

САЛТАН АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ АНАЛИЗА РЫНКА
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ВНЕШНЕГО
СЕТЕВОГО ЭФФЕКТА И КОМПЬЮТЕРНОГО ПИРАТСТВА**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные
методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2014

Диссертационная работа выполнена в
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

Кандидат технических наук, профессор **Ботвин Геннадий Алексеевич** (Россия)
профессор ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Доктор экономических наук, профессор **Соловьев Владимир Игоревич** (Россия)
профессор кафедры «Бизнес-информатика» ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при
Правительстве Российской Федерации», г. Москва

Доктор экономических наук, профессор **Стельмашонок Елена Викторовна** (Россия)
профессор кафедры вычислительных систем и программирования ФГБОУ ВПО
«Санкт-Петербургский государственный экономический университет»,
г. Санкт-Петербург

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
г. Санкт-Петербург

Защита состоится «___» _____ 2015 г. в _____ часов на заседании Совета
Д212.232.34 по защите докторских и кандидатских диссертаций при
Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 191123,
Санкт-Петербург, ул. Чайковского д. 62, ауд. 415

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах просим направлять по адресу: 191123,
Санкт-Петербург, ул. Чайковского д. 62, ауд. 402, ученому секретарю диссертационного
совета Д 212.232.34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет».

Автореферат разослан «___» _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.232.34,
кандидат экономических наук, доцент

Л.В. Попова

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Развитие информационных технологий привело к тому, что уже сейчас рынок программного обеспечения (ПО) вышел на одно из первых мест по масштабности, прибыльности и скорости роста. В связи с этим все более актуальными становятся необходимость систематического изучения этого рынка и выявление основных параметров (детерминант), определяющих его функционирование, с целью разработки методов и моделей анализа продуктовой стратегии компаний-производителей ПО, работающих на данном рынке.

Широкое распространение интернета привело к росту не санкционированного правообладателем использования цифровых товаров («пиратства»). Эта тенденция вызывает серьезные опасения как у компаний-производителей цифровых товаров, так и у юридического сообщества ввиду значительных потерь в виде недополученной прибыли. По данным аналитической компании Business Software Alliance за 2013 год¹ 43% пользователей персональных компьютеров в мире признают использование ими пиратского программного обеспечения. Стоит отметить, что в РФ 62% всех установленных версий программных продуктов (ПП) являются пиратскими. При этом на протяжении последних нескольких лет темпы снижения уровня пиратства в РФ признаются одними из самых высоких в мире (на 11% по сравнению с 2007 годом). Во многих странах эффективность использования правовых методов, доступных органам государственной власти, мала по причине неуважительного отношения пользователей к законодательству в области авторского права или недостаточному уровню знания о нем. Это требует активного привлечения к решению проблемы пиратства самих

¹ <http://globalstudy.bsa.org/>

компаний-производителей, которые в рамках формирования продуктовой стратегии имеют возможность использовать механизмы, способные снизить уровень распространенности нелегальных версий ПП.

Развитие большинства компаний происходит в условиях неопределенности и в большинстве случаев трудно прогнозируемой внешней и внутренней среды. Такое положение дел приводит компанию-производителя программных продуктов к необходимости построения аппарата принятия гибких управленческих решений по выбору продуктовой стратегии, обеспечивающих возможность адекватно и быстро отвечать на предпочтения потенциальных потребителей и запросы рынка. Существующие на данный момент модели и методы позволяют выявить механизмы функционирования рынков ПП и провести качественный анализ факторов, определяющих его развитие. Но их применение как инструментов количественного анализа рынка продуктов весьма ограничено. В этой ситуации разработка методов и моделей для формирования продуктовой стратегии на основе динамического представления поведения пользователей ПО, в условиях внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства является крайне актуальной и важной задачей.

Степень разработанности направления исследования. Вопросами, рассматриваемыми в данном диссертационном исследовании, в различной степени ранее занимались российские и зарубежные ученые.

Традиционно изучение индустриальных рынков и продуктовых стратегий компаний на этих рынках ведется средствами микроэкономического анализа. Также были использованы результаты Х. Р. Вэриана, М. Л. Катца, Дж. Фаррелла, К. Шапиро и Н. Экономайеса по проблематике рынков сетевых товаров и услуг. В основу диссертационного исследования легли работы М. Гивона, К. Р. Коннера, Р. П. Рамелта, В. И. Соловьева, Л. Н. Такеямы, О. Шая. Предложенные в

академических работах указанных авторов модели сравнительной статистики позволяют выявить механизмы функционирования рынков ПП и провести качественный анализ факторов, определяющих его развитие. Вместе с тем за последние несколько лет все чаще для количественной оценки эффективности продуктовых стратегий компаний-производителей ПО используется аппарат имитационного моделирования.

Также в рамках исследования были использованы работы В. Л. Макарова, Г. Б. Клейнера, Б. З. Мильнера в области оценки нематериальных активов; А. Н. Козырева, С. А. Середы, посвященные изучению особенностей функционирования рынков нематериальных товаров при наличии пиратства; Е.В. Стельмашонок, И.В. Ильина в области информационной безопасности.

Цели и задачи исследования. Целью настоящей диссертационной работы является разработка комплекса моделей, методов и алгоритмов анализа рынка программного обеспечения и формирования продуктовых стратегий при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи** диссертационного исследования:

- 1) Проведена систематизация существующих подходов и моделей анализа рынков ПО с целью определения ключевых детерминант рынка.
- 2) Предложена типологизация методов, используемых компаниями-производителями ПП при формировании продуктовой стратегии.
- 3) Предложен комплекс математических моделей и методов в динамике описывающие функционирование рынка ПО, позволяющих проводить оценку эффективности продуктовой стратегии при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства.
- 4) Выполнено проектирование алгоритмов и инструментальных методов моделирования рынка ПО для анализа эффективности продуктовой стратегии компаний-производителей.

Предмет и объект исследования. Предметом исследования являются взаимоотношения на рынке ПП и продуктовая стратегия компаний-производителей ПП с учетом существования внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства. Объектом исследования являются компании-производители ПП и пользователи ПП. Под компаниями-производителями ПП понимаются предприятия, занимающиеся исследованиями, разработкой, распространением и сопровождением ПО, под пользователями ПП мы будем понимать фирмы, рассматривающие возможность приобретения выпускаемого ПП с целью использования его в своей операционной деятельности.

Методологическую и теоретическую основу работы составляют научные труды и исследования российских и зарубежных экономистов, посвященные разработке математических моделей и их анализ в области теории компьютерного пиратства, внешних сетевых эффектов и стратегий компаний-производителей программного обеспечения, а также модели взаимодействия участников рынка программного обеспечения.

Эмпирической и информационной базой диссертационной работы послужили законодательные акты Российской Федерации, аналитические материалы научно-исследовательских учреждений, информационных агентств и служб, материалы печатных и электронных СМИ и Интернета, содержащие данные по рынку программного обеспечения. В работе проанализированы данные Федеральной службы государственной статистики и аналитические отчеты международных организаций и компаний-производителей ПО, а также монографии, брошюры и публикации в периодической печати.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке комплекса динамических моделей для анализа рынка программного обеспечения с учетом наличия внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства и развитии инструментальных методов исследования этого рынка.

Наиболее существенные новые научные результаты, полученные лично соискателем и выносимые на защиту.

1. Проведена систематизация существующих подходов и моделей для анализа рынка ПО. На основе проведенного анализа выявлены ключевые детерминанты функционирования рынка ПО, использованные при разработке математических методов и моделей анализа рынка.
2. Предложена типология методов, используемых компаниями-производителями ПП при формировании продуктовой стратегии.
3. Разработан комплекс экономико-математических моделей и методов, в динамике описывающих функционирование рынка ПО, позволяющих проводить анализ возможных продуктовой стратегии компании-производителя ПО и выбирать среди них оптимальную с точки зрения целевых критериев.
4. Реализованы алгоритмы и инструментальные методы моделирования рынка ПО для анализа эффективности продуктовой стратегии компаний-производителей.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке комплекса математических моделей анализа рынка ПП, позволяющего в отличие от существующих на данный момент моделей, в динамике исследовать поведение потенциальных пользователей и проводить анализ эффективности продуктовой стратегии компании-производителя при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства.

Практическая значимость диссертационного исследования выражается в возможности использования разработанных инструментальных методов при принятии управленческих решений о формировании стратегий компании-производителя в отношении выпускаемых ПП, максимально полно отвечающих характеристикам выпускаемых ПП и особенностям рынков их реализации.

Апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения и идеи диссертации были изложены и обсуждены на следующих конференциях:

1) 4-я ежегодная научная конференция «Современный менеджмент: проблемы, гипотезы, исследования», 2011 год, Москва, Национальный исследовательский университет – Высшая школа экономики.

2) 17-я ежегодная международной конференции молодых ученых-экономистов «Предпринимательство и реформы в России», 2011 год, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет.

3) Международная школа-семинар «Бизнес-информатика: состояние, проблемы и перспективы». 2013 год, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет.

Отдельные положения диссертации, в частности подход к моделированию поведения пользователей на рынке товаров длительного пользования, систематизация методов формирования продуктовой стратегии для ПП, выводы теоретической модели используются при преподавании курса «Маркетинг программного обеспечения» на экономическом факультете СПбГУ. Разработанные программные методы используются как инструменты поддержки принятия управленческих решений компании в вопросах выбора продуктовой стратегии ПП в компании ЗАО «НИИ Спецпроектов».

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 7 работ общим объемом 2,5 п.л., в том числе 3 статьи объемом 1,52 п.л. опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем работы обусловлены целью, задачами и логикой исследования. Диссертация включает введение, три главы, заключение, библиографический список из 102 наименований, а также 1 приложение. Работа изложена на 120 страницах, включая приложения, и содержит 8 рисунков и 9 таблиц.

2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

2.1 Проведена систематизация существующих подходов и моделей для анализа рынка ПО. Выявлены детерминанты функционирования рынка ПО, использованные при разработке математических методов и моделей для анализа рынка.

Исследование существующих академических работ и аналитических исследований позволяет выделить следующие детерминанты рынка ПО:

- 1) Рынок ПО характеризуется наличием связанного с ним рынка пиратских версий ПО.
- 2) Рынок ПО является примером рынка монополистической конкуренции со следующими условиями:
 - a. на рынке установлены невысокие барьеры входа и выхода;
 - b. производители имеют возможность дифференцировать выпускаемую продукцию по сравнению с продукцией конкурентов;
 - c. на рынке имеет место совершенная информированность продавцов и покупателей об условиях рынка.
- 3) Рынок ПО является рынком товаров, создающих сетевой эффект, который заключается в том, что ценность ПП для пользователя зависит от общего количества пользователей данного ПП.
- 4) На рынке ПО компании-производители имеют структуру затрат с высокими постоянными издержками на разработку ПП и несопоставимо малыми переменными издержками производства одной копии ПП.

Практика показывает, что в случае высокого уровня пиратства на конкретном региональном рынке, возможности компании-производителя по его снижению очень ограничены в своей эффективности.

Технологическая защита может быть взломана, но чрезмерное усложнение технологий защиты может существенно увеличить затраты на разработку ПП и привести к проблемам у пользователей легальных версий. В этой ситуации компании-производителю логичнее воспринимать распространителей пиратских версий ПП как своих конкурентов и учитывать наличие подобной конкуренции при формировании своей продуктовой стратегии.

Важным фактором, стимулирующим развитие цифрового пиратства, является высокая стоимость легального программного обеспечения. В ситуации монополистической конкуренции, компания-производитель в среднесрочной перспективе не ограничена в выборе цены на выпускаемый ПП. При этом завышение цены на продукцию приводит к увеличению уровня пиратства, снижению спроса и потере выручки. Если помимо завышенной цены чрезмерно высок и уровень технической защиты ПО от пиратства, то ПП не получает широкого распространения вследствие слабого сетевого эффекта, что приведет к потере прибыли. Если же на ПП установлена слишком низкая цена, то это приводит к сокращению уровня пиратства с одновременным повышением риска того, что первоначальные затраты на разработку ПП не окупятся. Структура затрат, с которыми сталкиваются производители ПО, и наличие сетевого эффекта приводят к тому, что компания-производитель становится заинтересованной в максимально широком распространении своего ПП, даже если часть пользователей будут использовать пиратскую версию ПП.

2.2 Предложена типология методов, используемых компаниями-производителями ПП при формировании продуктовой стратегии;

Проблематика выбора и построения стратегий продвижения на рынке программных продуктов является предметом пристального изучения исследователей по экономике информационных технологий и имеет огромное практическое значение. Каждая компания разрабатывает

свою собственную стратегию вывода и последующего сопровождения программного продукта на рынке, учитывающие поведение пользователя. Классическая задача, ставящаяся в микроэкономических моделях, состоит в определении цены на выпускаемый продукт, при которой достигается максимальное значение определенных показателей – доли рынка, выручки, социального благополучия. Вместе с тем, практические исследования рынков ПО показывают, что к настоящему моменту времени ценообразование является лишь малой частью доступных компании-производителю механизмов формирования продуктовой стратегии компании, касающихся дизайна линейки выпускаемых версий ПП. В случае ПП дифференциация в выпускаемых версиях возможна по трем характеристикам:

- 1) функциональная возможность версии ПП;
- 2) время использования версии ПП;
- 3) цена версии ПП.

Типология инструментов, используемых компанией-производителем ПО в рамках дизайна продуктовой линейки, представлена в Таблице 1. Теоретические исследования рынков ПО на качественном уровне показывают, что каждый из рассматриваемых инструментов формирования стратегии дизайна продуктовой линейки при определенных обстоятельствах позволяет повысить выручку от реализации ПП во многом за счет управления создаваемым сетевым эффектом. Более того, они позволяют как сделать невыгодным допущение пиратства для компании-производителя, так и в целом снизить уровень пиратства. Для количественной оценки эффективности использования таких инструментов, как предложение ознакомительной и демонстрационной версий ПП, в рамках данного диссертационного исследования разработан комплекс методов и моделей, в динамике описывающих взаимодействие потребителей и производителя на рынке ПО при наличии внешнего сетевого эффекта и цифрового пиратства.

Таблица 1.

Типология методов, используемых при формировании продуктовой стратегии

		Упрощенный функционал версии ПП	Полный функционал версии ПП
Цена = 0	Ограниченное время использования версии ПП		<ul style="list-style-type: none"> Предложение демонстрационных версий ПП;
	Неограниченное время использования версии ПП	<ul style="list-style-type: none"> Предложение ознакомительных версий ПП; 	<ul style="list-style-type: none"> Допущение пиратства;
Цена > 0	Ограниченное время использования версии ПП	<ul style="list-style-type: none"> Версирование выпускаемых платных версий ПП, предоставляемых по моделям подписки и аренды; 	<ul style="list-style-type: none"> Предоставление доступа к ПП по моделям подписки и аренды;
	Неограниченное время использования версии ПП	<ul style="list-style-type: none"> Версирование выпускаемых платных версий ПП 	<ul style="list-style-type: none"> Предоставление скидок на приобретение новых версий ПП; Ценовая дискриминация; Пакетные продажи нескольких совместимых ПП по сниженной цене;

2.3 Разработан комплекс экономико-математических моделей и методов в динамике описывающих функционирование рынка ПО, позволяющий проводить анализ возможных продуктовой стратегии компании-производителя ПО и выбирать среди них оптимальную с точки зрения целевых критериев.

В рамках разработанного комплекса моделей рассматривается рынок ПО, состоящий из заданного количества потенциальных пользователей, на котором компанией-производителем представлен новый ПП. Разработка и продажа ПП рассматривается компанией-производителем, как инвестиционный проект. В соответствии с п. 2.1. будем полагать, что постоянные затраты на разработку ПП фиксированы и не зависят от спроса на ПП, переменные затраты на производство одной копии ПП равны нулю,

каждому пользователю помимо одной или нескольких оригинальных версий доступна еще и пиратская версия ПП.

В основе предложенного комплекса моделей лежат следующие предпосылки:

1. В каждый момент времени t_i потребитель получает ценность от использования имеющейся у него версии ПП. Данная ценность определяется как выраженные в денежных единицах затраты пользователей на выполнение тех операций, которые пользователь предполагает выполнять с помощью приобретаемого ПП, в случае его отсутствия.

2. Совокупная потребительская ценность от использования ПП складывается из внутренней и сетевой составляющих. Внутренняя составляющая определяется как ценность, создаваемая от использования ПП в ситуации, когда никто, кроме самого пользователя, не применяет данный ПП. Внутренняя ценность в момент времени t_i стохастически зависит от значения внутренней ценности в момент времени t_{i-1} . Сетевая составляющая определяется как добавленная ценность, зависящая от общего количества пользователей данным ПП, и является одинаковой для всех пользователей.

3. Будем полагать, что имеет место полная информированность всех потенциальных пользователей об основных характеристиках рынка и каждый из них способен оценить долгосрочную потребительскую ценность использования всех доступных версий ПП в денежных единицах.

4. Будем полагать, что поведение потенциальных пользователей ПП является рациональным и каждый из них решает задачу выбора версии ПП, для которой будет достигаться максимальное значение разности между ожидаемой долгосрочной ценностью от использования версии ПП с учетом сетевого эффекта и ценой или затратами на приобретение версии ПП.

Основные параметры предложенной модели

- T – количество периодов времени, в течение которых будет осуществляться продажа ПП в предположении, что время дискретно и измеряется в периодах;
- t_i – рассматриваемый период времени, в который осуществляется продажа ПП, $i=0, \dots, T$;
- p – официальная цена оригинальной версии ПП в предположении, что компания не планирует изменять цену с течением времени;
- c – затраты пользователей на поиск пиратской версии ПП;
- α – степень упрощенности функционала пиратской версии ПП по сравнению с оригинальной, $\alpha \in [0, 1]$;
- m_G – количество потенциальных пользователей на рынке ПП;
- m_i – количество потенциальных пользователей, информированных о существовании ПП период времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- a, b – параметры отражающие скорость распространения информации о ПП;
- M_i – множество потенциальных пользователей ПП, информированных о существовании ПП на рынке к периоду времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- m_i – количество потенциальных пользователей ПП, информированных о существовании ПП на рынке к периоду времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- N_i – множество пользователей оригинальной или пиратской версий ПП к периоду времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- n_i – количество пользователей оригинальной или пиратской версий ПП к периоду времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- D_i – множество пользователей, купивших оригинальную версию ПП в период времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- d_i – количество пользователей, купивших оригинальную версию ПП в период времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- Q_i – множество пользователей, начавших использовать пиратскую версию ПП в период времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- q_i – количество пользователей, начавших использовать пиратскую версию ПП в период времени t_i , $i=0, \dots, T$;
- $f(n_i)$ – выраженная в деньгах сетевая ценности ПП для пользователя;
- e – параметр, отражающий силу сетевого эффекта в предположении линейной зависимости сетевой ценности ПП от общего количества пользователей ПП ($f(n_i)=e \cdot n_i$);
- $\{V_i^O\}_k, \{V_i^P\}_k$ – векторы из значений выраженной в деньгах внутренней ценности оригинальной и пиратской версий ПП для k -го пользователя соответственно, $i=0, \dots, T, k=1, \dots, m_G$;
- σ_O^2, σ_P^2 – дисперсии процессов изменения внутренней ценности оригинальной и пиратской версий ПП для пользователей соответственно;
- μ_O, μ_P – математические ожидания процессов изменения внутренней ценности оригинальной и пиратской версий ПП для пользователей соответственно;
- V_*^O, V_*^P – выраженные в деньгах критические значения внутренней ценности для оригинальной и пиратской версий ПП для пользователя, по достижению которых дальнейшее использование версии ПП не является целесообразным;
- $\mathbf{E}[V_k^O], \mathbf{E}[V_k^P]$ – выраженные в деньгах ожидаемые долгосрочные значения

внутренние ценности от использования оригинальной и пиратской версий ПП для k -го пользователя соответственно, $k=1, \dots, m_G$;

U_k – выраженная в деньгах потребительская ценность от использования ПП для k -го пользователя, $k=1, \dots, m_G$;

r – ставка дисконтирования за период.

2.3.1 Базовая модель рынка программного обеспечения

В рамках базовой модели компания-производитель продает на рынке только одну версию ПП. Задача компании-производителя заключается в определении цены оригинальной версии ПП и спроса на ПП, при которых будет достигаться максимальное значение дисконтированной выручки от реализации оригинальной версии ПП за заданное количество периодов времени при учете ограничения на спрос, связанного с рациональным поведением пользователей и существованием на рынке помимо оригинальной еще и пиратской версии ПП:

$$\pi = \sum_{i=0}^T \frac{p \cdot d_i(p)}{(1+r)^i} \rightarrow \max,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d_i(p) = \left\{ \left. \begin{array}{l} k \in M_i \setminus N_i : \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{E}[V_k^O] - p + f \left(\sum_{j=0}^{i-1} (d_j + q_j) \right) \geq 0 \\ \mathbf{E}[V_k^O] - p \geq \mathbf{E}[V_k^P] - c \end{array} \right\} \\ \end{array} \right\} \\ q_i(p) = \left\{ \left. \begin{array}{l} k \in M_i \setminus N_i : \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{E}[V_k^P] - c + f \left(\sum_{j=0}^{i-1} (d_j + q_j) \right) \geq 0 \\ \mathbf{E}[V_k^O] - p < \mathbf{E}[V_k^P] - c \end{array} \right\} \\ \end{array} \right\} \end{array} \right\}. \quad (1)$$

Схема функционирования рынка ПП в соответствии с базовой моделью²

1. В момент вывода компанией-производителем ПП на рынок, происходит определение параметров, связанных с распространением информации о ПП среди потенциальных пользователей и оценки ими потребительской ценности доступных версий ПП.
2. Количество потенциальных пользователей, информированных в период времени t_i о существовании ПП, задается в виде разностной аппроксимации на сетке с постоянным шагом следующим образом:

$$m_i = m_{i-1} + (a + b m_{i-1})(m_G - m_{i-1}), \quad (2)$$
3. В каждый период времени t_i каждый потенциальный пользователь из множества M_i принимает решение об использовании доступных версий ПП на основе правил принятия решения, представленных в Таблицах 2 и 3.
4. В результате моделирования поведения пользователей происходит определение спроса на ПП в каждый из рассматриваемых периодов времени и расчет дисконтированной выручки от реализации.

Таблица 2.

**Правила принятия решения об использовании ПП
для потенциальных пользователей**

Решение об использовании ПП	Условие его принятия
Купить оригинальную версию ПП	$\begin{cases} \mathbf{E}[V_k^O] - p + f(n_i) \geq 0 \\ \mathbf{E}[V_k^O] - p \geq \mathbf{E}[V_k^P] - c \end{cases}$
Воспользоваться пиратской версией ПП	$\begin{cases} \mathbf{E}[V_k^P] - c + f(n_i) \geq 0 \\ \mathbf{E}[V_k^O] - p < \mathbf{E}[V_k^P] - c \end{cases}$
Не использовать данный ПП	$\begin{cases} \mathbf{E}[V_k^O] - p + f(n_i) < 0 \\ \mathbf{E}[V_k^P] - c + f(n_i) < 0 \end{cases}$

² Графическое представление схемы функционирования модели представлено на Рисунке 1.

Таблица 3.

**Правила принятия решения о продолжении использования ПП
для существующих пользователей в период времени t_j**

Решение об использовании ПП	Условие его принятия
Продолжить использовать пиратскую версию ПП	$V_{k,j}^P + f(n_j) > V_*^P$
Продолжить использовать оригинальную версию ПП	$V_{k,j}^O + f(n_j) > V_*^O$

2.3.2 Обобщенная модель рынка программного обеспечения

На основе базовой модели разработаны две модификации модели, на случай, когда компания-производитель предлагает на рынке помимо оригинальной версии ПП еще ознакомительную или демонстрационную версию ПП.³ Ознакомительная версия идентична по функционалу оригинальной версии, но пользователь сможет ее использовать в течении ограниченного количества периодов времени, в то время как демонстрационная версия будет доступна пользователю в каждый период времени, но ее функциональность ограничена по сравнению с оригинальной.

В рамках обобщенной модели рынка ПО задача компании-производителя задается следующим образом:

- 1) Требуется определить цену оригинальной версии ПП и спроса на ПП, при которых будет достигаться максимальное значение дисконтированной выручки от реализации оригинальной версии ПП за заданное количество периодов времени при учете ограничения на спрос, связанного с рациональным поведением пользователей и существованием на рынке пиратской версии ПП в трех случаях:
 - I. вывод на рынок только оригинальной версии ПП;
 - II. вывод на рынок оригинальной и ознакомительной версий ПП;

³ Подробное описание модификаций базовой модели приведено в тексте диссертации

III. вывод на рынок оригинальной и демонстрационной версий ПП.

- 2) Требуется определить, при какой из трех возможных структур продуктовой линейки выпускаемого ПП (I - III) будет достигаться максимальное значение дисконтированной выручки.

Для решения поставленных задач используется комбинация метода итерационного перебора, аппроксимации на сетке с постоянным шагом и статистического моделирования. Разработанные алгоритмы и инструментальные средства решения поставленной задачи представлены в п. 2.4.

2.4 Разработаны алгоритмы и инструментальные методы моделирования рынка ПО для формирования эффективной продуктовой стратегии компаний-производителей;

Для целей проведения анализа рынка ПП был разработан программный инструментарий, реализующий описанные модели с использованием аппарата статистического моделирования.

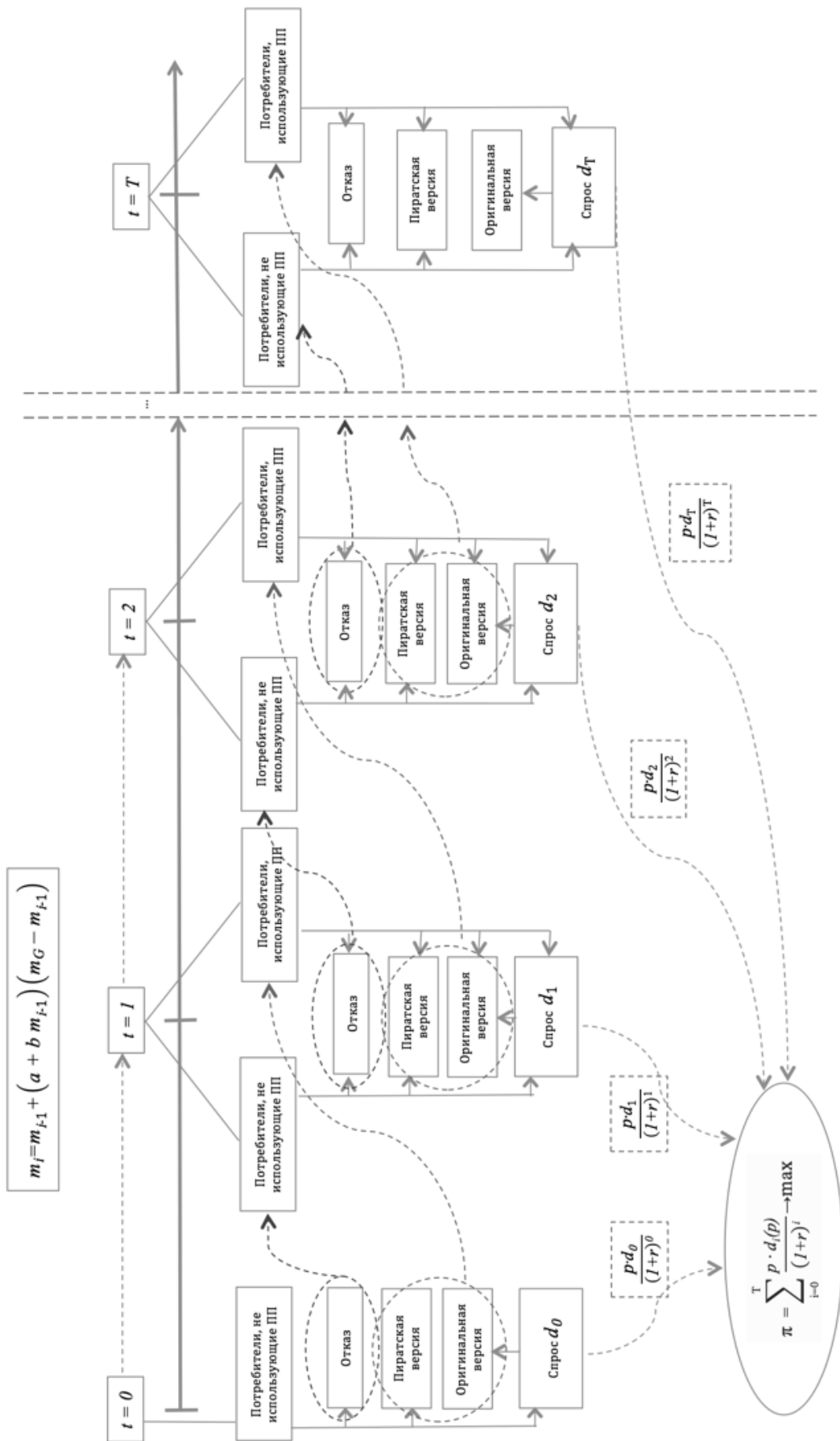


Рисунок 1 – Схема функционирования рынка ПО в соответствии с базовой моделью рынка ПО.

Алгоритм моделирования поведения пользователей в соответствии с базовой моделью состоит из следующих шагов:

1. Задание параметров модели, связанных с распространением информированности потенциальных пользователей о ПП и оценки ими ценности доступных версий ПП.
 - 1) В каждый период времени t_j о существовании ПП узнает $m_j - m_{j-1}$ потенциальных пользователей. Для каждого потенциального пользователя, впервые узнавшего о наличии ПП, моделируются вектора из значений внутренних ценностей от использования оригинальной и пиратской версий ПП $\{V_i^O\}_k, \{V_i^P\}_k$.
 - 2) Первые компоненты векторов $\{V_i^O\}_k$ для оригинальной версии задаются как случайные величины, имеющие заданное распределение. Остальные компоненты задаются значениями дискретной аппроксимации реализаций случайного процесса геометрического броуновского движения с параметрами (μ_O, σ_O^2) .
 - 3) Первые компоненты векторов $\{V_i^P\}_k$ определяются следующим образом: $V_{j,k}^P = \alpha V_{j,k}^O$. Остальные компоненты задаются значениями дискретной аппроксимации реализаций случайного процесса геометрического броуновского движения с параметрами (μ_P, σ_P^2) .
 - 4) В каждый период времени t_i происходит анализ всех потенциальных пользователей, владеющих информацией о ПП. Для каждого потенциального пользователя, который еще не использует ПП, принимается решение об использовании ПП. Для каждого существующего пользователя оригинальной или пиратской версии принимается решение о продолжении использования данной версию ПП. Правила принятия решений приведены в Таблицах 2 и 3.

Источниками неопределённости для компании-производителя являются затраты пользователей на поиск пиратской версии ПП c и сила

создаваемого внешнего сетевого эффекта e . По результатам моделирования формируются следующие показатели, представляющиеся в графическом виде:

1. Максимально возможное расчетное значение дисконтированной выручки от продажи ПП, в зависимости от силы сетевого эффекта (e) и затрат на поиск пиратской версии ПП (c).

2. Расчетное значение цены на выпускаемый ПП, при которой достигается максимальное значение выручки, в зависимости от силы сетевого эффекта (e) и затрат на поиск пиратской версии ПП (c).

3. Распределение продуктовых стратегий, которые следует выбрать компаниям-производителям ПП в зависимости от силы сетевого эффекта и затрат на поиск пиратской версии ПП

Вычислительный эксперимент

Тестирование разработанных моделей и методов было проведено на реальных данных, предоставленных ЗАО «НИИ Спецпроектов». Компанией были предоставлены данные, позволяющие провести оценку параметров, необходимых для проведения процедур моделирования:

• $T = 100$ (периодов);
• $m_G = 1000$ (человек);
• $\alpha = 0.8, \beta = 0.7$;
• $m_0 = 5$ (человек);
• $a = 0.001, b = 0.0001$;
• $r = 2\%$ (за период)
• Первые компоненты векторов $\{V_k^O\}$ являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами, имеющими лог-нормальное распределение с параметрами $\mu = \text{Ln}(6)$ и $\sigma = 1$.
• $\mu_O = 0, \sigma_O = 0.7$.
• $\mu_P = -0.05, \sigma_P = 0.7$

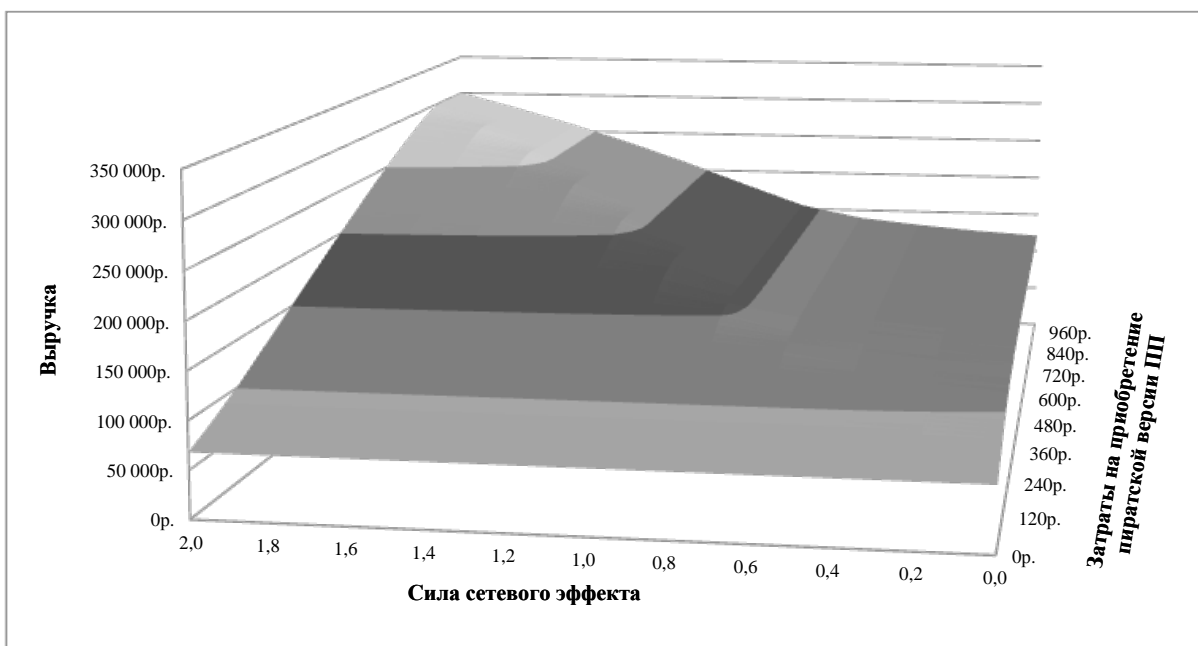


Рисунок 2 – Максимальная расчетная величина выручки в зависимости от затрат на поиск пиратской версии ПП (c) и силы сетевого эффекта (e)

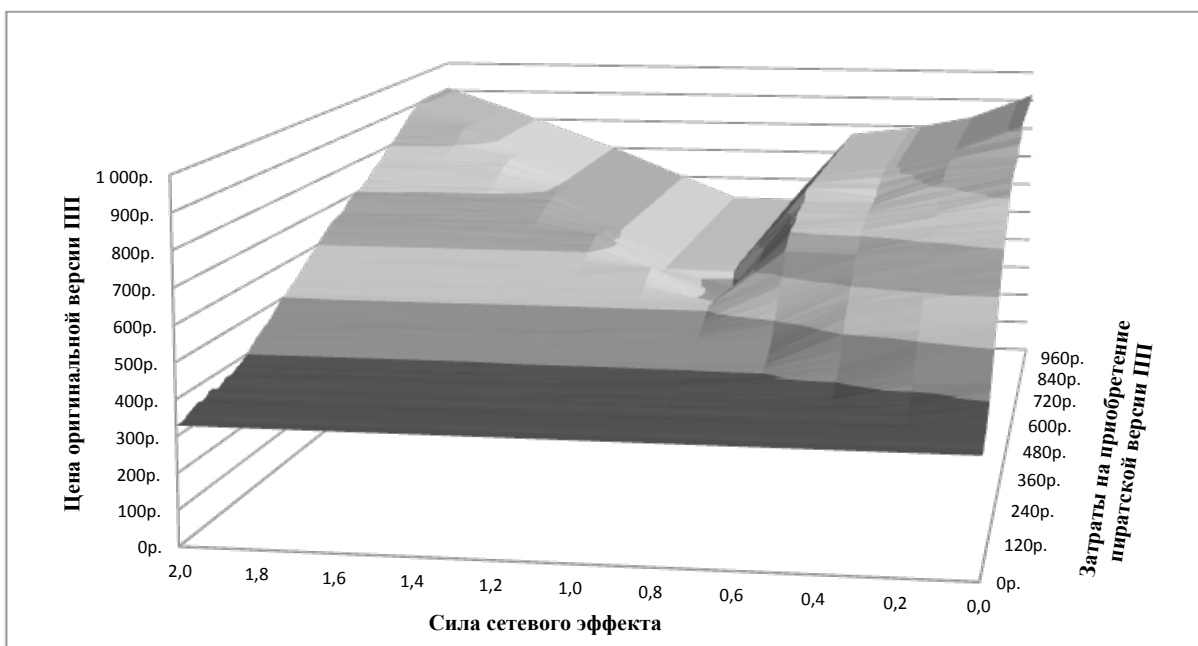


Рисунок 3 – Расчетная величина цены на оригинальную версию ПП, при которой достигается максимальная величина выручки, в зависимости от затрат на поиск пиратской версии ПП (c) и силы сетевого эффекта (e)

Сила сетевого эффекта

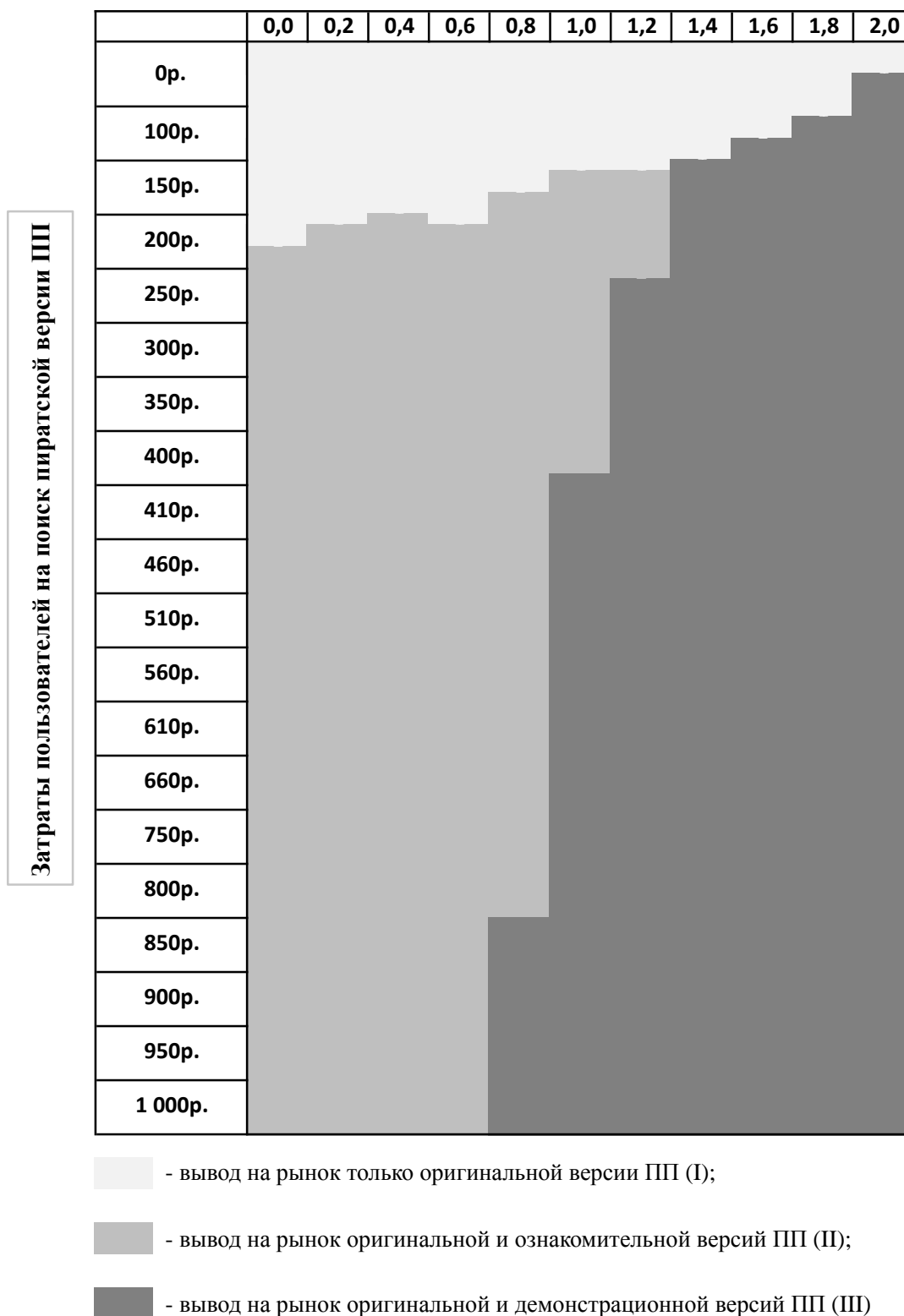


Рисунок 4 – распределение продуктовых стратегий, которые следует выбрать компаниям-производителям ПП в зависимости от силы сетевого эффекта и затрат на поиск пиратской версии ПП

На Рисунках 2 и 3 представлены полученные значения расчетной величины максимально возможной выручки компании-производителя и цены оригинальной версии ПП, при которой достигается это значение выручки, в зависимости от силы сетевого эффекта и затрат на поиск пиратской версии ПП. Аналогичные диаграммы доступны для анализа ситуации наличия ознакомительной и демонстрационной версий ПП.

На Рисунке 4 представлено распределение продуктовых стратегий, которые следует выбрать компании-производителю в зависимости от силы сетевого эффекта и затрат на поиск пиратской версии ПП.

Разработанный программный инструментарий является средством поддержки принятия управленческих решений компании в вопросах выбора продуктовой стратегии ПП. На основе полученных данных в результате проведения вычислительного эксперимента, могут быть сделаны выводы и рекомендации для компании ЗАО «НИИ Спецпроектов»:

1) Вынуждая за счет применения административных и правовых мер пользователей повышать затраты на поиск пиратской версии ПП, компания-производитель может добиться улучшения финансовых показателей своей деятельности. В случае слабого сетевого эффекта компания не заинтересована в увеличении пользовательской базы за счет снижения цены, а в случае сильного сетевого эффекта ценность для большинства пользователей начиная с некоторого момента времени превысит затраты на приобретение пиратской версии, что сделает пиратство экономически невыгодным.

2) Предложение ознакомительных версий может привести к повышению выручки компании-производителя и снижению уровня пиратства в случае сильного сетевого эффекта и высокого уровня затрат на приобретение пиратской версии ПП. В этой ситуации часть пользователей, которая в ситуации отсутствия ознакомительной версии приняла бы решение

отказаться от применения ПП, обратится к ознакомительной версии ПП, а после окончания ее действия приобретет оригинальную или пиратскую версию, что в любом случае приведет к увеличению выручки за счет создаваемого сетевого эффекта. Предложение бесплатных ознакомительных версий делает допущение некоторой доли пиратства нецелесообразным.

3) В случае сильного сетевого эффекта компании-производителю выгоднее предлагать демонстрационные версии, имеющих ограниченный функционал по сравнению с оригинальной. В случае же слабого сетевого эффекта более эффективно с точки зрения совокупной выручки от продажи ПП будет принять решение о выводе на рынок ознакомительной версии, идентичной по функциональности с оригинальной версией, но ограниченной по времени бесплатного использования.

Заключение

В процессе диссертационного исследования получены следующие основные результаты.

1. Проведена систематизация существующих подходов и моделей для анализа рынка ПО. На основе проведенного анализа выявлены ключевые детерминанты функционирования рынка ПО, использованные при разработке математических методов и моделей анализа рынка.
2. Предложена типология методов, используемых компаниями-производителями ПП при формировании продуктовой стратегии.
3. Разработан комплекс экономико-математических моделей и методов в динамике описывающих функционирование рынка ПО, позволяющие проводить анализ возможных продуктовой стратегии компании-производителя ПО и выбирать среди них оптимальную с точки зрения целевых критериев.

4. Реализованы алгоритмы и инструментальные методы моделирования рынка ПО для анализа эффективности продуктовой стратегии компаний-производителей.

В целом проведенное диссертационное исследование представляет разработанный комплексный подход к анализу рынка ПО, обеспечивающий исследование рынка как со стороны спроса, так и со стороны предложения за счет разработки моделей поведения пользователей на рынке и моделей принятия решения компаниями-производителями ПО о структуре продуктовой линейки и ценообразования. Предложенный комплекс математических моделей и разработанные на их основе алгоритмы и инструментальные методы позволяют компаниями-производителям ПО более обоснованно подходить к решению задач формирования эффективной продуктовой стратегии.

3 СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

3.1 В изданиях, рекомендованных ВАК:

1) Ботвин Г.А., Салтан А.А. Моделирование современного рынка программного обеспечения // Экономика и управление. 2014. № 2. с. 51–57. – 0,52 п.л.

2) Салтан А.А. Продуктовая стратегия компании-производителя программного обеспечения при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства // Вестник С.-Петербургского университета. Серия «Экономика». 2013. №2, с. 147–155. – 0,49 п.л.

3) Салтан А.А. Моделирование рынка программного обеспечения // Прикладная информатика. 2012, №2, с. 9–17. – 0,51 п.л.

3.2 В других изданиях:

4) Салтан А.А. Методы и модели анализа рынка программного обеспечения при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства // Сборник материалов по итогам работы международной школы-семинара «Бизнес-информатика: состояние, проблемы и перспективы». — Санкт-Петербург, 2013.

5) Ботвин Г.А., Салтан А.А. Математическая модель оценки совокупной стоимости программного продукта. // Обзорение прикладной и промышленной математики. — Москва, 2012.

6) Салтан А.А. Продуктовая стратегия на рынке программного обеспечения // Сборник материалов по итогам 4-ой ежегодной научной конференции НИУ–ВШЭ «Современный менеджмент: проблемы, гипотезы, исследования» — Москва, 2011.

7) Салтан А.А. Моделирование рынка программного обеспечения // Сборник материалов по итогам 17-ой ежегодная международная конференции молодых ученых-экономистов «Предпринимательство и реформы в России» — Санкт-Петербург, 2011.