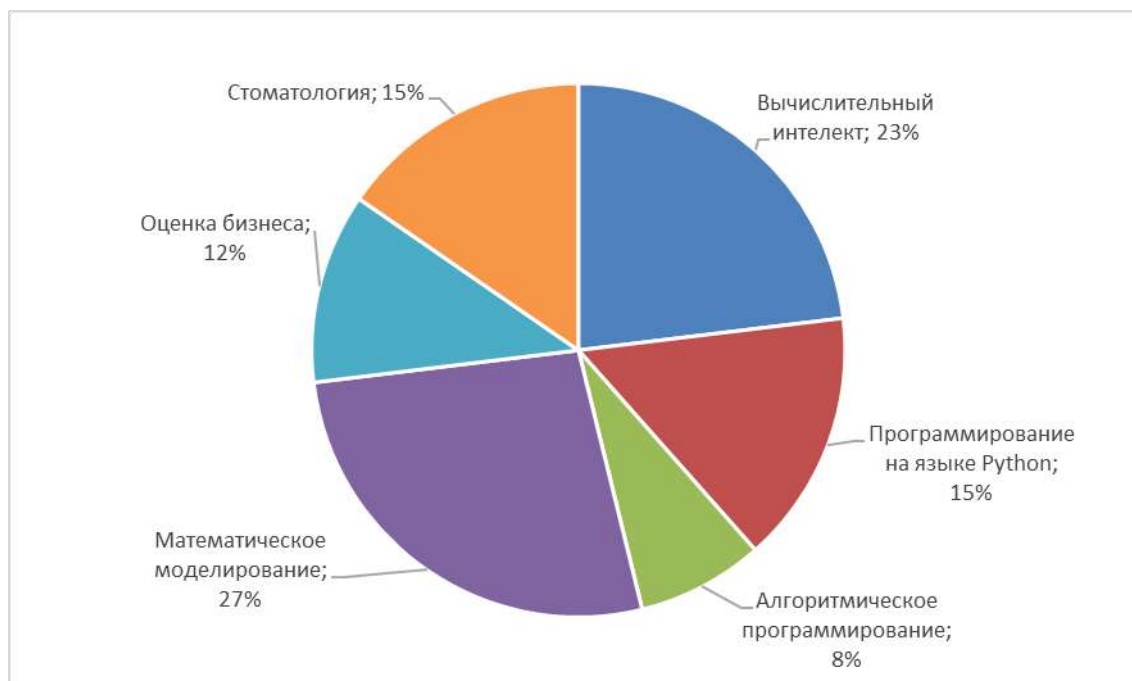


Рис. 1. Распределение статей по темам исследований

2. Программирование на языке Python. В работах [8-12] Python рассматривается преимущественно как программная среда для разработки программного обеспечения, однако не акцентируется внимание на его потенциале как алгоритмического языка, который способен эффективно переносить математические модели в цифровую среду. Это ограниченное восприятие снижает понимание возможностей Python в контексте создания программных продуктов, предназначенных для поддержки принятия решений по оценке стоимости бизнеса. Программа Python, обладая богатой экосистемой библиотек и инструментов для научных вычислений и анализа данных, предоставляет разработчикам уникальные возможности для реализации сложных алгоритмических решений, которые могут интегрировать различные аспекты финансового анализа и моделирования. Без учета этой важной функции программа Python, его применение в разработке программных решений для оценки бизнеса становится менее эффективным, что ограничивает возможности пользователей в получении точных и обоснованных рекомендаций. Таким образом, необходимо более глубоко исследовать роль программы Python как инструмента, позволяющего не только программировать, но и создавать адаптивные и интуитивно понятные решения для анализа и оптимизации бизнес-процессов в условиях неопределенности.

3. Алгоритмическое программирование. В статьях [13, 14] акцентируется внимание на алгоритмическом программировании как на инструменте для описания процессов, однако отсутствует глубокий анализ его роли в качестве методологии для формализации математических моделей, предназначенных для разработки программных продуктов, используемых в процессе принятия решений по оценке стоимости бизнеса. Это подчеркивает необходимость более детального изучения взаимосвязи между алгоритмическим программированием и методами, которые позволяют точно и эффективно оценивать финансовую состоятельность компаний. В условиях динамичного рынка, где изменения происходят с большой скоростью, точные оценки стоимости бизнеса становятся особенно критичными. Они могут существенно влиять на стратегические решения, инвестиционные возможности и общую конкурентоспособность компаний. Поэтому важно рассмотреть, как алгоритмическое программирование может быть интегрировано в существующие методологии оценки, чтобы обеспечить более надежные и обоснованные результаты для бизнеса. Такой подход не только улучшит качество принимаемых решений, но и создаст основу для разработки более сложных и адаптивных программных решений, способствующих успешному функционированию организаций в условиях неопределенности.

4. Математическое моделирование. В статьях [15-21] подробно раскрываются методы математического моделирования, включая различные алгоритмы и подходы, используемые для анализа данных и прогнозирования. Тем не менее, в них не уделяется должного внимания практическим аспектам применения этих методов при разработке программного продукта, предназначенного для оценки стоимости бизнеса. Это создает пробел в понимании того, как

теоретические модели могут быть интегрированы в инструменты, которые помогут предпринимателям и инвесторам более точно оценивать финансовое состояние компаний и принимать обоснованные решения.

5. Оценка бизнеса. В работах [22-24] говорится, что оценка методом доходного подхода является одним из ключевых в определении стоимости бизнеса, который основывается на анализе ожидаемых доходов, генерируемых объектом оценки. Этот метод предполагает, что стоимость актива определяется не его затратами или рыночными аналогами, а потенциальными денежными потоками, которые он может приносить в будущем. Для точного расчета используется дисконтирование будущих доходов, что позволяет учесть временную стоимость денег. Метод доходного подхода особенно эффективен для оценки дочерних компаний, инвестиционных активов и объектов, имеющих стабильный и предсказуемый доход. Правильная реализация данного подхода требует глубокого анализа финансовых показателей, рынка и факторов, влияющих на устойчивость доходов, что делает его важным инструментом для инвесторов и аналитиков

Анализ и оценка экономической целесообразности принятия управленческого решения об инвестициях в приобретение и оптимизацию оборудования является ключевым источником информации для принятия решения о выделении дополнительного финансирования бизнесу.

В рамках современной действительности руководителям и лицам, принимающим управленческие решения необходим цифровой программный продукт, способный анализировать объём данных финансовых результатов ряда схожих по профилю компаний, имеющих аналогичный заданному размер ключевого параметра. Таким параметром может выступать количество единиц стратегически важного оборудования.

6. Стоматология. В работе [25] авторы рассматривают создание бизнес-модели нового поколения для развития коммерческой стоматологической клиники (КСК), оказывающей платные стоматологические услуги. Экономико-математическое моделирование и нелинейное программирование направлены на максимизацию заработной платы врачей-стоматологов, а также материального стимулирования труда административно-управленческого персонала и отчислений на развитие типовой коммерческой стоматологической клиники в Москве исходя из фактического объёма стоматологических услуг и затрат на их оказание, но данный автор не рассматривает оценку влияния количества универсальных стоматологических установок на стоимость бизнеса.

В статье [26] авторы рассматривают один из возможных подходов к построению принципиально новой бизнес-модели стоматологической отрасли с концепцией самоорганизующейся системы управления отраслью на основе блокчейн-платформы, криптовалюты и вознаграждений за целевое поведение потребителей. Разработанная авторами концепция бизнес-модели демонстрирует основные механизмы, делающие компанию привлекательной для потребителя услуг, однако в статье не рассматривается оценка влияния количества высокофункциональных стоматологических кресел на стоимость изучаемого бизнеса.

В работе [27] авторы затрагивают тему создания инновационной бизнес-модели развития коммерческой стоматологической клиники, оказывающей платные стоматологические услуги. Экономико-математическое моделирование и нелинейное программирование направлены на максимизацию заработной платы стоматологов, а также материальное стимулирование административно-управленческого персонала и вложения в развитие типовой коммерческой стоматологической клиники г. Москвы на основе фактического объёма стоматологических услуг и затрат на их оказание, однако данный автор также не рассматривает оценку влияния количества высокофункциональных стоматологических кресел на стоимость бизнеса.

В статье [28] автор оценивает внешние и внутренние факторы, которые могут повлиять на стагнацию выручки (тенденцию к снижению). Внешние факторы оцениваются путем анализа общей среды, отрасли и конкурентов. Для оценки внутренних факторов анализируются ресурсы и цепочка создания стоимости. В данном исследовании также анализировались потребители, а первичные данные собирались путём распространения анкеты среди пациентов стоматологических клиник в Индонезии как количественного инструмента исследования и качественного исследования через наблюдение и углубленное интервью с владельцем Grand & Dental Care, сотрудниками и существующими пациентами, однако оценка влияния количества высокофункциональных стоматологических кресел на стоимость бизнеса также не рассматривалась.

В рассмотренных статьях подробно раскрываются методы математического моделирования, включая различные алгоритмы и подходы, используемые для анализа данных и прогнозирования. Эти методы, такие как регрессионный анализ, временные ряды и методы машинного обучения, предлагают мощные инструменты для обработки больших объемов информации и выявления скрытых

закономерностей. Однако, несмотря на их теоретическую значимость и широкие возможности, в представленных выше статьях не рассматриваются практические аспекты применения этих методов в контексте разработки программного продукта, вычислительного интеллекта и интеллектуального анализа больших массивов данных, предназначенных для оценки стоимости бизнеса. Это создает значительный пробел в понимании того, как теоретические модели могут быть эффективно интегрированы в программные решения, которые помогут предпринимателям и инвесторам более точно и надежно оценивать финансовое состояние компаний, а также их реальную стоимость на инвестиционном рынке. Без такого понимания разработка инструментов, способных адекватно учитывать все нюансы бизнеса и его финансовых показателей, становится затруднительной. В результате пользователи могут столкнуться с трудностями при интерпретации результатов и принятии обоснованных решений, что подчеркивает необходимость более глубокого изучения и обсуждения практического применения экономико-математического моделирования, инструментария анализа данных и цифровых технологий в управлении бизнесом, в том числе стоматологическим.

Тема оценки стоматологического бизнеса остается недостаточно изученной, что создает спрос на более глубокие исследования в этой области. В отличие от других секторов экономики, где оценка активов получила большее освещение, стоматология требует специфического подхода, учитывающего уникальные аспекты работы клиник. Ключевыми факторами, влияющими на стоимость стоматологической практики, являются качество обслуживания, репутация врача, уровень используемых в клинике технологий, а также экономическая среда и демография потока пациентов. Учитывая высокую конкуренцию в этой сфере и постоянное изменение потребительских предпочтений, выявление и анализ зависимых факторов, влияющих на стоимость клиники, становится актуальным для владельцев и инвесторов. Таким образом, проведение системных исследований и разработка методик оценки стоимости стоматологического бизнеса не только повысят прозрачность сделок в этой сфере, но и поспособствуют устойчивому развитию стоматологических практик, адаптирующихся к изменяющимся рыночным условиям [26-28].

2. Материалы и методы

В данном исследовании разрабатывается методика принятия управленческих решений, направленная на максимизацию стоимости коммерческой стоматологической клиники, работающей в среднем ценовом диапазоне, преимущественно в эконом-сегменте рынка стоматологических услуг. Практическая реализация разработанной инновационной системы факторного анализа стоимости стоматологического бизнеса осуществлена на основе данных о финансовых результатах по формам ОКУД1 и ОКУД2 на примере отчетности 37 коммерческих стоматологических клиник Российской Федерации, распределённых следующим образом: Москва (15 клиник), Санкт-Петербург (10 клиник), Краснодарский край (12 клиник). Оценка стоимости стоматологического бизнеса осуществлена с использованием доходного подхода, метода дисконтирования денежных потоков и модели Гордона. Также в рамках комплексной инновационной системы разработаны эконометрические модели, а именно: линейная и степенная многофакторные регрессионные модели, с использованием следующих факторов, влияющих на рыночную стоимость коммерческой стоматологической клиники:

1. Количество высокофункциональных стоматологических кресел, используемых в клинике для оказания стоматологических услуг.

2. Стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов, под которой в данной работе мы будем понимать оценку социальной эффективности здоровьесберегающих стоматологических технологий (терапевтических, хирургических, ортопедических, ортодонтических) обеспечивающих рост качества жизни пациентов, определяемого согласно разработанным и широко применяемым опросникам, например [25], согласно следующей формулы:

$$S_i = \frac{Z_i}{K_i}, \quad (1)$$

где S_i – стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациента на 1% для i -ого вида здоровьесберегающих стоматологических технологий, руб.; K_i – оценка восстановления дееспособности и качества жизни пациента при использовании i -вида здоровьесберегающих стоматологических технологий, основанная на анализе опросников и методах экспертных оценок, например, методе анализа иерархий, методе согласования кластеризованных ранжировок, методе индексной группировки мнений экспертов и других методах, Z_i – стоимость для пациента i -ого вида здоровьесберегающих стоматологических технологий, руб.

3. Степень автоматизации используемых технологий лечения пациентов, определяемая долей автоматизированного труда при оказании стоматологических услуг пациентам. Например, наличие микроскопов, возможность проведения ортопантомографии, панорамного снимка зубов, 3D-моделирование в CAD/CAM-технологиях и печать зубных протезов на 3D-принтере и т.д.

4. Доля выручки от оказания стоматологических услуг, направляемая на заработную плату врачей-стоматологов.

В рамках текущего исследования разработан программный продукт, позволяющий оценить зависимость стоимости компании от параметра, в основе которого лежит комплексная экономико-математическая модель оценки инвестиционной стоимости бизнеса.

В качестве метода оценки стоимости бизнеса выбран доходный подход, так как обладает следующими преимуществами по сравнению с другими подходами к оценке стоимости бизнеса:

1) Оценка будущих финансовых потоков. Доходный подход основывается на прогнозировании будущих денежных потоков бизнеса. Это позволяет инвесторам оценить, сколько денег бизнес сможет генерировать в будущем, что является основным критерием для принятия инвестиционных решений.

2) Учёт риска. Доходный подход позволяет учитывать риски, связанные с бизнесом. При расчёте стоимости бизнеса с использованием дисконтирования будущих денежных потоков учитываются различные факторы риска, что делает оценку более реалистичной и обоснованной.

3) Адаптивность к различным отраслям. Этот подход может быть адаптирован под нужды различных отраслей экономики и типы бизнеса. Например, для стартапов и быстрорастущих компаний, которые ещё не имеют стабильных доходов, можно использовать прогнозируемые потоки, а для более зрелых компаний – исторические, ретроспективные данные.

Оценка инвестиционной стоимости коммерческих стоматологических клиник с использованием доходного подхода (метода дисконтирования денежных потоков и модели Гордона) осуществлена в программной среде Python с использованием библиотеки «requests» для извлечения данных, «Beautiful Soup» для парсинга HTML, и «matplotlib» для визуализации данных в виде графика.

Алгоритм оценки инвестиционной стоимости коммерческих стоматологических клиник в программной среде Python имеет следующий вид (рис. 2):

Шаг 1. Импорт необходимых библиотек.

Подключаем библиотеки для работы с веб-запросами (requests), парсинга HTML-страниц (BeautifulSoup), работы с данными (pandas) и построения графиков (matplotlib). На данном этапе необходимо импортировать библиотеки для HTTP-запросов, парсинга HTML, работы с таблицами и построения графиков.

Шаг 2. Запрос данных у пользователя.

С помощью функции «input()» запросим у пользователя ввод идентификационного номера налогоплательщика (ИНН) юридического лица и зависимый параметр, который будет использоваться для анализа. Присвоим название функции «get_data(inn)». Так как вся информация о бухгалтерской отчётности будет извлекаться из онлайн-ресурса, эта функция формирует запрос к сайту с целью получения необходимой информации.

Шаг 3. Выгрузка данных бухгалтерской отчётности.

Сформируем URL для запроса данных на сайте, передав ИНН в соответствующих параметрах. Используем библиотеку для выполнения HTTP-запроса и получаем ответ. С помощью «BeautifulSoup» анализируем HTML-ответ и выделяем необходимые данные бухгалтерской отчётности. Назовём данную функцию «calculate_npv(cash_flows, discount_rate)». Функция принимает денежные потоки и ставку дисконтирования, а затем рассчитывает чистую приведённую стоимость (NPV).

Шаг 4. Расчёт стоимости компании методом дисконтирования денежных потоков.

Определяем зависимости: прогнозируемые доходы, расходы и ставку дисконтирования. Реализуем функцию «plot_results(data)», которая рассчитывает инвестиционную стоимость компании на основе полученных данных. Эта функция создает график, отображающий по оси X годы, а по оси Y – значения инвестиционной стоимости коммерческой стоматологической клиники.

Шаг 5. Вывод данных в графическом формате.

Используем «matplotlib» для создания графика, который отображает рассчитанные значения. Это основная функция «main». Она запрашивает данные у пользователя, загружает данные, рассчитывает инвестиционную стоимость коммерческой стоматологической клиники и отображает результаты.

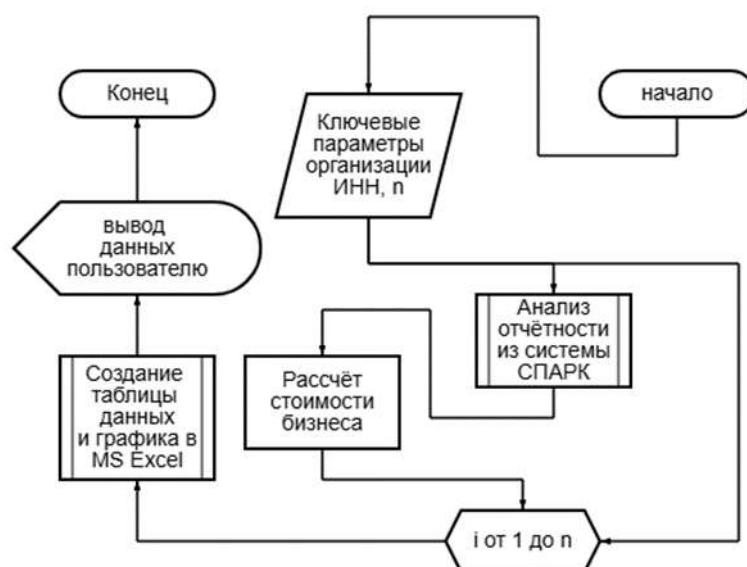


Рис. 2. Блок-схема алгоритма оценки инвестиционной стоимости коммерческих стоматологических клиник

3. Результаты

В табл. 1 представлены результаты оценки инвестиционной стоимости коммерческих стоматологических клиник Российской Федерации с использованием показанного на рис. 2 алгоритма.

Таблица 1. Практическая реализация разработанного алгоритма оценки инвестиционной стоимости коммерческих стоматологических клиник

№ п/п	Количество высоко-функциональных стоматологических кресел (X_1), ед.	Стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов на 1% (X_2), руб.	Степень автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов (X_3), %	Доля выручки от оказания стоматологических услуг, направляемая на заработную плату врачей-стоматологов (X_4), %	Ожидаемая инвестиционная стоимость стоматологического бизнеса (Y), млн. руб.
1	2	3	4	5	6
1	6	940	70	55	77,069
2	17	1 011	65	53	74,569
3	6	1 097	58	53	73,399
4	6	1 159	60	52	70,133
5	16	1 100	47	51	68,861
6	18	1 112	51	57	68,542
7	17	1 143	55	58	68,412
8	16	1 194	50	49	64,964
9	18	1 211	43	49	62,311
10	20	1 564	32	50	54,340
.....					
32	8	3 000	34	4	35,426
33	19	2 284	32	4	34,843
34	19	2 319	34	5	32,563
35	7	2 356	32	11	28,401
36	7	2 366	31	12	26,981
37	7	2 371	33	24	25,819

Источник: рассчитано авторами с использованием разработанного алгоритма оценки инвестиционной стоимости коммерческих стоматологических клиник

В табл. 1 все данные ранжированы в порядке снижения ожидаемой инвестиционной стоимости рассматриваемых коммерческих стоматологических клиник с 77,069 млн. руб. до 25,819 млн. руб. (см. последний столбец табл. 1).

По данным, представленным в табл. 1, построены линейная и степенная многофакторные регрессионные модели, что даёт возможность провести факторный анализ стоимости стоматологического бизнеса и принимать научно обоснованные управленческие решения по её увеличению. Для этой цели построена корреляционная матрица, показанная в табл. 2.

Таблица 2. Корреляционная матрица

Коэффициенты корреляции Пирсона	Ожидаемая инвестиционная стоимость стоматологического бизнеса, млн. руб.	Количество высокофункциональных стоматологических кресел, ед.	Стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов на 1%, руб.	Степень автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов, %	Доля выручки от оказания стоматологических услуг, направляемая на заработную плату врачей-стоматологов, %
Обозначение переменных в эконометрической модели	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
Ожидаемая инвестиционная стоимость стоматологического бизнеса, млн. руб.	1,00	0,35	-0,87	0,88	0,72
Количество высокофункциональных стоматологических кресел, ед.	0,35	1,00	-0,30	0,15	0,22
Стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов на 1%, руб.	-0,87	0,30	1,00	-0,77	-0,79
Степень автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов, %	0,88	0,15	-0,77	1,00	0,55
Доля выручки от оказания стоматологических услуг, направляемая на заработную плату врачей-стоматологов, %	0,72	0,22	-0,79	0,55	1,00

Источник: рассчитано авторами по данным табл. 1

Расчёт коэффициентов парной корреляции выполнен по формуле Пирсона:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (2)$$

где \bar{X} и \bar{Y} – средние значения переменных X и Y соответственно.

Анализируя данные, представленные в табл. 2, можно сделать следующие выводы [13, 14]:

1. Наибольшее влияние на ожидаемую инвестиционную стоимость стоматологического бизнеса оказывают степень автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов и стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов на 1%, со значениями коэффициентов корреляции Пирсона 0,88 и -0,87 соответственно, а наименьшее – количество высокофункциональных стоматологических кресел со значением коэффициента корреляции, равным 0,35. Более того, влияние стоимости мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов на 1% на ожидаемую инвестиционную стоимость стоматологического бизнеса отрицательное.

2. Все факторные признаки не коррелируют между собой, так как значения коэффициентов парной корреляции между ними меньше 0,8. Это означает отсутствие явления мультиколлинеарности.

Инновационная система факторного анализа стоимости стоматологического бизнеса, включающая целевые функции (линейную и степенную четырёхфакторные регрессионные модели), ограничения на влияющие факторы и статистический анализ данных, представлена в табл. 3.

Таблица 3. Инновационная система факторного анализа стоимости стоматологического бизнеса

Наименование эконометрической модели	Линейная четырёхфакторная регрессионная модель	Степенная четырёхфакторная регрессионная модель	Полиномиальная (квадратическая) четырёхфакторная регрессионная модель
Целевая функция	$\hat{Y} = 20,58 + 0,40 \cdot X_1 - 0,01 \cdot X_2 + 0,78 \cdot X_3 + 0,14 \cdot X_4 \rightarrow \max$	$\hat{Y} = 204,16 \cdot X_1^{0,08} \cdot X_2^{-0,48} \cdot X_3^{0,45} \cdot X_4^{0,06} \rightarrow \max$	$\hat{Y} = 74,01 + 0,03 \cdot X_1^2 - 0,34 \cdot X_1 - 0,05 \cdot X_2 + 0,01 \cdot X_3^2 - 0,09 \cdot X_3 - 0,01 \cdot X_4^2 + 0,7 \cdot X_4 \rightarrow \max$
Система ограничений	$\begin{cases} 4 \leq X_1 \leq 20, \\ 940 \leq X_2 \leq 3\,000, \\ 31 \leq X_3 \leq 70, \\ 4 \leq X_4 \leq 64 \end{cases}$	$\begin{cases} 4 \leq X_1 \leq 20, \\ 940 \leq X_2 \leq 3\,000, \\ 31 \leq X_3 \leq 70, \\ 4 \leq X_4 \leq 64 \end{cases}$	$\begin{cases} 4 \leq X_1 \leq 20, \\ 940 \leq X_2 \leq 3\,000, \\ 31 \leq X_3 \leq 70, \\ 4 \leq X_4 \leq 64 \end{cases}$
Оптимальное значение целевой функции	$\hat{Y}_{\max} = 84,209$ млн. руб.	$\hat{Y}_{\max} = 85,837$ млн. руб.	$\hat{Y}_{\max} = 79,450$ млн. руб.
Оптимальное управление	$\begin{cases} X_1^* = 20 \text{ ед.}, \\ X_2^* = 940 \text{ руб.}, \\ X_3^* = 70\%, \\ X_4^* = 64\% \end{cases}$	$\begin{cases} X_1^* = 20 \text{ ед.}, \\ X_2^* = 940 \text{ руб.}, \\ X_3^* = 70\%, \\ X_4^* = 64\% \end{cases}$	$\begin{cases} X_1^* = 4 \text{ ед.}, \\ X_2^* = 940 \text{ руб.}, \\ X_3^* = 70\%, \\ X_4^* = 60,42\% \end{cases}$
Коэффициент детерминации	0,89	0,86	0,93
Средняя относительная ошибка аппроксимации	8,15%	7,94%	6,10%

Источник: рассчитано авторами с использованием метода наименьших квадратов и встроенной функции ЛИНЕЙН программного продукта MS Excel. Для степенной четырёхфакторной регрессионной модели предварительно выполнена процедура линеаризации с применением оператора логарифмирования

4. Заключение

Анализ результатов, представленных в табл. 3, показывает, что наиболее точные результаты даёт полиномиальная (квадратическая) четырёхфакторная регрессионная модель. Средняя относительная ошибка аппроксимации такой модели равна 6,10% при коэффициенте детерминации 0,93, при этом аналогичные показатели для других регрессионных моделей, рассмотренных в данном исследовании,

значительно хуже: 8,15% и 0,89 для линейной регрессионной модели и 7,94% и 0,86 для степенной регрессионной модели соответственно.

Наибольшее влияние на стоимость стоматологического бизнеса оказывает:

а) при использовании линейной модели фактор X_3 – степень автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов. Так, при увеличении значения фактора на 1% стоимость стоматологического бизнеса возрастает на 0,65%, или на 545 065 руб. при максимальном значении целевой функции (545 065 руб. = 0,65% · 84,209 млн. руб.);

б) при использовании степенной модели фактор X_2 – стоимость мероприятий, направленных на повышение качества жизни пациентов на 1%. При увеличении значения фактора на 1% стоимость стоматологического бизнеса снижается на 0,47%, или на 406 846 руб. при максимальном значении целевой функции (406 846 руб. = 0,47% · 85,837 млн. руб.);

в) при использовании полиномиальной (квадратической) четырёхфакторной регрессионной модели фактор X_3 – степень автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов. При росте значения фактора на 1% стоимость стоматологического бизнеса увеличивается на 0,69%, или 551 062 руб. при максимальном значении целевой функции (551 062 руб. = 0,65% · 79,450 млн. руб.).

Для рассматриваемой базы данных об ожидаемой инвестиционной стоимости стоматологического бизнеса и факторов, влияющих на неё, представленной в табл. 1, оптимальным управлением выступают следующие значения влияющих факторов: $X_1^* = 20$ ед., $X_2^* = 940$ руб., $X_3^* = 70\%$, $X_4^* = 64\%$. Это означает, что максимальное значение ожидаемой инвестиционной стоимости стоматологического бизнеса, равное 84,209 млн. руб. при использовании линейной модели и 85,837 млн. руб. при использовании степенной модели, будет для коммерческих стоматологических клиник с максимальным количеством высокофункциональных стоматологических кресел (для рассматриваемой выборки 20 ед.), минимальными затратами пациентов на мероприятия, направленные на повышение качества их жизни на 1% (940 руб.), максимальной степенью автоматизации используемых технологий диагностики и лечения пациентов (70%) и максимальным значением доли выручки от оказания стоматологических услуг, направляемой на заработную плату врачей-стоматологов (64% для анализируемой выборки коммерческих стоматологических клиник).

Примечательно, что при использовании полиномиальной (квадратической) четырёхфакторной регрессионной модели оптимальное управление значительно отличается от линейной и степенной регрессионных моделей, а именно: максимальное значение ожидаемой инвестиционной стоимости стоматологического бизнеса (79,450 млн. руб.) прогнозируется при минимальном количестве высокофункциональных стоматологических кресел ($X_1^* = 4$ ед.) и доли выручки от оказания стоматологических услуг, направляемой на заработную плату врачей-стоматологов, $X_4^* = 60,42\%$. Иными словами, рост отчислений на заработную плату врачей-стоматологов свыше оптимального значения 60,42% выручки от оказания стоматологических услуг приводит к снижению ожидаемой инвестиционной стоимости стоматологического бизнеса.

Литература

1. Стоматологическая ассоциация России. <https://e-stomatology.ru> (дата обращения 30.07.2025).
2. Josephine Wu A., Caroline A., Kornarius Y.P., Gusti T.E.P., Gunawan A. Analisis sikap mengenai artificial intelligence (AI) dan niat berkelanjutan untuk menggunakan artificial intelligence (AI) // Atrabis: Jurnal Administrasi Bisnis. – 2024. – Vol. 1, № 10. – P. 151–161.
3. Shinnars I., Grace S., Smith S., Stephens A., Aggar Ch. Exploring healthcare professionals' perceptions of artificial intelligence: Piloting the Shinnars Artificial Intelligence Perception tool // Digital Health. – 2022. – Vol. 8, № 205520762210781.
4. Ali S.L., Abuhmed T., El-Sappagh Sh., Muhammad Kh., Alonso-Moral J., Confalonieri R., Guidotti R., Del Ser Ja., Diaz-Rodriguez N., Herrera F. Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence // Information Fusion. – 2023. – Vol. 99, № 101805.
5. Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Янушевич О.О., Грачёв Д.И., Ползиков Д.А., Золотницкий И.В., Арутюнов С.Д. Социально-экономические проблемы и возможности развития льготного стоматологического ортопедического лечения // Проблемы прогнозирования. – 2023. – № 1. – С. 104–116. DOI: 10.47711/0868-6351-196-104-116.
6. Хэ П., Костырин Е.В. Управление развитием здравоохранения Китая и России с использованием прогностической грей-модели и модели авторегрессионной зависимости // Экономика и математические методы. – 2023. – Том 59, № 3. – С. 100–116.

7. *Hermansyah M., Najib A., Farida A., Sacipto R., Rintyarna B.S.* Artificial Intelligence and Ethics: Building an Artificial Intelligence System that En-sures Privacy and Social Justice // *International Journal of Science and Society*. – 2023. – Vol. 1, № 5. – P. 154–168.
8. *Senanayake A.I., Chandler R.J., Daly T., Lewis E.* Python-ags4: A Python library to read, write, and validate AGS4 geodata files // *Journal of Open Source Software*. – 2022. – Vol. 7, № 79. – P. 4569.
9. *Scagnelli A.M., Biswell E.* Diagnosis and treatment of unilateral renal dysplasia in a super dwarf reticulated python (*Python reticulatus*) // *Journal of Exotic Pet Medicine*. – 2022. – Vol. 40. – P. 52–57.
10. *Boukens B.J.D., Hooijkaas I.L., Jensen B.L., Joyce W., Kristensen D.L., Wang T., Jongejan A.* Catecholamines are key modulators of ventricular repolarization patterns in the ball python (*python regius*) // *Journal of General Physiology*. – 2022. – Vol. 2, № 154. – P. e202012761.
11. *Kubica B.Ja.* Algorithmic differentiation and hull-consistency enforcing using C++ template meta-programming // *Numerical Algorithms*. – 2023. – Vol. 4, № 94. – P. 1673–1704.
12. *Shalinigayathri Dr.D., Kumari Dr.D.Sh.* Gain profitable insights by focusing on moving averages for intelligent trading solutions // *International Journal of Mathematics and Computer Research*. – 2024. – Vol. 4, № 12. – P. 15–24.
13. *Bimurat Zh.L., Kim Ye., Ismailova R., Sagindykov B.* Methods of navigating algorithmic complexity: big-oh and small-oh notations // *Scientific Journal of Astana IT University*. – 2023. – P. 160–181.
14. *Шпинёв Ю.С.* Инвестиции в медицину в российской модели финансирования здравоохранения: проблемы и решения // *Социально-политические науки*. – 2021. – № 11(2). – С. 75–81.
15. *Костырин Е.В., Луя М.П.* Эконометрическая модель управления инфекционными заболеваниями в странах Африки // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2025. – Том 14, № 2. – С. 70–80.
16. *Atakul N.* Exploring the cash flow management strategies of Turkish construction companies // *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*. – 2022. – Vol. 5. DOI: 10.31462/jcemi.2022.03168180.
17. *Wakjira K., Negera T., Zacepins A., Kviesis A., Komasilovs V., Fiedler S., Kirchner S., Hensel O., Purnomo D., Nawawi M., Paramita A., Rachman O.F., Pratama A., Faizah N.A., Lemma M., Schaedlich S., Zur A., Sper M., Proschek K., Gratzer K., Brodschneider R.* Smart apiculture management services for developing countries-the case of SAMS project in Ethiopia and Indonesia // *Peer J Computer Science*. – 2021. – Vol. 7. – P. e484. DOI: 10.7717/PEERJ-CS.484.
18. *Verma V., Vishal B., Kohli A., Kumar P.P.* Systems-based rice improvement approaches for sustainable food and nutritional security // *Plant Cell Reports*. – 2021. – Vol. 11, № 40. – P. 2021–2036. DOI: 10.1007/s00299-021-02790-6.
19. *Ngelo A.A., Permatasari Y., Harymawan I., Anridho N., Kamarudin K.A.* Corporate Tax Avoidance and Investment Efficiency: Evidence from the Enforcement of Tax Amnesty in Indonesia // *Economies*. – 2022. – Vol. 10, № 10. – P. 251–274. DOI: 10.3390/economies10100251 EDN: GALZOE.
20. *Li F., Fang G.* Process-Aware Accounting Information System Based on Business Process Management // *Wireless Communications and Mobile Computing*. – 2022. – Vol. 1. – P. 15. DOI: 10.1155/2022/7266164 EDN: XOXYFY.
21. *Kostyrin E.V.* Economic and mathematical models of financial incentives for the personnel at medical organization departments // *International Journal of Pharmaceutical Research*. – 2020. – Vol. 4, № 12. – P. 1769–1780. DOI: 10.31838/ijpr/2020.12.04.253 EDN: PEDDMI.
22. *Костырин Е.В., Амбросенкова А.С., Глуценко Е.И., Краева А.А.* Экономико-математические модели факторного анализа стоимости медицинского бизнеса // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2020. – Том 1, № 2. – С. 92–106.
23. *Voskovskaya A.S., Karpova T.A., Rostovtseva P.P., Guseva N.V., Shelygov A.V.* Development of the learning process management in the context of digitization // *Revistainclusiones*. – 2020. – Vol. S4–5, № 7. – P. 240–249.
24. *Taskymbayeva L.A., Shaikh A.A., Salimbayeva R.A.* Application of business process management methods in higher education institutions // *Central Asian Economic Review*. – 2022. – Vol. 3, № 144. – P. 45–55. DOI: 10.52821/2789-4401-2022-3-45-55.
25. *Grachev D.I., Martynenko A. V., Perekhodov S.N., Kostyrin E.V., Mustafaev M. Sh., Akhmedov K.G., Deshev A.V., Rozanov D.G., Korotkova N.L., Kerasov S.N., Arutyunov S.A.* New assessment model of financing treatment of patients with complete tooth loss // *Emerging science journal*. – 2024. – Vol. 8, № 5. – P. 1898–1916.
26. *Ostapenko G.F.* Creating a platform-based business model in dental industry // *International Journal of Professional business review*. – 2019. – Vol. 1, № 4. – P. 22–110.
27. *Костырин Е.В., Багдасарян Г.Г.* Управление развитием стоматологической помощи с использованием цифровых технологий // *Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023): труды Шестнадцатой международной конференции*. – М.: ИПУ РАН, 2023. – С. 1553–1564.
28. *Wulandari C.T., Wandebori H.* Proposed business improvement after pandemic: a case study of grand 8 dental care // *European Journal of Business and Management Research*. – 2023. – Vol. 2, № 8. – P. 269–279.