Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт естественных и точных наук
Факультет математики, механики и компьютерных технологий
Кафедра прикладной математики и программирования
Направление подготовки Прикладная математика

РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент,

_____
«____»_____2017г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н., доцент
_____А.А.Замышляева
«____»_____2017 г.

Прогнозирование пика и спада динамики продаж инновационного товара

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–01.03.04.2017.029.ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент кафедры ПМиП
_____/Д.А.Дрозин
«____»_____2017 г.
Автор работы
Студент группы ЕТ-483
_____/ В.С. Шалдовицкий
«____»_____2017 г.
Нормоконтролер, доцент
_____/Т.Ю. Оленчикова
«____»_____2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Шалдовицкий В.С. Прогнозирование пика и спада динамики продаж инновационного товара. Пояснительная записка. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-483, 51 с., 20 ил., 3 табл., библиогр. список – 49 наим., 4 прил.

Рассмотрены методы прогнозирования пика и спада динамики продаж инновационного товара. Построена и исследована модель прогнозирования динамики продаж инновационного товара. Разработаны программы в среде разработки MATLAB, позволяющие прогнозировать динамику продаж и определять пик динамики продаж инновационного товара. Выявлены ключевые факторы, влияющие на динамику продаж инновационного товара в Германии. Представлена функция риска для определения пика и спада динамики продаж инновационного товара.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....7
1 МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ТОВАРА.....8
1.1 Реакция потребителей на инновации.....12
1.2 Роль инноваций в развитии компаний.....13
1.3 Вывод товара на рынок.....14
1.4 Методы разработки нового товара.....15
1.5 Получение прибыли от инноваций.....16
1.6 Пик продаж и начало погружения успешных продуктов.....16
1.7 Модель Кокса-Теллиса.....18
1.8 Выводы по разделу.....20
2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ТОВАРА НА ОСНОВЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....21
2.1 Исследование динамики продаж инновационного товара в России.....21
2.2 Исследование динамики продаж инновационного товара GoPro 4 на рынке Германии.....25
2.3 Определение релевантных факторов для зоны Евросоюза.....32
2.4 Математическая модель динамики продаж GoPro 4 в Германии с учетом релевантных факторов.....37
2.5 Определение пика и спада динамики продаж инновационного товара 41
2.6 Выводы по разделу.....43
3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПИКА И СПАДА ДИНАМИКИ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ТОВАРА.....44
3.1 Идентификация параметров.....44
3.2 Определение пика продаж GoPro 4 в Германии.....45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ РЕГРЕССИОННУЮ МОДЕЛЬ.....52
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПОИСК КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА.....54

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПОИСК КОЭФФИЦИЕНТОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ.....56
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИКА ПРОДАЖ.....59

ВВЕДЕНИЕ

С каждым днем на рынке появляется все больше и больше инновационных товаров, значительно улучшающих жизнь потребителей. Динамику продаж инновационных товаров довольно сложно предсказать на длительный период, в связи с множеством влияющих факторов. Многие известные фирмы потеряли лидерство на рынке из-за того, что не смогли вовремя приспособиться к спаду динамики продаж своих товаров. Такие фирмы обанкротились, затормозили в развитии или были распроданы. Компании, использующие инструменты для прогнозирования пика и спада динамики продаж своих товаров, имеют большое преимущество перед конкурентами. У них появляется некоторое время, чтобы решить, какую стратегию выбрать для дальнейшего развития.

Не все фирмы прекращают производство своих товаров, после спада динамики продаж в какой-либо стране. Некоторые компании просто отказываются от продаж товара в стране и переходят в другие менее развитые. Очень часто небольших технологических изменений достаточно, чтобы товар снова приносил прибыль. В соответствии с политикой импортозамещения в России, острой необходимостью является разработка математических инструментов, позволяющих прогнозировать динамику инновационных товаров и процессов, а также прогнозирования точек резкого изменения динамики продаж.

Основы теории диффузии инноваций заложили ученые Bandura A., Роджерс Э., Тардат Г., Bass F.M., Kalish S., Shih Ch.-F., Venkatesh N. и другие. В настоящее время в России вопросами теории диффузии инноваций занимаются: Баев И.А., Булгаков Ю.В., Васильцов В.С., Гуриева Л.К., Гличенко О.Г., Ежов Г.П., Иванов А.А., Киндюкова С.С., Колманский В.Б., Ленников Р.В., Малыгина С.Н., Маслобоев А.В., Нижегородцев Р.М., Серков Л.А., Тян Е.Г., Шишаев М.Г. и другие.

Общетеоретические подходы теории жизненного цикла товара исследовались в работах Голдмана А., Котлера Ф., Мюллера Э. и других. Исследованиями, связанными с теорией жизненного цикла товара в России, в настоящее время занимаются: Алиев Э.В., Баев И.А., Беседина Ю.А., Гаранин Д.А., Кожухова В.Н., Коробецкой А.А., Куркин Е.И., Лукашевич Н.С., Семёнычев В.К., Семёнычев Е.В., Семиглазов В.А., Сушко Д.С. и другие.

В работе построена математическая модель, позволяющая построить прогноз динамики продаж инновационного товара. При построении модели исследовалась зависимость динамики продаж инновационного товара от экономических показателей разных стран. Более подробно в работе рассмотрен рынок России и Германии. Выявлены ключевые факторы и вид их зависимости с динамикой продаж инновационного товара. Факторы выявлены с помощью модели множественной регрессии, адекватность которой проверена по теореме Гаусса-Маркова, с помощью критериев Фишера и Стьюдента. На основе проведенных исследований построен прогноз динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии на 1 квартал. Определен пик и начало спада продаж инновационного товара GoPro 4, с помощью функции риска.

1 МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ТОВАРА

Сегодняшние потребители имеют лучший уровень жизни, чем потребители десять лет назад, и гораздо лучший, чем потребители сто лет назад. Это улучшение обусловлено технологическими инновациями. Инновационные товары значительно повышают качество товаров и услуг, которые улучшают жизнь потребителей. Сегодня, как и в предыдущие эпохи, богатство народов заключается не в хранении своих ресурсов, а в том насколько эффективно государство и фирмы переводят эти ресурсы в новые инновационные продукты. Инновация является важной основой, которая позволяет конкурировать на мировом рынке. Поскольку новые продукты влияют на все аспекты жизни людей, стран и экономики, изучение диффузии инноваций имеет жизненно важное значение.

Термин инновация (лат. Innovation - нововведение, новшество, новаторство) ввёл в 1912 году Дж. Шумпетер [25,26]. По определению Й. Шумпетера, инновация – это новая комбинация производственных факторов, мотивированная предпринимательским духом. Следует отметить, что данное определение сильно ограничивает понятие инновации, поскольку сосредоточенно лишь на производстве и не учитывает новшество в организации деловой практики, продвижении товаров и т.п. В настоящее время не сложилось единого мнения о том, что понимать под термином «инновация».

По мнению Л. Я. Абрашкова [2] слово «инновация» выступает синонимом нововведения или новшества, и может использоваться наряду с ними.

В работе Н. В. Волынкиной [9] под инновацией понимается экономический оборот результатов интеллектуальной деятельности, содержащих новые, в том числе научные, знания с целью удовлетворения общественных потребностей и (или) получения прибыли.

В концепции инновационной политики РФ [16], под инновацией (нововведением) понимается конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности.

Инновационная деятельность являются одной из основных сфер деятельности любой фирмы [10]. Под термином инновационная деятельность будем понимать вид деятельности, связанный с трансформацией идей (обычно результатов научных исследований и разработок, либо иных научно-технических достижений) в новый или усовершенствованный продукт, внедренный на рынке, в новый или усовершенствованный технологический процесс, использованный в практической деятельности, либо новый подход к социальным услугам [17].

Результатом инновационной деятельности является инновационный товар, обладающий уникальными свойствами и умеющий свою особенную динамику на рынке.

В 1965 году американский экономист Теодор Левитт в своей работе [36] впервые изложил концепцию жизненного цикла товара. По его мнению, каждый товар имеет свой жизненный цикл, то есть, производится, и существует на рынке какое-то время. В зависимости от различных экономических параметров, особенностей рынка и уровня спроса на продукцию жизненный цикл может колебаться в течение времени. Продолжительность жизни товара на рынке может составлять от нескольких дней до нескольких десятков лет.

В работе Белоусовой [8] под жизненным циклом понимается время с момента появления товара на рынке, до прекращения его продаж. Продукты на рынке имеют специфические кривые жизненного цикла и могут существенно различаться с последующими товарами. Концепция жизненного цикла продукта помогает маркетологам планировать альтернативные маркетинговые стратегии для решения различных проблем, с которыми сталкивается продукт. Он также полезен для мониторинга результатов продаж с течением времени и для их сравнения с другими товарами, имеющими аналогичный жизненный цикл.

У каждого товара на рынке есть свой жизненный цикл [41], который состоит из пяти основных этапов: 1 – введение товара на рынок; 2 – рост; 3 – зрелость; 4 – насыщение; 5 – спад (Рисунок 1.1).

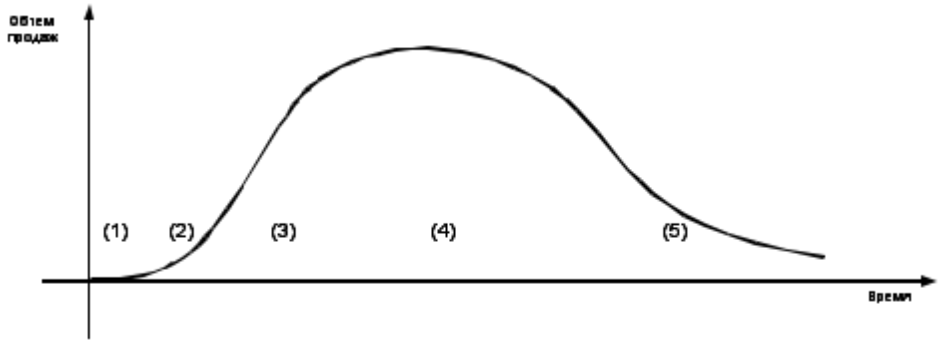

Рисунок 1.1 – Жизненный цикл товара

Этап введения товара на рынок считается одним из самых важных в жизненном цикле инновационного товара. Да данном этапе продажи недостаточно велики и во многом зависят от известности бренда, производящего товар.

Если товар успешно выживает на первом этапе, то он переходит в стадию роста динамики продаж. На данном этапе товар покупают более активно, у производителей появляется первая прибыль, отсутствующая на первом этапе из-за затрат на создание товара и рекламу.

На стадии зрелости динамика инновационного товара достигает своего максимума, рост замедляется в связи с тем, что большинство покупателей уже узнали о товаре. На данном этапе производители задумываются об улучшении качеств своего товара и возможно выпуске нового замещающего товара.

Стадия насыщения очень похожа на предыдущую фазу – зрелости. Издержки на производство товара сокращаются, поэтому возрастает прибыль от его продаж. Рост и продажи начинают замедляться.

Последняя стадия жизненного цикла инновационного товара – это спад. На этапе спада товара, потребители начинают терять к нему интерес. Наблюдается стабильное снижение прибыли, продаж и производства. Очень часто производители снижают цену на товары, находящиеся в зоне спада, модернизируют их, либо совсем снимают с производства.

На каждом этапе жизненного цикла разное количество покупателей принимает инновационный товар. В 1962 году сельский социолог Эверетт Роджерс написал книгу, в которой попытался объяснить понятие «диффузия инноваций» [41]. В его работе распространение инновации в социальной сети представлено S-образной кривой диффузии (Рисунок 1.2).

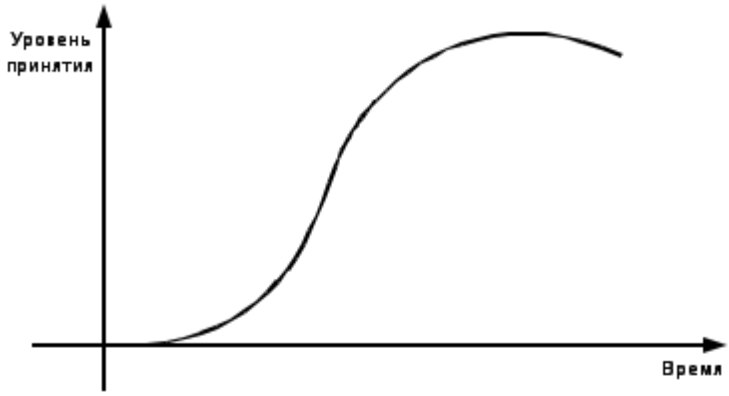

Рисунок 1.2 – Распространение инноваций среди агентов социальной сети

Инновации не принимаются всеми лицами в социальной системе одновременно. Как правило, люди принимают инновации во временной последовательности, и могут быть отнесены к конкретной категории, основанной на том, как много прошло времени до начала использования товара. Исследование Роджерса описывает пять типов пользователей. Расположим эти категории в хронологическом порядке принятия.

- Новаторы – люди, которые с большим интересом воспринимают новые идеи, имеют возможности, чтобы рисковать, покупая совершенно новый товар.
- Ранние адепты – люди, которые видят необходимость в новшествах или изменениях. В отличии от новаторов, ранние адепты, хорошо изучают практическую ценность продукта, прежде чем его опробовать.
- Раннее большинство – люди, которые ориентируются на отзывы ранних адептов. Они выбирают практичные товары, которыми смогут долго пользоваться.
- Позднее большинство – люди, которые скептично относятся к инновациям, не станут принимать новый продукт, пока предыдущие категории не докажут его пользу.
- Отстающие – люди, привыкшие к устоявшимся продуктам и с большим трудом принимающие новые.

Примерное распределение членов общества на категории можно легко увидеть на графике (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Распределение сегментов принятия инновации членами общества

В 1969 году Фрэнк Басс в своей статье представил математическую модель распространения новых товаров [28]. Основное предположение модели состоит в том, что вероятность покупки в любое время линейно связана с числом предыдущих покупателей. На начальном этапе распространения нового очень высока роль новаторов, так как последователи учатся у того, кто этот товар уже купил. Со временем важность новаторов монотонно падает. Модель хорошо показала себя при прогнозировании пика продаж и длительности пика, на основе исторических данных, для товаров длительного использования. Математическая модель диффузии новых продуктов:

$$n_t = \left(p + q \times \frac{N_t}{M}\right) \times \left(M - N_t\right) \quad , \qquad (1)$$

где n_t – количество принявших новый продукт в момент времени t;
M – потенциал рынка;
N_t – суммарное число принявших новый товар в момент времени t;
p – коэффициент внешнего влияния;
q – коэффициент внутреннего влияния.

Сегодня инновации являются одним из наиболее важных вопросов в бизнес исследованиях. Инновации могут обрушить крупные доминирующие компании или поднять небольшие фирмы на лидирующие позиции. Основной задачей инноваций является разработка новых или модифицированных продуктов для повышения рентабельности. Необходимым компонентом рентабельности является доход, а доход зависит от того, насколько лучше конкурентов ты удовлетворишь потребности клиентов.

В работе J. Hauser [32] проведено исследование в области инновационных товаров и были выделены 5 основных научно-исследовательских направлений: реакция потребителя на инновации, роль инноваций в развитии компаний, стратегия выхода продукта на рынок, методы разработки нового товара и получение прибыли от инноваций.

1.1 Реакция потребителей на инновации

Успех любой инновации зависит от потребителей. Многие исследователи давно пытаются описать, объяснить и предсказать как потребители и рынки реагируют на инновации. В этой обширной области можно выделить 3 подполя, которые хорошо изучены: потребительская инновационность, модели роста новых продуктов и внешние сетевые факторы.

Изучение «потребительской инновационности» связанно с ориентацией субъекта на принятие новых товаров и услуг [45]. Этот вид инновационности начал изучаться одним из первых, а в настоящее время исследуется с наибольшей интенсивностью. Причина этого заключена в прямой связи инновационности с покупательской мотивацией субъекта, что во многом определяет значительную часть дохода многих коммерческих фирм. Исследование потребительской инновационности описывает психические, поведенческие и демографические характеристики, связанные с готовностью принять инновации. Очень важно понимать, что движет покупателями при выборе нового продукта. В настоящее время существует изучение инновационности потребителей в разных культурах и странах.

Потребитель инноваций влияет на принятие нового продукта и его последующий рост. Модель Басса выражает принятие нового продукта, в зависимости от спонтанной иновационности потребителей. Базовая модель основывается на трёх параметрах: инновационная скорость (коэффициент внешнего воздействия), скорость имитации (коэффициент внутреннего воздействия) и потенциал рынка. Отношение этих факторов определяет форму кривой продаж, для товаров длительного пользования она имеет S-образную форму. Во многих ситуациях модель работает лучше более сложных моделей [27].

В тоже время модель Басса имеет ограничения, которые последующие исследователи пытались решить[39,40]. Во-первых, оригинальная модель не включает пояснительные переменные, которые фирмы используют, чтобы увидеть влияние на скорость имитации и общий потенциал рынка. При включении эти параметры усложняют оценки. Во-вторых, параметры модели обладают высокой чувствительностью к включению новых точек данных. Оценки за 6 лет, могут сильно отличаться от оценок за 8 лет. В-третьих, для оценки модели необходимо знать два ключевых момента поворота в начале продаж (взлет и падение). Однако после того, как эти события произошли, ценность модели в основном описательная или ретроспективная, а не предсказательная. В-четвертых, первоначальная оценка с помощью множественной регрессии страдала от мультиколлинеарности.

Кривая Басса перемещается в двух различных точках поворота взлета и замедления как показано на графике (рисунок 1.4) [30].

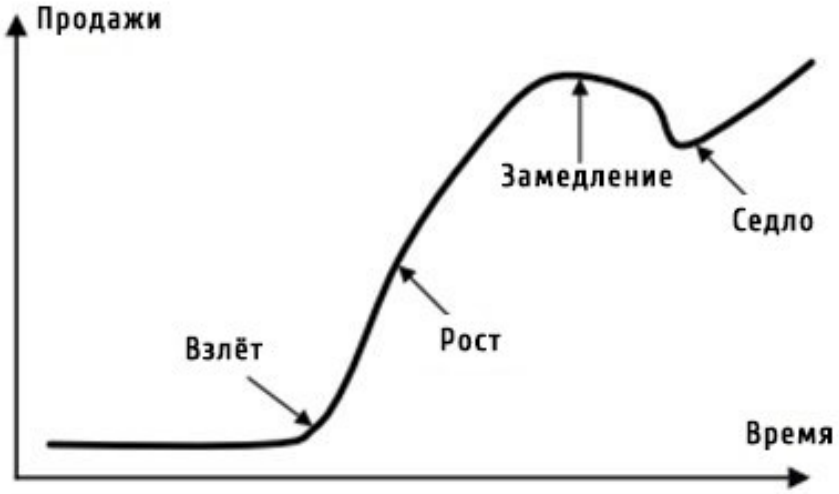

Рисунок 1.4 – Стадии жизненного цикла инновационного товара

Взлетом называется внезапный рывок в продажах, который следует за периодом первоначальных низких продаж после введения. Далее следует выравнивание в продажах после бурного роста, которое часто сопровождается седлом [44]. Седлом называется временный небольшой спад в динамике продаж инновационного товара. Первым данный факт описал Франк Басс [28], по его мнению, седло возникает из-за нелинейной скорости распространения инновационного товара. Первыми новый товар покупают новаторы или ранние последователи, однако, они первыми и отказываются от него в пользу более совершенного. Если в момент отказа от товара новаторов объема продаж раннему большинству еще недостаточно, чтобы компенсировать это снижение, то возникает небольшой спад, названный седлом.

Принятие новых продуктов и их последующий рост может быть в значительной степени зависеть от внешних сетевых факторов. Сетевые внешние эффекты относятся к увеличению стоимости продукта, к количеству пользователей одного и того же продукта или наличия сопутствующих товаров [16]. К внешним сетевым факторам относятся те факторы внешней среды, которые обусловлены долговременными тенденциями и не связаны с волевыми решениями конкретного субъекта. Из-за внешних сетевых факторов некоторые фирмы стали монополистами. Например, Microsoft настолько укрепились на рынке операционных систем, что другим компаниям будет сложно переманить клиентов на свои продукты.

1.2 Роль инноваций в развитии компаний

Рассмотрим, процесс как фирмы организуют инновации, новые методы и инструменты для улучшения разработки продукции. Каждая организация боится устаревания своих продуктов, что является большим стимулом к созданию инновационных товаров. Бюджет небольших компании ограничен и они не

имеют права на ошибку, поэтому развиваются в одной области и не переходят в совершенно новые направления. Но часто бывает, что, используя радикальные методы для вывода новых товаров, компании выходят на лидирующие позиции. Крупные компании стараются постепенно модернизировать свои товары. Они имеют дополнительные активы, которые позволяют получать прибыль от инноваций.

Склонность компаний к инновациям зависит от отдачи, которую они принесут. Были обнаружены два фактора, с помощью которых фирмы получают прибыль от инноваций: патенты и секретность[18]. Патенты эффективны лишь в немногих отраслях. Например, химия, производство пластмасс и разработка лекарственных препаратов.

Для улучшения процесса разработки продукта от начала до конца разрабатываются новые инструменты и методы [38,42]. Новые методы бывает трудно внедрить и изучить, потому что это отвлекает от других аспектов разработки товаров. Для получения хорошего результата, руководители и члены команды должны уделять достаточно времени на изучение новых инструментов и методов, поддерживать их осуществление на постоянной основе в нескольких проектах и сделать выводы о том, какую прибыль они принесут фирме.

1.3 Вывод товара на рынок

Выбор правильной технологии для разработки продукта имеет решающее значение для успеха разработки продукта. Для того, чтобы принимать решения о новых методах и сроках, с которыми товар выйдет на рынок, фирмы должны понимать скорость, форму и динамику технологической эволюции[31]. На рисунке 1.5 показан переход от старых технологий к новым. В период, когда одна технология находится в процессе быстрого совершенствования, новая развивается более медленно. Позже, когда старая технология достигает своего пика и останавливается в развитии, новая технология переходит в стадию роста и обходит ее в возможностях.

В 1997 г. американский экономист Клейтон Кристенсен в своей книге «Дилемма инноватора»[18] предложил модель «подрывных инноваций». Этим термином он обозначил новые технологии, которые кардинально меняют соотношение ценностей на рынке и в конечном счёте, уничтожают существующие продукты или услуги.

Согласно модели Кристенсена, в момент появления на рынке новая технология ещё очень несовершенна и по большинству параметров уступает устоявшимся, поэтому спрос на неё невелик. Всё меняется, когда инновация находит покупателя, готового мириться с недостатками ради присущих ей новых свойств. Получив такого покупателя, она начинает развиваться и совершенствоваться, растут объёмы производства, и наступает момент, когда она вытесняет преобладавшие ранее продукты или услуги. Иными словами, становится «подрывной».

Рисунок 1.5 – Переход от устаревающих технологий к новым

В тоже время нет доказательств, что все технологии действуют S-кривым [43]. Старые технологии часто сосуществуют с новыми на протяжение многих лет. Например, лампы накаливания и люминесцентные лампы. Компаниям приходится подстраиваться под потребителей, потому что они будут использовать старый продукт, если он более удобен, даже несмотря на то, что новый более экономичный и эффективный.

Анализ технологической эволюции и соперничества позволяет фирме оценить рыночную среду в которой она должна конкурировать. Перед тем как она примет решение о своих собственных шагах, нужно оценить собственный запас ресурсов, которые она имеет в настоящий момент. Только после того, как фирма имеет хорошее представление о технологической эволюции, она может использовать свои ресурсы, ресурсы конкурентов и потребительский спрос. Один из лучших способов для достижения конкурентного преимущества и получения монопольной прибыли, это привести кривую технологической эволюции и защищать своё лидерство патентами. Тем не менее, получение патентной защиты не всегда возможно. Даже с патентной защитой, конкуренты могут найти способы внедрения своих инноваций.

В современных условия очень важно правильно предсказать момент, когда устаревающая технология пойдет на спад, чтобы избежать преждевременного отказа от перспективных технологий.

1.4 Методы разработки нового товара

После изучения потребительских нужд, организация строит стратегию развития своей идеи, которая в итоге превратится в конечный продукт. Разработка продукта представляет собой сквозной процесс, основанный на маркетинге, разработке, производстве и организационном развитии. Ядром этого процесса является воронка разработки продукта для идентификации возможностей, проектирования, тестирования и запуска инновационного

продукта. На начальном этапе существует несколько концептов нового товара, которые могут оказаться неудачными, но после удачной доработки стать успешными продуктами. На каждом этапе концептов становится все меньше и меньше. Воронка также признает текущую гипотезу о том, что фирмы являются наиболее успешными, если они имеют несколько концепций продуктов на каждом этапе в любой момент времени. Для производства продуктов с высокими инженерными требованиями используется метод спиральных процессов. Суть метода заключается в том, что на каждой стадий разработки происходит тестирование и в случае неудачного результата, можно вернуться на предыдущий этап. Быстро движущиеся отрасли требуют новых знаний, стратегий и идей, поэтому спиральные процессы позволяют быстро экспериментировать и получать новые знания.

1.5 Получение прибыли от инноваций

Результатом инноваций является продукт, запущенный на рынок, который генерирует продажи и прибыль для фирмы. В то же время, новый товар, вероятно, создаст проблемы производительности для действующих продуктов, в результате чего фирмы предпринимают шаги, чтобы защитить свои позиции по отношению к новому товару и свести к минимуму ущерб, который он приносит бизнесу.

В 1997 Abbie Griffin [34] в своем исследовании показал, что в среднем 32% от объёма продаж фирмы и 31% прибыли фирмы получается из продуктов, которые были выпущены на рынок в течение последних пяти лет. Эти цифры были относительно стабильными в течение последнего десятилетия. Компании должны постоянно развиваться и совершенствовать свои инновационные возможности, чтобы оставаться успешными.

1.6 Пик продаж и начало погружения успешных продуктов

Многие известные фирмы потеряли лидерство в своих областях из-за того, что своевременно не смогли приспособиться к погружению своих текущих продуктов. Эти компании обанкротились, были распроданы или затормозили развитие. Погружением называется внезапное и существенное снижение продаж текущего продукта, связанное в первую очередь с выходом нового, замещающего товара.

Javier Palacios и Gerard J. Tellis в 2016 году [38] в своей работе предложили метрику и модель для погружения текущего успешного продукта, под угрозой резкого увеличения принятия нового продукта. В статье определяется время погружения в период между введением нового продукта и погружением текущего продукта. На рисунке изображены переломные моменты жизненного цикла текущего продукта. Время погружения состоит из скрытого периода погружения и откровенного времени погружения. Период прекращения заканчивается приземлением, когда уровень распространения продукта незначителен.

Объяснение и прогнозирование спада динамики имеет важное значение по следующим причинам.

1) Технологические платформы часто меняются [29]. Когда они изменяются, новый продукт на основе новой технологии имеет потенциал, чтобы сорвать продажи текущего товара. Руководители компаний должны знать, когда отказаться от текущей технологии и принять новую. Несоблюдение этого правила своевременно, может привести к потере лидерство на рынке.
2) Жизненный цикл текущих и новых продуктов имеют довольно острые события и точки поворота[30]. Примером этого является введение и взлет нового продукта и пик с началом спада динамики продаж текущего товара (Рисунок 1.6). Разработка четких определений и модели для прогнозирования этих событий имеет важное значение для управления своевременных переходов от старых технологии к новым.

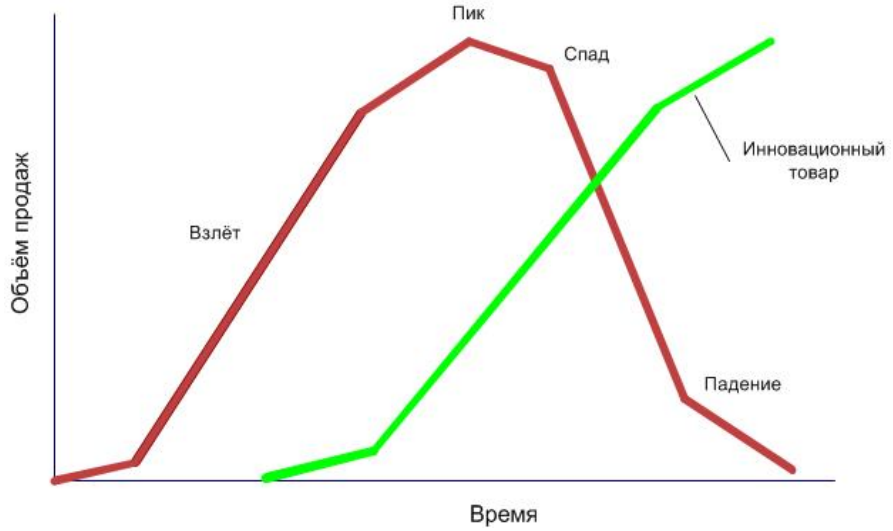

Рисунок 1.6 – Жизненный цикл инновационного товара после выхода нового замещающего товара

3) Жизненные циклы товаров становятся короче [31]. Неспособность своевременно предсказать точки перехода может привести фирму к потери клиентов, устареванию или прекращению текущих товаров. Фирмы, которые могут предсказать падение динамики продаж своих товаров, остаются успешными на рынке.
4) Существующая литература была сосредоточена исключительно на взлёте нового продукта [12, 28] или моделировании гладкой диффузии продуктов разных поколений на одной технологической платформе [5, 29]. Лишь немногие исследования были сосредоточены на прекращении существующих продуктов [30].

В своем исследовании Javier Palacios и Gerard J. Tellis более подробно рассмотрели ключевые точки в жизненном цикле каждого товара: взлёт, пик, погружение и посадка. Погружению товара предшествует пик его распространения на рынке. Погружение начинается, когда количество последователей текущего товара меньше, чем число уже отказавшихся от него. В результате после введения нового продукта, текущий продукт еще может продолжать расти, хотя некоторые потребители уже перешли на новый. Это

называется периодом скрытого прекращения, поскольку текущий продукт идёт на спад, даже если этого не видно на совокупной скорости распространения. Во время скрытого периода прекращения число последователей текущего продукта больше, чем число последователей нового. Таким образом, уровни распространения продуктов растут. Когда большое количество потребителей принимают текущий продукт, уровень его распространения взлетает. Многие из этих потребителей перешли с текущего, устаревающего продукта. После этого момента, распространение текущего товара достигнет пика и пойдет на спад. Стоит обратить внимание, что погружение текущего товара не является спонтанным, а является следствием выхода нового товара. Внедрение нового товара запускает скрытый период прекращения, а взлёт нового продукта вызывает погружение. Часто фирмы сами поглощают свой старый товар и выпускают новый.

Пиком, авторы назвали год, когда уровень распространения продукта достиг максимального уровня. Этот год используется для вычисления времени откровенного погружения. Погружение измерено по пороговому правилу, также как и для измерения взлёта. Логика порога взлета в том, что он корректирует темпы роста продаж по мере увеличения распространения: когда базовый уровень продаж низок, для значительного увеличения продаж требуется сигнал взлёта и наоборот. Порог взлета был выведен, таким образом, чтобы дать лучший прогноз взлета, основанный на визуальной идентификации.

1.7 Модель Кокса-Теллиса

В 1972 году David Cox вывел модель опасности погружения с дискретным временем (с помощью логистической регрессии), связанной с нестационарными ковариатами. Регрессия Кокса – это прогнозирование риска наступление какого-либо события и оценка влияния заранее определенных независимых переменных (предикатов) на этот риск. Риск рассматривается как функция, зависящая от времени. Эта формулировка сводится к рассмотрению того, происходит ли погружение в каждый год в зависимости от времени и различных независимых переменных.

Модель определяется как:

$$h_i(t)=h_0(t)\cdot\exp\left(\beta_1 X_1(t)+\beta_2 X_2(t)+\ldots+\beta_n X_n(t)\right), \quad (2)$$

где h0(t) – базовый риск, одинаковый для всех объектов;

β1, …, βn – коэффициенты, показывающие влияние каждого предикатора на функцию риска;

X1 (t), … , Xn(t) – независимые параметры, зависящие от времени.

В 2016 году Gerard J. Tellis, в своей работе, представил новую модель на основе регрессии Кокса [17]. Формулировка модели сводится к рассмотрению того, происходит ли или нет погружение в каждый год в зависимости от времени и различных независимых переменных. Модель имеет вид:

$$\log it\, \lambda_0\left(X_i|t_j\right)=\alpha_j+\gamma\cdot Time+\phi\cdot Time^2+\beta X_{ij}+\delta Y_i+\varepsilon, \quad (3)$$

где *logit* $\lambda_0(X_i|t_i)$ – базовая функция, зависящая от незавсимых переменных и времени;

X_{ij} – ковариаты, зависящие от времени;

Y_i – ковариаты, независящие от времени;

β — коэффициенты, показывающие влияние зависимых от времени переменных на функцию риска;

δ — коэффициенты, показывающие влияние независимых от времени переменных на функцию риска;

α_j – базовый риск;

Time – время;

γ,φ – коэффициенты, показывающие влияние времени и квадрата времени на базовую опасность пика и погружения;

ε – ошибка.

Эта функция риска показывает, в какой степени независимые переменные управляют вероятностью времени до погружения в стране, учитывая, что погружение еще не произошло. Результаты модели могут быть интерпретированы в процентах. Сначала моделируются опасность пика динамики продаж и опасность начала спада продаж инновационного товара. Опасность спада продаж во время откровенного спада динамики используется в качестве зависимой переменной.

В своем исследовании авторы включали в модель зависящие и независящие от времени переменные. В качестве зависимых от времени параметров использовались экономические показатели различных стран, в которых товары получили популярность. Также включалась динамика продаж товара в других странах. В качестве независимой от времени переменной можно привести год введения нового замещающего товара. В модель включены 2 переменные, представляющие время и квадрат времени для контроля над нелинейностью временных эффектов на базовой опасности пика и погружения.

В модель опасности дискретного времени погружения авторы включили еще две, не зависящие от времени переменные.

1) Относительное изменение распространения в процентах в течение 5 лет до пика распространения текущего продукта. Эта мера позволила выяснить, является ли распространение плоским или увеличивается со временем до достижения пика.
2) Продолжительность периода скрытого прекращения текущего продукта. Эта мера позволила установить, связан ли период между введением нового

товара и пиком динамики продаж текущего с опасностью спада динамики продаж.

Модель представляет интерес только для изучения товаров с длинным жизненным циклом (несколько лет). Авторы исследования смогли разработать модель, позволяющую определить вероятность того, что именно в этом году произойдет пик динамики продаж. Но для построения модели требуется знать очень много различных параметров за длительный промежуток времени.

1.8 Выводы по разделу

Исследование показало, что динамика продаж инновационного товара имеет определенную форму жизненного цикла. В жизненном цикле можно выделить несколько ключевых точек поворота, в которых меняется поведение динамика продаж. Многие из этих точек уже изучены, но определение пика и спада динамики продаж еще мало изучено. Например, в исследовании Х. Паласиоса и Д. Теллиса представлена модель, которая определяет пик, как год, в котором товар достиг максимального уровня распространения на рынке, но многие товары имеют короткий жизненный цикл, поэтому в этом случае модель не сможет помочь производителям спланировать свои действия. Спад продаж представляет собой внезапное и резкое снижение распространения товара. Компании должны приспосабливаться к новым рыночным характеристикам очень быстро, либо путем совершенствования текущего товара, либо созданием нового. Важно отметить, что качество прогнозирования напрямую зависит от модели, хорошо описывающей динамику продаж инновационного товара. Поэтому представляется особенно важным построение адекватной модели. Такая модель должна включать в себе основные факторы, влияющие на динамику продаж инновационного товара.

Цель выпускной квалификационной работы – построить прогноз пика и спада динамики продаж инновационного товара.

Задачи выпускной квалификационной работы.

1) Исследование методов и моделей прогнозирования пика и спада динамики инновационных товаров.
2) Выбор инновационного товара исследования пика и спада.
3) Выявление основных факторов, влияющих на динамику жизненного цикла инновационного товара.
4) Построение математической модели динамики продаж инновационного товара.
5) Разработка программы, позволяющей прогнозировать пик и спад инновационного товара.

2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ТОВАРА НА ОСНОВЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

2.1 Исследование динамики продаж инновационного товара в России

Первоначальной целью данной работы стояла разработка математической модели, максимально точно, описывающей динамику жизненного цикла инновационного товара. Оценка результатов эконометрического моделирования достигается посредством решения качественной и количественной проблемы. Качественная составляющая заключается в установлении соответствия между построенной моделью и основополагающей экономической концепцией, а количественная – в точности аппроксимации имеющейся информации данными расчётов[18].

С практической точки зрения к основным задачам эконометрики можно отнести:

1) построение эконометрических моделей – представление экономических моделей в математической форме, удобной для проведения эмпирического анализа. Данную проблему называют проблемой спецификации, которую можно решить несколькими способами;
2) оценку параметров построенной модели, позволяющую характеризовать адекватность модели реальными данными. Указанная задача решается на этапе параметризации;
3) проверку качества полученной модели в целом. Данная задача реализуется на этапе верификации;
4) использование построенной модели для прогнозирования.

Для построения модели, в качестве примера, были выбраны экшн-камеры марки GoPro. Данные камеры являются лучшими на рынке согласно обзорам и отзывам пользователей.

На основе данных открытой статистики запросов Google Trends построим жизненный цикл товаров GoPro 3 и GoPro 4 в России. Период времени март 2012 года – февраль 2017 года с шагом в одну неделю. Жизненный цикл может быть, косвенно, отражен динамикой интереса потенциальных покупателей, а не только данными реальных продаж. Для того, чтобы все значения попадали в сопоставимые по величине интервалы сделаем нормализацию данных. Если на графике по оси абсцисс отмечать период времени, а по оси ординат количество запросов, то график будет иметь вид, приведенный на рисунке 2.1.

На рисунке видно, что жизненные циклы данных товаров очень похожи друг на друга и имеют свойственное инновационным товарам поведение. По графику можно увидеть основные этапы жизненных циклов товаров. Взлет GoPro 3 начинается в октябре 2012 года, в момент выхода товара на рынок. В период времени с июля 2013 по сентябрь 2014 наблюдается высокий уровень продаж. В этот период можно заметить временные спады динамики продаж. Продажи камер GoPro 3 начинают снижаться в сентябре 2014 года, как видно на графике, именно

в этот момент на рынке появляется инновационный товар GoPro 4. Динамика продаж GoPro 4 развивалась по схожему сценарию. Стоит отметить, что период зрелости данного товара длился более короткий промежуток времени. По графику можно увидеть резкое падение динамики продаж с ноября 2014 по март 2015, за которым последовал подъем.

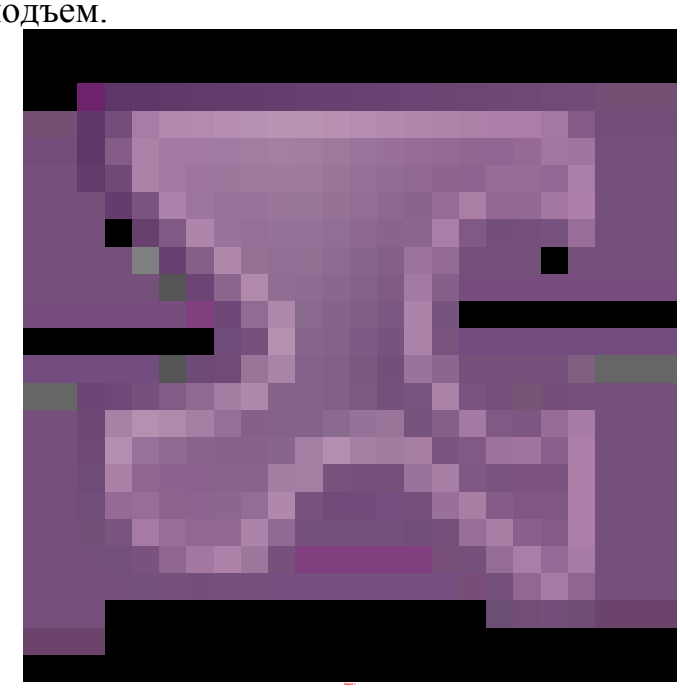

Рисунок 2.1 – График динамики продаж инновационных товаров GoPro3 и GoPro4 в России, недельные данные с 04.03.2012 по 26.12.2016

На динамику продаж инновационного товара в стране, в разной степени, влияет множество экономических показателей. Для построения адекватной математической модели необходимо выбрать статистически важные параметры. Были выбраны следующие параметры: курс доллара к рублю, курс цены на нефть, уровень инфляции и оборот розничной торговли. Входные данные взяты с поисковой платформы информационно-аналитических ресурсов FINAM [49] (http://www.finam.ru/). Период времени сентябрь 2012 года – январь 2017 года с шагом в одну неделю.

На рисунке 2.2 изображена динамика стоимости курса нефти марки Brent и курса доллара США к рублю.

Начиная с октября 2014 года, можно увидеть резкое изменение динамики данных показателей. При переизбытке нефти на рынке, происходит резкое снижение цен. Курс цен на нефть напрямую влияет на долларовые доходы России, поэтому курс рубля начал снижаться. В связи с этим, изменились цены на товары, произведенные вне России.

Доходы от экспорта нефтегазовые ресурсов составляют около половины всех доходов в бюджет страны. В связи с их падением, снижается возможность финансирования различных проектов, что негативно сказывается на общем экономическом положении страны. Политика импортозамещения в России действует уже несколько лет, возможно, с помощью нее государство сможет

снизить такую сильную зависимость от экспорта нефти и газа, но пока этого не произошло.

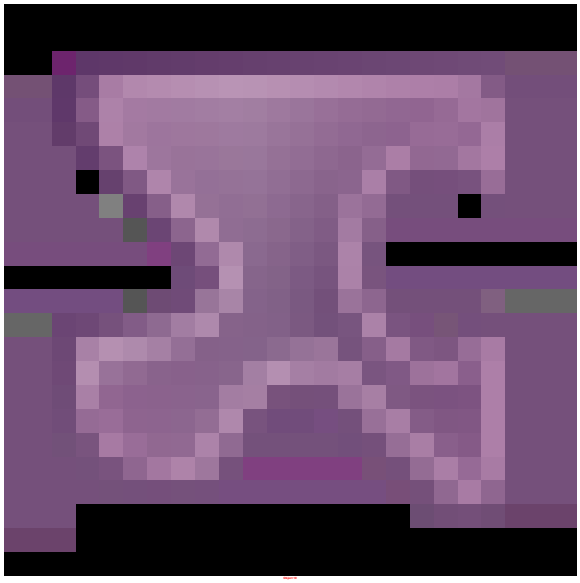

Рисунок 2.2 – Курс доллара к рублю и курс цен на нефть в России, недельные данные с 04.03.2012 по 26.12.2016

Рассмотрим следующие два параметра, которые могут повлиять на динамику продаж инновационных товаров в России. На рисунке 2.3 изображены динамика изменений индекса потребительских цен и оборота розничной торговли.

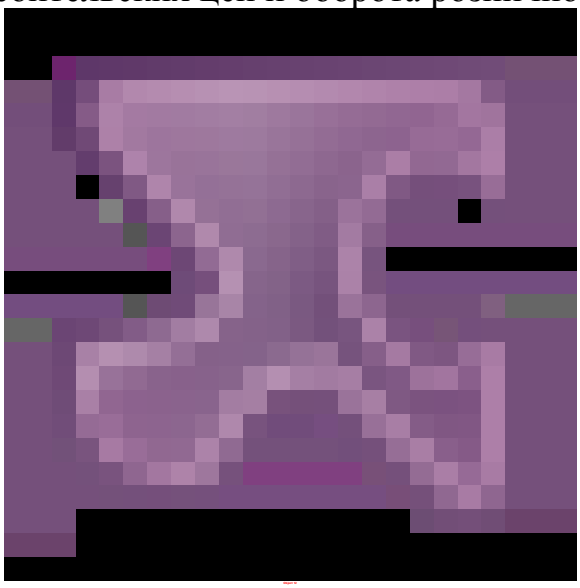

Рисунок 2.3 – График изменения оборота розничной торговли и индекса потребительских цен в России, недельные данные с 04.03.2012 по 26.12.2016

На основе индекса потребительских цен рассчитывается инфляция. Инфляция цен свойственна всем странам – как развитым, так и развивающимся. На графике видно, что в целом инфляция имеет небольшие значения и в данный момент уменьшается. Инфляция в России больше, чем в развитых странах, где средний показатель варьируется от 2 до 5% в год. Одной из причин роста инфляции

является повышенный потребительский спрос. В конце 2014 года, по графику, можно увидеть резкий рост индекса потребительских цен. Падение уровня инфляции в России в 2016 году связано с укреплением рубля и падением спроса на товары.

Начиная с января 2015 года, заметен спад оборота розничной торговли в России. Оборот розничной торговли зависит от выручки от продажи товаров населению для личного потребления или использования в домашнем хозяйстве.

За снижением данных параметров следует также и других параметров. Так, например, снижение оборота розничной торговли может быть вызвано резким увеличением цен на товары и снижением доходов населения. Нестабильная экономическая ситуация подтолкнула граждан экономить на своих покупках.

Построим матрицу корреляции (Таблица 2.1), элементами которой являются рассмотренные экономические параметры и динамика продаж инновационных товаров GoPro 3 и GoPro 4 в России.

Таблица 2.1

Матрица корреляции рассматриваемых факторов России

	GoPro 3	**GoPro 4**	**Доллар / Рубль**	**Нефть**	**Объем розн. торг.**	**Инд. потреб. цен**
GoPro 3	1					
GoPro 4	-0,19	1				
Доллар / Рубль	-0,41	0,74	1			
Нефть	0,5	-0,71	-0,97	1		
Объем розн. торг.	0,36	-0,68	-0,86	0,90	1	
Инд. потреб. цен	0,08	0,38	0,22	-0,13	-0,03	1

Индекс потребительских цен, в целом, изменялся не значительно, кроме периода в конце 2014 года. В связи с этим, данный индекс слабо коррелирует с динамикой продаж камер марки GoPro в России.

В отличии от GoPro 3, камера GoPro 4 сильно зависит от изменения курса доллар/рубль, цен на нефть марки Brent и объемов розничных продаж. Также по таблице видно, что между собой сильно коррелируют следующие параметры: курс доллар/рубль и цены на нефть, курс доллар/рубль и объемы розничных продаж, цены на нефть и объемы розничных продаж. Это еще раз доказывает зависимость экономики от экспорта энергоресурсов. Любые колебания в сторону подорожания нефти, позитивно сказываются на динамику роста курса рубля. В связи с нестабильностью экономического положения в стране, нестабильно себя ведет и динамика продаж на инновационные товары. Несмотря на то, что одной из текущих задач России является импортозамещение, камеры марки GoPro популярны в стране из-за отсутствия аналогов. Но так как динамики продаж камер также зависит от курса на энергоресурсы, было принято решение рассмотреть зависимости в других странах. Проблема прогнозирования динамики

продаж инновационных товаров в России заключается в том, что пока не ясно, как поведет себя рынок нефти.

2.2 Исследование динамики продаж инновационного товара GoPro 4 на рынке Германии

На основе проведенного исследования рынка России, было принято решение проанализировать влияние экономических параметров на жизненный цикл экшн-камер марки GoPro в других странах. Мы выбрали 3 европейские страны: Великобритания, Германия и Франция. В этих странах камеры имели наибольшую популярность по данным Google Trends. Данные страны имеют схожие экономики, после просмотра известных экономических показателей данных стран, были выделены параметры актуальные для каждой из этих трех стран. Также после просмотра графиков изменения экономических параметров в данных странах, было отмечено, что, в отличие от России, в рассмотренный период с сентября 2012 года – январь 2017 года данные параметры не имели резких взлетов и падений.

Для изучения динамики продаж инновационного товара, была выбрана экшн-камера GoPro 4 в Германии. Были рассмотрены следующие экономические показатели данной страны: индекс текущих условий, индекс ожиданий, уровень импорта, комбинированный индекс деловой активности, розничные продажи, торговый баланс, уровень безработицы, индекс оптовых цен и от уровня распространения экшн-камер GoPro 3 в Германии, Франции и Великобритании. Входные данные взяты с поисковой платформы информационно-аналитических ресурсов FINAM (http://www.finam.ru/). Период времени сентябрь 2012 года – январь 2017 года с шагом в одну неделю.

На динамику продаж инновационного товара влияет множество факторов. В данном случае нельзя выделить какой-либо один доминирующий параметр, поэтому для оценки параметров было выбрано уравнение множественной регрессии. В настоящее время множественная регрессия широко используется для построения моделей.

При построении модели возникли две проблемы.

1) Необходимо учитывать влияние конкретной независимой переменной на зависимую переменную, а также разграничивать ее влияние и влияние других независимых переменных.
2) Выбор правильной спецификации модели, необходимо сделать выбор, какие переменные включить в регрессию, а какие исключить.

Самой употребляемой и наиболее простой из моделей множественной регрессии является линейная модель множественной регрессии:

$$y=\alpha'+\beta_1' x_1+\beta_2' x_2+\ldots+\beta_p' x_p+\varepsilon \quad . \qquad (4)$$

По математическому смыслу коэффициенты β_j' в уравнении (2) равны частным производным результативного признака y по соответствующим факторам:

$$\beta_1' = \frac{\partial y}{\partial x_1}, \quad \beta_2' = \frac{\partial y}{\partial x_2}, \ldots, \quad \beta_p' = \frac{\partial y}{\partial x_p}. \tag{5}$$

Параметр α называется свободным членом и определяет значение y в случае, когда все объясняющие переменные равны нулю. Такие ситуации встречаются очень редко, поэтому параметр не имеет серьезного значения.

Получение оценок параметров $\alpha', \beta_1', \beta_2' \ldots, \beta_p'$ уравнения регрессии (4) является одной из важнейших задач множественного регрессионного анализа. Самым распространенным методом поиска коэффициентов является метод наименьших квадратов (МНК). Его суть состоит в минимизации суммы квадратов отклонений наблюдаемых значений зависимой переменной y от её значений $\hat{y}$, получаемых по уравнению регрессии.

Поскольку параметры $\alpha', \beta_1', \beta_2' \ldots, \beta_p'$ являются случайными величинами, определить их истинные значения по выборке невозможно. Поэтому вместо теоретического уравнения регрессии (2) оценивается так называемое эмпирическое уравнение регрессии, которое можно представить в виде:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_p x_p + e. \tag{6}$$

Здесь $a, b_1, b_2, \ldots, b_p$ - оценки теоретических значений $\alpha', \beta_1', \beta_2' \ldots, \beta_p'$, или эмпирические коэффициенты регрессии, e – оценка отклонения ε. Тогда расчетное выражение имеет вид:

$$\hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_p x_p. \tag{7}$$

Регрессионная модель для жизненного цикла спроса камеры GoPro 4 в Германии имеет вид:

$$\begin{aligned} \hat{y}(t) = {} & b_1 \cdot g3g(t) + b_2 \cdot g3e(t) + b_3 \cdot g3f(t) + b_4 \cdot tu(t) + b_5 \cdot im(t) + \\ & + b_6 \cdot da(t) + b_7 \cdot ip(t) + b_8 \cdot rz(t) + b_9 \cdot tb(t) + b_{10} \cdot bz(t) + b_{11} \cdot op(t) + b_{12} \cdot io(t), \end{aligned} \tag{8}$$

где $b_1, \ldots, b_{12}$ — коэффициенты, связанные с каждой независимой переменной;
g3g – реальные данные жизненного цикла спроса камеры GoPro 3 в Германии;
g3e – реальные данные жизненного цикла спроса камеры GoPro 3 в Великобритании;
g3f – реальные данные жизненного цикла спроса камеры GoPro 3 во Франции;
tu – индекс текущих условий в Германии;
im – импорт в Германии;
da – комбинированный индекс деловой активности в Германии;
ip – индекс цен производителей в Германии;
rz – розничные продажи в Германии;
tb – торговый баланс в Германии;
bz – уровень безработицы в Германии;

op – индекс оптовых цен в Германии;
io – индекс ожиданий в Германии.

На рисунке 2.4 представлен график реальной динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и график рассчитанных значений по модели. Текст программы представлен в приложении 1. По графику видно, что модель хорошо описывает исходные данные.

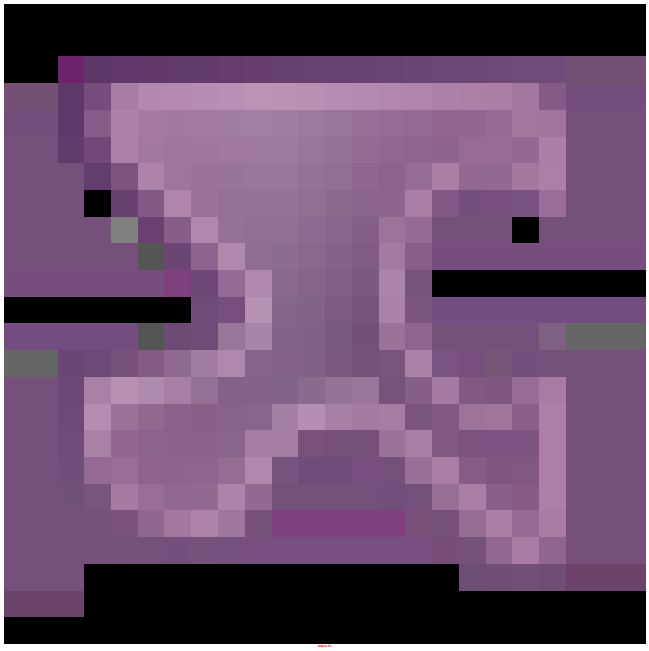

Рисунок 2.4 – Графики динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и значений построенной модели, недельные данные с 07.09.2014 по 26.12.2016

Для полученной модели найдем точность прогнозирования временных рядов с помощью средней ошибки аппроксимации:

$$\bar{A}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|y(i)-y(i)|}{y(i)}\cdot 100\%, \qquad (9)$$

где $y(i)$ - фактическое значение;
$y(i)$ - экспериментальное значение;
n – количество точек наблюдений.

Допустимая ошибка аппроксимации регрессионной модели не должна превышать 10%, в нашей модели ошибка составила 7,65%.

Коэффициенты регрессии были найдены методом наименьших квадратов, но такой оценки недостаточно для определения «лучших» параметров, поэтому проведем проверку ряда предпосылок относительно оцениваемой модели, называемыми условиями Гаусса-Маркова [19]. Согласно этой теореме оценки параметров линейной регрессии, полученные методом наименьших квадратов, будут несмещенными и эффективными (т.е. будут иметь наименьшую дисперсию)

в классе линейных несмещенных оценок. Эти условия принимаются в качестве основных предпосылок регрессионного анализа.

1) Математическое ожидание случайного члена ε_i равно нулю в любом наблюдении:

$$M(\varepsilon_i)=0 \quad (10)$$

Математическое ожидание равно 1.0158e-05. Оно достаточно близко к нулю, поэтому можно предположить, что математическое ожидание случайной переменной равно нулю, т.е. условие 1 выполняется.

2) Дисперсия случайного члена ε_i постоянна для всех наблюдений

$$D(\varepsilon_i)=\sigma_\varepsilon^2 \quad (11)$$

Дисперсия для всех наблюдений равна 0.0022. Выполняется условие гомоскедастичности, то есть дисперсия не зависит от номера наблюдения.

3) Значения случайного члена в любых наблюдениях ε_i и ε_j не коррелируют между собой

$$Cov(\varepsilon_i;\varepsilon_j)=0 \qquad (i\neq j) \quad (12)$$

Это условие с учетом того, что M(ε_i) = M(ε_j) = 0 принимает вид

$$M(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \ (i \neq j). \quad (13)$$

Между значениями ε для разных наблюдений отсутствует систематическая связь. Случайные члены независимы.

4) Случайный член должен быть распределен независимо от объясняющих переменных x_i

$$Cov(\varepsilon_i;x_i)=M(\varepsilon_i;x_i)=0 \quad (14)$$

Заведомо выполняется, так как независимые переменные являются детерминированными величинами.

5) Отсутствие мультиколлинеарности: между объясняющими переменными отсутствует строгая линейная зависимость, что играет важную роль в отборе факторов при решении проблемы спецификации модели.

Коэффициент корреляции показывает силу связи между двумя независимыми переменными регрессионной модели и позволяет исключить из нее дублирующие факторы. Две переменные коллинеарны, если они имеют между собой линейную зависимость, коэффициент корреляции > 0,7.

Если переменные модели коллинеарны, то они нарушают условие независимости действия факторов и один из них рекомендуется исключить из модели. Включение в модель мультиколлинеарных факторов отрицательно по следующим причинам.

1) Параметры регрессии теряют экономический смысл и нужно рассматривать другие факторы.

2) Оценки параметров ненадежны, получаются большие стандартные ошибки и меняются с изменением объема наблюдений, что делают такую регрессионную модель непригодной для прогнозирования.

Коэффициент корреляции вычисляется следующим образом:

$$r_{xy}=\frac{\frac{1}{n}\sum_i (x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sigma_x \sigma_y}=\frac{\operatorname{cov}(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad . \qquad (15)$$

Или

$$r_{xy}=b\frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad . \qquad (16)$$

Выборочный коэффициент корреляции r_{xy} принимает значения в диапазоне

$$-1 \le r_{xy} \le 1 \quad . \qquad (17)$$

Чем ближе значение $|r_{xy}|$ к единице, тем больше линейная связь и тем лучше линейная зависимость согласуется с исходными данными. При $r_{xy}>0$ связь является прямой, при $r_{xy}<0$ - обратной.

Построим матрицу корреляции (Таблица 2.2), элементами которой являются парные коэффициенты корреляции параметров регрессионной модели (8).

Таблица 2.2

Матрица корреляции рассматриваемых факторов Германии

	g4	**g3g**	**g3e**	**g3f**	**tu**	**io**	**op**	**bz**	**im**	**tb**	**ip**	**rz**	**da**
g4	1												
g3g	0.78	1											
g3e	0.73	0.93	1										
g3f	0.67	0.88	0.93	1									
tu	0.47	-0.5	-0.4	-0.5	1								
io	-0.09	-0.1	0.07	-0.01	0.57	1							
op	0.19	0.08	0.01	-0.05	-0.1	-0.3	1						
bz	-0.74	0.52	0.4	0.47	-0.9	-0.3	-0.1	1					
im	0.42	-0.3	-0.3	-0.35	0.25	-0.1	-0.1	-0.4	1				
tb	-0.39	0.01	-0.1	-0.13	-0.5	-0.2	-0.3	0.4	0.13	1			
ip	0.05	-0.2	-0.3	-0.25	0.4	0.1	-0.1	-	0.0	-	1		

					4	2		0.4	1	0.2			
rz	0.02	-0.3	-0.3	-0.32	0.1	-0.1	0.1	-0,1	0,3	0,1	0,3	1	
da	0.56	-0.3	-0.3	0.2	0.14	-0.2	-0.1	-0,3	0,35	-0,2	0,18	-0,1	1

По данным таблицы можно увидеть, что динамика продаж камер GoPro 3 в Германии, Франции и Великобритании сильно коррелирует с динамикой продаж GoPro 4 в Германии. Эти параметры также можно считать мультиколлинеарными, но они являются очень важными с точки зрения изучения инновационного товара, поэтому не были исключены из модели. Также при исключении из модели данных параметров возрастала ошибка аппроксимации.

Пик и начало спада продаж в другой стране может наступить раньше, поэтому это окажет влияние на вероятность начала погружения товара в определенный момент времени. Данные переменные мы не будем считать дублирующими. Также, при исключении одного из данных параметров возрастала ошибка аппроксимации.

Также можно отметить связь динамики продаж GoPro 4 с уровнем безработицы и комбинированным индексом деловой активности.

Для оценки качества (точности) построенной регрессионной модели, мы использовали несколько параметров. Один из таких показателей – индекс корреляции R. Данный индекс показывает тесноту нелинейной связи, задаваемой уравнением нелинейной регрессии $\hat{y}=f(x)$. Индекс корреляции вычисляется по формуле:

$$R=\sqrt{1-\frac{RSS}{TSS}}, \tag{18}$$

где RSS – сумма квадратов регрессионных остатков;
TSS – общая дисперсия.

Сумма квадратов регрессионных остатков RSS вычисляется по следующей формуле:

$$RSS=\sum_t (y_t-\hat{y}_t)^2, \tag{19}$$

где t – время;
yt - реальное значение динамики продаж в определенный момент времени;
ŷt – расчетное по модели значение динамики продаж в определенный момент времени.

Общая дисперсия вычисляется TSS по формуле:

$$TSS=\sum_t (y_t-\bar{y}_t)^2, \tag{20}$$

где ŷt – выборочное среднее в определенный момент времени.

Индекс корреляции R принимает значения в диапазоне:

$$0\le R\le 1. \tag{21}$$

Чем ближе величина R к единице, тем лучше зависимость $\hat{y}=f(x)$ согласуется с данными наблюдений. Если R=1, то соотношение $y_i=f(x_i)$ выполняется для всех наблюдений. Чем ближе значение к нулю, тем слабее взаимосвязь между результативной и независимыми переменными.

Для нашей регрессионной модели индекс корреляции равен 0,93. Значение близко к единице, значит, между рассматриваемыми признаками, существует тесная связь и уравнение регрессии является достаточно точным для прогнозирования.

Следующий показатель для оценки качества построенной модели – коэффициент детерминации. Данный коэффициент это отношение объясненной части $D(\hat{y})$ дисперсии переменной y ко всей дисперсии $D(y)$. Показатель принимает значения в диапазоне от 0 до 1, чем он выше, тем лучше модель описывает исходные данные. Рассчитывается коэффициент детерминации по формуле:

$$R^2=1-\frac{\sum(y_t-\hat{y}_t)^2}{\sum(y_t-\overline{y}_t)^2}. \qquad (22)$$

Из формулы видно, что коэффициент детерминации равен квадрату индекса корреляции. Крайний случай $R^2=1$ означает, что ESS=0, то есть все точки наблюдений лежат на регрессионной плоскости. Для нашей регрессионной модели коэффициент детерминации равен 0,86.

Важное свойство коэффициента детерминации состоит в том, что при добавлении в новых независимых переменных в модель он не может уменьшиться. Поэтому при сравнении разных моделей с различным числом параметров не всегда понятно, за счет чего вырос показатель детерминации. Возможны два варианта: за счет реального влияния дополнительного фактора на результат, либо просто из-за увеличения числа переменных. Для сравнения различных моделей, мы использовали скорректированный коэффициент детерминации:

$$R^2_{корр}=1-\frac{ESS/(n-m-1)}{TSS/(n-1)}, \qquad (23)$$

Где n – количество наблюдений;
m – количество независимых параметров модели.

В нашей модели при 121 точки наблюдения и 12 независимых параметрах скорректированный коэффициент детерминации равен 0,85.

Для проверки значимости модели используется F-статистика Фишера. F-критерий Фишера является параметрическим, часто используется для сравнения дисперсий вариационных рядов. Выдвигается «нулевая» гипотеза, состоящая в

том, что дисперсии рассматриваемых рядов равны между собой: $H_0=\{D_x=D_y\}$. Суть критерия Фишера сводится к тому, что «нулевая» гипотеза H_0 о статистической незначимости уравнения регрессии отвергается при выполнении условия $F_p>F_k$, где F_k определяется по таблицам F-критерия Фишера при числе степеней свободы $k_1=k$, где k число независимых переменных в уравнении регрессии, $k_2=n-k-1$, где n - количество точек наблюдения и заданному уровню значимости α (для расчетов принято $\alpha=0,05$).

F_p рассчитывается по формуле:

$$F=(n-2)\cdot\frac{R^2}{1-R^2} \quad (24)$$

Для нашей регрессионной модели значение критерия Фишера равно 57,679. По таблице определим критическое значение для 121 точки наблюдения и 12 независимых параметров модели, для уровня значимости 0,05 - F_k=1,8. Как мы видим, $F_p>F_k$, значит оцененная регрессионная модель значима на уровне 0,05.

2.3 Определение релевантных факторов для зоны Евросоюза

Рассмотрим подробнее каждый параметр модели и оценим их значимость. В нашу регрессионную модель (8) мы включили 12 независимых параметров:

Первые 3 параметра модели это реальные данные динамики жизненного цикла спроса камеры GoPro 3 в Германии, Великобритании и Франции.

Индекс текущих условий в Германии – индекс ежемесячно рассчитается по результатам опроса немецкого исследовательского института IFO. Значение индекса сравнивается с базовым значением в 100 пунктов (значение в момент принятия индекса), если значение больше 100, то это указывает на благоприятное восприятие текущих условий для бизнеса национальных производителей. Рост индекса текущих условий указывает на повышающийся уровень потребительских расходов на товары и является положительным сигналом для экономики страны в целом. Снижение индекса говорит о том, что нынешняя экономическая среда не стабильна и заметен спад потребительской активности населения.

Импорт товаров в Германии – ввоз в страну заграничных товаров для дальнейшей продажи на внутреннем рынке. Импорт способствует более полному удовлетворению потребностей национальной экономики. Данный показатель рассчитывается, как изменение в текущем месяце по сравнению с прошлым месяцем.

Комбинированный индекс деловой активности в Германии – числовой показатель, отражающий состояние определенной отрасли и экономики в целом. Индекс формируется на основе опроса представителей 600 ключевых компаний в различных областях экономики Германии. Данный показатель используется для

оценки изменений в области товарных запасов, производственных заказов, занятости и объемов промышленного производства. Индекс деловой активности измеряется в процентах от 0 до 100. На динамике данного показателя обычно предсказывают изменения в промышленных ценах, занятости населения и темпы роста ВВП страны.

Индекс цен производителей в Германии – индикатор, отслеживающий изменения в ценах, по которым местные производители продают свои товары на оптовом уровне реализации. Индекс охватывает все сектора и стадии производства. При расчете не учитываются импортные товары и услуги, но они влияют на импортозамещающие товары. Индекс промышленных цен используется многими аналитиками в качестве предварительного при оценке инфляции в стране. Как и многие другие индексы, данный показатель сравнивается с базовым значением в 100 пунктов. При расчете показателя ежемесячно сравниваются цены на множество наименований товаров и суммируются с их коэффициентами, пропорциональными их вкладу в ВВП.

Розничные продажи товаров в Германии – индикатор, показывающий изменение объемов продаж в сфере розничной торговли. Характеризует уровень потребительского спроса и расходов. Данный показатель составляет большую часть в формуле расчета ВВП страны. Рост индикатора приводит к росту курса национальной валюты и является положительным фактором для экономики. Для нас этот параметр важен тем, что отражает затраты на приобретение товаров, игнорируя затраты на приобретение услуг. Показатель рассчитывается, как изменение в текущем месяце по сравнению с прошлым месяцем.

Торговый баланс в Германии – отражает участие страны в международной торговле и поток товаров и услуг между разными странами, рассчитывается как разница экспорта и импорта. В торговый баланс входит стоимость проданных и купленных товаров, а также стоимость оказанных услуг. На показатель оказывает влияние внутренний спрос, определяющий динамику импорта, и валютный курс, корректирующий величину поступлений от импорта. Торговый баланс составляется внешнеторговыми, финансовыми и статистическими органами страны для оценки внешнеэкономических позиций и покупательской способности местной валюты. Рассматривается как разность суммы вывезенных товаров и ввезенных, если она положительная, то торговый баланс является положительным фактором для роста национальной валюты и оказывает значительное влияние на рынок.

Уровень безработицы в Германии – показывает процентное отношение безработных к общему числу трудоспособного населения. Рост безработицы сопровождается проблемами в экономике и сигнализирует о неблагоприятных изменениях в экономике. Нормальным считается уровень безработицы в 5%, если значение показателя меньше, то это может сопровождаться ускорением инфляции вследствие роста доходов населения страны. Статистика по безработице является очень важным показателем, она очень хорошо отражает действительное состояние экономики страны. Данные о занятости населения очень трудно прогнозировать, поэтому значения часто корректируют и пересчитывают.

Инвесторы относятся к уровню безработицы как к немедленному руководству к действию. В Германии данные о безработице пересчитывают ежемесячно и являются частью единого отчета о рынке труда.

Индекс оптовых цен в Германии – описывает изменение уровня цен на крупные партии товаров. Для расчета включают три показателя: оптовые цены на импорт, оптовые цены на экспорт и внутренние оптовые цены. Является одним из показателей инфляции. Отражает положение дел в бизнес-секторе.

Индекс ожиданий в Германии – показатель дает оценку условий ведения бизнеса в последующие шесть месяцев. Формируется на основе опроса ключевых национальных производителей. Индекс экономических ожиданий не дает оценки текущей экономической ситуации, но используется для прогнозирования. Значение индекса выше 100 показывает уверенность производителей относительно успешности ведения бизнеса в последующие полгода. Если значение ниже 100, значит у производителей негативные ожидания, относительно работы в последующие полгода. Снижение индекса сигнализирует о замедлении темпов роста экономики.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии оценили с помощью критерия Стьюдента. Уравнение регрессии определяется на основе конечного числа статистических данных. Коэффициенты уравнения являются случайными величинами, изменяющимися от выборки к выборке. При проведении статистического анализа есть необходимость сравнить коэффициенты регрессии b с некоторыми теоретически ожидаемыми значениями β.

Выдвигается нулевая гипотеза о том, что H_0: b=0, то есть основание считать, что расчетное значение модели регрессии не зависит от некоторой независимой переменной. В данном случае коэффициент b считается статистически незначимым, так он слишком близок к нулю. При отклонении нулевой гипотезы коэффициент считается статистически значимым, что указывает на линейную зависимость между расчетным значением модели и независимой переменной.

Используемая в данном случае статистика имеет вид:

$$t=\frac{b}{S_b}, \qquad (25)$$

где b – коэффициент регрессии;
Sb – стандартная ошибка коэффициента регрессии b.

После вычисления значения t-статистики проверяется выполнение условия, что вычисленное значение больше критического (табличного) при заданном уровне значимости α, т.е.

$$|t_{факт}|>t_{табл}. \qquad (26)$$

Если данное условие выполняется, то это подтверждает статистическую значимость коэффициента регрессии b.

Табличное значение коэффициента Стьюдента, для нашего эксперимента, равно 1,97. В таблице 2.3 представлены коэффициенты регрессии и значение t-статистики для каждого из параметров.

По таблице видно о статистической незначимости, по критерию Стьюдента, импорта товаров в Германии и розничных продаж в Германии. Можно отметить высокую статистическую значимость комбинированного индекса деловой активности и уровня безработицы.

С помощью множественной регрессии мы проанализировали связь между несколькими независимыми параметрами и зависимой переменной. В ходе исследования также были рассмотрены следующие экономические параметры для Германии: индекс делового оптимизма, индекс экономических настроений и цены на импортные товары. При включении данных показателей в регрессионную модель возрастала ошибка, поэтому были сразу исключены из модели.

В полученной модели (8) мы оценивали коэффициенты методом наименьших квадратов, но при создании собственной математической модели, мы приняли решение оценивать коэффициенты методом градиентного спуска.

Таблица 2.3

Значение коэффициента Стьюдента и коэффициента регрессии для рассматриваемых в модели параметров

Параметр	**Коэффициент Стьюдента**	**Коэффициент регрессии**
Динамика продаж GoPro 3 в Германии	3,83	-0,51
Динамика продаж GoPro 3 в Великобритании	2,17	0,29
Динамика продаж GoPro 3 во Франции	-2,9	-0,64
Индекс оптовых цен	-3,7	-0,08
Импорт	1,94	0.04
Индекс цен производителей	-3,6	-0.1
Розничные продажи	-1,86	-0,04
Комбинированный индекс деловой активности	-6,37	-2,11
Уровень безработицы	-11,77	-5,93
Индекс текущих условий	-2,36	-2,89
Индекс ожиданий	-2,03	-3,77
Торговый баланс	-4,49	-0,84

С помощью метода градиентного спуска мы можем найти минимум функции. Как и для метода наименьших квадратов, были найдены коэффициенты, при которых сумма квадратов отклонений исходных данных от найденной прямой будет минимальной:

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - f(x_1,\ldots,x_k))^2 \to \min \quad , \qquad (27)$$

где yi – исходные данные;
f(x1,…,xk) – функция от нескольких независимых параметров;
n – количество точек наблюдения.

Суть метода состоит в том, что мы переходим от одной точки к другой в направлении, определяемом антиградиентом. Величины антиградиентов непрерывно меняются вдоль траектории. Переход из одной точки в другую осуществляется по следующей формуле:

$$x_1 = x_0 - g\cdot\left(\frac{\partial f}{\partial x_0}\right) \quad , \qquad (28)$$

где x_i – координаты точек;
g – величина шага.

Величина шага должна быть положительной, с помощью данной переменной можно получить различные варианты градиентного метода. В нашем исследовании мы использовали фиксированную величину шага.

Поиск заканчивается при условии, если сумма квадратов всех частных производных в полученной точке меньше заданной малой положительной величины ε:

$$\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 < \varepsilon \quad . \qquad (29)$$

Методом градиентного спуска найдем коэффициенты при которых сумма квадратов отклонений исходных данных от значений функции (8) будет минимальной. Величину шага g зафиксируем и примем равной 0.0005. При ε=0.1 получили результат, показанный на рисунке 2.5.

Как видно на рисунке, на отрезке с сентября 2014 по сентябрь 2015 большой разброс значений между рассчитанными по формуле и реальными данными динамики продаж, поэтому дальше ошибка только возрастает. Текст программы представлен в приложении 2.

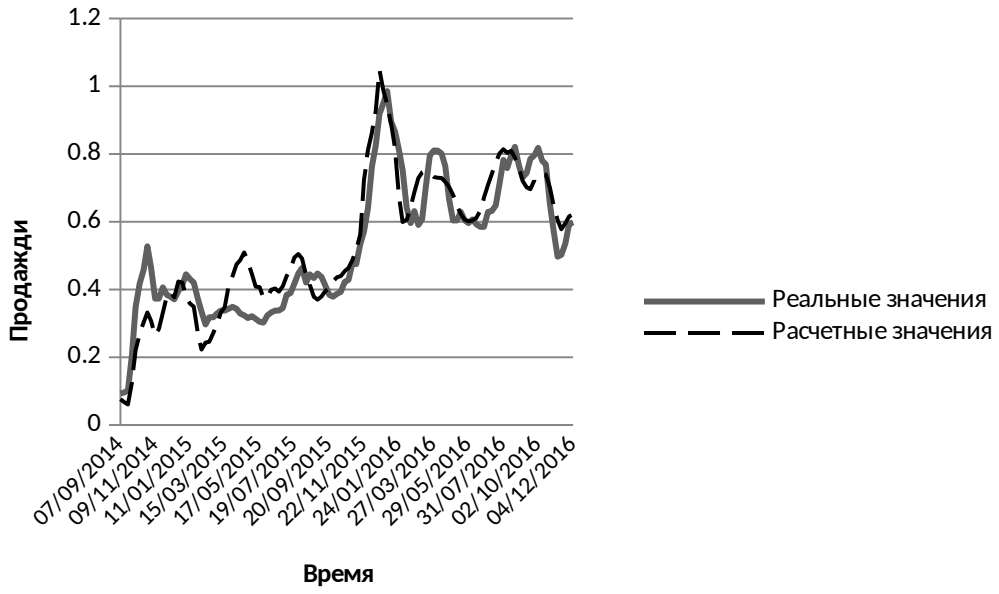

Рисунок 2.5 – Графики динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и значений построенной модели, недельные данные с 07.09.2014 по 26.12.2016

Попробуем отбросить этот период и перестроить модель с теми же входными параметрами (Рисунок 2.6). На выбранном отрезке модель хорошо описывает реальные данные. Средняя относительная ошибка на заданном промежутке составляет 9,56%. Данную модель можно использовать для прогнозирования динамики продаж инновационных товаров.

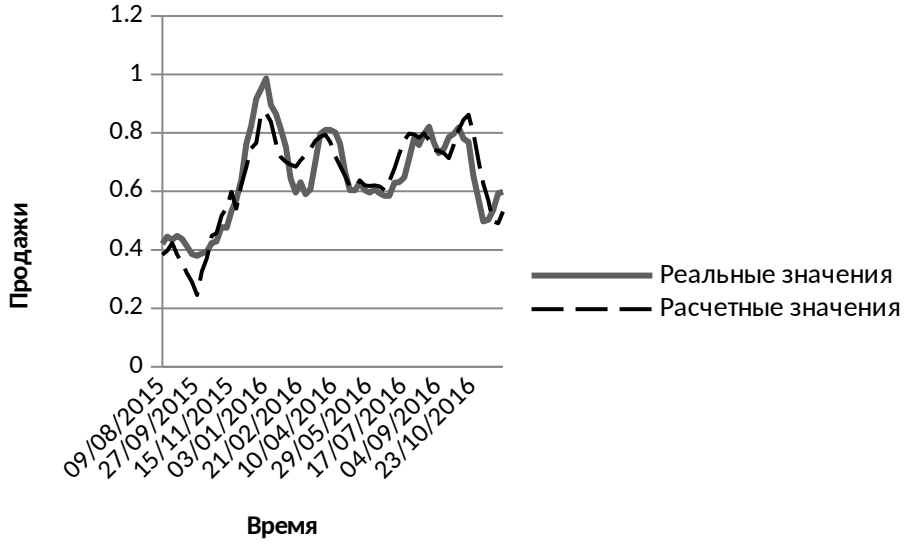

Рисунок 2.6 – Графики динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и значений построенной модели, недельные данные с 09.08.2014 по 26.12.2016

2.4 Математическая модель динамики продаж GoPro 4 в Германии с учетом релевантных факторов

В построенной модели все параметры имеют линейную зависимость с динамикой запросов камеры GoPro 4. Но в реальности зависимости могут быть разными. Опишем зависимости двух параметров, которые имели большое значение в нашей регрессионной модели.

Первый параметр – уровень безработицы в Германии. Данный показатель имеет высокий коэффициент корреляции с динамикой продаж и высокую статистическую значимость. Уровень безработицы может изменяться в определенном диапазоне от минимального до максимального значений. При минимальном уровне безработицы в стране наблюдается стабильная экономическая ситуация. Это связано с тем, что большинство населения имеют работу и стабильный доход, позволяющий им совершать покупки. Если в стране высокий уровень безработицы, то большинство населения будет экономить на своих покупках. Видеокамеры не являются товаром первой необходимости, поэтому динамика их продаж очень сильно зависит от доходов населения. Даже при небольшом увеличении уровня безработицы в стране население может задуматься о своем будущем и отказаться от крупных покупок. Поэтому, по нашему мнению, уровень безработицы и динамика продаж инновационного товара GoPro 4 имеют не линейную, а экспоненциальную зависимость.

Зависимость уровня безработицы от динамики продаж представлена на рисунке 2.7.

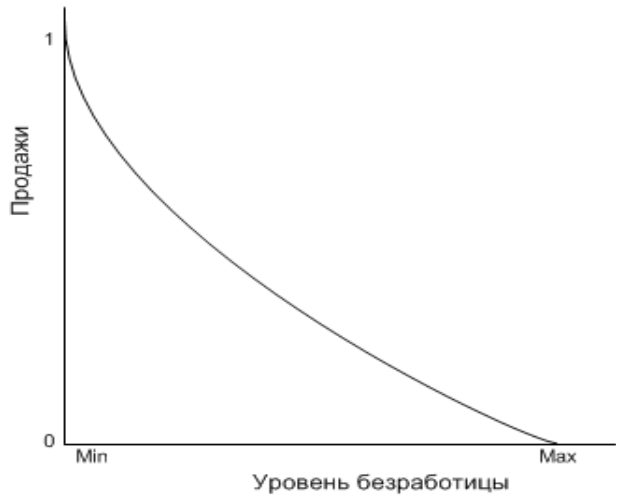

Рисунок 2.7 – График зависимости уровня безработицы и динамики продаж инновационного товара

После подстановки известных нам значений в уравнение экспоненциальной функции, получили функцию зависимости динамики продаж от уровня безработицы в стране:

$$f(bz) = Max \cdot \left(\frac{Min}{Max}\right)^{bz}, \quad (30)$$

где bz – уровень безработицы;
Max – максимальное значение уровня безработицы;
Min – минимальное значение уровня безработицы.

Второй параметр, влияющий на изменение динамики продаж инновационного товара в стране, это комбинированный индекс деловой активности. Данный показатель хорошо описывает текущее положение экономики в настоящий момент. Зависимость динамики продаж инновационного товара с индексом деловой активности, по нашему мнению, имеет другую зависимость, чем с уровнем безработицы. В момент, когда, по мнению руководителей ключевых компаний, в стране неблагоприятная, но стабильная, экономическая ситуация, продажи инновационных находятся на низком уровне. Такое положение дел может тянуться продолжительное время. В определенный момент времени, в стране может произойти событие, которое может положительно сказаться на экономической ситуации. В этот момент, резко повышается значение индекса деловой активности и возрастает динамика продаж инновационного товара. Если ситуация в стране находится на стабильно высоком уровне, то индекс деловой активности и динамика продаж инновационного товара изменяются не существенно. Поэтому, по нашему мнению, начальная стадия роста приблизительно соответствует экспоненциальной зависимости. Затем рост замедляется, проходит линейную фазу, а в зрелом периоде практически останавливается. Зависимость динамики продаж от индекса деловой активности хорошо описывает сигмоидальная (S-образная) кривая (рисунок).

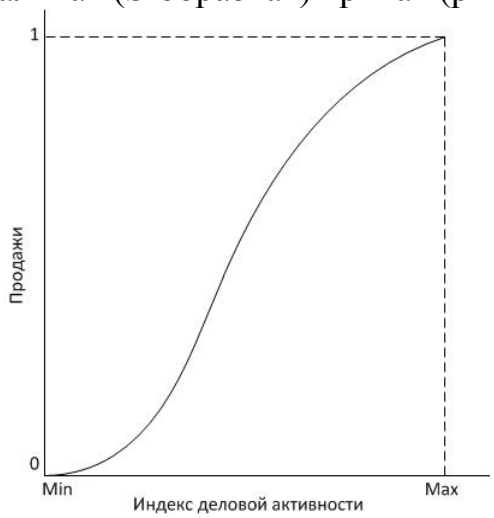

Рисунок 2.8 – График зависимости комбинированного индекса деловой активности и динамики продаж инновационного товара

После подстановки известных нам значений в уравнение сигмоидальной функции, получили функцию зависимости динамики продаж от уровня комбинированного индекса деловой активности в стране:

$$f(da)=\frac{Max\cdot Min\cdot e^{\mu\cdot da}}{Max+Min\cdot\left(e^{\mu\cdot da}-1\right)}, \quad (31)$$

где da – комбинированный индекс деловой активности;
μ - коэффициент;
Max – максимальное значение уровня индекса деловой активности;
Min – минимальное значение уровня индекса деловой активности.

Построим жизненные циклы GoPro 4 в Германии и GoPro 3 в Германии, Великобритании и Франции, со смещением, на одном графике (Рисунок 2.9). Динамика продаж камер GoPro 3 построена со смещением по времени, приблизительно, на 2 года вперед. Камеры GoPro 3, на раннем этапе имели более резкий взлёт продаж, так как были лучше восприняты на рынке после своего появления. Взлет камер GoPro 4 начался спустя год, после появления на рынке. Но по графикам видно, что на отдельных участках жизненные циклы данных товаров имеют похожее поведение.

Также стоит отметить, что для каждой из стран смещение оказалось разным: для Германии 102 недели, для Великобритании 103 недели и для Франции 104 недели. Именно с таким смещением данные параметры были включены в итоговую модель. Зависимость между данными параметрами линейная. Динамика продаж инновационного товара в других странах имеет большое значение при построении модели. В каких-то странах пик и спад динамики продаж могут начаться раньше, поэтому продавцы могут корректировать свои планы по существующим прогнозам.

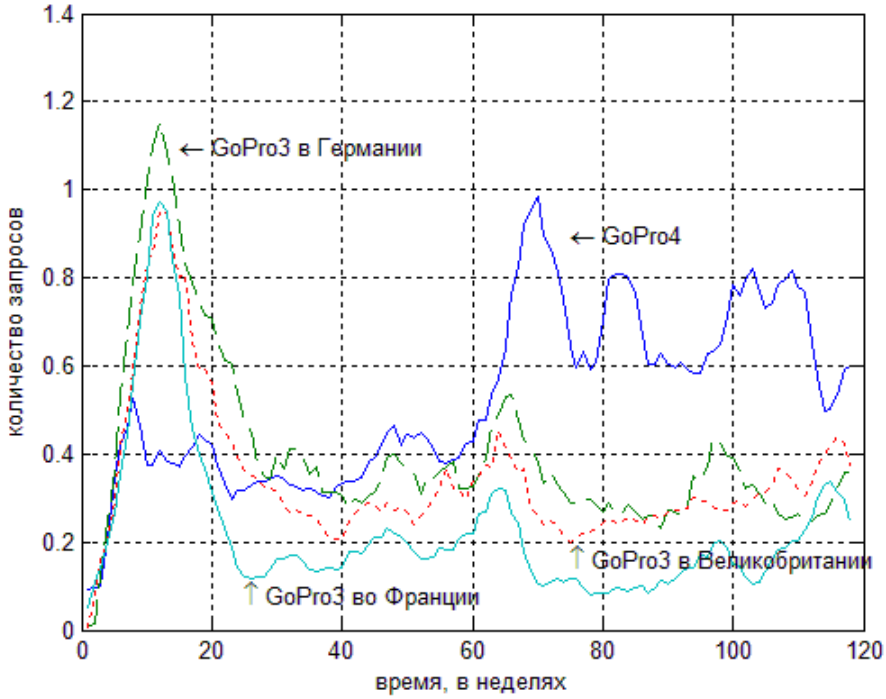

Рисунок 2.9 – Графики жизненных циклов рассматриваемых товаров

По нашему мнению, уровень безработицы и комбинированный индекс деловой активности не сразу оказывают влияние на динамику продаж инновационных товаров, а с некоторой задержкой. Предположим, что данная задержка равна 12 недель, тогда по уже известным данным мы сможем построить прогноз на 12 недель вперед.

После проведенного исследования получили итоговую математическую модель, описывающую динамику продаж товара GoPro 4 в Германии.

$$g4(t)=\alpha_1\cdot g3g\cdot(t-102)+\alpha_2\cdot g3e\cdot(t-103)+\alpha_3\cdot g3f\cdot(t-104)+$$
$$+\alpha_4\cdot Max\cdot\left(\frac{Min}{Max}\right)^{bz(t-12)}+\alpha_5\cdot\frac{Max\cdot Min\cdot e^{\alpha_6\cdot da(t-12)}}{Max+Min\cdot\left(e^{\alpha_6\cdot da(t-12)}-1\right)}. \quad (32)$$

Методом градиентного спуска были оценены следующие параметры: α_1, α_2, α_3, α_4, α_5, Min и Max. На рисунке 2.10 представлена реальная динамика продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и рассчитанная по модели. Средняя относительная ошибка для данной модели составила 13%, что находится в пределах нормы. Данная модель имеет чуть большую ошибку аппроксимации, чем линейная, но включает себя меньше параметров.

Для построения прогноза требуется всего 5 параметров, причем, стоит отметить, что необязательно включать в модель динамику продаж прошлого инновационного товара именно для 3 стран. В отдельных случаях можно взять больше или меньше стран. Для развивающихся стран задержка может быть меньше, так как сначала товары появляются на рынке развитых стран и позднее получают распространение в другие страны.

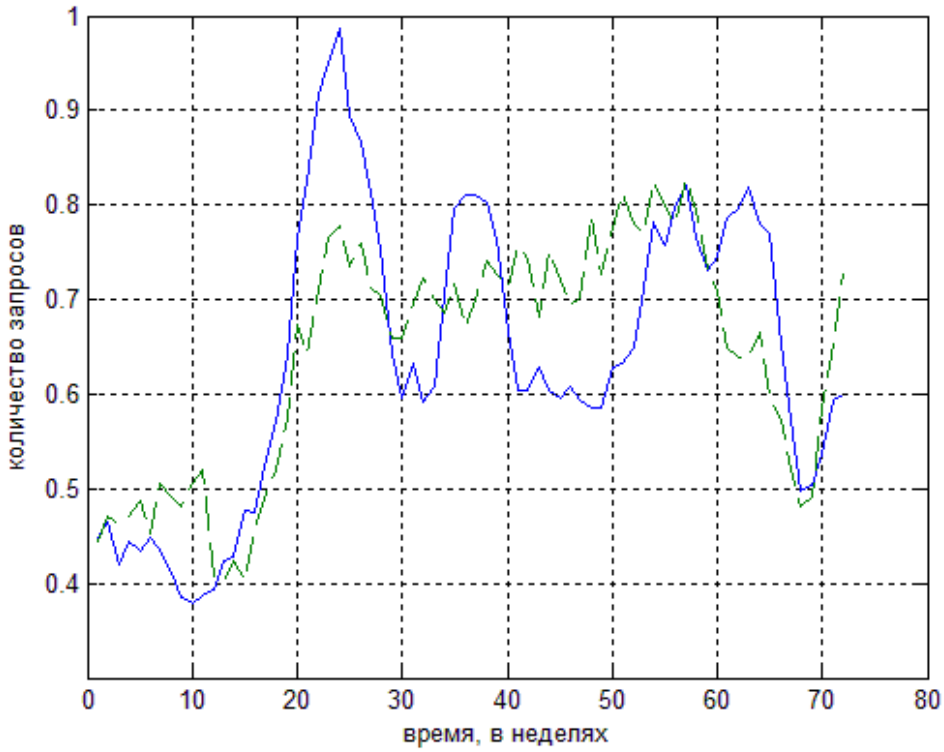

Рисунок 2.10 – Графики динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и значений построенной модели, недельные данные с 09.08.2014 по 26.12.2016

2.5 Определение пика и спада динамики продаж инновационного товара

Пик динамики продаж инновационного товара определяется с помощью прогнозирования риска наступления максимального уровня динамики продаж инновационного товара. Пиком динамики продаж будем считать промежуток времени, когда продажи инновационного товара находились на стабильно высоком уровне. Риск рассматривается как функция, зависящая от количества точек, попадающих в группу риска. В каждой точке определяется риск того, что в данный момент времени может наступить событие, при котором он попадет в группу риска. Риск – это не вероятность, поэтому может принимать значение больше 1.

В качестве функции риска используется график экспоненциальной зависимости. При увеличении количества точек, попадающих в группу риска, увеличивается риск наступления пика продаж. Количество точек необходимых для того, чтобы считать данный период времени пиком динамики продаж будем задавать перед началом расчета.

На рисунке 2.11 показан график зависимости риска от количества точек, попадающих в группу риска.

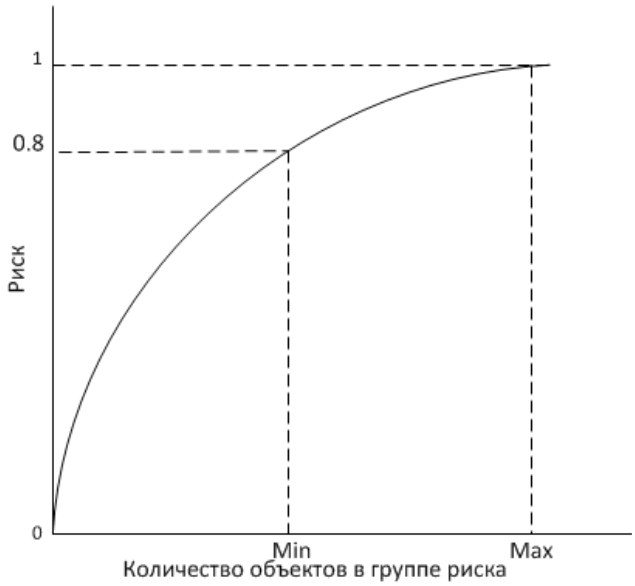

Рисунок 2.11 – График зависимости риска от количества точек, попадающих в группу риска

При определении риска наступления пика динамики продаж будем вводить минимальное значение точек, попадающих в группу риска. При данном количестве точек, значение риска будет равно 0,8, именно это значение будем считать достаточным, для того, чтобы считать данный промежуток времени пиком продаж. Также, вводится максимальное значение, при котором значение риска равняется 1. Количество объектов в группе риска может превышать

максимальное значение, при возникновении каких-либо причин. В данном случае значение риска будет превышать единицу, что является допустимым.

Определение точек, входящих в группу риска, будем делать с помощью доверительного интервала. В определенный момент времени жизненного цикла инновационного товара возникает период, когда продажи находятся в пределах одного доверительного интервала. То есть получается коридор, в который попадает определенное количество точек. Динамика продаж инновационного товара практически не изменяется, то есть может достигать максимального значения и не происходит резких взлетов и седел.

На заданном промежутке времени вычисляем среднее значение и стандартное отклонение. Среднее значение вычисляем по формуле:

$$\bar{x}=\frac{\sum x}{n}, \tag{33}$$

где x – исходные данные;
n – длина заданного промежутка.

Стандартное отклонение вычисляем по формуле:

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum\left(x-\bar{x}\right)^2}{n}}. \tag{34}$$

В работе выбран доверительный уровень 95%. Для данного доверительного уровня было найдено значение оценки по Z-таблице, равное 1,96. Для заданного доверительного уровня необходимо рассчитать предел погрешности по следующей формуле:

$$Z_{\alpha/2}\cdot\frac{\sigma}{\sqrt{(n)}}, \tag{35}$$

где $Z_{\alpha/2}$ – критическое значение.
Запишем доверительный интервал в виде:

$$\bar{x}\pm Z_{\alpha/2}\cdot\frac{\sigma}{\sqrt{(n)}}. \tag{36}$$

После построения доверительного интервала для заданного промежутка проверяем вхождение последующих точек в данный интервал. Если точка попадает в интервал, то помещаем ее в группу риска, так как динамика продаж изменяется в заданном доверительном интервале, и не происходит резких взлетов или падений. Для количества точек в новом интервале смотрим величину риска наступления пика динамики продаж. Чем больше точек входит в данный интервал, тем больше риск. Если точка не входит интервал, то смещаем промежуток до этой точки и делаем проверку еще раз.

2.6 Выводы по разделу

Рассмотрена зависимость динамики продаж инновационных товаров GoPro 3 и GoPro 4 от экономических параметров России. В связи с высокой зависимостью

от экспорта энергоресурсов, экономика России находится в нестабильном состоянии.

Построена многофакторная регрессионная модель для оценки параметров, влияющих на динамику продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии. Для данной модели были проверены ряд условий, показывающих ее адекватность: выполняются все условия теоремы Гаусса-Маркова; выполняется критерий Фишера; вычислены индекс корреляции и коэффициент детерминации; найдены параметры, значимые по критерию Стьюдента.

В результате исследования получены два наиболее значимых экономических параметра: комбинированный индекс деловой активности и уровень безработицы. Для данных параметров выявлена зависимость с динамикой продаж: уровень безработицы имеет экспоненциальную зависимость, а комбинированный индекс деловой активности сигмоидальную. Построена математическая модель, позволяющая прогнозировать динамику продаж инновационного товара на 1 квартал. Модель имеет допустимую ошибку аппроксимации, поэтому может быть использована для прогнозирования пика и спада динамики продаж инновационного товара.

3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПИКА И СПАДА ДИНАМИКИ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ТОВАРА

3.1 Идентификация параметров

В ходе исследования была построена математическая модель, позволяющая прогнозировать динамику продаж инновационного товара на 1 квартал. Для прогнозирования нужно идентифицировать неизвестные параметры модели (32). После оценки параметров методом градиентного спуска, в период времени с 09.08.2014 по 26.12.2016, был построен прогноз на следующий квартал (01.01.2017-01.03.2017). Ошибка аппроксимации с реальными данными составила 6,5%, что говорит о хорошей точности прогноза. Полученный результат свидетельствует об адекватности модели и возможности ее применения для прогнозирования динамики продаж инновационного товара на 1 квартал.

Для динамики продаж инновационного товара GoPro 4, в период времени с 08.09.2015 по 28.05.2017, методом градиентного спуска были оценены параметры модели (32). Ошибка аппроксимации на данном промежутке составила 12,7%. Были получены следующие результаты: α_1=1.076, α_2=0.26, α_3=-0.229, α_4=0.07, α_5=-0,028, α_6=0,01,Min=0.032, Max=0,99. На основе полученных коэффициентов был построен прогноз на период с 01.06.2017 по 30.08.2017. На рисунке 3.1 представлены реальные данные и посчитанные по модели, после подстановки идентифицированных параметров. После вертикальной линии изображены спрогнозированные значения.

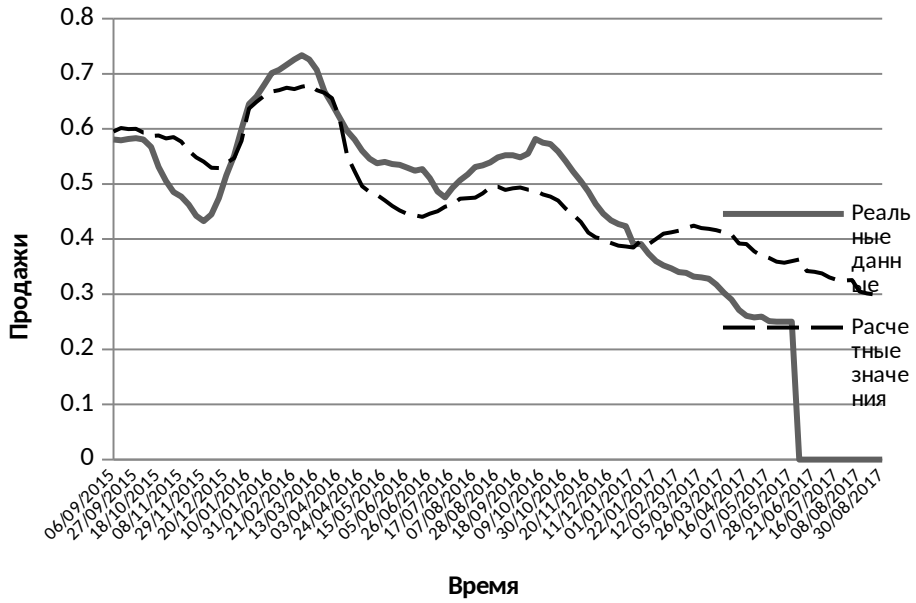

Рисунок 3.1 – Графики динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии и значений построенной модели, недельные данные с 06.09.2015 по 30.08.2017

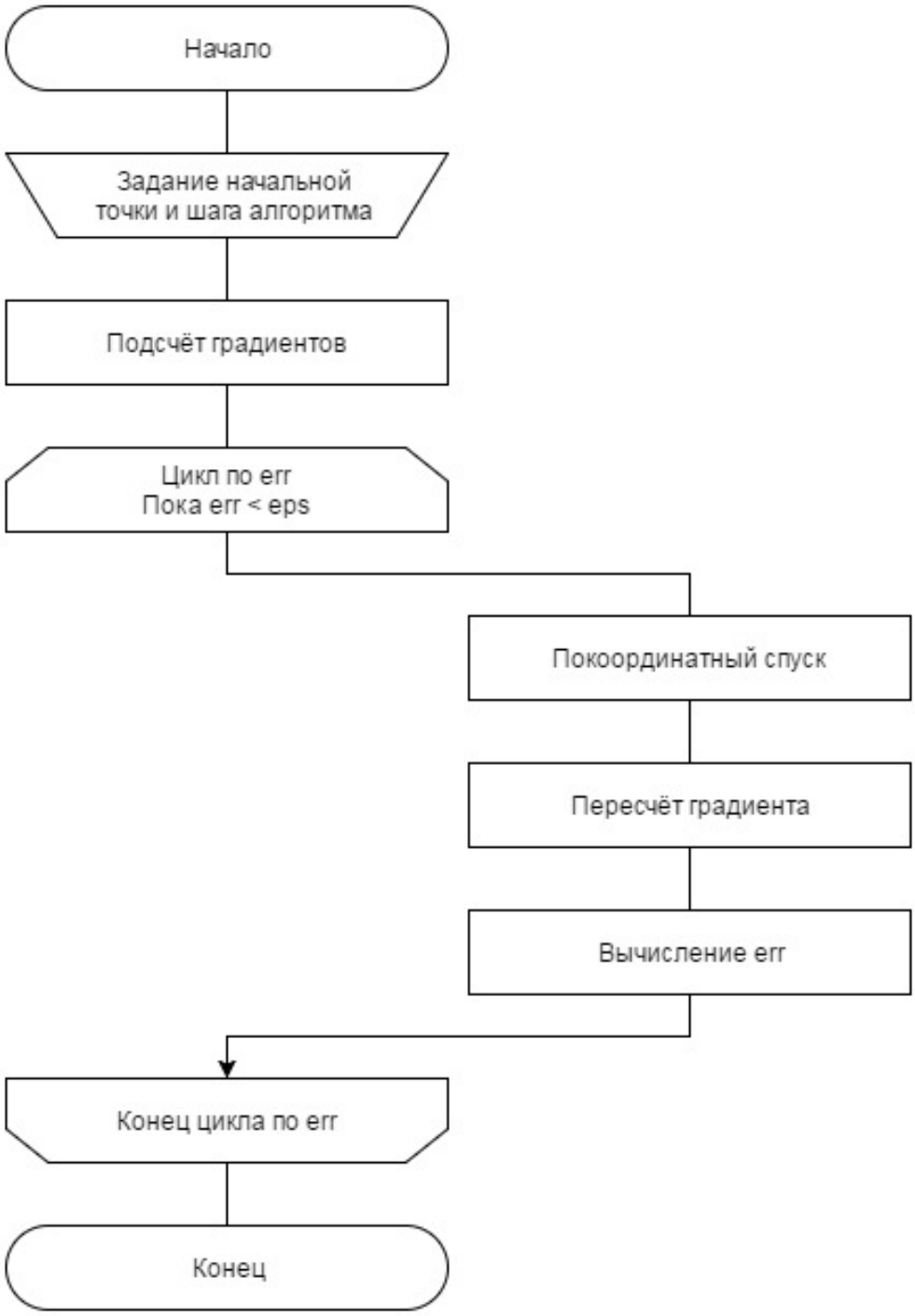

Рисунок 3.2 – Схема алгоритма наискорейшего спуска

3.2 Определение пика продаж GoPro 4 в Германии

Используя полученные спрогнозированные значения и реальные данные в период с 09.08.2014 по 26.05.2017, найдем максимальное количество точек, попадающих в функцию риска. Для построения функции риска необходимо задать 2 параметра. Первый параметр это количество точек для значения риска погружения инновационного товара равного 0,8. Данное значение возьмем

равным 15 точкам. Второе значение это количество точек при величине риска равном 1, возьмем данное значение равным 45.

Возьмем первый промежуток времени равный двум месяцам, то есть приблизительно равным девяти неделям. На данном отрезке посчитаем среднее значение динамики продаж и доверительный интервал. После этого смотрим следующую точку и проверяем, входит ли она в доверительный интервал. Для максимального количества точек, входящих в заданный интервал находим величину риска погружения динамики продаж. На рисунке 3.3 изображен график динамики продаж товара GoPro 4, кружками на графике изображены точки, находящиеся в группе риска.

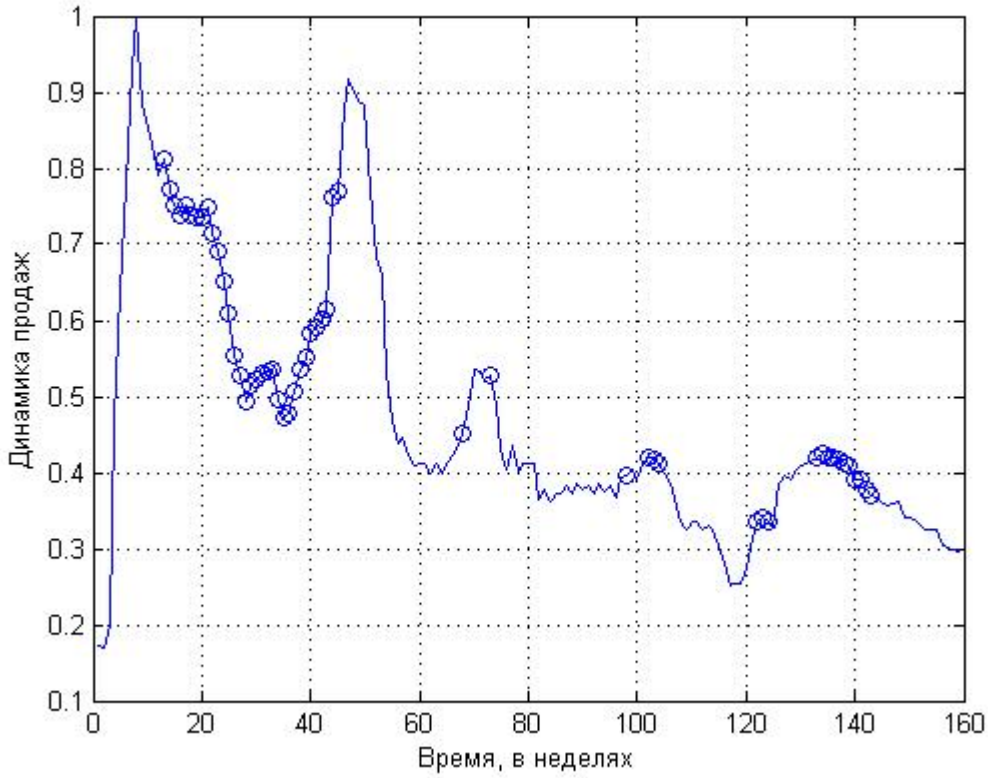

Рисунок 3.3 – Графики динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии с отмеченными точками, недельные данные с 09.08.2014 по 30.08.2017

Максимальное значение наблюдается в период с 10 по 35 недели, что соответствует периоду с октября 2014 по апрель 2015 года. В данный промежуток времени, продажи, действительно, находятся на стабильно высоком уровне. Значения риска наступления пика продаж для данного отрезка времени равняется 0,9276, что считается высоким значением.

Также в интервале с 132 по 143 недели также отмечается большой риск спада продаж равный 0,8234. После данного промежутка времени, по прогнозу, действительно, наступает спад динамики продаж. Спад может быть связан с выходом замещающего инновационного товара GoPro 5. Это в очередной раз доказывает теорию созидательного разрушения товаров.

Полученный результат адекватно описывает реальные данные для данного товара. Но требуется провести дополнительные исследования и проверить адекватность определения пика продаж на других инновационных товарах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследована динамика продаж инновационного товара GoPro 4 в России. Поскольку, в настоящее время экономика России, пока еще, полностью зависит от экспорта энергоресурсов, то и динамика продаж GoPro 4 в нашей стране также зависит от него. В связи с падением прибыли от экспорта, снижается возможность финансирования различных проектов, что негативно сказывается на общем экономическом положении страны. Заметно снизился объем розничных продаж, что говорит об упадке платежеспособности население и отказу от дорогостоящих покупок. Политика импортозамещения в России действует уже несколько лет, возможно, с помощью нее государство сможет снизить такую сильную зависимость от экспорта нефти и газа, но пока этого не произошло.

В связи с нестабильным положением экономики России, построена модель прогнозирования динамики продаж инновационного товара GoPro 4 в Германии. Экономики стран еврозоны во многом похожи, поэтому полученные выводы могут быть использованы для других стран. Выявлены параметры, влияющие на динамику продаж GoPro 4, и из них выявили два наиболее существенных, математическую модель которых также построили. В результате получили модель динамики продаж GoPro 4, которая дает ошибку аппроксимации в 13%.

Таким образом, наиболее существенное влияние на инновационный товар в европейских странах оказывает уровень безработицы и комбинированный индекс деловой активности, что соответствует законам рыночной экономики.

С помощью полученной модели, спрогнозированы значении динамики продаж GoPro 4 в Германии на 3 квартал 2017 года. Из прогноза видно, что продажи данного товара идут на спад. Предложена функция риска и программа для определения попадания точек в группу риска, для определения пика продаж инновационного товара. С помощью данных инструментов, определены интервалы времени с высоким уровнем продаж, что соответствует реальным данным.

Таким образом, полученные в работе результаты можно использовать для построения краткосрочных прогнозов динамики продаж инновационных товаров в европейских странах, а также для определения пика и спада динамики продаж.

В дальнейших исследованиях, необходимо более подробно рассмотреть макроэкономические показатели, влияющие на динамику продаж инновационных товаров, а также усовершенствовать инструмент для определения пика продаж.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, Р.А. Развитие представлений о моделях описания инновационных процессов / Р.А. Абрамов // Интеграл. – 2009. – №4. – С. 20–22.
2. Аврашков, Л.Я. Инновационный менеджмент / Л.Я. Абрашков. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005, с. 105.
3. Баев, И.А. Совершенствование управления процессом реализации продукции промышленного предприятия на базе логистической концепции / И.А. Баев, А.Г. Бутрин, Л.Ш. Морозова // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2006. – № 1. – С. 130–136.
4. Баев, И.А. Показатели стоимости бизнеса в оценке эффективности инновационными проектами / И.А. Баев, Н.В. Субботина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика». – 2006. Вып. 6. – № 12. – С. 372–377.
5. Баев, И.А. Управление инновационными процессами на промышленном предприятии по показателям стоимости бизнеса / И.А. Баев, Н.В. Субботина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2007. – № 5 (77). – С. 46–53.
6. Баев, И.А. Проблемы финансового обеспечения инновационных проектов в условиях кризиса / И.А. Баев, Т.А. Кузнецова, С.В. Сихарулидзе // Финансы и кредит. – 2009. – № 45. – С. 11–15.
7. Баев, И.А. Задачи институционального обеспечения повышения инновационной активности малого бизнеса в регионе / И.А. Баев, М.В. Подшивалова // Экономика региона. – 2013. – № 1. – С. 189–197.
8. Белоусова С.Н. Маркетинг: учебное пособие / С.Н.Белоусова, А.Г. Белоусов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – с. 127.
9. Волынкина, М.В. Правовая сущность термина «инновация» / М.В. Волынкина // Инновации. – 2006. – № 6. – С. 6 – 22.
10. Гохберг, Л.М. Статистика науки и инноваций. Краткий терминологический словарь / Л.М. Гохберга. – М.: Центр исследований и статистики науки, 1998.
11. Дрозин Д.А. Комплексная модель распространения информации об инновационном товаре / Д.А. Дрозин, И.А. Баев // Экономика и математические методы. – 2014. – № 50. – с. 100-109.
12. Дрозин Д.А. Математическая модель динамики продаж инновационного товара / Д.А. Дрозин, И.А. Баев // Инновации. – 2014. – №2. – с. 100-109.
13. Дрозин Д.А. Планирование объемов реализации инновационного товара на этапе коммерциализации продуктовых инноваций / Д.А. Дрозин, И.А. Баев // Экономика и управление. – 2015. – № 14. – с. 97-110.
14. Дрозин Д.А. Управление процессом продаж: модель рынка одного вида товара с учетом конкуренции / Д.А. Дрозин, В.И. Ширяев // Проблемы теории и практики управления. – 2009. – №1. – С. 106–114.
15. Иглин, С.П. Математические расчеты на базе MATLAB / С.П. Иглин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 640 с.

16. Концепция инновационной политики Российской Федерации на 1998–2000 годы, одобренная постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 1998 г. № 832.
17. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер. – СПб.: Издательство «Питер», 1999. – 896 с.
18. Кристенсен, К. Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании / К. Кристенсен. – М.: Альпина, 2004.
19. Лукашевич, Н.С. Экономико-математическое моделирование параметров жизненного цикла товара / Н.С. Лукашевич, Д.А. Гаранин // Экономика и предпринимательство. – 2011. – №6. – С. 189–193.
20. Полежаев, М.О. Модели диффузии при прогнозировании динамики распространения инновационных технологий / М.О. Полежаев, А.Е. Марченков // Динамика сложных систем – XXI век. – 2012. – №1. – С. 65–68.
21. Пузиков, Д.С. Прогнозирование жизненного цикла услуг интернет-телевидения / Д.С. Пузиков // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2011. – № 81. – С. 76–79.
22. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, – 2002.
23. Семиглазов, В.А. Математические модели полирыночной стратегии реализации инновационного товара / В.А. Семиглазов, А.М. Семиглазов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 6. – С. 36–42.
24. Шанченко, Н. И. Лекции по эконометрике : учебное пособие / Н.И. Шанченко. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 139 с.
25. Шумпетер, Й. Теория экономического развития (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982.
26. Шумпетер, Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й. Шумпетер. – М.: ЭКСМО, 2007.
27. Agarwal, R., Bayus. B. The market evolution and sales takeoff of product innovations / R. Agarwal, B. Bayus // Management Science. – 2004. – Vol. 48. – No 8. – pp. 1024–1052.
28. Bass, F. Diffusion theory in marketing: A historical perspective / F.Bass // Management Science. – 2004. – Vol. 44. – No 6. – pp. 102–152.
29. Bass, F.M. A new product growth model for consumer durables / F.M. Bass // Management Science. – 1969. – Vol. 15. – No 1. – pp. 215-217.
30. Goldenberg, J, Libai B. Riding the saddle: How cross-market communications can create a major slump in sales / J. Goldenberg, B. Libai // Marketing. – 2002. – Vol. 66. – No 4. – pp. 1–16.
31. Goldman, A. Measuring Patterns of Product Life Cycles: Implications for Marketing Strategy / A. Goldman, E. Muller // Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem School of Business Administration, 1982.
32. Hauser, J. Research on Innovation: A Review and Agenda for Marketing Science / J.Hauser // Marketing Science. – 2006. – Vol. 25. – No 6. – pp. 687-717.

33. Hauser, J. Research, development, and engineering metrics / J. Hauser // Management Science. – 1998. – Vol. 44. – No.5. – pp. 1670–1689.
34. Hirschman, E. C. Innovativeness, novelty seeking, and consumer creativity / E.C. Hirshman // J. Consumer Res. – 1980. – Vol. 7. – No 3. – pp. 283–295.
35. Kalish, S. A new product adoption model with price advertising and uncertainty / S. Kalish // Management Science. – 1985. – Vol. 31. – No 12. – pp. 1569-1586.
36. Levitt T. Industrial Purchasing Behavior: A Study in Communication Effects / T. Levitt // Industrial procurement. – 1965. – pp. 12-25.
37. Mahajan, V. New product diffusion models in marketing: a review and directions for research / V. Mahajan, E. Muller, F.M. Bass // The Journal of Marketing. – 1990.
38. Palacios, J., Tellis, G. J. The Dive and Disruption of Successful Current Products: Measures, Global Patterns, and Predictive Model / J. Palacios, G.J. Tellis // Product Development & Management Association. – 2016. – Vol. 33. – No 1. – pp. 53-68.
39. Repenning, N. Understanding fire fighting in new product development / N. Repenning // J. Product Innovation Management. – 2001. – Vol. 18. – No 9. – pp. 285–300.
40. Repenning, N., Sterman J. Capability traps and self-confirming attribution errors in the dynamics of process improvement / N.Repenning, J.Sterman // Science Quart. – 2002. – Vol. 47. – No 2. – pp. 265–295.
41. Rogers, E.M. Diffusion of Innovations / E.M. Rogers. – New York: Free Press, 1983.
42. Sood, A., Tellis G.J. Technological evolution and radical innovation / A. Sood, G.J. Tellis // Journal of Marketing. – 2005. – Vol. 69. – No. 3. – pp. 152–68.
43. Tarde, G. The laws of imitation / G. Tarde. – New York: Holt, 1903.
44. Tellis, G. J., Yin E. Network effects versus quality in the success of new high-tech products / G.J. Tellis, E. Yin // Working paper, University of Southern California, Los Angeles, CA. – 2005. – pp. 32-45.
45. Van den Bulte, C., Stremersch S. Social contagion and income heterogeneity in new product diffusion: A meta-analytic test / C. Van den Bulte, S.Stremersch // Marketing Science. – 2004. – Vol. 23. – No 4. – pp. 530–544.
46. Электронная библиотека SCIENCEDIRECT – Дата обновления: 20.05.2017. URL: http://www.sciencedirect.com/ (дата обращения: 22.11.2016).
47. Поисковая платформа Web of Science. – Дата обновления: 25.05.2017. URL: https://www.webofscience.com/ (дата обращения: 22.11.2016).
48. Поисковая платформа SCOPUS. – Дата обновления: 13.05.2017. URL: https://www.scopus.com// (дата обращения: 20.11.2016).
49. Поисковая платформа информационно-аналитических ресурсов FINAM. – Дата обновления: 20.05.2017. URL: https://www.finam.ru/ (дата обращения: 25.05.2017).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ РЕГРЕССИОННУЮ МОДЕЛЬ

Regression_model.m

```
% Матрица с исходными данными
load germ.txt
%Динамика продаж GoPro3 в Германии
g3 = translate2(germ(1:122,1)./max(germ(1:122,1)))';
% Динамика продаж GoPro3 в Великобритании
g3a = translate2(germ(2:123,15)./max(germ(2:123,15)))';
% Динамика продаж GoPro3 во Франции
g3f = translate2(germ(3:124,16)./max(germ(3:124,16)))';
% Динамика продаж GoPro4 в Германии
g4 = translate2(germ(102:223,2)./max(germ(102:223,2)))';
%Индекс делового оптимизма
do = translate2(germ(102:223,3)./max(germ(102:223,3)))';
%Индекс текущих условий
tu = translate2(germ(102:223,4)./max(germ(102:223,4)))';
%Индекс ожиданий
io = translate2(germ(102:223,5)./max(germ(102:223,5)))';
%Импортные цены
pr = translate2(germ(102:223,6)./max(germ(102:223,6)))';
%Импорт
im = translate2(germ(102:223,7)./max(germ(102:223,7)))';
%Комбинированный индекс деловой
da = translate2(germ(102:223,8)./max(germ(102:223,8)))';
%Индекс цен производителей
ip = translate2(germ(102:223,9)./max(germ(102:223,9)))';
%Розничные продажи
rz = translate2(germ(102:223,10)./max(germ(102:223,10)))';
%Торговый баланс
tb = translate2(germ(102:223,11)./max(germ(102:223,11)))';
%Уровень безработицы
bz = translate2(germ(102:223,12)./max(germ(102:223,12)))';
%Индекс оптовых цен
op = translate2(germ(102:223,13)./max(germ(102:223,13)))';
%Индикатор экономических настроений
ek = translate2(germ(102:223,14)./max(germ(102:223,14)))';

%Вычисление коэффициентов регрессии
bs=regress(g4,[g3 g3a g3f tu io tb bz op im ip rz da g4a g4f]);
yras=bs(1)*g3+bs(2)*g3a+bs(3)*g3f+bs(4)*tu+bs(5)*io+bs(6)*tb+bs(7)*bz+bs(8)*op+bs(
9)*im+bs(10)*ip+bs(11)*rz+bs(12)*da+bs(13)*g4a+bs(14)*g4f;

%Построение графика
Time=1:1:length(g4);
figure(1);
plot(Time,g4,Time,yras),grid on;
ylabel('Индекс запросов');
xlabel('Время, в неделях');
axis([1,118,0,1]);

%Средняя ошибка аппроксимации
qq=sum(abs(g4-yras)./g4);
ans1=qq/118*100

% Среднее
for i=1:1:length(g4)
```

```
   sr(i)=(yras(1)+yras(i))/i;
end
sr';
figure(3)
plot(Time,sr),grid on

for i=1:1:length(g3)
   sr1(i)=(yras1(1)+yras1(i))/i;
end
figure(4)
plot(Time,sr1),grid on

%% Математическое ожидание
e1=zeros(1,length(g3));
for i=1:1:length(g3);
   e1(i)=g3(i)-yras(i);
end
e1';
E_e1=mean(e1);

cov_e1=cov(e1);
% Общая дисперсия
TSS=(g3-mean(g3))'*(g3-mean(g3));
% Сумма квадратов регрессионных остатков
RSS=(yras-mean(yras))'*(yras-mean(yras));
% Индекс корреляции
R=sqrt(RSS/TSS);
% Коэффициент детерминации
R2=RSS/TSS;
TSS1=(g4-mean(g4))'*(g4-mean(g4));
ESS1=(yras-mean(yras))'*(yras-mean(yras));
R22=RSS1/TSS1;
% Критерий Фишера
F=R2/(1-R2)*(223-15-1)/15;%F расчетное
x=finv(0.95,15,207);%Табличное значение
```

translate2.m

```
%Функция сглаживания исходных данных
function sub = translate2(xx)
    for i=1:1:length(xx)-4
        sub(i)=sum(xx(i:1:i+4))/4;
    end
end
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПОИСК КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА

```
function Parametrs()
% Матрица с исходными данными
load germ.txt
%Динамика продаж GoPro3 в Германии
g3 = translate2(germ(1:122,1)./max(germ(1:122,1)))';
% Динамика продаж GoPro3 в Великобритании
g3a = translate2(germ(2:123,15)./max(germ(2:123,15)))';
% Динамика продаж GoPro3 во Франции
g3f = translate2(germ(3:124,16)./max(germ(3:124,16)))';
% Динамика продаж GoPro4 в Германии
g4 = translate2(germ(102:223,2)./max(germ(102:223,2)))';
%Индекс текущих условий
tu = translate2(germ(102:223,4)./max(germ(102:223,4)))';
%Индекс ожиданий
io = translate2(germ(102:223,5)./max(germ(102:223,5)))';
%Импорт
im = translate2(germ(102:223,7)./max(germ(102:223,7)))';
%Комбинированный индекс деловой
da = translate2(germ(102:223,8)./max(germ(102:223,8)))';
%Индекс цен производителей
ip = translate2(germ(102:223,9)./max(germ(102:223,9)))';
%Розничные продажи
rz = translate2(germ(102:223,10)./max(germ(102:223,10)))';
%Торговый баланс
tb = translate2(germ(102:223,11)./max(germ(102:223,11)))';
%Уровень безработицы
bz = translate2(germ(102:223,12)./max(germ(102:223,12)))';
%Индекс оптовых цен
op = translate2(germ(102:223,13)./max(germ(102:223,13)))';

Z=[g4,g3g,g3e,g3f,tu,io,tb,bz,da,op,im,ip,rz];
%Начальные приближения параметров
X=[0.5;3.29;-1.9;-3.2;-0.3;2.16;1;-0.14;0.02;0.046;-0.14];
%Шаг градиентного спуска
g=0.0005;
%Ошибка
eps=0.05;
%Вычисление градиента
gradient1=grad(X,Z,Z(:,2));
gradient2=grad(X,Z,Z(:,5));
gradient3=grad(X,Z,Z(:,6));
gradient4=grad(X,Z,Z(:,8));
gradient5=grad(X,Z,Z(:,3));
gradient6=grad(X,Z,Z(:,9));
gradient7=grad(X,Z,Z(:,4));
gradient8=grad(X,Z,Z(:,7));
gradient9=grad(X,Z,Z(:,10));
gradient10=grad(X,Z,Z(:,11));
gradient11=grad(X,Z,Z(:,12));



while (1)
    %Спуск по координатам
    X(1)=X(1)-g*gradient1;
    X(2)=X(2)-g*gradient2;
```

```
    X(3)=X(3)-g*gradient3;
    X(4)=X(4)-g*gradient4;
    X(5)=X(5)-g*gradient5;
    X(6)=X(6)-g*gradient6;
    X(7)=X(7)-g*gradient7;
    X(8)=X(8)-g*gradient8;
    X(9)=X(9)-g*gradient9;
    X(10)=X(10)-g*gradient10;
    X(11)=X(11)-g*gradient11;
      % Пересчет градиентов
    gradient1=grad(X,Z,Z(:,2));
    gradient2=grad(X,Z,Z(:,5));
    gradient3=grad(X,Z,Z(:,6));
    gradient4=grad(X,Z,Z(:,8));
    gradient5=grad(X,Z,Z(:,3));
    gradient6=grad(X,Z,Z(:,9));
    gradient7=grad(X,Z,Z(:,4));
    gradient8=grad(X,Z,Z(:,7));
    gradient9=grad(X,Z,Z(:,10));
    gradient10=grad(X,Z,Z(:,11));
    gradient11=grad(X,Z,Z(:,12));
      % Проверка условия остановки
    if
sqrt(gradient1.^2+gradient2.^2+gradient3.^2+gradient4.^2+gradient5.^2+gradient6.^2
+gradient8.^2+gradient9.^2+gradient10.^2+gradient11.^2)<eps
       break;
    end
end
% Построение графика
yras=X(1)*Z(:,1)+X(2)*Z(:,5)+X(3)*Z(:,6)+X(4)*Z(:,8)+X(5)*Z(:,3)+X(6)*Z(:,9)+X(8)*
Z(:,7)+X(9)*Z(:,10)+X(10)*Z(:,11)+X(11)*Z(:,12);
Time=1:1:length(Z(:,1));
figure(2);
plot(Time,Z(:,1),Time,yras),grid on;
%Средняя ошибка аппроксимации
qq=sum(abs(g4-yras)./g4);
ans1=qq/118*100
end

% Вычисление градиента
function gr=grad(X,Z,t)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,5)+X(3)*Z(i,6)+X(4)*Z(i,8)+X(5)*Z(i,3)+X(6)*Z(i,9)+X(8)*Z(i,
7)+X(9)*Z(i,10)+X(10)*Z(i,11)+X(11)*Z(i,12));
        q=q+(-2*t(i).*f(i));
    end
    gr=q;
end
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПОИСК КОЭФФИЦИЕНТОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ

```
function Parametrs()

load germ.txt
%Динамика продаж GoPro3 в Германии
g3 = translate2(germ(1:122,1)./max(germ(1:122,1)))';
% Динамика продаж GoPro3 в Великобритании
g3a = translate2(germ(2:123,15)./max(germ(2:123,15)))';
% Динамика продаж GoPro3 во Франции
g3f = translate2(germ(3:124,16)./max(germ(3:124,16)))';
% Динамика продаж GoPro4 в Германии
g4 = translate2(germ(102:223,2)./max(germ(102:223,2)))';
%Уровень безработицы
bz = translate2(germ(102:223,12)./max(germ(102:223,12)))';
%Комбинированный индекс деловой
da = translate2(germ(102:223,8)./max(germ(102:223,8)))';

Z=[g4,g3g,g3e,g3f,bz(1:70),da(1:70)];
X=[0.7;0.1;-0.5;1;0.04;0.01;3;100];
%Шаг градиентного спуска
g=0.0005;
%Ошибка
eps=0.05;
gradient1=grad(X,Z,Z(:,2));
gradient2=grad(X,Z,Z(:,3));
gradient3=grad(X,Z,Z(:,4));
gradient4=gradbz(X,Z);
gradient5=gradda(X,Z);
gradient6=gradmu(X,Z);
gradient7=gradmin(X,Z);
gradient8=gradmax(X,Z);



while (1)
    %Спуск по координатам
    X(1)=X(1)-g*gradient1;
    X(2)=X(2)-g*gradient2;
    X(3)=X(3)-g*gradient3;
    X(4)=X(4)-g*gradient4;
    X(5)=X(5)-g*gradient5;
    X(6)=X(6)-g*gradient6;
    X(7)=X(7)-g*gradient7;
    X(8)=X(8)-g*gradient8;
    gradient1=grad(X,Z,Z(:,2));
    gradient2=grad(X,Z,Z(:,3));
    gradient3=grad(X,Z,Z(:,4));
    gradient4=gradbz(X,Z);
    gradient5=gradda(X,Z);
    gradient6=gradmu(X,Z);
    gradient7=gradmin(X,Z);
    gradient8=gradmax(X,Z);
    if
sqrt(gradient1.^2+gradient2.^2+gradient3.^2+gradient4.^2+gradient5.^2+gradient6.^2
+gradient7.^2+gradient8.^2)<eps
        break;
```

```
    end
end
yras=X(1)*Z(:,2)+X(2)*Z(:,3)+X(3)*Z(:,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(:,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(:,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(:,6)-X(7))));
Time=1:1:length(Z(:,1));
figure(2);
plot(Time,Z(:,1),Time,yras),grid on;
for k=1:1:length(yras)
    c(k)=abs(Z(k,1)-yras(k))./Z(k,1);
end
ans=sum(c)/72
%%Построение прогноза
%Исходные данные с необходимыми смещениями
Z=[g4(1:12),g3g(1:12),g3e(1:12),g3f(1:12),bz(1:12),da(1:12)];
% Полученные значения коэффициентов
X1=X;
yras1=X1(1)*Z1(:,2)+X1(2)*Z1(:,3)+X1(3)*Z1(:,4)+X1(4)*(X1(8)*(X1(7)/X1(8)).^Z1(:,5
))+X1(5)*(X1(7)*X1(8)*exp(X1(6).*Z1(:,6))./(X1(8)+X1(7)*exp(X1(6).*Z1(:,6)-
X1(7))));
Time=1:1:length(Z1(:,1));
figure(3);
plot(Time,Z1(:,1),Time,yras1),grid on;
for k=1:1:length(yras1)
    c(k)=abs(Z1(k,1)-yras1(k))./Z1(k,1);
end
ans=sum(c)/12
end



function gr=grad(X,Z,t)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,3)+X(3)*Z(i,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6)-X(7)))));
        q=q+(-2*t(i).*f(i));
    end
    gr=q;
end

function gr=gradbz(X,Z)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,3)+X(3)*Z(i,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6)-X(7)))));
        q=q+(-2*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5)).*f(i));
    end
    gr=q;
end

function gr=gradda(X,Z)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,3)+X(3)*Z(i,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6)-X(7)))));
        q=q+(-2*((X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6)))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6))-
X(7))).*f(i));
    end
    gr=q;
```

```
end

function gr=gradmu(X,Z)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,3)+X(3)*Z(i,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6)-X(7)))));
        q=q+(-2*((X(5)*X(8)*X(7)*Z(i,6).*exp(Z(i,6)*X(6))-
X(7)*Z(i,6).*exp(Z(i,6)*X(6)))./(X(8)+X(7)*(exp(Z(i,6)*X(6))-1)).^2).*f(i));
    end
    gr=q;
end

function gr=gradmin(X,Z)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,3)+X(3)*Z(i,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6)-X(7)))));
        q=q+(-2*(X(5)*X(8)*exp(X(6)*Z(i,6)))/(X(8)+X(7)*exp(X(6)*Z(i,6))-
X(7)).^2+X(4)*X(8)*Z(i,5)*(X(7)/X(8).^Z(i,5)).*f(i));
    end
    gr=q;
end

function gr=gradmax(X,Z)
    q=0;
    for i=1:1:length(Z(:,1))
        f(i)=Z(i,1)-
(X(1)*Z(i,2)+X(2)*Z(i,3)+X(3)*Z(i,4)+X(4)*(X(8)*(X(7)/X(8)).^Z(i,5))
+X(5)*(X(7)*X(8)*exp(X(6).*Z(i,6))./(X(8)+X(7)*exp(X(6).*Z(i,6)-X(7)))));
        q=q+(-2*((X(5)*X(7)*X(7)*exp(X(6)*Z(i,6).*(exp(X(6)*Z(i,6))-1))./
(X(8)+X(7)*(exp(X(6)*Z(i,6))-1)).^2)+X(4).*((X(7)/X(8)).^(Z(i,5))-
(Z(i,5).*(X(7)/X(8)).^(Z(i,5))))).*f(i));
    end
    gr=q;
end
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИКА ПРОДАЖ

```
%Исходные данные
gp4;
%Интервал точек
s=0.01:0.001:0.045;
%Функция риска
for i=1:1:length(s)
    f(i)=(-exp(240*s(i)/(-2))+0.3)/0.27;
    %f(i)=(exp(100*s(i))-1)/150
end
f=(-exp(240*0.025/(-2))+0.3)/0.27
k=10;
q=9;
g4mean=sum(g4(1:k))/k;
sd=sqrt(sum((g4(1:k)-g4mean).^2)/k);%Стандартное отклонение
Z=1.96;%Коэффициент доверия
er=Z*sd/sqrt(k);

while(k<160)
    plot(g4(1:k)),grid on;
    hold on;
    xlabel('Время, в неделях');
    ylabel('Динамика продаж');
    b=g4mean-er;
    a=g4mean+er;
    if (g4(k+1)>b)&&(g4(k+1)<a)
        q=q+1;
        if (q>13)
            plot(k,g4(k),'o');
        end
    else
        g4mean=sum(g4(k-9:k))/9;
        sd=sqrt(sum((g4(k-9:k)-g4mean).^2)/9);%Стандартное отклонение
        Z=1.96;%Коэффициент доверия
        er=Z*sd/sqrt(9);
        q=11;
    end
    k=k+1;
end
```