

**РАВНОВЕСНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ:
ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ИНФОБИЗНЕС**

**EQUILIBRIUM STOCHASTIC PROCESSES:
THEORY, PRACTICE, INFOBUSINESS**

V.E. Liechtenstein, G.V. Ross

**EQUILIBRIUM
STOCHASTIC
PROCESSES:
THEORY,
PRACTICE,
INFOBUSINESS**

В.Е. Лихтенштейн, Г.В. Росс

**РАВНОВЕСНЫЕ
СЛУЧАЙНЫЕ
ПРОЦЕССЫ:
ТЕОРИЯ,
ПРАКТИКА,
ИНФОБИЗНЕС**



Москва
«Финансы и статистика»
2015

УДК 519.72+004:[330.47+659.2]

ББК 32.81+73+65.386

Л65

Рецензенты:

М.В. Мельник,

доктор экономических наук, профессор;

А.А. Емельянов,

доктор экономических наук, профессор

Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.

Л65

Равновесные случайные процессы: теория, практика, инфобизнес. — М.: Финансы и статистика, 2015. — 424 с.: ил.

ISBN 978-5-279-03563-2

В книге дается изложение теории, которая объясняет и позволяет применять на практике открытое авторами явление Природы: равновесные случайные процессы (РСП). На основе теории РСП могут создаваться инструменты для решения проблем в макро- и микроэкономике, математические модели физических и биологических процессов, товары и услуги для инфобизнеса (бизнеса по продаже знаний), например: интерактивная услуга по расчету скидок постоянным покупателям магазина (промоутерам), планированию цен, нормированию запасов и др.

Для представителей законодательной и исполнительной власти, научных работников, аспирантов, студентов и специалистов по инфобизнесу.

УДК 519.72+004:[330.47+659.2]

ББК 32.81+73+65.386

© Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В., 2015

© Издательство «Финансы и статистика»,
2015

ISBN 978-5-279-03563-2

Предисловие

Авторами данной книги сделано открытие равновесных случайных процессов (РСП), разработана методология математического моделирования РСП, а именно: Эволюционно-симулятивная методология (ЭСМ), создана инструментальная система принятия оптимальных решений в условиях неопределенности и риска Decision, которая позволяет программно реализовывать математические модели РСП. На основании Решения Международной ассоциации авторов научных открытий, членами которой являются 28 лауреатов Нобелевской премии, Президиум Российской академии естественных наук признал Decision открытием (решение № 126 от 15.06.2000)¹. Исследования по данному научному направлению начались в 1970 г., когда одним из авторов была предложена ЭСМ на секции Научного Совета АН СССР. ЭСМ впервые была опубликована в книге «Дискретность и случайность в экономико-математических задачах» в 1973 г.² К настоящему времени данное научное

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Эволюционно-симулятивный_метод

² Эта книга стала библиографической редкостью (см. <http://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=20136>). Книга оцифрована и имеется в открытом доступе на BookReader (см. <http://bookre.org/reader?file=792726>);

Калифорнийский университет стал владельцем оригинала книги «Эволюционно-симулятивный метод и его применение для решения плановых и прогнозных задач» 1976 года издания (см. http://books.google.ru/books/about/%D0%AD%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8.html?id= SXUdAAAAIAAJ&redir_esc=y). Эта книга также является библиографической редкостью;

Книга «Введение в теорию развития», в которой, в частности, рассматривается взаимосвязь РСП и развития, оцифрована mybrary.ru/users/personal/read/vvedenie-v-teoriyu-razvitiya

ЭСМ включена в интеллектуальную карту по высшей математике KARTUM (см. <http://www.kartum.ru/view/559/>).

Сообщение о Decision помещено на сайте высоких технологий России <http://www.rushightech.com>. (information technology\Decision System)

направление приобрело определенную известность уже не только среди специалистов, но и в более широкой аудитории. Например, к термину «Эволюционно-симулятивный метод» в математической энциклопедии¹ на 11.09.2014 было 5559 обращений. На наш взгляд, это лишь первые и, пока что, очень робкие шаги популяризации.

Теория РСП дает возможность раскрыть механизмы происходящих в современной экономике процессов, часть из которых является просто катастрофическими. Какие пороки присущи современной экономике? Как их появление объясняет теория РСП? Какие инструменты предлагает теория РСП для решения проблем? Обзор всех этих вопросов, а также вопросов моделирования и управления РСП в биологических, физических и технических системах дан в 1-й главе книги. Причем, в каждом конкретном случае даются ссылки на параграф или главу книги, где тот или иной вопрос рассмотрен подробно. В результате 1-я глава является подробным обзором книги.

Вместе с тем книга посвящена не только изложению теории РСП. В ней также рассмотрены пути практического применения теории в экономике, физике, биологии. Желающие создать свой инфобизнес, т.е. бизнес по продаже знаний, найдут в ней большое количество идей по производству товаров и услуг, являющихся знаниями. Эти товары и услуги будут иметь существенные конкурентные преимущества по сравнению с аналогами или вовсе не будут иметь аналогов. Студенты, аспиранты и соискатели ученых степеней по экономическим, инженерным и математическим дисциплинам найдут в ней не только тематику для выполнения лабораторных, дипломных и диссертационных работ, но также смогут воспользоваться инструментальной системой Decision для вычислительных экспериментов и практических расчетов (см.: <http://www.decision-online.ru/>).

¹ http://49l.ru/a/evolyutsionno-simulyativnyi_metod

Preface

The authors of this book have discovered the Equilibrium Stochastic Processes (ESP), developed the methodology of mathematical modeling of ESP, namely, Evolutionary Simulation Methodology (ESM), created the instrumental system to support optimal decision taking under uncertainty and risk, named «Decision», which allows implementing the mathematical model of ESP programmatically. Basing on the decision of the International Association of Authors of Scientific discoveries, members of which in different times were 28 Nobel Prize Winners, the Presidium of the Russian Academy of Natural Sciences acknowledged the «Decision» as a discovery (decision № 126 of 15.06.2000)¹. The research works in this scientific field began in 1970, when one of authors proposed the ESM to the Scientific Council Section of the USSR Academy of Sciences. The ESM had been first published in 1973 in the book «Discreteness and randomness in economic-mathematical tasks»². Now this methodology is known not only among specialists but also to a wider

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Эволюционно-симулятивный_метод

² This book has become a bibliographic rarity (see: <http://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=20136>). The book is digitized and available in open access on «BookReader» (see: <http://bookre.org/reader?file=792726>);

The University of California, became an owner of the original of the book «Evolutionary simulation method and its application for solving planning and forecasting tasks» 1976 edition (see: http://books.google.ru/books/about/%D0%AD%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8.html?id=SXUdAAAAIAAJ&redir_esc=y). This book is a bibliographic rarity too;

The book «Introduction to the theory of development», in which, in particular, discusses the relationship between the ESP and development, is digitized mybrary.ru/users/personal/read/vvedenie-v-teoriyu-razvitiya

The ESM is included in the intellectual map in higher mathematics «KARTUM» (see: <http://www.kartum.ru/view/559/>);

The message of the «Decision» is posted on the website of high technologies in Russia <http://www.rushightech.com>.

audience. For example, in the Mathematical Encyclopedia the term «Evolutionary simulation method» on 11.09.2014 counts 5559 calls¹. In our opinion, it reflects only the first steps of this methodology popularization.

The ESP theory gives an opportunity to reveal mechanisms that stay behind the modern economy processes, some of which are rather catastrophic. What are the problems inherent to modern economy? How their appearance may be explained by the ESP theory? What instruments the ESP theory offers to solve these problems? An overview of all these issues, as well as modeling and control of ESP in biological, physical and technical systems is given in Chapter 1 of the book. In each case, a reference is made to a paragraph or a Chapter of the book, where the particular issue is discussed in detail. As a result, the 1st Chapter is a detailed review of the book.

However, the book is dedicated not only to the theory of ESP. It also considers the practical applications of the theory in Economics, Physics, and Biology. For those who wants to create own info business, meaning the business of selling knowledge, the book suggests a large number of ideas for production of goods and services, related to knowledge. These goods and services, as compared to analogues, possess significant competitive advantages or do not have analogues at all. Students, postgraduates and applicants for academic degrees in Economics, engineering and mathematical disciplines will find not only themes for laboratory works, graduation works and dissertations, but also will be able to use the instrumental system «Decision» for computational experiments and practical calculations (see: <http://www.decision-online.ru/>).

¹ http://49l.ru/a/evolyutsionno-simulyativnyiy_metod

Глава 1

РАВНОВЕСНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРИРОДЕ И ОБЩЕСТВЕ

Часто слово «теория» употребляют поверхностно и легко-весно. Есть люди, которые изобретают теории буквально на лету и они также на лету исчезают. Мы же стараемся применять это слово с максимальной содержательной полнотой. Мы считаем, что о теории можно говорить только тогда, когда:

– во-первых, есть открытие явления Природы, которому посвящена теория;

– во-вторых, есть совокупность знаний, накопленных об этом явлении, причем знаний достаточных, чтобы идентифицировать явление и практически его использовать;

– в-третьих, накопленные знания систематизированы на основе совокупности взаимносогласованных принципов.

Система согласованных знаний о явлении Природы и есть теория. В качестве наиболее ярких и успешных примеров можно назвать теорию тяготения, теорию электромагнитного поля, теорию вероятностей, теорию управления, теорию игр.

Говоря о теории равновесных случайных процессов (глава 2), мы имеем ввиду, что она обладает всей совокупностью перечисленных необходимых признаков. Явление Природы, которому посвящена теория, упомянуто в самом ее названии – это равновесный случайный процесс (РСП) (§ 2.1.3). Идентифицировать это явление, а также разрабатывать математические модели РСП позволяет Эволюционно-симулятивная методология (ЭСМ) (§ 2.2.1). Модули Equilibrium (§ 2.2.3) и Combinatorics (§ 2.2.5) инструментальной системы принятия оптимальных решений в условиях неопределенности и риска Decision, позволяет программно реализовывать математические модели и практически использовать явление

путем создания информационных систем для управления РСР в экономике, физике, биологии. В совокупности ЭСМ и Decision дают возможность систематизировать знания об РСР и построить теорию РСР по аксиоматическому принципу (§ 2.3.5).

Без теории РСР невозможно ни понять, ни объяснить, ни разрешить проблемы современной экономики. Правила игры в экономике должны капитально меняться. Современные правила приводят к нарастающим диспропорциям, неуправляемости финансовых потоков, отрыву номинальной стоимости денег от всякой реальности. Еще совсем недавно бывшие элитными клубы биржевых трейдеров, теперь почти полностью вытеснены торговыми роботами. На РТС один биржевой робот показал доходность 8000% за три месяца¹. За малую долю секунды роботы способны бессмысленно перемещать триллионы долларов, сметая реальный бизнес, иногда обваливая фондовые биржи. Средний срок владения акцией на Уолл-стрит составляет 2 секунды, а с одной ценной бумагой за день совершаются миллионы и даже десятки миллионов операций². Вместо того, чтобы выполнять свою основную функцию — быть механизмом ценообразования, биржи превращаются в пылесосы, засасывающие деньги и не производящие никаких благ. Производные финансовые инструменты — фьючерсы, деривативы, контракты на валютном рынке стали глобальной пирамидой. Для обслуживания товарных рынков достаточно 3% от денежной массы.

Но дело не только в этом. Технологическая революция на наших глазах быстро создает новый экономический уклад. Уже сейчас роботы делают телефоны, компьютеры и автомобили. На 3D принтерах можно печатать дома³, оружие⁴, пиццу⁵, шоколад⁶, протезы и даже человеческие органы⁷. Легко

¹ <http://lab-invest.ru/blogs/view/53>

² <http://kaban.tv/archive/rossiya-24/2014-08-16/877838>

³ <http://www.ridus.ru/news/157956>

⁴ http://hitech.newsru.ru/article/08nov2013/metall_gun

⁵ <http://www.businesslynch.ru/2013/05/3d.html>

⁶ <http://news.vse42.ru/feed/show/id/2437571>

⁷ <http://habrahabr.ru/post/193198/>

себе представить, что очень скоро, через какие-нибудь 20–30 лет, из белков, жиров и углеводов в химических реакторах, автоматически будут синтезировать биологические компоненты, из которых каждый человек сможет у себя дома распечатать персональное, вкусное, полезное и почти бесплатное блюдо. Как говорил Леонардо да Винчи «... придет время, когда ... убийство животных будет столь же преступным, как убийство человека»¹. При этом кардинально изменятся вопросы экологии, природопользования, трудовых ресурсов, занятости, да и вообще весь социум.

Однако правила, по которым живет экономика сегодня, не могут меняться быстро, локально и кардинально. Революционный метод не применим, так как никто не знает, что делать. А если бы и знал, то большевистский террористический способ исключает достижение той цели, которую провозглашает. «Отвратительные средства, — сказал Антон Павлович Чехов, — ради самых благих целей делают и сами цели отвратительными. Неужели светлое будущее может искупить ... подлую ложь?»² Любую новацию можно считать успешной, только если она, во-первых, не требует жертв, во-вторых, не является антидемократической, в-третьих, увязана в систему мер, поэтапно и гармонично преобразующих экономические отношения.

Уже сегодня необходимо проектировать устройство будущей экономики, как проектируются большие технические системы: суперлайнеры, атомные подводные лодки, космические системы. Необходимо создавать элементы экономики будущего. Каждый элемент должен быть опробован и испытан и только после этого рекомендован к широкому применению. Эти элементы должны системно увязываться, совершенствоваться и пополняться, представляя собой непрерывный процесс целенаправленного самоусовершенствования социума. Важную роль в этом процессе будет играть теория РСР³, которой, как уже отмечалось, посвящена 2-я глава книги.

¹ Мережковский Д.С. Собрание сочинений. Т. 1. — М.: изд-во «Правда», 1990. — С. 461.

² АИФ. — 2014. — № 29. — С. 41.

³ Алексей Алексеевич Тарасов, д.т.н., проф. развернул эту аббревиатуру и расшифровал ее так: План Спасения Родины.

В рамках теории РСП доказаны теоремы, приведенные в 3-й главе, которые позволяют различить важные, основополагающие черты экономики будущего. Доказанные теоремы, точно так же, как и жизненный опыт, являются надежным основанием для обоснованных предположений. Вот еще одно очень точное высказывание Леонардо да Винчи как раз по этому поводу: «Не опыт, отец всех искусств и наук, обманывает людей, а воображение, которое обещает им то, чего опыт дать не может. Невинен опыт, но наши суетные и безумные желания преступны. Отличая ложь от истины, опыт учит стремиться к возможному и не надеяться, по незнанию, на то, чего достигнуть нельзя, чтобы не пришлось, обманувшись в надежде, предаться отчаянию»¹.

Согласно теоремам 8 и 9 (§ 3.3) плановая экономика при любом способе ее локализации приводит к консервации неэффективности, перетоку капитала из эффективных секторов в неэффективные, застою, потере стимулов у отстающих догонять передовиков и, в конечном итоге, к краху. Надо сказать, что эти недостатки плановой экономики уже достаточно хорошо известны. В СССР и странах социалистического содружества были испробованы самые разнообразные модели плановой экономики и все они неизменно приводили к сверхнормативным запасам, тотальному дефициту и исчерпанию ресурсов.

По этой причине подавляющее распространение получило убеждение, что экономика может быть только рыночной, либеральной и никакой другой. Что альтернативы просто нет! Надо сказать, что такая точка зрения имеет под собой достаточно серьезные научные основания.

Рынок — это совокупность экономических отношений, возникающих при добровольных, массовых и регулярных обменах товарами. Если выделен сектор рынка какого-либо товара, на котором нет монополий и сговоров, нет юридических и технических препятствий для свободного обмена, если товар однороден, иначе говоря, если созданы условия

¹ Мережковский Д.С. Собрание сочинений. Т. 1. — М.: изд-во «Правда», 1990. — С. 456.

близкие к так называемой «совершенной конкуренции» (как на бирже), то на этом секторе автоматически запускается механизм формирования рыночного равновесия. Этот механизм во многих отношениях очень хорош или просто незаменим.

Либерализм в экономике состоит в том, чтобы везде, где, это возможно, создавать условия для нормального функционирования рыночного механизма. При этом роль государства — создавать условия для работы рынка, но не быть его участником.

Важный вклад в формирование либерализма в экономике внес англо-американский экономист Рональд Коуз. В 1959 г. он выступил с идеей радиовещательного рынка. Она казалась экзотической потому, что речь шла о невидимом и физически не ощущаемом товаре — частотах радиоволн. Главное, доказывал Коуз, четко определить права собственности. Многие считали, что введение рынка в этой области приведет к хаосу. Но предсказание Коуза оправдалось — рыночный механизм заработал! Далее, Коуз доказал, что рыночный механизм можно распространить даже на экстернали, т.е. косвенное влияние одних товаров на другие. Более того, он объяснил, что само соотношение между рыночными и административно-командными структурами тоже автоматически устанавливается самим рынком, причем устанавливается таким образом, чтобы минимизировать транзакционные затраты¹. За эти работы в 1991 г. Р. Коуз был удостоен Нобелевской премии.

Если термин «либеральная экономика» понимать в указанном смысле, со всей полнотой доказанных правил и оговоренных исключений, то возникает, казалось бы, надежный фундамент для предположения о безальтернативности либеральных представлений.

Однако из теорем, доказанных во 3-й главе, следует, что и либеральной рыночной экономике присущи недостатки, которые приводят либеральную экономику к тому

¹ Это так называемая «теорема Коуза», которой можно придать математическую форму (см. § 5.3.9 в [3] и теорему 2 в § 2.2).

же неизбежному результату, что и плановую — неминуемому краху. В частности, из теоремы 6 (§ 3.2) следует, что бизнес заинтересован в обслуживании определенных, иногда очень узких категорий покупателей, игнорируя остальных, быть может, составляющих подавляющее большинство. Эта ориентация бизнеса никак не учитывает ни социальной, ни политической, ни экологической, ни военной, ни нравственной значимости обслуживаемых покупателей или производимых товаров. Исходя из этого, бизнес заполняет все ниши и использует все приемы, в том числе откровенно преступные, такие, как торговля наркотиками, оружием, человеческими органами, военное наемничество, запредельное повышение цен на жизненно необходимые лекарства, продукты питания и жизнеобеспечения, варварское природопользование.

Теорема 3 (§ 3.2) утверждает, что из всех классов капитала происходит переток в тот класс, у которого средняя удельная доходность с учетом риска выше, а теорема 4 (§ 3.2) — что разделение секторов по капитализации, доходам и рискам неизбежно. Эти утверждения прекрасно иллюстрируются «Количественным смягчением», начавшимся с приходом Б. Бернанке в Федеральную резервную систему США и продолжающееся уже более 8 лет. «Количественное смягчение» — это просто печатание долларов и приобретение «за бумажки» всех богатств по всему миру. Это и есть тот самый случай, когда просто печатание долларов имеет наивысшую среднюю удельную доходность с учетом риска. Такой способ обогащения и решения всех проблем более надежен и эффективен, чем любые инвестиции. Он менее опасен, чем коррупция или рейдерский захват, и выглядит вполне благообразно. В результате по всему миру возникают многочисленные финансовые пузыри, происходит все нарастающая переоценка компаний, работающих с долларом (например, Apple) и недооценка всех остальных (например, Газпрома¹), «теневой банкинг» приобретает давящее значение (более 70%), идет чудовищное расслоение населения по доходам,

¹ <http://lprime.ru/Stocks/20130508/763264755.html>

возникают диспропорции между секторами экономики и регионами во всех странах, в том числе и в самих США.

Такое положение может продолжаться довольно долго, потому что носит глобальный характер и никому невыгодно перейти от нынешнего плохого положения дел к еще худшему: а именно, к всеобщему хаосу и мировой войне. Но это не может продолжаться вечно!

Недостатки либеральной рыночной экономики известны не хуже, чем недостатки плановой. Если бы доказанные в 3-й главе теоремы только подтверждали известные факты, то и в этом случае их значение состояло бы в том, что они систематизируют знания, накопленные экономической наукой, и превращают экономику в точную науку, похожую на математическую физику и построенную, как классическая механика, — по аксиоматическому принципу (§ 2.3.5). Но значение теорем больше. Главное в том, что они раскрывают механизмы происходящих явлений, дают надежную основу для объяснения происходящего и открывают принципиальную возможность создавать инструменты для решения наблюдаемых проблем, которые пока что решать не удается.

Какие инструменты мы имеем ввиду? Чтобы это пояснить, напомним, что «Информационные технологии» (ИТ) — это область деятельности, направленная на производство, хранение, передачу и обработку информации с использованием компьютеров и программного обеспечения. ИТ осуществляются путем создания «Информационных систем» (ИС), объединяющих организационные, технические, финансовые и иные ресурсы для решения определенных задач. Теория РСП является основой ИТ, нацеленных на создание ИС для экономических, физических, больших технических и иных систем. Говоря об инструментах, которые позволяет строить теория РСП, мы имеем ввиду эти ИС.

Учитывая, что в экономической литературе инструментами управления иногда называют налоги, дотации, субсидии, государственный заказ, товарные и закупочные интервенции, денежные эмиссии, займы, штрафы и т.д., можно уточнить, что говоря об инструментах в экономике, мы имеем ввиду ИС, которые могут обеспечивать выполнение определенных

функций экономического управления. Например, действующий в России налог на прибыль организаций включает такие показатели, как ставка налога на прибыль, налогооблагаемая база, отчисления в бюджет. На основе теории РСП может быть создана ИС для расчета ставки налога, исследования сценариев и прогнозирования последствий изменения налога на прибыль. Эта ИС может согласованно действовать с ИС, которая обеспечивает другие функции, например, сбор информации и контроль.

Круг экономических задач, которые могут решаться с помощью инструментов, построенных на основе теории РСП, очерчен в § 2.4. При создании инструментов может использоваться не только Эволюционно-симулятивная методология (ЭСМ) (§§ 2.2.1 и 2.2.2), которая предоставляет математический аппарат для моделирования РСП и модуль Equilibrium (§ 2.2.3) инструментальной системы Decision, в которой ЭСМ реализован программно. Важное значение имеют также способы управления РСП, предложенные в 4-й главе. В частности, в § 4.2 предлагается способ установления оптимальных характеристик РСП. В § 4.3 предложен способ прокладки оптимальной траектории РСП в фазовом пространстве. Этот способ основан на сочетании ЭСМ и алгоритма динамического программирования для решения булевых задач (АДПБЗ) (§ 2.2.4), который программно реализован в модуле Combinatorics (§ 2.2.5) инструментальной системы Decision. В § 4.4 предложен способ подбора параметров внешней среды, согласованных с оптимальной траекторией РСП.

Конкретным инструментам посвящены 5-я, 6-я, 7-я и 8-я главы книги. В 5-й главе рассмотрены ИС в экономике. В частности, в § 5.1 рассматривается управление перетоками капитала, в § 5.2 – диагностика экономических систем, в § 5.3 – госрегулирование рынков сельхозпродукции. В 6-й главе представлены разработки, доведенные до стадии действующих макетов, такие, например, как обоснование скидок промоутерам и обоснование инвестиционных проектов. 7-я глава посвящена организационно-экономическим системам. 8-я глава – биологии, физике и технике. В частности, в § 8.1 на примере совокупности подвижных телеком-

муникационных систем рассматриваются способы самоорганизации и целенаправленного группового поведения биоценозов и микроорганизмов. В § 8.2 рассматриваются системы управления дорожным движением, начиная от простейшего перекрестка до районов города. В § 8.3 предложена эволюционно-симулятивная модель давления в сосуде с упругими стенками со случайным оттоком и притоком жидкости или газа, выведены аналитические формулы расчета параметров РСП и булева модель компоновки мероприятий.

Чем новые инструменты будут отличаться от существующих? В чем их новизна? Почему они будут лучше? Проиллюстрируем это на примере инструментов для управления перетоком капитала. В «Обзоре мер макропруденциальной политики» за II квартал 2013 г., выполненном Департаментом финансовой стабильности Банка России, указано, что в разных странах для снижения макроэкономических рисков и рисков «финансовых пузырей» применяются инструменты, состоящие в изменении, во-первых, требований к резервам, во-вторых, к лимитам кредитования, в-третьих, налогов на потребительское кредитование. Нетрудно заметить, что все эти меры – это борьба со следствиями, которая совершенно не затрагивает причину, т.е. неуправляемость перетока капиталов! Такая борьба с «финансовыми пузырями» будет бесконечной и безуспешной.

Как мы уже отмечали, в § 5.1 предлагаются инструменты для устранения указанной первопричины, а именно: способ создания ИС управления перетоками капиталов. Только такие инструменты могут решить эти проблемы, и аналогов они пока не имеют. В частности, создание государственной ИС управления перетоками капиталов позволит Министерству финансов РФ поднять на качественно новый уровень выполнение следующих, возложенных на него функций:

а) обеспечение устойчивости государственных финансов и их активного воздействия на социально-экономическое развитие страны, эффективность хозяйствования, а также осуществление мер по развитию финансового рынка;

б) концентрация финансовых ресурсов на приоритетных направлениях социально-экономического развития РФ и ее регионов, целевое финансирование;

в) разработка предложений по привлечению в экономику государства иностранных кредитных ресурсов и об источниках их погашения»¹.

Для науки очень важен вопрос о взаимосвязи РСП и развития. Развитие — универсальное природное явление, присущее не только экономике (см. [2]). На определенном этапе развитие порождает РСП, а на последующих этапах развитие самопроизвольно создает механизмы управления и самоуправления РСП. В экономике РСП предстает в виде рыночной саморегуляции, в живом организме — в виде саморегулирования давления крови, температуры тела, химического состава крови и др. В биоценозах РСП имеет вид саморегуляции численности и состава популяции и др. Поэтому моделирование РСП является неотъемлемой составной частью моделирования развития. Причем, если в экономике управление РСП осуществляется с участием человека, то в биологических и других системах это происходит без его участия. Иначе говоря, механизмы управления и самоуправления РСП, которые рассматриваются в §§ 4.1–4.4, могут самопроизвольно порождаться развитием, а способы самоуправления РСП могут моделировать определенные этапы развития. Этим вопросам посвящен § 4.5.

Если сопоставить социум с организмом, а экономику — с пищеварительной системой, то развитие социума можно сравнить с развитием биологических видов. По мере возникновения все более сложных и совершенных организмов изначально главенствующая роль пищеварительной системы (например, у медузы) постепенно, но неуклонно снижается до уровня одной из функциональных подсистем, подчиненных головному мозгу. У высших животных и человека мозг управляет поведением, исходя уже не только из потребности в еде, и даже не столько из этой потребности. В экспериментах на обезьянах (их сажали в закрытую клетку с двумя кнопками: при нажатии на одну — давали еду, а при нажатии на другую — открывали окно) показано, что обезьяны

¹ http://forexaw.com/TERMs/Public_institutions/Other_government_agencies/1384_Министерство_финансов_Ministry_of_Finance_это

готовы отказываться от еды, чтобы наблюдать окружающий мир. Во имя познания, обезьяны готовы голодать. По данным доктора биологических наук, проф. Т.В. Черниговской¹, мозг человека обладает свободой воли, потребляет 25% всей энергии, расходуемой человеком (примерно 30 ватт, как маленькая электрическая лампочка) и производит работу, для которой современные суперкомпьютеры потребовали бы 180 мегаватт (как адронный коллайдер в Церне). Область интересов у приматов и человека сужается до еды, только если ее катастрофически не хватает: голодный человек согласится за кусок хлеба делать любую, самую тяжелую и не престижную работу.

В течение многих веков и по настоящее время экономика имеет давящее значение. Именно экономические интересы, в значительной мере определяют поведение как людей, так и государств. По меткому выражению В.И. Ленина «политика есть самое концентрированное выражение экономики...»². Большевики пытались «поставить экономику на место», подчинив диктатуре пролетариата. Не получилось! Это говорит о том, что социум находится все еще на достаточно низком уровне развития.

Либеральная экономика без всяких политических деклараций, де факто, пришла к «обществу потребления». Широко используемый в рекламе слоган: «Ты этого достойна!» стал, по сути, морально-этической нормой современного общества. Долго ли сможет просуществовать человечество, если сохранит эту норму? В этом вопросе экономика, философия и нравственность слились воедино.

Так что есть человек? Известно, что Платон дал следующее определение: «Человек есть двуногое животное без перьев». Услышав об этом киник Диоген, ощипав петуха, принес его в Академию и во время лекции Платона выпустил его со словами: «Вот человек Платона». Платон признал свою ошибку и внес в свое определение поправку: «Человек есть двуногое животное без перьев с широкими ногтями»³.

¹ «Очевидное – невероятное»: <http://debilizator.tv/tvts/2014-02-06/23:15/>

² Ленин В.И. Полное собрание соч. – 5-е изд. – Т. 42. – С. 278.

³ http://society.polbu.ru/makovelsky_histlogic/ch06_xi.html

Смысл определения Платона в том, чтобы указать минимальный набор признаков, по которым человек, и только человек, выделяется в царстве животных.

Эволюционист, доктор биологических наук Сергей Савельев пишет, что «Цель любого биологического организма — перенос генома в следующее поколение. И смысл нашей жизни в том же. Поскольку человек — животное, смысл его существования определяется тремя мотивами — желания еды, размножения и доминирования».¹ Названные признаки — это те качества, которые соответствуют морали общества потребления. Либеральная рыночная экономика действительно обеспечивает возможность еды, размножения и доминирования, но не для всех, а для избранных, для доминирующего меньшинства, за счет подавляемого большинства. Это приведет сначала к сокращению большинства, а затем, к сужению меньшинства, вплоть до полного исчезновения всех и вся. Если попытаться эти признаки использовать для определения некоторого класса живых существ, то наверное это будет некоторый класс паразитов. «Хищничество, — пишет Салтыков-Щедрин, — не любит ни обобщать, ни распространять положений далее видимых их пределов. Ему нет дела ни до завтрашнего дня, ни до тех, которые придут последними ... Везде, где мы замечаем хищничество, мы встречаем его уже организовавшимся, представляющим нечто солидное, способное и нападать, и защищаться. Правда, эта организация не очень мудрая. Тут нужно только как можно чаще разевать пасть и проглатывать»².

Для человека признаки явно не подходят уже потому, что доминирование совершенно необязательно. Для многих людей доминирование кажется бременем. Например, Нельсон Манделла отмечает, что: «Одним из главных признаков счастья и гармонии является полное отсутствие потребности кому-то что-то доказывать»; «Быть свободным, значит не просто скинуть с себя оковы, но жить, уважая и приумножая свободу других»³.

¹ АИФ. — 2013. — № 49(1726). — 4–10 дек. Сто главных вопросов России. В чем смысл жизни?

² Салтыков-Щедрин М. На краю // АИФ. — 2014. — № 41. — С. 49.

³ <http://citaty.info/man/nelson-mandela>

Между тем именно доминирование является прямым следствием современных правил экономической игры. Как мы уже отмечали, из теорем 3 и 4 (§ 3.2) следует неизбежность концентрации капитала, а концентрация означает не только возможность, но и необходимость доминирования: капитал нужно приумножать и защищать! И то, что современная экономика не управляется рациональным поведением производителей и потребителей, а исключительно безумными «хотелками» тех, кто доминирует, вовсе не является свидетельством, что люди стали иррациональными, а законы экономики перестали действовать. Все с точностью до наоборот: это вполне закономерное, непереносимое следствие теорем 3 и 4, приведших к катастрофическим диспропорциям, концентрациям и доминантам.

Казалось бы, разве не может богатый человек быть честным и благородным? Может! Но для того, чтобы поддерживать доминирование, ему, все-таки, придется подавлять появление новых доминант. Так что он сам, или его коллеги, или конкуренты, или помощники обязательно должны деструктурировать, разрушать окружение. Ему придется делать это и, в конечном счете, хотеть этого. Нравственность в этом случае становится только ограничением и затруднением. В результате в «элиту» отбираются те люди, которые легче обучаются доминированию, которым эта порочная страсть доставляет больше удовольствия, которые чувствуют себя креативными и успешными оттого, что унижают слабого и беззащитного, пусть это будет хоть ребенок, хоть животное.

Так чего же желают те, кто доминирует? Чего они добиваются? Об этом свидетельствует писатель Анатолий Гладилин, уже почти 40 лет живущий во Франции: «...из людей, благодаря в первую очередь ТВ, делают идиотов. Законами об однополых браках, разрешениями этим парам усыновлять детей целенаправленно разрушается институт семьи, убирается всё то, что от Бога, от Природы. За это должны судить Нюрнбергским судом. ... Меня больше всего поражает трусость западного общества. Вы думаете, во Франции те, кто голосует за эти законы, действительно с ними согласны? Нет! Но вслух никто об этом не говорит, все молчат. Уже

создан человек, который боится высказывать своё мнение в якобы свободном обществе. Быть неполиткорректным нельзя, потому что иначе вы потеряете свой статус, хорошую зарплату и пойдёте подметать улицы. У меня ощущение, что лет через 5 во Франции беременных женщин будут бить ногами в живот: рожать будет некорректно, а корректно будет брать детей из Африки, желательно больных СПИДом. Я не зря начал с Гитлера. Когда вся улица орёт: «Хайль, Гитлер!» — трудно не поднять руку и не кричать то же самое. Это сейчас и происходит в западном мире. Идиотизм крепчает! И из него уже очень трудно выбраться. Чтобы вылечить немцев от гитлеризма, потребовалось колоссальное поражение и унижение нации»¹.

Как технически достигается доминирование на государственном уровне, рассказывает Джон Перкинс в книге «История экономического убийцы»². Главная идея: кредиты в обмен на лояльность. Это прямое следствие теорем 3 и 4 (§ 3.2), иначе говоря, следствие концентрации капитала и возможности давать неограниченные кредиты. Эти деньги используются для коррумпирования и убийств (Президент Гондураса и др.). По данным Д. Перкинса, организованные ЦРУ экономические убийцы работают в интересах корпораций и они есть везде, где есть интересы корпораций.

«От общества теперь требуют не только здравого признания права каждого на свободу совести, политических взглядов и частной жизни, но и обязательного признания равноценности, как это не покажется странным, добра и зла, противоположных по смыслу понятий. Подобное разрушение традиционных ценностей ... в корне антидемократично, поскольку проводится в жизнь ... вопреки воле народного большинства...» заявил Владимир Владимирович Путин в Послании Президента Федеральному Собранию 12.12.2013³. Есть примеры, когда зло не только уравнивается с добром, но прямо-таки поощряется: после убийства 70 ни в чем не

¹ Как остановить катастрофу // АИФ. – 2013. – № 22 (16999)Б. – 29 мая – 4 июня. – С. 5.

² <http://www.vesti.ru/videos?vid=526806>

³ <http://www.kremlin.ru/transcripts/19825/work>

повинных людей норвежский террорист Брейвик получил охрану, 3-комнатный номер, содержание, образование, рекламу и право на публичные выступления. Когда он шел на преступление, то знал, где живет, чего хочет и добился чего хотел. Уже нет не только добра и зла, но также нет истины и лжи, красоты и уродства, отца и матери, мужчины и женщины, законного и незаконного, глупого и умного, высокого искусства и низкопробной пошлятины. Это мелкодисперсная масса, в которой могут обитать только простейшие существа — гнилостные бактерии!

В аналитическом докладе Александра Дугина аргументировано показано, что разрушение всех и всяческих общественных структур есть один из необходимых элементов уже ведущейся третьей мировой «сетевой войны»¹ крупного капитала за доминирование. «... Идеально (для ведения сетевой войны, разумеется), если ... общество является гражданским, т.е. состоящим из атомизированных «продвинутых» горожан, граждан. Если же общество, не дай Бог, состоит из коллективных субъектов — общин, этносов, племён — это общество нужно перемешать (хаос, война, гуманитарная катастрофа вполне подойдёт), иначе, оно не сможет стать гражданским, т.е. атомизированным, и управлять им с помощью сетевых технологий не получится. ...»².

Когда тебе навязывают войну, то не остается ничего другого, как победить. Вариант погибнуть — неприемлем. «Критическое состояние сетевой войны Путин преодолел, но ни одна из сетевых структур, действующих против России, не ликвидирована окончательно. Кроме того, растут новые, опробуются новые технологии. ... В основе успешных сетевых кампаний лежит понимание философских основ современного этапа развития цивилизации...»³. Философские основы тесно связаны с экономическими. Пока что именно экономика определяет основное направление движения социума. Без теории РСРП многие источники и механизмы

¹ Дугин А., Коровин В., Бовдунов А. Аналитические материалы <http://izbryansk.ru/analiticheskie-materialy/278-setevye-vojny>

² Коровин В. <http://ru-an.info/новости/сетевая-война>

³ Там же.

существующих и возникающих социально-экономических, политических и военно-стратегических проблем останутся скрытыми и непонятными.

Вся история развития человечества — это история возникновения и преодоления проблем. Каждому этапу развития характерны свои проблемы. Кардинальная проблема нашего времени состоит в том, чтобы не экономика определяла нравственность, а наоборот. Технологии и инструменты управления должны обеспечивать жизнедеятельность социума эффективно и незаметно, как хорошо работающий желудок незаметно обеспечивает работу головного мозга. А мозг занят совсем другим. Нравственное поведение людей и государств — не прекраснотдушная мечта, а условие выживания.

В этой связи особенную актуальность приобретают вопросы о смысле жизни и социальной справедливости. «Ради чего мы живём? Бог предопределил мир к безграничному развитию и совершенствованию. Каждый из нас должен быть соратником Богу в этом великом деле, и начинается это с человеческой личности. Господь каждого создаёт имеющим свою непреходящую ценность. Некоторые говорят: мы живём ради будущих поколений, видим смысл своего бытия в детях. Это замечательно, но я хотел бы спросить: разве ценность последующего поколения больше, чем ценность предыдущего? Не уверен. Да, человеку свойственно жить ради будущего, но это не может быть единственной целью, потому что наша собственная личность уникальна. Соратничество Богу — вот смысл жизни. В первую очередь, это совершенствование самого себя — умственное, духовное, физическое. Тогда всё будет выстроено правильно, тогда мы будем работать на достижение великой цели, которая заключается в преобразении всего мироздания» — говорит Патриарх Московский и всея Руси Кирилл¹. В течение всей своей истории человечество должно было работать, чтобы есть. Но, если роботы будут трудиться за нас, то что делать нам? Чем себя

¹ АИФ. — 2013. — № 49(1726). — 4–10 дек. Сто главных вопросов России. В чем смысл жизни?

занять? В приведенных словах Патриарха есть ответ и на этот вопрос.

Кто позаботится о том, чтобы не человек стал функцией при машине, а чтобы машина материально обеспечивала человеку возможность самосовершенствоваться? Кто сделает человека нравственным и ответственным? Кто поможет человеку реализовывать себя, как самоценное создание? Только сам человек! В Природе не заложены механизмы, которые все это сделают автоматически. Без активного, сознательного участия человека ничего такого не будет!

А можно ли добиться желаемого социально-экономического устройства без социальной справедливости? Этот вопрос стал одной из тем, которые обсуждались на «Оксфордском международном симпозиуме по критическим общественным проблемам» в августе 2014 г.¹, на который мы были приглашены. Пока что наука неспособна ответить ни на этот вопрос, ни на другие жизненно важные вопросы. Это совершенно очевидно! Приведем лишь одно, но весьма красноречивое признание. Оно содержится в письме Лондонской школы экономики (LSE) Королеве Елизавете II от 02.09.2009, которая спросила: «Почему никто не заметил приближения кредитного кризиса?» «Британская Академия собрала форум 17 июня 2009 г., чтобы обсудить ваш вопрос, пригласив на него большое число экспертов от бизнеса, Сити, регуляторов, академии и правительства. Это письмо резюмирует мнения участников и факторов, которые они упоминали в ходе нашей дискуссии, и мы надеемся, что оно ответит на ваш вопрос. Многие люди предвидели кризис. Однако точную форму, которую он примет, время его возникновения и жестокость не была предсказана никем. Что важно в таких обстоятельствах, это не только предсказать природу проблемы, но также и время. И при этом найти волю к действию и уверенность, что регуляторы имеют в своих руках силу и нужные инструменты, чтобы справиться с проблемой. Было много предупреждений о дисбалансах финансовых рынков и глобальной экономики. Например, Банк международных расчетов неоднократно вы-

¹ www.oxfordroundtable.com

ражал опасения, что финансовые рынки могут неверно представлять себе риски. Наш собственный Банк Англии давал множество предупреждений об этом в своих полугодовых отчетах по Финансовой Стабильности. Риск-менеджмент являлся важной частью финансовых рынков. Один из наших крупнейших банков, сейчас почти полностью национализированный, как известно, имел 4000 риск-менеджеров. Но сложность была в том, чтобы увидеть риски для системы в целом, а не для определенного финансового инструмента или займа. С привлечением лучших математиков у нас в стране и за рубежом подсчет рисков часто разделялся на части в зависимости от отрасли. Но они быстро теряли из виду всю картину в целом. Многие также были озабочены дисбалансами в глобальной экономике, ... многие были уверены в том, что банки знают, что делают. Они верили, что финансовые гении нашли новые и более умные пути управления рисками. На самом деле, некоторые заявляли, что они настолько размыслили риски по спектру новых финансовых инструментов, что почти полностью избавились от них. ... Люди доверяли банкам, чьи советы директоров и топ-менеджмент были собраны из наиболее талантливых людей по всему миру, а почетные директора имели внушительный послужной список работы в общественной и политической жизни. Никто не хотел верить, что их суждения могут быть ошибочными, или что они неспособны компетентно и досконально взвесить риски в своих организациях. Поколение банкиров и финансистов вводило в заблуждение себя, а также тех, кто считал, что они устанавливали стандарты для развитых экономик. ... Так где же была проблема? Казалось, что все делают свою работу точно в соответствии со своими обязанностями. И в соответствии со стандартной мерой успеха, часто делали ее хорошо. Упущением было не увидеть, как все вместе это объединяется в серию взаимосвязанных дисбалансов, по которым ни у одной стороны среди регуляторов не было полномочий. Это, соединившись со стадной психологией и мантрами финансовых и политических гуру, создало опасную смесь»¹.

¹ www.fxteam.ru/forex/obzor-finansovoi-pressy/15742.html&Printable

Из сказанного следует, что первопричина кризиса в отсутствии понимания природы проблемы и подходящих инструментов. Теория РСП способна объяснить природу не только нынешних, но также и надвигающихся проблем и позволяет создавать инструменты для их решения!

Что может дать теория РСП для достижения социальной справедливости, идеи которой разрабатывались с древнейших времен? Ведь о социальной справедливости говорили еще древние греки и первые христиане. Социалистические учения, начиная с Томаса Мора, создавались именно с целью добиться социальной справедливости. Великая французская революция и Великая октябрьская социалистическая революция в России, вдохновлялись идеями социальной справедливости и беспрецедентно сильно повлияли на ход мировой истории. «Я дал республике главное — справедливые законы, и ни одна страна мира не имела подобных. В Тюильри я собрал цвет мысли Франции, мы работали над Гражданским кодексом по десять часов ежедневно ... Запомните — сказал Наполеон Бонапарт — мой Кодекс я ценю больше, чем все свои победы! Но слава моя не сводится к сорока выигранным битвам. И даже если Ватерлоо перечеркнет их, мой Гражданский кодекс пребудет вовеки. Он собрал воедино плоды великой революции, в нем идеи великих философов. И главное: собственность объявляется священной. Ибо в стране, где правит собственность, — правят законы, а в стране, где правят неимущие, — правят законы природы»¹.

В рамках политических и экономических учений удалось сформулировать идеалы социальной справедливости. Одним из таких идеалов является принцип: «От каждого по способностям, каждому по труду». Этот принцип стал основополагающим для строительства социализма в СССР и странах социалистического содружества.

Сегодня мы знаем, что ни собственность, ни планирование, ни свободный рынок не позволили реализовать идеал

¹ Радзинский Э. Сочинения в семи томах. Т. 7. — М.: Вагриус, 2003. — С. 372.

социальной справедливости на практике. Вместе с тем из теории РСР следует, что необходимым и достаточным условием достижения названного идеала социальной справедливости является осуществление таких мер управления экономикой, при которых для всех классов капитала обеспечивается примерно равный уровень средней удельной доходности с учетом риска. Это следует из теорем о рынке (§ 3.2) и целей государственного управления (§ 2.5). Теория РСР объясняет, почему это так и позволяет создавать необходимые инструменты, а именно: информационные системы управления перетоком капитала (§ 5.1) и переключения с рыночного механизма на плановый (§ 2.4.2). В этих информационных системах критерием управления является именно социальная справедливость.

Сделавшись критерием управления экономикой, социальная справедливость непременно войдет в противоречие с ныне действующим критерием, т.е. с экономической эффективностью. Это противоречие не является тотальным и глобальным. Как раз наоборот: признание экономической эффективности тотальным и глобальным критерием приводит к неминуемому краху. В определенных сферах деятельности, в определенных регионах, в определенные периоды времени для достижения социальной справедливости придется пожертвовать экономической эффективностью. Это, казалось бы, входит в прямое противоречие с наблюдаемыми тенденциями, которые только усиливают несправедливость. В статье чл.-корр. РАН И.Г. Пospelова высказывается мнение, «... что случился совсем не тот кризис, какого ждали! Все ожидали кризиса возможностей (исчерпания ресурсов), а случился кризис потребностей (исчерпание стимулов к росту). Экономика «золотого миллиарда» физически расти может, но не хочет. При этом виртуальная экономика оказалась устойчивее реальной — продовольствие, топливо, металлы, золото оказались избыточными и потеряли в цене гораздо больше, чем услуги и информация. Даже в финансовой области рухнуло то, что испокон веков считалось самым надежным вложением — ипотека, т. е. кредит реальному лицу под реальный залог, а, например, кредиты на раскрутку сайтов с

рекламой пока что выплачиваются. Чем дальше в технологической цепочке от базовых отраслей находится производство, тем меньше оно страдает от кризиса»¹.

Все это хорошо объясняют теоремы 3 и 4 (§ 3.2). Согласно теоремам, сектора экономики разделяются по доходностям с учетом риска. При этом, доходности отрываются от трудозатрат и других факторов, привязываются к объемам (капитализации). Возникает самоусиливающийся тренд: рост объемов снижает риски, а снижение рисков приводит к росту объемов. Поскольку рост объемов одних классов капитала осуществляется за счет снижения объемов других, то возникают и нарастают диспропорции. Капитал, дальше других стоящий в технологической цепочке от базовых отраслей производства, имеет короткий цикл оборота, большую мобильность. Поэтому он возрастает быстрее, становится центром концентрации и самым большим по совокупному объему. Именно поэтому «...ни монетарное, ни кейнсианское стимулирование не открыли нового «мотора» в экономике США, такого, какими были автомобили в 1920-х, дороги и дома в 1930-х, самолеты в 1950-х, ЭВМ в 1960-х, ракеты в 1970-х, персональные компьютеры в 1980-х, телекоммуникации в 1990-х годах»². Добавим от себя, что не открыли «нового мотора» и новые методы хеджирования («размазывания рисков»), за которые в 1994 г. Р. Мертон и М. Шоулз получили Нобелевскую премию. Они создали фонд Long-Term Capital Management (LTCM) с новой схемой хеджирования. Рост прибыли был 40% в год в течение 4-х лет. Но в 1998 г. случился обвал: при собственном капитале в \$4,7 млрд, долг составил \$125 млрд и еще \$1 трлн по дериватам³.

Социум, как и живой организм, является целостной, комплексной системой, где все взаимосвязано и взаимно обусловлено. Любой отдельно взятый фактор, если он действует достаточно сильно, способен изменить все аспекты жизни социума: экономику, психологию, образ жизни. Фактором,

¹ Поспелов И.Г. Особенности современного мирового кризиса // Экономика и жизнь. – 2010. – № 3. <http://elementy.ru/lib/431082>

² Там же.

³ <http://murphy.wallst.ru/lcsm.htm>

который в самой ближайшей исторической перспективе сильно повлияет на жизнь социума является численность населения. Очевидно, что при достаточной рождаемости и ограниченной смертности численность любой популяции (не только человеческой) неограниченно возрастает. С 60-х годов XIX века, после работ Т. Мальтуса, принято считать, что ограничением для роста численности населения станет нехватка продовольствия и иных ресурсов. Анализ доступных данных привел ряд авторов¹ к выводу, что население возрастает по гиперболическому закону. Этот закон означает все ускоряющееся неограниченное по величине возрастание численности к определённом моменту времени. За конечный и по историческим масштабам весьма небольшой промежуток времени численность обращается в бесконечность. Разные исследователи дают слегка отличающиеся оценки для этого момента от 2026 до 2030 года. В частности, в 1960 г. австрийский физик и математик Х. Ферстер опубликовал статью под броским названием «Судный день Пятница 13 ноября 2026 г.»². Поэтому в ближайшей исторической перспективе эта тенденция должна кардинально измениться. Уже сегодня можно видеть признаки перемен.

Принципиально новый взгляд на эту проблему дали исследования Б.И. Седунова³, который установил, что гиперболический закон связан с постоянством на протяжении последних тысячелетий важной экономической категории — трудоёмкости удвоения экологической ниши, доступной Человечеству при определённом уровне развития технологий жизнеобеспечения. Под трудоёмкостью удвоения экологической ниши, понимается сумма технологий, которыми располагает человечество в данный исторический момент и которая определяет продолжительность периода времени,

¹ <http://www.delphis.ru/journal/article/rost-narodonaseleniya-v-modeli-s-reinkarnatsiei>

² Foerster, H. von, P. Mora, and L. Amiot Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. At this date human population will approach infinity if it grows as it has grown in the last two millennia // Science. — 1960. — № 132. — С. 1291–1295.

³ <http://www.hyperlinker.com/spg/bs1.pdf>

необходимого для удвоения доступных ресурсов. При этом «доступность» связана не только с объективным запасом ресурсов, но и с человеческими потребностями, растущими по мере развития общества. Наблюдаемое отклонение от гиперболического закона в последние десятилетия он объясняет быстрым ростом этого показателя, что должно найти и находит отражение в культуре, мировоззрении, социальных ожиданиях. Имеются наблюдения С.П. Капицы, что «нынешний кризис совпадает с беспрецедентным в истории человечества явлением: рост населения Земли замедляется без голодовок и эпидемий. Не исключено, что человечество переходит к нулевому росту и чисто «духовной» жизни. Конечно, не к той, что проповедовали моралисты. Просто совокупное материальное потребление стабилизируется, и человечество теряет интерес к внешнему миру, сосредоточиваясь на неисчерпаемых проблемах межличностных отношений. Как отмечал еще И.С. Шкловский в 1980 г., закономерный переход цивилизаций в «интравертную фазу» мог бы объяснить феномен «молчания космоса»¹, всё более странный, в свете последних открытий, показывающих, по-видимому, широкое распространение в космосе условий, подходящих для жизни»². Можно надеяться, что «интравертная фаза» станет самой длинной и самой благополучной фазой развития социума. Рано или поздно, социальная справедливость должна стать абсолютным императивом в политике, а информационные технологии управления РСП в экономике – средствами ее достижения. Общий вид экономики будущего мы постарались охарактеризовать в книге «Новые подходы в экономике» (§ 3.4 в [1]).

Знает ли Владимир Владимирович Путин о теории РСП? Наверное ничего не слышал! У него и без того хватает проблем. Но, то ли интуитивно, то ли из опыта и своих нравственных убеждений, он проводит политику так, как будто все знает. Он поступает правильно в том отношении, что

¹ Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. Изд. 5-е, перераб. – М.: Наука, 1980.

² Поспелов И.Г. Особенности современного мирового кризиса // Экономика и жизнь. – 2010. – № 3. <http://elementy.ru/lib/431082>

ставит во главу угла социальную защиту граждан и национальные интересы России, но не в ущерб партнерам, не для доминирования над ними, а для взаимной выгоды. Именно так, и только так, Россия возвышается до той исторической роли, которая предписана судьбой. В Евангелии от Матфея сказано: «Блаженны кроткие, ибо они наследуют Землю»¹.

Как бы хороша ни была теория, но если она не найдет практического применения в реальной, повседневной жизни — она обречена на забвение. В советские времена отношения науки и практики выражались словом «внедрение». В СССР научные результаты нужно было внедрять в жизнь. Слово «внедрение» имеет оттенок противоборства: внедрить — значит преодолеть отторжение среды, которой внедряемое представляется чужеродным, иногда болезненным и неприятным как заноза. Это преодоление опиралось на абстрактную, иногда наивную веру инициаторов проекта в его полезность для общества, на административный ресурс (без поддержки партийного руководства ни о каком внедрении не могло быть и речи), на жертвенность и «донкихотство» участников проекта. Эта наша история и наш отечественный опыт привели к тому, что наука стала невостребованной, «ушла в себя» и оторвалась от жизни.

Сейчас все иначе. Сегодня, чтобы менять мир, необходимо монетизировать идеи, т.е. превращать их в товары и учиться такие товары продавать. Если продажи пойдут удачно, то появится достаточное количество желающих продвигать в жизнь достойные того идеи. Однако умение продавать научную продукцию — особое и непростое искусство. Здесь есть много проблем. Одна из них в том, что существует высокая и не совсем честная конкуренция хороших научных продуктов с огромным количеством похожих, прекрасно упакованных пустышек. Вместе с тем научная продукция имеет и свои очевидные преимущества. В частности, теория РСП позволяет предоставлять такие товары и услуги, которые имеют существенно более высокое качество сравнительно с конкурирующими товарами и услугами, либо вовсе не

¹ http://azbyka.ru/dictionary/08/o_zapovedyah_blazhenstv-all.shtml

имеют аналогов. Например, основанная на теории РСР технология нормирования (глава 1 в [4]) является более гибкой, адаптивной и точной, чем известные методы нормирования, способы расчета оптимальных скидок промоутерам, согласованных с ценами (§ 6.1.2), насколько известно, вовсе не существует.

Привлечение методов и опыта, наработанных в инфобизнесе, для продажи наукоемкой продукции представляется очень перспективным и во всех отношениях полезным. «Как свой курс-тренинг-вебинар-лекцию-консалтинг или просто знания в чистом виде подать так, чтобы кому-то захотелось это купить. Это называется инфобизнесом – искусством упаковки и продажи информации. Превратить свои знания в источник дохода – это здорово!»¹. Товары и услуги, которые можно производить на основе теории РСР, это, в конечном итоге, знания. Наряду с абстрактными знаниями, такими, как утверждения теорем (глава 3), и методическими знаниями, такими, как способы управления перетоками капитала (§ 5.1) или способы диагностики экономических систем (§ 5.2), есть и вполне конкретные, представляющие интерес определенным физическим или юридическим лицам, в определенных условиях и в определенный момент времени. Например, торгующей организации интересно, какой размер торговой скидки установить промоутерам здесь и сейчас (§ 6.1.2); фирмам, предоставляющим услуги по хранению, нужно знать нормы запаса материала каждого маркосорта-размера с учетом сезонности и других условий (глава 1 в [4]); торговым организациям необходимо составлять маркетинговые планы продаж по каждой товарной группе на каждый следующий месяц (глава 3 в [3]).

Продавать можно все! Главное – найти подходящую целевую аудиторию и иметь правильный психологический настрой. Но, чтобы инфобизнес был успешен, надо еще учитывать, что создание товарных групп, организация продаж, сочетание платных и бесплатных продаж, презентация и подготовка товара или услуги зависят от того, на какой матема-

¹ <http://infobusiness2.ru/>

тической модели основан товар: равновесной, комбинаторной или комплексной. Обсуждению этих вопросов посвящен § 9.1. В § 9.2 сделан обзор товаров и услуг, которые можно производить, опираясь на математические модели, предложенные в данной книге, а также в книгах [3] и [4]. В частности, в § 9.2 представлена таблица, в которой для каждого товара и услуги указаны решаемые задачи (назначение товара или услуги), целевые аудитории, а также источник, где модель описана. Подготовка некоторых товаров не требует больших затрат средств и времени, может быть дешевой и достаточно массовой. Среди товаров и услуг есть обучающие игры и интеллектуальные игры. Наряду с этим есть такие товары и услуги, для производства которых необходимо выполнить значительный объем НИР и ОКР и которые могут стать предметами продаж только в перспективе. При весьма небольших затратах можно организовать оказание услуг в диалоге с сервером владельца инфобизнеса по расчету скидок промоутерам, цен, нормативов и др. за небольшую плату. Поскольку надежность оценок зависит от объема привлекаемой информации и вариантов диалога, то содержание услуги и ее цена могут варьироваться в значительных пределах.

Теория РСП гармонично вписывается в современную систему знаний из области экономики, математики, информационных технологий, кибернетики и др. В помощь изучающим теорию РСП и преподавателям в § 9.3 даны схемы связей основных разделов теории РСП с другими научными дисциплинами и указаны некоторые литературные источники.

Мы считаем, что главная задача теории РСП состоит в том, чтобы дать новое, современное видение экономики и ее роли в социуме, которое позволит реализовывать идеалы социальной справедливости, миновав ошибки и преступления, которыми сопровождалась многочисленная и разнообразная предшествующие попытки социалистического строительства. Это достаточно далекая перспектива и идеал, к которому следует стремиться, понимая, что горизонт удаляется по мере того, как к нему приближаешься. Нескончаемость процесса самосовершенствования социума подобна нескончаемости самосовершенствования человека.

Реально и успешно действующие политики ясно и четко видят содержание, масштаб и остроту проблем современной экономики и политики. В выступлении на 11-ой конференции дискуссионного клуба «Валдай» 24.10.2014 г. Владимир Владимирович Путин отметил, что тема дискуссии «Новые правила игры или игра без правил» «... очень точно описывает ту историческую развилку, на которой мы находимся. Выбор, который придется сделать всем нам ... смена мирового порядка — именно такого масштаба явление мы наблюдаем сегодня ... »¹.

Первостепенное значение имеет изучение основ теории РСП не только студентами экономических специальностей, но также и школьниками старших классов. Изучение теории РСП будет способствовать пониманию роли фундаментальной науки в жизни общества, иметь воспитательное и даже идеологическое значение. Идеология состоит в том, что теория дает понимание, а понимание переходит в убеждение, что у человечества существует принципиальная возможность и есть шанс построить светлое будущее, но только в том случае, если оно сумеет стать совестливым, нравственным и справедливым.

¹ <http://www.sarbc.ru/world/news/2014/10/24/200496/>

Глава 2

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Основные положения теории РСП сформулированы во 2-й главе в книге В.Е. Лихтенштейн, Г.В. Росс «Новые подходы в экономике» — М.: Финансы и статистика, 2013. Мы воспроизводим эту главу, добавив обобщенные математические формулировки Эволюционно-симулятивной модели (параграф 2.2.2), модели булевого программирования (параграф 2.2.4), а также делаем уточнения в параграфе 2.4, посвященном инструментам в экономике, связанные с тем, что подробному рассмотрению инструментов посвящены глава 5, 6 и 7.

2.1. Понятия

Мы ограничимся минимальным числом понятий, необходимых для того, чтобы можно было кратко, не вдаваясь в детали, изложить основные положения *Теории равновесных случайных процессов*.

2.1.1. Спрос, предложение, равновесие

Спрос

Понятия, упомянутые в заголовке этого параграфа, разъясняются во всех учебниках по экономике. Они взяты из самого фундамента классической теории экономики. Тем не менее, поскольку мы опираемся на эти понятия и они необходимы для полноты картины излагаемой теории, то дадим их краткое описание, следуя общепринятой традиции. Воспользуемся следующим определением:

Объём спроса – количество товара, которое готов приобрести покупатель по конкретной цене.

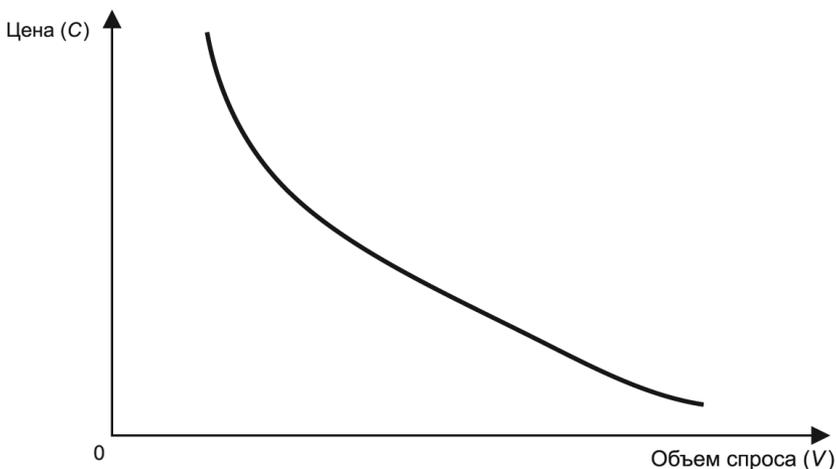


Рис. 2.1. Зависимость спроса на товар от его цены: чем выше цена, тем меньше спрос

На рис. 2.1 дано графическое представление функциональной зависимости объема спроса от цены. Эту зависимость в 1838 г. сформулировал А. Курно и назвал «математическим законом спроса». Курно установил, что если доходы и предпочтения потребителей постоянны, то объем спроса V тем меньше, чем выше цена товара C .

Смысл зависимости, показанной на рис. 2.1, достаточно очевиден. Например, если помидоры на городском рынке стоят по $C = 15$ руб./кг, то всего за 1 день купят $V = 500$ кг, а если продавцы этого рынка в среднем снизят цену до $C = 12$ руб./кг, то за 1 день в среднем у всех продавцов купят уже $V = 670$ кг.

Из этого общего правила есть два исключения. На некоторые товары бывает так называемый «парадоксальный спрос», когда покупают тем больше, чем товар дороже (бриллианты, очень дорогие авто). Это случаи расточительного потребления, при котором стараются продемонстрировать свое богатство и престижность. Другое исключение относится к очень бедным категориям населения, которые могут начать экономить на покупке дешевых товаров, например продуктов питания, чтобы накопить деньги на покупку чего-то

подороже. Однако для подавляющего большинства товаров выполняется зависимость, показанная на рис. 2.1, которую принято называть *кривой спроса*.

Предложение

Понятие «предложение» в экономике используется для отражения поведения товаропроизводителя на рынке, его готовности произвести (предложить) определенное количество товара за определённый период времени при определенных условиях. Дадим следующее определение:

Объём предложения – количество товара, которое готов предложить товаропроизводитель (поставщик) по конкретной цене.

Функция, отражающая зависимость объема предложения от цены, в отличие от функции зависимости объема спроса от цены, получена путем обобщения экспериментальных наблюдений рынка.

Она указывает на то, что чем дороже товар, тем большее его количество готов поставить производитель. Эта функция

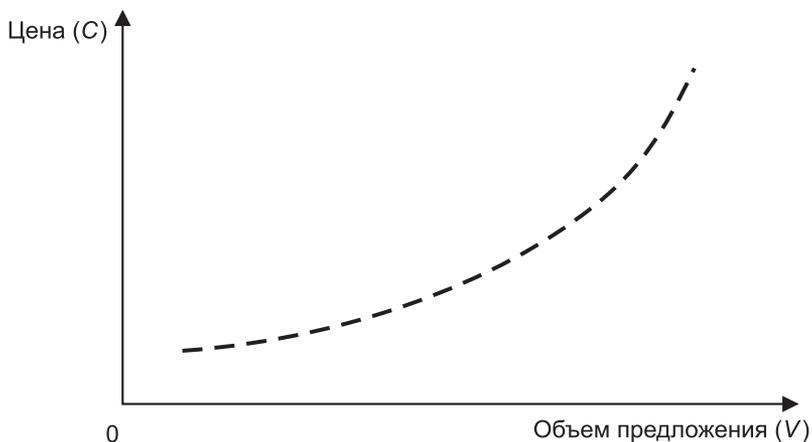


Рис. 2.2. Зависимость предложения товар от его цены: чем выше цена, тем больше предложение

изображается в тех же координатах, что и кривая спроса и называется *кривой предложения*. Она показана на рис. 2.2. Кривая предложения, в отличие от кривой спроса, возрастает.

Такой вид кривой предложения обусловлен тем, что повышение цены дает производителю дополнительную прибыль, часть которой он может и заинтересован использовать для расширения предложения. Если высокие цены удерживаются достаточно долго, то производитель может наращивать производственные мощности. Если цены повышаются ненадолго, производитель может мобилизовать некоторые ресурсы, не затрагивая мощностей. Например, если на городской рынок при цене на помидоры в $C = 15$ руб./кг продавцы в сумме в среднем привозят для продажи 500 кг, то в случае, если цена возрастет до $C = 18$ руб./кг, они привезут для продажи уже 650 кг. Для этого они могут привезти помидоры из более отдаленных мест, или закупить у более дорогих поставщиков, или частично перебрасывать с других городских рынков.

Равновесие

Кривые спроса и предложения дают возможность определить основополагающее для экономики понятие равновесия и объяснить действие механизма, благодаря которому равновесие устанавливается автоматически. Поскольку кривая спроса на рис. 2.1 изображена в тех же координатах, что и кривая предложения на рис. 2.2, то их можно наложить, как это сделано на рис. 2.3.

Отсюда вытекает следующее определение¹:

Рыночное равновесие – ситуация на рынке, когда спрос на товар равен его предложению.

Графически равновесие предстает в виде точки пересечения кривых спроса и предложения на рис. 2.3. Координата этой точки по горизонтали V_0 выражает *равновесный объем предложения* и, одновременно, *равновесный объем спроса*.

¹ http://ru.wikipedia.org/wiki/Экономическое_равновесие

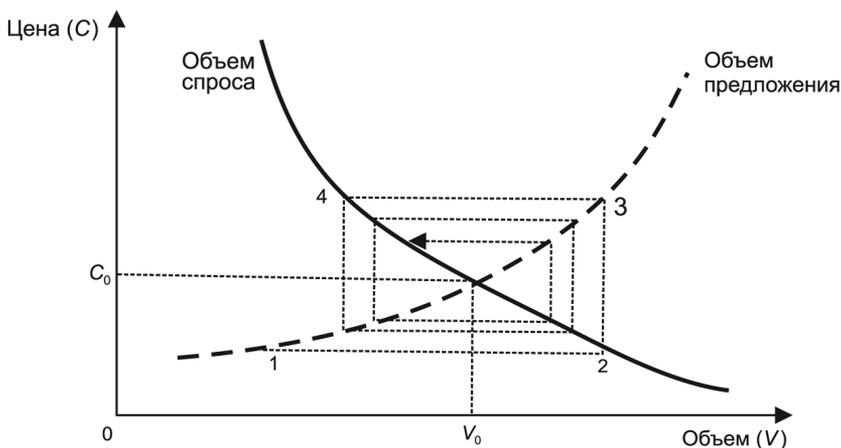


Рис. 2.3. Кривые спроса и предложения в общей системе координат. Равновесие достигается в точке пересечения кривых спроса и предложения. Равновесная цена C_0 и равновесный объем V_0 удовлетворяют как производителей, так и потребителей

А координата этой же точки по вертикали C_0 выражает *равновесную цену предложения* и *равновесную цену спроса*. Равновесные спрос, предложение и цена одинаково удовлетворяют как покупателей, так и поставщиков.

Понятия: спрос, предложение и равновесие являются основополагающими в современной теории рынка. Все остальные понятия, теоретические положения и вытекающие из них многочисленные практические методические приемы прямо или косвенно опираются на эти понятия.

Рис. 2.3 представляет собой так называемую паутинообразную модель рынка и позволяет пояснить действие механизма установления рыночного равновесия. Предположим, что некоторый набор поставщиков товара (будем продолжать пример с помидорами) привез на городской рынок 500 кг помидор и назначил среднюю цену 15 руб./кг. Эти объем и цена соответствуют точке 1 на кривой «Объем предложения» на рис. 2.3. В течение торгового дня выясняется, что при такой цене покупатели готовы взять 750 кг (точка 2 на кривой «Объем спроса»). Тогда на следующий день продавцы

привозят 750 кг, но увеличивают цену до 18 руб./кг (точка 3 на кривой «Объем предложения»). Выясняется, что по такой цене покупатели берут только 590 кг (точка 4 на кривой «Объем спроса») и т.д. В результате возникает колебательный процесс с уменьшающейся амплитудой, который сходится к точке равновесия.

2.1.2. Риск завышения, риск занижения, равновесие рисков

Поведение поставщика товара (он же может быть и производителем) в условиях рынка связано с риском. Поставщик должен заготовить товар, доставить его и потратить на это определенные средства. Только после того, как эти затраты уже сделаны, поставщик начинает реализовывать товар. Тут выясняется, что объем реализации и цена от самого поставщика мало зависят. Сколько товара будет куплено, зависит от потенциальных покупателей, от наличия у них денег, от их предпочтений (может быть они захотят купить совсем другой товар или у конкурентов). Поэтому вполне может оказаться, что количество товара, которое заготовил поставщик, оказалось слишком большим. В результате часть товара останется нераспроданной, а это издержки поставщика.

Возможна и обратная ситуация, а именно такая, что поставщик заготовил мало товара. Покупатели готовы его брать, а товара недостаточно. Тогда поставщик упускает прибыль, теряет свою долю на рынке (покупатели берут этот товар у конкурентов). Это тоже издержки.

Обратимся к понятиям, с помощью которых обрисованную в общих чертах ситуацию, можно описать более точно и полно. Содержательный смысл понятий, которые мы хотим рассмотреть, удобнее всего разбирать на совершенно конкретном и предельно простом примере, не нагруженном лишними деталями. Продолжим очень удобный пример с помидорами. Предположим, что мы занимаемся таким бизнесом: покупаем у подмосковных хозяйств помидоры мелким оптом, привозим их на городской рынок и продаем в розницу.

План

Допустим, на завтра мы решили закупить 100 кг, которые и повезем на рынок. Обозначим эту величину через PL (от слова plan = план), назовем планом поставки или просто планом и дадим определение:

План (план поставки, PL) – количество товара, которое определенный поставщик намечает поставить на рынок в определенный период времени (плановый период).

В этом определении подразумевается, что в роли планового периода может быть принят любой будущий промежуток времени, а в роли поставщика – любой *экономический объект*. Итак, в нашем примере $PL = 100$ кг.

Факт

Фактический объем покупок обозначим Fa (от слова fact = факт). Fa – это ожидаемый спрос, который нам точно неизвестен. Только по прошествии торгового дня окончательно выяснится, сколько у нас реально купили или могли бы купить. Это конкретное значение спроса мы обозначим Fa^e . Может оказаться, что Fa^e будет равен 75 кг, а может оказаться, что у нас могли бы купить гораздо больше, скажем 195 кг. Тогда $Fa^e = 195$ кг, несмотря на то, что на самом деле у нас столько не купили.

Факт (ожидаемый спрос, Fa) – ожидаемый объем спроса на плановый период.

Когда мы намечаем себе план поставки PL , мы обязательно пытаемся как-то предугадать ожидаемый спрос Fa . Совершенно ясно, что если мы привезем 10 т помидор, то 90% не удастся продать и мы понесем большие убытки. Опытный продавец, постоянно работающий на одном месте, конечно знает примерные пределы возможных значений для Fa . Но предположим, что мы хотим занять торговую точку на другом городском рынке, где мы еще не работали. Как оценить Fa ? Один из простых и наиболее часто применяемых способов состоит в том, чтобы оценить ожидаемый спрос на основе факторов.

Предположим, например, что мы знаем, что новый городской рынок, на который мы хотим выйти, в день посещает около 1500 человек. Из всех посетителей примерно каждый 25-й покупает помидоры. В среднем на покупку он тратит по 50 руб. Мы знаем также, что на рынке уже есть 3 продавца помидоров, значит, к нам подойдет только каждый 4-й покупатель. Исходя из этого затраты всех покупателей на наши помидоры составят: $1500 * \frac{1}{25} * 50 * \frac{1}{4} = 750$ руб. Если продавать по 15 руб./кг (такова средняя цена на данном городском рынке), то можно продать: $Fa^e = 750/15 = 50$ кг.

Рассмотрим, каким способом мы получили оценку для Fa^e . Мы выделили следующие факторы:

- f_1 – количество посетителей рынка;
- f_2 – доля посетителей, покупающих помидоры;
- f_3 – количество денег, которые посетитель потратит на помидоры;
- f_4 – доля рынка, которую мы сможем занять с учетом наличия конкурентов.

Взяли *исходный показатель*, а именно цену помидор на рынке C . Составили формулу:

$$Fa^e = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 * \frac{1}{C}. \quad (2.1)$$

Оценили значения факторов, исходного показателя и выполнили расчет. Конечно, этот расчет чрезвычайно грубый. Однако с помощью предложенной нами *Эволюционно-симулятивной методологии* его легко можно сделать гораздо более точным и содержательным, выполняя, к тому же, в диалоге с компьютером определенную последовательность действий (см. п. 2.2.3). Но при всех обстоятельствах расчет обладает следующими неотъемлемыми свойствами:

- значения факторов, которые мы оцениваем, относятся к будущему и от нас непосредственно не зависят. Мы не можем, например, сказать, что завтра на рынок придет ровно 1321 человек. Оценки факторов непременно содержат неопределенность. В лучшем случае мы можем предположить, что если завтра воскресный или праздничный день, то при-

дет не менее 1100 человек и не более 1700 человек. В пределах этого интервала фактор может принять любое значение с той или иной *вероятностью*. Такие величины в математике называют *случайными величинами*;

– исходные показатели в той или иной степени зависят от нас. В частности, цену мы можем назначить сами (другое дело, будут ли у нас покупать по этой цене и сколько). Исходный показатель является *условно постоянной величиной* в том смысле, что в момент расчета мы придаем исходному показателю определенное значение. Потом мы можем поменять значение и повторить расчет;

– поскольку согласно формуле (2.1) ожидаемый спрос Fa зависит от случайных величин (*факторов*), то и сам он является случайной величиной, то есть величиной, которая может принимать разные значения с разными вероятностями.

Риск занижения

Теперь обратимся к расчету рисков поставщика. Что будет, если мы запланируем привезти на рынок 100 кг помидор, все продадим, у нас будут спрашивать еще, а мы не сможем ничего предложить. Допустим, покупатели были готовы купить еще 50 кг (кроме уже проданных 100 кг.). Предположим, что мы закупаем оптом помидоры у фермеров по 10 руб. Кроме того, мы тратимся на бензин при доставке помидор, имеем накладные расходы и др. С учетом всех этих расходов себестоимость (обозначим S) 1 кг помидор у нас составляет $S = 12$ руб./кг. А продаем мы помидоры по цене $C = 15$ руб./кг. Всего мы могли бы продать 150 кг, продали только 100 кг. Упущенная прибыль является для нас *издержками занижения* плана и составляет: $(15 - 12) * (150 - 100) = 150$ руб. Формула, по которой мы рассчитали издержки занижения, имеет вид:

$$\text{Издержки занижения} = (C - S) * (Fa^e - PL). \quad (2.2)$$

В общем случае справедливо следующее определение:

Издержки занижения – издержки, возникающие в ситуации, когда план поставки оказался меньше спроса ($PL < Fa^e$) и вследствие того, что план меньше спроса.

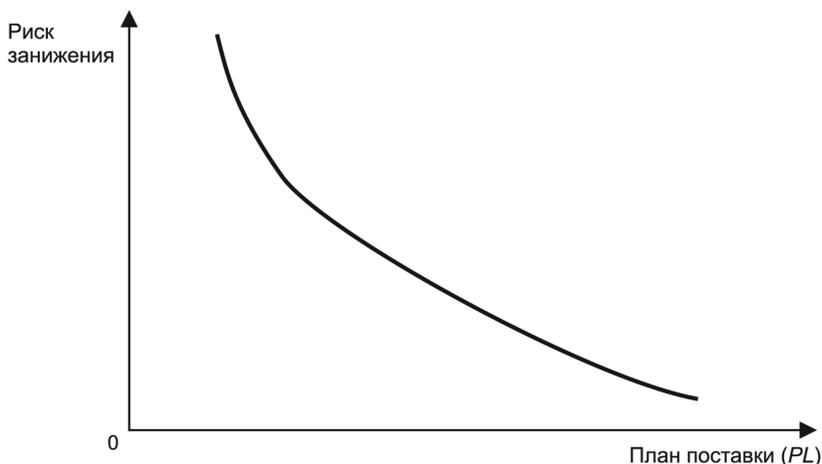


Рис. 2.4. Зависимость риска занижения от плана поставки: чем больше план поставки (PL), тем меньше риск занижения

Для любого плана поставки PL и любого объема спроса Fa^e мы можем по формуле (2.2) рассчитать величину *издержек занижения*. Если мы зафиксируем PL и с помощью формулы (2.1) много раз будем вычислять Fa^e при разных допустимых сочетаниях значений факторов, каждый раз выбирать только те значения Fa^e , когда получилось $PL < Fa^e$, подставлять эти значения в формулу (2.2) и вычислять по ней¹, то у нас получится список значений *издержек занижения*. Мы можем сделать этот список достаточно длинным (современные компьютеры снимают все вычислительные проблемы) и взять среднюю величину. Это и будет *риск занижения*. В общем случае:

Риск занижения – математическое ожидание издержек занижения.

Заметим, что *издержки занижения* и *риск занижения* измеряются в рублях. Чем больше план поставки PL , тем меньше риск занижения. Это вполне понятно. Если мы поставим на рынок 120 кг, а не 100 кг, то неудовлетворенных покупателей

¹ Это принято называть статистическим испытанием.

окажется меньше. Их никак не может оказаться больше. Из формулы (2.2) видно, что с увеличением PL издержки занижения снижаются. А при расчете риска к этому еще добавляется и снижение вероятности того, что будут необслуженные покупатели. Эту особенность риска занижения отражает рис. 2.4.

Можно видеть, что график на рис. 2.4 аналогичен графику зависимости спроса от цены, показанному на рис. 2.1. Эта аналогия не случайна и имеет большое значение. График на рис. 2.4 называется *кривой риска занижения*.

Риск завышения

Обратимся далее к ситуации, когда $PL > Fa^e$, то есть когда выяснилось, что не весь привезенный на рынок товар распродан. Что будет, если мы запланируем привезти на рынок 100 кг помидор, а сумеем продать только 70 кг? Какая-то часть не проданных помидор, например 1/10-я, пропадет.

Издержки составят: $0,1 * (100 - 70) * 12 = 36$ руб. Формула, по которой мы рассчитали эти издержки, имеет вид:

$$\text{Издержки завышения} = q * (PL - Fa^e) * S, \quad (2.3)$$

где $q = 0,1$ доля пропавших помидор из числа непроданных.

В общем случае справедливо следующее определение:

Издержки завышения – издержки, возникающие в ситуации, когда план поставки оказался больше спроса ($PL > Fa^e$) и вследствие того, что план больше спроса.

Формула (2.3), подобно формуле (2.2), для любого плана поставки PL и любого объема спроса Fa^e позволяет рассчитать величину *издержек завышения* (если, конечно, $PL > Fa^e$). Тем же способом, что для *издержек занижения* мы можем и в данном случае рассчитать средние ожидаемые *издержки завышения* для любого плана поставок PL . Это будет *риск завышения*. Все издержки и риски измеряются в рублях. В общем случае:

Риск завышения – математическое ожидание издержек завышения.

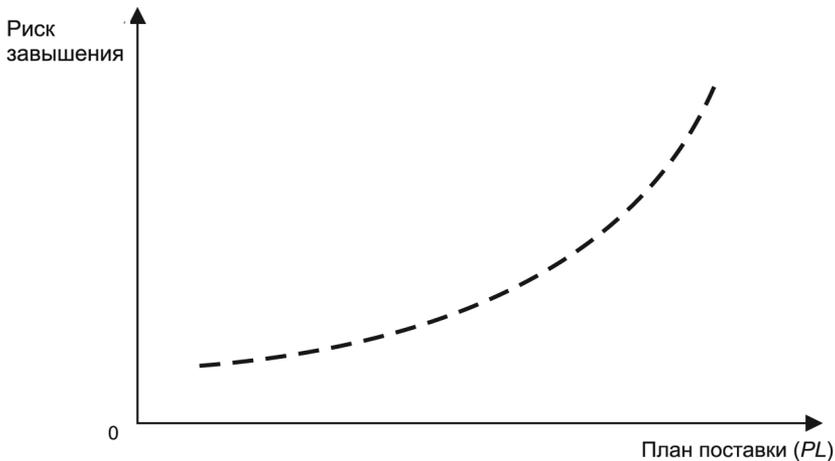


Рис. 2.5. Зависимость риска завышения от плана поставки: чем больше план поставки (PL), тем больше риск завышения

Кривая зависимости *риска завышения* от плана поставки показана на рис. 2.5. Она подобна кривой зависимости *объема предложения* от цены, показанной на рис. 2.2. Это видно из сравнения этих рисунков: чем больше план поставки PL , тем вероятнее, что он не будет выполнен, то есть что не все удастся реализовать. Одновременно, чем больше PL , тем большее количество товара, скорее всего, не будет реализовано. График на рис. 2.5 называется *кривой риска завышения*.

Равновесие рисков

Поскольку кривая *риска занижения* на рис. 2.4 и кривая *риска завышения* на рис. 2.5 изображены в общей системе координат, то мы их можем наложить друг на друга подобно тому, как мы сделали с кривыми спроса и предложения. Наложение кривых рисков показано на рис. 2.6. Этот рисунок позволяет ввести понятие *равновесного (оптимального) плана поставки*, а именно такого плана PL^0 , при котором выполняется условие:

$$\text{Риск завышения} = \text{Риск занижения}.$$

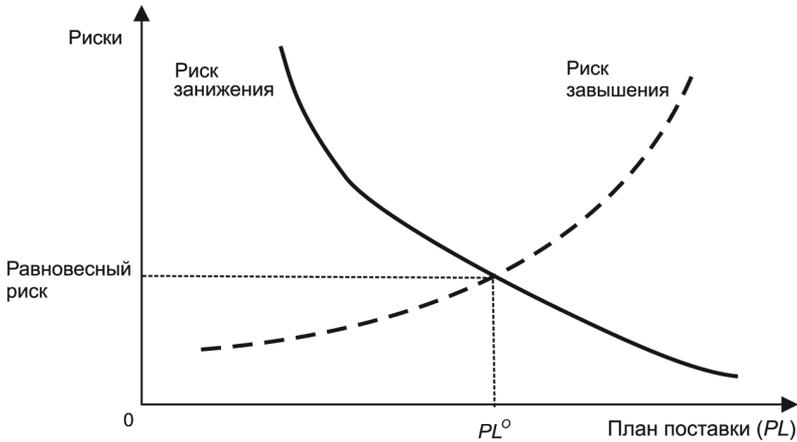


Рис. 2.6. Кривые риска завышения и риска занижения в общей системе координат. Равновесие достигается в точке пересечения кривых рисков. Равновесный (оптимальный) план поставки PL^0 уравнивает риски

Оптимальный план поставки PL^0 является координатой по горизонтали точки пересечения кривых *риска завышения* и *риска занижения* на рис. 2.6. Именно это количество и следует поставлять на рынок. Исходя из сказанного, дадим следующие определения:

Равновесие рисков – ситуация при планировании, когда риск завышения равен риску занижения.

Оптимальный план поставки – план поставки, уравнивающий риск завышения и риск занижения.

2.1.3. Надежность, Завышение/Занижение, Равновесный случайный процесс

Надежность

Мы уже отмечали, что ожидаемый на планируемый период спрос Fa является случайной величиной. Нам не удастся обойтись без того, чтобы воспользоваться математическим понятием закона распределения вероятностей значений случайной величины. Но мы не будем копать глубоко. Вполне

достаточно понять смысл графика закона распределения вероятностей значений, показанного на рис. 2.7. Сравним вероятности двух величин спроса: $Fa_{min} = 10$ кг и $Fa_{max} = 250$ кг. Если мы на рынке регулярно продаем около 100 кг помидор, то вероятность, что мы продадим всего только 10 кг или даже меньше очень мала. Скорее всего, мы продадим гораздо больше. На рис. 2.7 эта вероятность отмечена как P_{min} . Мы видим, что эта величина находится близко к 0. Вместе с тем, также понятно, что сколько бы мы ни привезли товара, даже если мы привезем тонну, мы почти наверняка продадим меньше, чем 250 кг (хотя и это в принципе не исключено). Эта вероятность отмечена как P_{max} и она близка к единице (больше единицы вероятность не бывает). График на рис. 2.7 показывает, с какой вероятностью та или иная конкретная величина спроса Fa^e не будет превзойдена. Чем больше Fa^e , тем больше вероятность, что она превзойдена не будет.

На рис. 2.7 можно также видеть, что любой план поставки PL имеет некоторую вероятность P , что план не будет выполнен. Иначе говоря, P есть вероятность того, что не весь запланированный объем PL удастся продать. Дополнительная

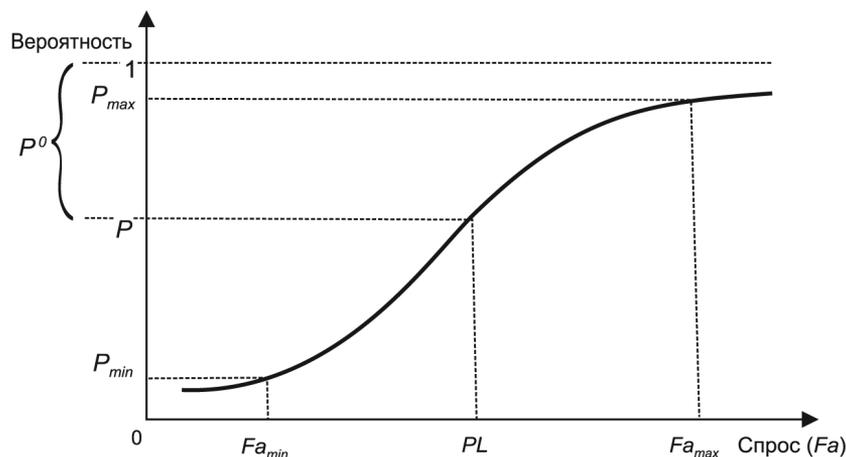


Рис. 2.7. Закон распределения вероятностей объема спроса Fa . Любому плану PL поставлена в соответствие вероятность P того, что он не будет выполнен, и надежность P^0 , что он будет выполнен или перевыполнен, то есть что спрос окажется больше плана

к этой вероятности величина $P^0 = 1 - P$ наоборот, выражает вероятность того, что план PL будет выполнен или перевыполнен. Эта величина называется *надежностью* плана. Например, если $PL = 100$ кг, то надежность P^0 этого плана есть вероятность того, что мы продадим все 100 кг и еще останется какой-то (большой или маленький, не важно) неудовлетворенный спрос. Можно дать следующее определение:

Надежность плана – вероятность того, что объем спроса окажется больше плана, то есть вероятность события $PL < Fa$.

Завышение/занижение

Кроме надежности, еще одной очень важной характеристикой оптимального плана поставки PL^0 является показатель «Завышение/Занижение» (З/З), смысл которого поясняет рис. 2.8.

На этом рисунке изображены те же кривые *риска завышения* и *риска занижения*, что и на рис. 2.6, но дополнительно показаны углы наклона кривых в той точке, где эти кривые пересекаются. Из рисунка видно, что всякое отступление от

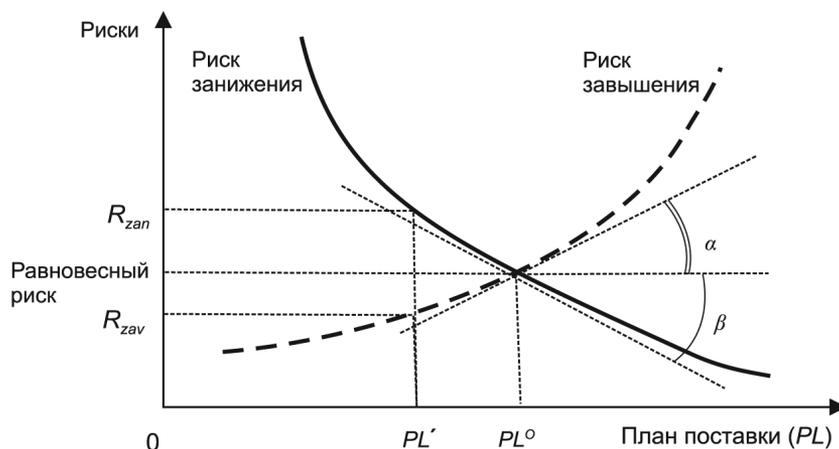


Рис. 2.8. Углы наклона кривых риска завышения и риска занижения в точке пересечения этих кривых α и β соответственно

оптимального плана поставки PL^0 приводит к увеличению одного из рисков. Например, если мы запланируем поставить на рынок товар в объеме PL' , который меньше PL^0 , то риск завышения R_{zav} для этого плана будет меньше равновесного риска, но риск занижения R_{zan} — станет больше равновесного риска. В таком случае нас будет интересовать только больший из рисков, а именно риск занижения R_{zan} (то, что риск завышения R_{zav} маленький, для нас значения не имеет).

Если мы отступим от оптимального плана поставки вправо, то есть примем план поставки больше оптимального, то риск завышения станет больше равновесного риска и именно он станет для нас значимой характеристикой плана. А то, что при этом риск занижения станет меньше, потеряет свое значение.

Выбирая план, мы ориентируемся на наибольшее из двух зол, стараясь уменьшить именно его (это так называемая минимаксная стратегия). В этом смысле план поставки, уравнивающий риски, и является оптимальным: он минимизирует больший из рисков завышения и занижения.

Угол α характеризует наклон кривой риска завышения. Он указывает на то, как сильно возрастет *риск завышения*, если мы отступим от оптимального плана поставки вправо, то есть поставим на рынок больше, чем PL^0 .

Угол β дает аналогичную, но как бы зеркальную, характеристику. Он выражает наклон кривой *риска занижения* и указывает на то, как сильно возрастет *риск занижения*, если мы отступим от оптимального плана поставки влево, то есть поставим на рынок меньше, чем PL^0 . Показатель «Завышение/Занижение» (З/З) является отношением этих углов наклона:

$$\text{Завышение} / \text{Занижение} = \frac{\angle \alpha}{\angle \beta}.$$

Завышение/Занижение — отношение угла наклона кривой риска завышения к углу наклона риска занижения для одного и того же плана PL.

Показатель *Завышение/Занижение* выражает сочетание рисков, при котором работает на рынке поставщик (произво-

дитель) товара. Это важнейшая характеристика условий его работы. Предположим, что *Завышение/Занижение* = 0,1. Это значит, что поставить на рынок товара на единицу меньше, чем PL^0 , в 10 раз менее рискованно, чем поставить на единицу больше. Такие условия могут сложиться у поставщика товара, если себестоимость производства низкая, цена высокая, если, кроме того, удастся законными или незаконными способами избегать налогов. Если мы продаем паленую водку, то для нас не поставить на рынок и поэтому не продать 1 бутылку значит потерять цену этой бутылки минус себестоимость. А себестоимость копеечная. Если же мы поставим лишнюю бутылку, но почему-то не сможем ее продать (что бывает редко), то потеряем копейки, затраченные на ее производство.

Предположим, далее что *Завышение/Занижение* = 10. Это значит, что поставить на рынок лишнюю единицу товара в 10 раз более рискованно, чем поставить на единицу меньше. Если товар дорогой и себестоимость составляет в цене очень большую часть, если высок налог на прибыль и мы честно его выплачиваем, скажем, производим наукоемкую продукцию, у которой очень невелика категория потенциальных покупателей, то, конечно, не проданная единица такой продукции приведет к потере небольшой прибыли. Зато произведенная, но не проданная единица продукции приведет к большим потерям в размере себестоимости.

Мы увидим в дальнейшем изложении, что показатель *Завышение/Занижение*, как и надежность P^0 , могут иметь много важных и полезных применений при создании новых *инструментов управления* экономикой.

Равновесный случайный процесс

В § 1.2.2 в [1] мы ввели понятия *рыночного механизма (РМ)* и *планового механизма (ПМ)*. В этой главе рассматривали понятия, описывающие поведение фирмы на рынке. Рынок, плановая система, фирма и еще многие другие системы имеют в своем поведении, как оказывается, нечто глубоко общее. Содержание этого общего раскрывает понятие *равновесного случайного процесса (РСП)*. Начнем с определения

этого понятия. Если кому-то данное определение покажется достаточно сложным, мы тут же дадим ряд пояснений, рассмотрим несколько примеров, и все станет совершенно ясным и однозначным.

Равновесный случайный процесс (РСП) – процесс, траектория которого в фазовом пространстве определяется сочетанием случайных факторов и управляющих воздействий, направление и сила которых определяется размером и направлением отклонения фактической траектории процесса от сглаженной.

Представим себе корабль, плывущий в океане. На корабль действует множество случайных факторов: ветер, подводные течения, волны. Все эти факторы с разной силой и в разных направлениях толкают корабль. Чем сильнее корабль отклоняется от заданного курса, тем сильнее рулевой поворачивает штурвал. В результате вырисовывается фактическая траектория движения корабля, которая отличается от идеально проложенного теоретического курса. Эта траектория является сглаженной, так как благодаря большой массе корабль почти не реагирует на мелкие толчки волн, кратковременные повороты штурвала и порывы ветра.

Координаты корабля в данном случае это координаты фазового пространства. В принципе, координаты фазового пространства могут быть составлены из любого набора параметров системы. Формально, мы можем, например, добавить в качестве параметров глубину погружения корабля, угол поворота штурвала, мгновенную отдаваемую мощность силовой установки и т.д. Смысл выбора того или иного набора параметров в качестве координат фазового пространства состоит в том, чтобы описать изменение состояния системы (в данном случае положения корабля в океане) в виде траектории.

Если бы корабль был легок как пушинка, то у него была бы ломаная фактическая траектория, представляющая собой линию, соединяющую точки в фазовом пространстве, соответствующие фактическим значениям параметров системы в определенные моменты времени. Т.е. время является еще одной координатой, которая подразумевается как само собой

очевидное и специально не оговариваемое обстоятельство. Сглаженная траектория, в отличие от фактической, может быть мыслимой и может иметь прогнозируемые значения.

Возьмем плановую систему, точнее говоря, *сектор рынка* под управлением ПМ. Выберем фазовые координаты: цена товара и объем реализации товара. Случайные факторы, действующие на эту систему – это: погодные условия, поломки оборудования, колебания качества товара и др. В плановой системе управляющие воздействия предусматриваются системой экономического стимулирования. С помощью контрольных цифр задается нужная траектория (подобно курсу корабля). Если точка в координатах «цена-объем реализации» отклоняется от контрольных цифр, то система стимулирования вырабатывает управляющие воздействия в виде штрафов и поощрений.

Рассмотрим теперь рыночную систему, а именно *сектор рынка* под управлением РМ. Выберем в качестве фазовых координат этой системы те же два параметра: цену товара и объем реализации товара. Случайные факторы, действующие на эту систему, это доходы потребителей, их предпочтения, модные увлечения и др. Если точка в координатах «цена – объем реализации» отклоняется от некоторой мыслимой

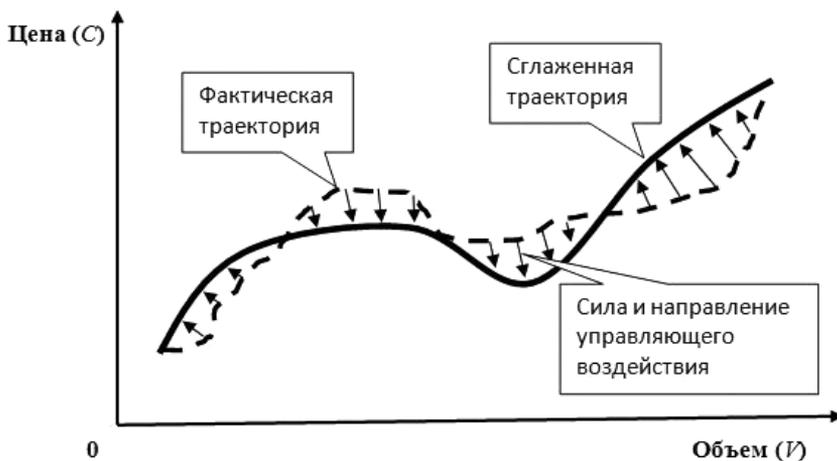


Рис. 2.9. Равновесный случайный процесс движения рыночной системы в фазовых координатах «цена – объем реализации»

траектории, то вырабатываются управляющие воздействия в виде сокращения или увеличения спроса, сокращения или увеличения предложения. Как поясняет рис. 2.3 в рыночной системе эти управляющие воздействия вырабатываются автоматически. В результате формируется некоторая траектория движения рыночной системы в фазовом пространстве «цена–объем реализации». Этот равновесный случайный процесс иллюстрирует рис. 2.9.

Пунктирной линией на рис. 2.9 показана фактическая траектория рыночной системы в фазовых координатах «цена – объем реализации». Жирной сплошной линией показана сглаженная траектория. А стрелки указывают силу и направление управляющего воздействия в виде изменения соотношения объемов спроса и предложения.

Этот же рисунок может иллюстрировать движение корабля. В этом случае фазовые координаты – это координаты географического расположения корабля, пунктирная линия – фактическая траектория, жирная линия – сглаженная траектория, стрелки – угол и направление поворота штурвала.

Вообще равновесные случайные процессы встречаются очень часто и повсеместно. Они возникают как в естественных, так и в искусственных системах, подверженных одновременно и случайным воздействиям и управлению: управление запасами, управление с помощью процентных ставок, вообще любое управление, основанное на нормировании; поддержание давления в нефте- и газопроводах; поддержание давления крови у человека и животных; экосистема с саморегуляцией численности и др.

2.2. Методологическая, математическая и программная реализация теории

2.2.1. Эволюционно-симулятивная методология

Эволюционно-симулятивная методология (ЭСМ) является универсальной методологией математического моделирования *равновесных случайных процессов (РСП)* любого типа.

Большинство наблюдаемых в экономике процессов (поведение фирмы на рынке, поведение рынка как целого, движение региона или государства, управление на основе планирования или нормирования и др.) принадлежат к числу РСП. Именно наличие в Природе равновесных случайных процессов и дает основание назвать ЭСМ методологией. Можно сказать, что ЭСМ это методология познания РСП¹.

ЭСМ включает универсальную, обобщенную (иногда говорят, структурную) формулировку математической модели, которая отражает основные отличительные свойства любого РСП, независимо от его конкретных особенностей: будь то корабль в море, рынок или управление запасами. Эта структурная формулировка называется *Эволюционно-симулятивной моделью* (та же аббревиатура – ЭСМ).

Эволюционно-симулятивная модель в качестве обязательных параметров включает: *план* (PL^0), *надежность* (P^0), *Завышение/Занижение* ($3/3$). Эти параметры являются *основными характеристиками* любого РСП, хотя содержательный смысл этих понятий в конкретной ситуации меняется радикально. Например, для корабля в море «план» – это его курс, а для фирмы «план» – это план поставки товара на рынок.

Эволюционно-симулятивная методология содержит также универсальные, независимые от особенностей конкретного РСП, алгоритмы, позволяющие рассчитывать перечисленные *основные характеристики*, а именно: PL^0 , P^0 и $3/3$. Главная польза *Эволюционно-симулятивной методологии* и главное ее назначение состоят именно в том, что для любого РСП методология позволяет рассчитать численные значения всех *основных характеристик*: PL^0 , P^0 и $3/3$, а также исследовать их взаимозависимость.

Возможность рассчитывать параметры какого-либо явления Природы или процесса имеет для науки и для практики огромное значение. Чтобы проиллюстрировать эту мысль, можно вспомнить непревзойденный по важности и красоте

¹ «Методология (от греч. μεθοδολογία – учение о способах; от др.-греч. μέθοδος из μέθ- + одос, букв. «путь вслед за чем-либо» и др.-греч. λόγος – мысль, причина) учение о методах, методиках, способах и средствах познания» <http://ru.wikipedia.org/wiki/Методология>

пример формулы Ньютона о притяжении тел (закон всемирного тяготения): сила притяжения F между телами массой m_1 и m_2 , разделенных расстоянием R , равна: $F = G * \frac{m_1 * m_2}{R^2}$, где $G = 6,67$ – гравитационная постоянная. Хотя сам факт притяжения был известен и до того, как Ньютон написал эту формулу. То, что Эволюционно-симулятивная методология позволяет рассчитывать PL^0 , P^0 и $3/3$ также важно для изучения РСП, как формула Ньютона важна для изучения тяготения, а то, что расчеты PL^0 , P^0 и $3/3$ согласуются с опытом, является экспериментальным доказательством правильности *Эволюционно-симулятивной методологии*.

Структурная формулировка и алгоритмы являются признаками, по которым *Эволюционно-симулятивную методологию* можно отнести к категории экономико-математических методов (ЭММ) и называть Эволюционно-симулятивным методом (снова аббревиатура – ЭСМ)¹.

Чтобы применить *Эволюционно-симулятивную методологию* для исследования конкретного РСП, необходимо детализировать структурную формулировку *Эволюционно-симулятивной модели* таким образом, чтобы учесть все необходимые особенности рассматриваемого процесса. Эту детализацию называют разработкой Эволюционно-симулятивной модели,

¹ «Метод (от др.-греч. μέθοδος – путь исследования или познания) – систематизированная совокупность шагов, действий, которые необходимо предпринять, чтобы решить определённую задачу или достичь определённой цели». См. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Метод> Впервые Эволюционно-симулятивный метод был предложен как метод планирования в работе: Лихтенштейн В.Е. ЭС-метод (эволюционно-симулятивный метод планирования). Секция «Оптимальное планирование и управление сельскохозяйственным производством» Научного Совета АН СССР «Оптимальное планирование и управление народным хозяйством». М.: Всесоюзный НИИ Кибернетики сельского хозяйства, 1970. 46 с. Идея состояла в том, чтобы объединить симулятивный метод, который тогда был в моде, и оптимизационный подход с помощью алгоритма направленного случайного поиска («эволюционного алгоритма»), о котором было известно из работ д.т.н., проф. Л.А. Растригина. Причем в первоначальной формулировке отсутствовала штрафная функция. Идею добавить штрафную функцию подсказал в то время к.э.н., а ныне д.э.н., проф. С.А. Смоляк.

имея, при этом, ввиду, что сама структурная формулировка не меняется, а раскрывается содержание входящих в ее состав основных элементов. Таких элементов 3, а именно: функция (или имитационная модель):

– отражающая влияние случайных факторов на РСП (простейшим примером является функция расчета спроса (2.1));

– позволяющая рассчитать силу управляющего воздействия на процесс при его отклонении в сторону занижения (пример – функция *издержек занижения* (2.2));

– позволяющая рассчитать силу управляющего воздействия на процесс при его отклонении в сторону завышения (пример – функция *издержек завышения* (2.3)).

Наличие 3-х перечисленных функций (или имитационных моделей) достаточно для того, чтобы применить алгоритмы *Эволюционно-симулятивной методологии* и рассчитать все *основные характеристики* РСП, а именно: PL^0 , P^0 и Z/Z .

Кроме того, *Эволюционно-симулятивная методология* позволяет:

– для любого заданного плана PL рассчитать его *надежность* и показатель *Завышение/Занижение*;

– для любого заданного показателя *Завышение/Занижение* рассчитать, каким будет *план* и какова будет его *надежность*;

– для любой *надежности* рассчитать, какими будут *план* и показатель *Завышение/Занижение*;

– исследовать влияние любого *фактора* и любого *исходного показателя* на *план*, *надежность* и показатель *Завышение/Занижение*;

– исследовать влияние любого *фактора* и любого *исходного показателя* на любой *расчетный показатель*, т.е. показатель, зависящий от *плана* и (или) от *надежности*, и (или) от показателя *Завышение/Занижение* (например, прибыль зависит от плана поставки).

Эволюционно-симулятивная методология позволяет исследовать поведение практически любого *экономического объекта*, поскольку оно является некоторым *равновесным случайным процессом*. Многочисленные примеры имеются в

наших книгах¹. В частности, разработаны модели финансового и реального секторов экономики, нормирования запасов, товарных рынков (например, рынка зерна) и многие другие.

Для построения системы государственного управления экономикой особенно большое значение имеет разработка в перспективе следующих основных видов моделей:

- секторов рынка;
- классов капитала;
- сфер деятельности;
- специфических экономических объектов;
- региональных экономик.

В каждом из этих видов имеется большое разнообразие и следует разрабатывать конкретные модели в связи с необходимостью решения практических задач государственного управления. В частности, существует бесчисленное множество секторов рынка. Это множество, в свою очередь, делится на классы, каждый из которых имеет неопределенно большое число составляющих: товарные рынки, рынки услуг, рынки ценных бумаг. Классы капитала не так многочисленны, но все-таки достаточно разнообразны. К сферам деятельности можно отнести: экологию, социальную защиту, оборону, образование, медицину, ремесла, театр и др. Среди специфических экономических объектов, которым государство вынуждено уделять особое внимание, можно назвать градообразующие предприятия, естественные монополии, группы предприятий, образующих монополию (т.е. в совокупности занимающие большую часть какого-либо сектора рынка). Под регионами мы подразумеваем не только регионы внутри страны, но и разнообразные межгосударственные союзы.

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. – М.: Финансы и статистика, 2008;

Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в решении прикладных экономических задач. – М.: Финансы и статистика, 2009.

2.2.2. Эволюционно-симулятивная модель

Далее будем предполагать, что имеется объект, порождающий равновесный случайный процесс (РСП), и мы хотим разработать Эволюционно-симулятивную модель, которая позволит для любого момента времени рассчитать основные характеристики РСП в предположении, что известны основные условия протекания процесса.

Внешние условия протекания РСП, а также каналы, посредством которых можно воздействовать на РСП, характеризуются факторами (случайными величинами) и исходными показателями (условно-постоянными величинами).

Характеристиками РСП мы называем параметры законов распределения вероятностей значений факторов и исходные показатели.

Основными характеристиками РСП мы называем величины PL^0 , P^0 и Z/Z , определяемые структурной формулировкой *эволюционно-симулятивной модели (ЭСМ)*.

Расчетными показателями будем считать показатели, зависящие хотя бы от одной из основных характеристик РСП.

Воздействие на РСП состоит в том, что имеется возможность в той или иной мере менять ту или иную характеристику РСП. В качестве критерия оптимальности для выбора воздействия применяется один из расчетных показателей. Отсюда возникает задача поиска оптимальных характеристик РСП, способ решения, которой предложен в § 4.2 и задача управления РСП, способ решения которой предложен в § 4.3.

Введем обозначения факторов и исходных показателей:

$\bar{f}_i, i = 1, \dots, I$ – факторы (случайные скалярные величины);

$\bar{f} = (f_1, \dots, f_I)$ – вектор факторов;

$p_j, j = 1, \dots, J$ – исходные показатели (условно-постоянные скалярные величины);

$\bar{p} = (p_1, \dots, p_J)$ – вектор исходных показателей.

Рассмотрим следующую систему соотношений:

$$Fa_1 = \rho_1(\bar{f}, \bar{p}) \quad (2.4)$$

$$Fa_2 = \rho_2(\bar{f}, \bar{p}) \quad (2.5)$$

$$\Psi_1(PL, Fa_1) = \rho_3(PL, Fa_1, \bar{f}, \bar{p}), \text{ если } PL > Fa_1, \quad (2.6)$$

$$\Psi_2(PL, Fa_2) = \rho_4(PL, Fa_2, \bar{f}, \bar{p}), \text{ если } PL > Fa_2, \quad (2.7)$$

$$\min_{PL} \left\{ \max_{L \in \{1,2\}} \{M\{\Psi_L(PL, Fa_L)\}\} \right\}, \quad (2.8)$$

$$\min_{PL} \{M\{\Psi_1(PL, Fa_1)\} + M\{\Psi_2(PL, Fa_2)\}\}, \quad (2.9)$$

$$P^0 = p(PL \geq Fa_1) \text{ или } P^0 = p(PL \geq Fa_2), \quad (2.10)$$

$$3/3 = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{M\{\Psi_1(PL + \Delta, Fa_1)\} - M\{\Psi_1(PL, Fa_1)\}}{M\{\Psi_2(PL, Fa_2)\} - M\{\Psi_2(PL + \Delta, Fa_2)\}} \quad (2.11)$$

$$r_k = \rho_{5k}(PL, P^0, 3/3, \bar{p}), k = 1, \dots, K, \quad (2.12)$$

где

$\rho_i(\bar{f}, \bar{p}), i = 1, \dots, 4; \rho_{5,k}(PL, P^0, 3/3, \bar{p}), k = 1, \dots, K$ – имитационные модели;
 Fa_1 и Fa_2 – параметры, характеризующие фактическую траекторию РСП;

PL – параметр, характеризующий сглаженную траекторию РСП (при этом PL, Fa_1 и Fa_2 – соизмеримые скалярные величины);

P^0 – надежность PL (отнесенная к одному или другому фактическому значению);

$\Psi_1(PL, Fa_1)$ и $\Psi_2(PL, Fa_2)$ – размер управляющего воздействия на РСП;

$3/3$ – отношение размеров управляющего воздействия при отклонении фактической траектории от сглаженной в ту или другую сторону;

M – знак математического ожидания;

$r_k, k = 1, \dots, K$ – расчетные показатели.

В соотношениях (2.4) – (2.12) предполагается, что не все аргументы обязательно присутствуют. В частности, в (2.4) и (2.5) может отсутствовать \bar{p} ; в (2.6) и (2.7) могут отсутствовать как \bar{f} , так и \bar{p} , кроме того PL, Fa_1 и Fa_2 могут присутствовать или отсутствовать в любом сочетании, обязательным яв-

ляется только присутствие неравенства $PL > Fa_1$ в (2.6) и неравенства $PL < Fa_2$ в (2.7).

Эволюционно-симулятивная модель (ЭСМ) определяет основные характеристики РСП, а именно: величины PL , P^0 и $Z/3$, и может иметь следующие эквивалентные варианты структурной формулировки:

- (2.4) – (2.8), (2.11), (2.12);
- (2.4) – (2.7), (2.9), (2.11), (2.12);
- (2.4) – (2.7), (2.10) – (2.12).

Простейшим примером эволюционно-симулятивной модели в варианте (2.4) – (2.8), (2.11), (2.12) является модель, в которой условия (2.4) – (2.5) представлены формулой (2.1), риск завышения (2.6) – формулой (2.3), а риск занижения (2.7) – формулой (2.2).

Предполагается, что вид закона распределения вероятностей каждого фактора известен. Введем обозначения, которые нам пригодятся при рассмотрении способов управления равновесным случайным процессом в 4-ой главе.

Пусть:

Z_i , – множество параметров закона распределения вероятностей значений фактора f_i ;

$$G = \left(\bigcup_{i=1}^I Z_i \right) \cup \left(\bigcup_{j=1}^J p_j \right) - \text{множество всех параметров всех}$$

факторов и всех исходных показателей;

$s \in G$ – один из параметров одного из факторов, либо один из исходных показателей, на который мы можем влиять (канал воздействия на РСП);

r_k – один из расчетных показателей (критерий оптимальности воздействия).

2.2.3. Инструментальная система Decision. Модуль Equilibrium

Авторами этой книги с помощью программистов¹ разработана инструментальная система *Decision* (решение). Эта система включает 2 модуля: *Equilibrium* (равновесие) и

¹ В работе принимали участие к.э.н. Д. Петров, к.э.н. М. Бич, Р. Кудрявцев.

Combinatorics (комбинаторика). Модуль *Equilibrium* является программной реализацией *Эволюционно-симулятивной методологии*. В частности, *Equilibrium* позволяет:

- программировать функции (или имитационные модели), отражающие влияние случайных факторов на РСП, позволяющие рассчитать силу управляющего воздействия на процесс при его отклонении в сторону занижения или завышения (например, запрограммировать функции (2.1.) – (2.3.));

- в режиме диалога рассчитывать *основные характеристики* РСП (PL^0 , P^0 и Z/Z); визуализировать графики рисков завышения и занижения; подбирать для заданного значения любой из *основных характеристик* два остальных; в разной форме вводить, редактировать и прогнозировать данные о *факторах* и *исходных показателях*;

- строить зависимости *основных характеристик* и *расчетных показателей* от *факторов* и *исходных показателей*.

Система *Decision* написана на языке Java, но имеет интерфейс, совмещенный с широко известной электронной таблицей Excel, что создает большие удобства в работе. В ближайшее время предполагается совместить *Decision* с программой

The screenshot shows the 'equilibrium client ru' application window. The main area is a spreadsheet titled 'ФОРМА 1: Прямой расчет'. The spreadsheet is organized into columns for 'Исходные данные', 'Исследование', and 'Результат оптимизационного расчета'. The 'Исследование' column is further divided into 'План' and 'Норматив'. The 'Результат' column is divided into 'Оптимум', 'Завышение/Занижение', and 'Норматив'. The 'Исходные данные' column lists various family and financial parameters with their units and values. The 'Исследование' column shows the 'План' and 'Норматив' values for each parameter. The 'Результат' column shows the 'Оптимум' value, the 'Завышение/Занижение' (excess/shortage) as a percentage of the plan, and the 'Норматив' (normative) value. The 'Исходные данные' column also includes a 'Количество факторов' (number of factors) of 8.00 and 'Расчетных показателей' (number of calculated indicators) of 2.00. The 'Исследование' column includes 'Степень влияния' (degree of influence) for 'План' and 'Норматив'. The 'Результат' column includes 'Прибыль' (profit) and 'Затраты' (expenses) in rubles. The 'Исходные данные' column includes 'Доля затрат на игрушки' (toy expenses share) and 'Доля конкурентов' (competitor share) in rubles. The 'Исследование' column includes 'Склонность к покупке' (purchase propensity) in rubles. The 'Результат' column includes 'Интервал' (interval) and 'Несопр. ности' (non-compatibility). The 'Исходные данные' column includes 'По договорам' (contracts) in rubles. The 'Исследование' column includes 'Варианты' (options), 'Риски' (risks), and 'Оптимум цены' (optimal price). The 'Результат' column includes 'План' (plan).

Исходные данные		Исследование		Результат оптимизационного расчета		Количество факторов				
№	Исходные показатели	Размерность	Значение	План	Норматив	Оптимум	Завышение/Занижение	Доли ед.	Норматив	Значение
1	Количество семей, min	Семей	13 000,00							8,00
2	Количество семей, max	Семей	15 000,00							3,00
3	С детьми до 7 лет, min	%	20,00							Расчетных показателей
4	С детьми до 7 лет, max	%	25,00							показателей
5	С средним и высоким доходом, min	%	25,00							2,00
6	С средним и высоким доходом, max	%	35,00							Знаков при расчете
7	Доход, min	руб/мес	35 000,00							плана и норматива
8	Доход, max	руб/мес	50 000,00							2,00
9	Доля затрат на игрушки, min	%	13,00							
10	Доля затрат на игрушки, max	%	15,00							
11	Склонность к покупке, min	доли ед.	0,70							
12	Склонность к покупке, max	доли ед.	0,90							
13	Доля конкурентов, min	%	35,00							
14	Доля конкурентов, max	%	100,00							
15	Цена конкурентов, min	Руб	2 300,00							
16	Цена конкурентов, max	Руб	2 500,00							
17	По договорам	Шт	15,00							

Рис. 2.10. Общий вид формы ввода исходных данных и результатов расчета параметров РСП при работе с модулем Equilibrium

фирмы IBM Rational Focal Point, что позволит использовать последнюю программу в качестве базы данных для *Decision* и предоставит дополнительные возможности для интерфейса.

На рис. 2.10 показан общий вид формы ввода и первичной обработки данных, а также вывода результатов оптимизационного расчета. На этом рисунке перечень *факторов* и *исходных показателей* в списке слева соответствует введенной в *Decision* *Эволюционно-симулятивной модели* фирмы, поставляющей на рынок детские велосипеды.

Каждый *фактор* представлен двумя значениями: минимальным и максимальным. В принципе, любой фактор можно задавать разными способами или прогнозировать в автоматизированном режиме. Исходные показатели: «Договора» (объем продаж по договорам), «Цена» и «Себестоимость» указаны одним числом. Это условно-постоянные величины.

Справа сверху представлены основные характеристики РСП: «Оптимум» (оптимальный *план продаж* PL^0), показатель «*Завышение/Занижение*» и «*Надежность*». При этом даются сразу два варианта *основных характеристик*: для случая, если они используются однократно (под заголовком «ПЛАН»), и для случая, если они используются многократно (под заголовком «НОРМАТИВ»). Расчетные показатели: «Прибыль» и «Затраты» показаны ниже.

На рис. 2.11 показаны графики кривых *риска завышения* и *риска занижения*, а также графики суммы рисков и разности рисков. Эти графики строятся автоматически¹. На рис. 2.12 показан график зависимости прибыли от цены, построенный в режиме диалога².

В процессе расчета с помощью *Эволюционно-симулятивного метода основных характеристик* РСП достигается еще один очень важный эффект — снижается погрешность.

¹ Для этого нужно выполнить в режиме диалога т.н. «Прямой расчет», т.е. расчет при заданной штрафной функции. См. Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение инструментальной системы *Decision* в микро- и макроэкономике. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 85–89.

² См. там же, «Построение зависимостей». — С. 110–115.



Рис. 2.11. Графики кривых риска завышения и риска занижения, суммы рисков и разности рисков, автоматически построенные в диалоге с Equilibrium

В 2.1.2 мы отмечали, что если подсчитать ожидаемый спрос Fa^e с помощью формулы (2.1), то поскольку мы не знаем точно, какие именно значения будут принимать факторы, погрешность этого расчета, которую обозначим ее Δ , очень велика. При неудачном сочетании значений факторов Fa^e может оказаться очень маленьким, а при удачном – очень большим. Например, если мы с помощью формулы (2.1) выяснили, что при неудачном стечении факторов (мало народу пришло на рынок, плохо берут помидоры, в основном берут у конкурентов) спрос может быть всего 10 кг помидоров, а при удачном (народу пришло много, помидоры берут хорошо и в основном у нас) – 350 кг помидоров (т.о. $\Delta = [10, 350]$), то никакой пользы в этих оценках нет.

Поскольку оптимальный план поставки PL^o удовлетворяет условию равновесия рисков (см. рис. 2.6), то он обладает гораздо меньшей погрешностью, которую обозначим δ .

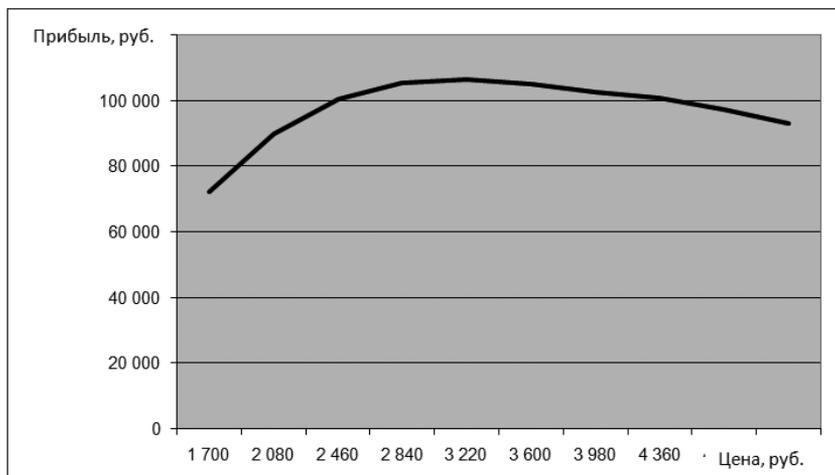


Рис. 2.12. График зависимости прибыли от цены, построенный в режиме диалога

Обычно, как показывает опыт, δ меньше, чем Δ в 10 или даже в 100 раз. Важность столь большого снижения погрешности поясняет рис. 2.13. На этом рисунке схематично изображена та же зависимость прибыли от цены, что и на рис. 2.12, и показаны обе погрешности δ и Δ . Толщина линии соответствует величине погрешности δ .

Из рис. 2.13 видно, что в пределах погрешности Δ мы просто не смогли бы увидеть зависимость прибыли от цены. Применение ЭСМ позволяет выявить эту зависимость. Это как бы применение микроскопа, с помощью которого мы можем разглядеть детали, которые не видны невооруженному глазу.

С применением *Эволюционно-симулятивного метода* и Decision выполнены многочисленные исследования по заказам государственных учреждений, крупных корпораций, банков, научных и учебных организаций, средних и мелких предприятий (Минфина России, Минсельхоза России, Корпорации Лукойл, Всероссийского заочного финансово-экономического института, Российского государственного гуманитарного университета, Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова и многих др.). На основе выполненных ис-

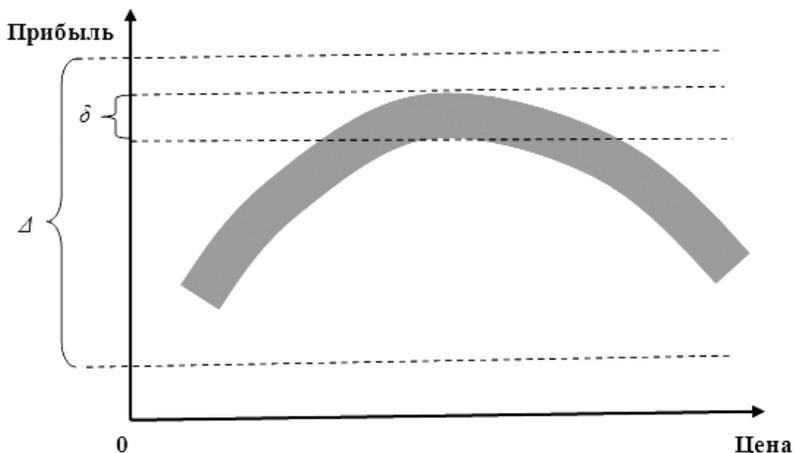


Рис. 2.13. Уменьшение исходной погрешности Δ в результате оптимизационного расчета в 10–100 раз до величины δ

следований успешно защищено примерно 30 диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

На основании Решения Международной Ассоциации Авторов Научных Открытий, членами которой являются 28 Лауреатов Нобелевской Премии, Президиум Российской Академии Естественных Наук признал *Decision* открытием (решение № 126 от 15.06.2000).

Система *Decision* защищена патентом (№ 2229741, приоритет от 30.09.2002).

Система *Decision* является лицензионно чистым продуктом (свидетельство № 2004612453, зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 3.11.2004; «Сервер Decision» свидетельство № 2012616348, зарегистрирован в реестре программ для ЭВМ 12.07.2012).

Сертификат соответствия № РОСИ.1013.1.643.С0109.0

Сообщение о *Decision* помещено на сайте высоких технологий России <http://www.rushightech.com>.

Информацию о *Decision* можно посмотреть на сайтах: <http://www.decision-online.ru/> и http://ru.wikipedia.org/wiki/Эволюционно_симулятивный_метод

2.2.4. Модель булева программирования

Характерными признаками любой задачи рассматриваемого нами класса является наличие:

- во-первых, исходной совокупности элементов (любой природы);
- во-вторых, набора показателей, характеризующих элементы и допускающих сложение (аддитивных);
- в-третьих, ограничений на допустимое совокупное значение некоторых показателей (ресурсные ограничения);
- в-четвертых, логических связей (ЛС) между элементами¹;
- в-пятых, наличие цели, выражающейся в совокупном значении одного из показателей, и требования достичь минимального, либо максимального значения одного из показателей.

Для формализации задачи предположим, что i – номер элемента исходной совокупности, присваиваемый по порядку и без повторений; N – общее число элементов: $i = \overline{1, N}$. Пусть каждый элемент i характеризуется набором из M показателей, и каждый показатель является аддитивным. Таким образом, элемент i характеризуется набором показателей $K_{i,j}, j = \overline{1, M}$, а исходная совокупность элементов, в целом, описывается набором показателей: $K_{i,j}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$, образующем матрицу $N \otimes M$.

Для того, чтобы найти способ математического выражения логических связей между элементами исходной совокупности, нам потребуются так называемые булевы переменные, то есть переменные, которые принимают только одно из двух значений: 0 или 1. Мы введем в рассмотрение N булевых пе-

¹ В математической логике используется термин логическая связка (логический оператор). Совокупность буквенных символов A, B, C, \dots и логических связок (\vee – «или», \wedge – «и» и т.д.) принято называть высказыванием. Термин «логическая связь», который мы употребляем, привязан к содержанию элементов исходной совокупности. Под «логической связью» мы понимаем логическую связку, отражающую некоторое техническое, технологическое или организационное условие сочетания элементов исходной совокупности.

ременных (по количеству исходных элементов). Обозначим булеву переменную через α_i , так что:

$$\alpha_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, i = \overline{1, N}.$$

С помощью алгебраических неравенств, связывающих булевы переменные, можно выразить логические связи. Логические связи изначально предстают в виде сочетания утверждений. Пусть P_i – пропозициональная переменная, значениями которой являются утверждения. Присвоим P_i единственное возможное значение, а именно $P_i =$ «Включить элемент номер i в искомую оптимальную выборку». Утверждение может быть истинным (*И*), если элемент номер i действительно включается в выборку, либо ложным (*Л*), в противном случае¹.

Ложность, либо истинность совокупности из 2-х утверждений, соединенных логической связью, устанавливается с помощью так называемых истинностных таблиц. Истинностные таблицы, для альтернативной дизъюнкции, импликации и логической связи типа: «Должен присутствовать хотя бы один из ...» представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Истинностные таблицы двузначной логики

P_1	P_2	$[P_1, P_2]$	$(P_1) \rightarrow (P_2)$	$\{P_1, P_2\}$
<i>И</i>	<i>И</i>	<i>Л</i>	<i>И</i>	<i>И</i>
<i>И</i>	<i>Л</i>	<i>И</i>	<i>И</i>	<i>И</i>
<i>Л</i>	<i>И</i>	<i>И</i>	<i>Л</i>	<i>И</i>
<i>Л</i>	<i>Л</i>	<i>И</i>	<i>И</i>	<i>Л</i>

При этом в табл. 2.1 приняты следующие правила записи логических связей: если утверждения взаимно друг друга исключают, то пропозициональные переменные перечис-

¹ Речь идет о двузначной логике, в которой каждое утверждение может быть либо истинным, либо ложным, а третьего не дано. Существуют, однако, многозначные логики и вероятностные логики.

ляются через запятую в квадратных скобках (альтернативная дизъюнкция); если истинность одного утверждения является необходимым условием для истинности другого утверждения, то они помещаются в круглые скобки и соединяются стрелкой (импликация); если хотя бы одно из утверждений непременно должно быть истинным, то пропозициональные переменные перечисляются через запятую в фигурных скобках¹.

Из 1-ой строки табл. 2.1 можно видеть, что если P_1 и P_2 оба истинны, то сложное предложение $[P_1, P_2]$ ложно, а сложные предложения $(P_1) \rightarrow (P_2)$ и $\{P_1, P_2\}$ – оба истинны. Альтернативная дизъюнкция $[P_1, P_2]$ ложна только тогда, когда оба предложения истинны. Импликация $(P_1) \rightarrow (P_2)$ ложна в случае если истинно P_2 при ложном P_1 . Импликация допускает истинность P_2 только в случае, если истинно P_1 . Логическая связь: $\{P_1, P_2\}$ ложна в случае, когда ложны оба утверждения: P_1 и P_2 .

Полный набор утверждений $P_i, i = \overline{1, M}$ заведомо ложен, так как все элементы не могут быть включены в оптимальную выборку из-за наличия ресурсных ограничений и логических связей.

Установим между истинностью утверждения P_i и значением булевой переменной α_i следующее взаимно однозначное соответствие: когда P_i истинно α_i равно единице, когда P_i ложно α_i равно нулю; наоборот, когда α_i равно единице P_i – истинно, когда α_i равно нулю P_i – ложно.

¹ В математической логике для обозначения логических операторов приняты следующие обозначения: \vee – «или», \wedge – «и», \rightarrow – «если...то...», \neg – «не» для построения выражений в исчислении высказываний. Форма записи, показанная в таблице 2.1, используется в «Combinatorics», так как эта форма лучше подходит для интерфейса. Необходимо также отметить, что для построения любой, сколь угодно сложной сети логических связей достаточно двух любых логических операторов, например, «и» и «не». При этом, однако, для описания технических, технологических или организационных условий пришлось бы строить очень длинные и сложные высказывания. Набор ЛС, показанный в таблице 2.1, наиболее удобен в практическом отношении. С помощью этого набора при описании практически любой хозяйственной ситуации можно обойтись набором высказываний, каждое из которых включает только один тип логических операторов.

С учетом этого альтернативную дизъюнкцию $[P_1, P_2]$ равносильно представить в виде неравенства: $\alpha_1 + \alpha_2 \leq 1$. Действительно, из неравенства видно, что α_1 и α_2 не могут одновременно быть равны 1. Другие сочетания значений переменных α_1 и α_2 допускаются. Это как раз соответствует условию, чтобы P_1 и P_2 не были истинны одновременно. Запись: $\sum_{i \in G_l} \alpha_i \leq 1, l = \overline{1, L}$ обобщает приведенное неравенство на случай, когда дизъюнкция связывает не два утверждения, а любой их набор, где G_l – номера элементов и, одновременно, номера утверждений. При этом не ограничивается и количество подобных сложных высказываний. Их может быть любое количество $l = 1, \dots, L$. Так, например, возможен следующий список логических условий подобного типа: $\alpha_1 + \alpha_2 \leq 1; \alpha_1 + \alpha_3 + \alpha_7 \leq 1; \alpha_{19} + \alpha_{21} \leq 1$.

Логическая связь $\{P_1, P_2\}$ эквивалентна неравенству $\alpha_1 + \alpha_2 \geq 1$. Действительно, неравенство не будет нарушено, если α_1 и α_2 не будут одновременно равны 0. В свою очередь, логическая связь не будет ложной, если P_1 и P_2 не ложны одновременно. Запись: $\sum_{i \in Q_e} \alpha_i \geq 1, e = \overline{1, E}$ учитывает возможность, что ЛС может связывать любой набор элементов, где Q_e – множество их номеров. Количество высказываний такого типа также не ограничено: их может быть произвольное число $e = 1, \dots, E$.

Обратимся к импликации. Нетрудно проверить, что логическая связь $(P_1) \rightarrow (P_2)$ эквивалентна неравенству: $\alpha_1 \geq \alpha_2$. В общем виде, наличие произвольного количества ЛС подобного типа с любым количеством связываемых утверждений можно представить в виде системы неравенств:

$$\sum_{i \in U_d^1} \alpha_i \left| \sum_{i \in U_d^1} \alpha_i = \text{card}\{U_d^1\} \right| + \sum_{i \in U_d^2} \alpha_i \geq \text{card}\{U_d^1\} + 1, d = \overline{1, D}.$$

Здесь необходимы некоторые пояснения. Через U_d^1 обозначено множество номеров элементов (и, вместе с тем, номеров утверждений) в левой части логической связи, а через U_d^2 –

аналогичное множество в правой части ЛС. Например, для ЛС: $(2,3,7) \rightarrow (5,9)$ множество U_d^1 состоит из номеров 2, 3 и 7, а множество U_d^2 из номеров 5 и 9. Запись $card\{U_d^1\}$ обозначает количество элементов множества U_d^1 . Условие в прямых скобках: $\left| \sum_{i \in U_d^1} \alpha_i = card\{U_d^1\} \right|$ означает, что сумма значений булевых переменных в левой части неравенства равна количеству этих переменных. Иначе говоря, все переменные в левой части неравенства должны быть равны 1.

В целом, неравенство выражает требование, чтобы общая сумма значений переменных, входящих в логическую связь, была бы больше или равна количества переменных в левой части. Обратимся снова к примеру ЛС: $(2,3,7) \rightarrow (5,9)$. Применительно к этому примеру сказанное означает, что в случае, если $\alpha_2 = 1$, $\alpha_3 = 1$ и $\alpha_7 = 1$ допускается, чтобы α_5 и α_9 имело любое сочетание значений. Иначе α_5 и α_9 оба должны быть равны 0. Наличие индекса d свидетельствует о том, что подобных неравенств может быть произвольное количество $d = 1, \dots, D$.

С помощью булевых переменных мы можем выразить также ресурсные ограничения в виде системы неравенств: $\sum_{i=1}^N S_{i,j} \alpha_i \leq V_j, j = \overline{1, J}, j \neq j'$, где $S_{i,j}$ — значение показателя j для элемента i (потребность в ресурсе номер j у элемента номер i). При этом j' обозначает номер целевого показателя, а остальные j представляют собой номера ограниченных ресурсов. V_j — лимит ограниченного ресурса для всех $j \neq j'$.

Возможны также и логически независимые элементы. Пусть $\{N\}$ — множество номеров всех исходных элементов, иначе говоря, множество чисел от 1 до N . Пусть W — множество, представляющее собой объединение номеров элементов, включенных во все логические связи, иначе говоря:

$$W = \left(\bigcup_{l=1}^L G_l \right) \cup \left(\bigcup_{e=1}^E Q_e \right) \cup \left(\bigcup_{d=1}^D (U_d^1 \cup U_d^2) \right).$$

Тогда $\{N\} - W$ — множество номеров элементов, не участвующих ни в каких логических связях, то есть являющих-

ся логически независимыми. Условие: $\sum_{i \in \{N\} - W} \alpha_i \leq \text{card} \{\{N\} - W\}$ означает, что булевы переменные логически независимых элементов могут принимать любые значения. Это условие не накладывает никаких ограничений, но оно необходимо для того, чтобы указать, что логически независимые элементы тоже участвуют в формировании оптимальной выборки.

Цель можно выразить в виде условия $\sum_{i=1}^N C_{i,j'} \alpha_i \rightarrow \max(\min)$, где $C_{i,j'}$ – значение целевого показателя j' для элемента номер i (например, экономический эффект, который способен принести проект номер i). В записи цели учтено, что задача может, вообще говоря, решаться как на минимум, так и на максимум.

Объединив все рассмотренные соотношения в систему, мы и получим математическую формулировку рассматриваемой нами задачи булевого программирования в виде соотношений (2.13) – (2.19).

$$\alpha_i = \begin{cases} 1, & i = \overline{1, N} \\ 0, & \end{cases} \quad (2.13)$$

$$\sum_{i=1}^N S_{i,j} \alpha_i \leq V_j, \quad j = \overline{1, J}, \quad j \neq j' \quad (2.14)$$

$$\sum_{i \in G_l} \alpha_i \leq 1, \quad l = \overline{1, L} \quad (2.15)$$

$$\sum_{i \in Q_e} \alpha_i \geq 1, \quad e = \overline{1, E} \quad (2.16)$$

$$\sum_{i \in \{N\} - W} \alpha_i \leq \text{card} \{\{N\} - W\},$$

$$W = \left(\bigcup_{l=1}^L G_l \right) \cup \left(\bigcup_{e=1}^E Q_e \right) \cup \left(\bigcup_{d=1}^D (U_d^1 \cup U_d^2) \right) \quad (2.17)$$

$$\sum_{i \in U_d^1} \alpha_i \left| \sum_{i \in U_d^1} \alpha_i = \text{card} \{U_d^1\} \right| + \sum_{i \in U_d^2} \alpha_i \geq \text{card} \{U_d^1\} + 1, \quad d = \overline{1, D} \quad (2.18)$$

$$\sum_{i=1}^N C_{i,j'} \alpha_i \rightarrow \max(\min). \quad (2.19)$$

Решением задачи (2.13) – (2.19) является набор значений булевых переменных: $\alpha_i, i = 1, N$, иначе говоря, набор нулей и единиц. При этом, как мы ранее отмечали, если $\alpha_i = 1$, то утверждение P_i – истинно и элемент номер i включается в оптимальную выборку, а если $\alpha_i = 0$, то утверждение P_i – ложно и элемент номер i не включается в оптимальную выборку. По определению решение является оптимальным тогда и только тогда, когда оно удовлетворяет всем условиям (2.13) – (2.19).

Соотношения (2.13) – (2.19) являются обобщенной (структурной) постановкой задачи булевого программирования. Это значит, что допускаются разнообразные модификации, адаптированные к конкретным типовым задачам. В частности, возможны задачи, в которых отсутствуют некоторые виды логических условий, или наоборот, присутствует лишь один вид логических условий, например, все элементы являются логически независимыми, или все элементы имеют связи типа: «Если ... то...».

Возможны случаи, когда существуют определенные требования, методы и соответствующие формулы для расчета и величин $S_{i,j}$ и $C_{i,j}$. В частности, если некоторые из величин $S_{i,j}$ и $C_{i,j}$ выражают объемы финансовых потоков, то при расчете их значений применяются методы дисконтирования, а если некоторые из величин $S_{i,j}$ и $C_{i,j}$ подвержены случайным воздействиям или оцениваются экспертно, то применяются методы корректировки значений с учетом вероятностей и т.п.

2.2.5. Инструментальная система Decision. Модуль Combinatorics

Модуль *Combinatorics*¹ позволяет решать задачи оптимальной компоновки любых по содержательному смыслу мероприятий, учитывая, при этом, что каждое мероприятие характеризуется затратами и результатами, что имеются общие ограничения по расходу ресурсов на все мероприятия,

¹ В *Combinatorics* реализован очень высокоэффективный математический алгоритм, называемый Алгоритм Динамического Программирования Для решения Булевых Задач (АДПБЗ).

что между мероприятиями имеются логические связи и что задана общая цель.

Любые варианты мер государственного регулирования могут рассматриваться в качестве *мероприятий*. При этом очень удобно, что с помощью *Equilibrium* можно рассчитать параметры мероприятий (затраты финансовых и других ресурсов, доходы и др.), а с помощью *Combinatorics* эти мероприятия можно согласовать между собой и вписать в бюджет (см. п. 2.4.3).

Применение модуля *Combinatorics* проиллюстрируем на примере составления комплексной программы по реконструкции небольшого предприятия. На рис. 2.14 показана форма для ввода и редактирования данных о *мероприятиях*.

A1	MEPOПPИЯТИЯ	Затраты	Прибыль	Количество рабочих мест
1	MEPOПPИЯТИЯ			
2	Станок - А	350,00	117,00	15,00
3	Станок - Б	420,00	125,00	17,00
4	Аренда	330,00	105,00	13,00
5	Оборудование к А	77,00	83,00	21,00
6	Оборудование к Б	75,00	81,00	25,00
7	Цех 1	234,00	245,10	32,00
8	Цех 2	321,00	300,00	25,00
9	Цех 3	155,00	170,00	36,00
10	Фундамент пристройки	185,00	175,00	53,00
11	Проект планировки 1-го этажа (1)	215,00	115,00	17,00
12	Проект планировки 1-го этажа (2)	318,00	311,00	24,00
13	Проект планировки 1-го этажа (3)	411,00	411,00	21,00
14	Проект планировки 2-го этажа (1)	161,00	200,00	27,00
15	Проект планировки 2-го этажа (2)	134,00	153,00	29,00
16	Проект планировки 2-го этажа (3)	185,00	190,00	34,00
17	Проект планировки 3-го этажа (1)	177,00	183,00	45,00
18	Проект планировки 3-го этажа (2)	311,00	295,00	35,00
19	Проект планировки 3-го этажа (3)	412,00	380,00	37,00
20	Электроподстанция	213,00	195,00	39,00
21	Гараж 1	315,00	295,00	33,00
22	Гараж 2	225,00	255,00	35,00
23	Гараж 3	227,00	201,00	25,00
24				

Рис. 2.14. Форма ввода и редактирования исходной информации о мероприятиях при работе с модулем *Combinatorics*

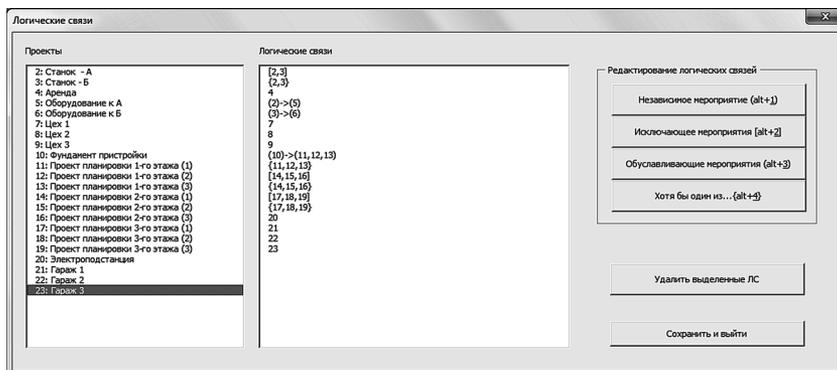


Рис. 2.15. Диалоговое окно для ввода и редактирования логических связей между мероприятиями

Каждое мероприятие характеризуется набором показателей, перечисленных в 1-й строке. На рис. 2.14 это: затраты, прибыль, количество создаваемых рабочих мест. Один из показателей выбирается в качестве целевого (в данном примере – прибыль), а другой (один или несколько) – лимитируются по совокупным расходам (в данном примере лимитируются только совокупные затраты).

Между мероприятиями могут задаваться логические связи. Диалоговое окно для ввода и редактирования логических связей показано на рис. 2.15.

Перечень цифр в квадратных скобках означает, что мероприятия друг друга исключают. Например, в окне «Логические связи» в 1-ой строке запись [2,3] означает, что мероприятия № 2 – «Станок – А» (соответствие номеров мероприятий и их названий дается на рис. 2.14) и мероприятие № 3 – «Станок – Б» взаимно друг друга исключают. Иначе говоря, можно купить один из станков, но не оба вместе.

Перечень цифр в фигурных скобках говорит, что какое-либо из этих мероприятий обязательно должно быть выполнено. В частности, следующая по порядку запись {2,3} указывает на то, что какой-то из станков «А» или «Б» обязательно надо купить. Отдельная цифра в строке означает, что мероприятие логически независимо. Так, следующая ниже

цифра 4 указывает на то, что мероприятие № 4 – «Аренда» (имеется ввиду аренда какого-то конкретного помещения) логически независимо от остальных: его можно делать или не делать только исходя из экономической целесообразности. Номера мероприятий, связанные стрелкой, например, логическая связь: (2) → (5) указывает на то, что выполнение мероприятий, из которых исходит стрелка, является обязательным условием того, что можно выполнять мероприятия, на которые стрелка указывает: если будет выполнено мероприятие № 2 (куплен станок А), то только в этом случае может быть выполнено и мероприятие № 5 – приобретено «Оборудование к А». В ином случае приобретение оборудования к А не имеет смысла.

Подобным же образом расшифровываются все остальные записи логических связей на рис. 2.15.

На рис. 2.16 показано окно с фрагментом перечня оптимальных наборов мероприятий. Эти результаты рассчитываются и распечатываются автоматически при выполнении диалоговой процедуры:

Расчет → Максимум

В каждой строке на рис. 2.16 дан набор номеров мероприятий (из списка на рис. 2.14), которые при совокупных затратах, показанных в 1-ом столбце, дают максимально возможную прибыль, показанную во 2-ом столбце. При этом набор мероприятий в каждой строке удовлетворяет всем логическим условиям.

Например, в верхней строке на 2.16 мы видим, что при совокупных затратах в объеме 1164 тыс. руб. мы получим прибыль в размере 939 тыс. руб. и создадим 166 рабочих мест. Отношение целевого показателя (прибыли) к ограниченному ресурсу (затратам) составит: $ЦП/ОР = 939/1164 = 0,806701$. Этого мы достигнем, если выполним мероприятия: 2, 10, 12, 15, 17. Названия этих мероприятий можно посмотреть в таблице на рис. 2.14. Иначе говоря, оптимальный набор мероприятий таков:

- № 2 – «Станок А»;
- № 10 – «Фундамент пристройки»;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Затраты	Прибыль	Количество	ЦП/ОР	Мероприятия	(Задача на максимум)					
5	1164	939	166	0,806701	2	10	12	15	17		
6	1191	986	164	0,827876	2	10	12	14	17		
7	1241	1022	187	0,823529	2	5	10	12	15	17	
8	1257	1039	163	0,826571	2	10	13	15	17		
9	1268	1069	185	0,84306	2	5	10	12	14	17	
10	1284	1086	161	0,845794	2	10	13	14	17		
11	1319	1109	202	0,840788	2	9	10	12	15	17	
12	1334	1122	184	0,841079	2	5	10	13	15	17	
13	1346	1156	200	0,858841	2	9	10	12	14	17	
14	1361	1169	182	0,858927	2	5	10	13	14	17	
15	1389	1194	201	0,859611	2	10	12	15	17	22	
16	1412	1209	199	0,856232	2	9	10	13	15	17	
17	1416	1241	199	0,876412	2	10	12	14	17	22	
18	1439	1256	197	0,872828	2	9	10	13	14	17	
19	1466	1277	222	0,871078	2	5	10	12	15	17	
20	1482	1294	198	0,873144	2	10	13	15	17	22	
21	1493	1324	220	0,886805	2	5	10	12	14	17	
22	1509	1341	196	0,888668	2	10	13	14	17	22	
23	1544	1364	237	0,88342	2	9	10	12	15	17	
24	1559	1377	219	0,883258	2	5	10	13	15	17	
25	1571	1411	235	0,898154	2	9	10	12	14	17	
26	1586	1424	217	0,897856	2	5	10	13	14	17	
27	1621	1447	258	0,892659	2	5	9	10	12	15	
28	1637	1464	234	0,894319	2	9	10	13	15	17	

Рис. 2.16. Фрагмент оптимального перечня наборов мероприятий, полученный в диалоге с модулем *Combinatorics*. В каждой строке дан набор номеров мероприятий (из списка на рис. 2.14), которые при совокупных затратах, показанных в 1-ом столбце, дают максимально возможную прибыль, показанную во 2-ом столбце. При этом каждый набор мероприятий удовлетворяет всем логическим условиям

- № 12 – «Проект планировки 1-го этажа (2);
- № 15 – «Проект планировки 2-го этажа (2);
- № 17 – «Проект планировки 3-го этажа (1).

При этом гарантируется, что все логические условия, представленные в окне «логические связи» на рис. 2.15, выполнены, что при затратах в 1164 тыс. руб. и заданном наборе мероприятий получить прибыль большую, чем 939 тыс. руб., невозможно. Аналогичный смысл имеет каждая строка в таблице на рис. 2.16.

2.3. Законы

Законами мы называем 3 утверждения теории, из которых остальные утверждения, которые мы называем правилами, могут быть выведены путем доказательств. При этом 1-й и 3-й законы являются очевидными, легко экспериментально проверяемыми. Поэтому они могут быть также названы аксиомами. 2-й закон также называется «Основной теоремой теории равновесных случайных процессов» и имеет строгое доказательство (см. 3.1).

2.3.1. Закон двойного риска (1-й закон)

Закон двойного риска (1-й закон): каждый хозяйствующий субъект, принимая любое решение подвержен двум антагонистическим рискам: риску завышения и риску занижения.

Данный закон провозглашает очевидное, то с чем каждый человек, так или иначе, сталкивается в своей жизни. Принимая любое решение, в частности, хозяйственное, мы учитываем множество факторов, которые всегда можно сгруппировать на те, которые «за» (*риск занижения*) и те, которые «против» (*риск завышения*). Остальные можно не принимать во внимание.

Заметим, что данный закон не оговаривает, что риски должны быть представлены в какой-либо определенной математической форме. Но если речь идет о хозяйствующем субъекте (ХС), работающем на рынке, то *риск завышения* и *риск занижения* имеют форму, которую мы рассмотрели в п. 2.1.2. Для любого ХС, будь то физическое или юридическое лицо, психологически *риск завышения* воспринимается как боязнь нерационально израсходовать средства («трусость»), а *риск занижения* — как желание не упустить никаких потенциальных возможностей («жадность»). Умеренное присутствие этих ощущений необходимо для правильной интуитивной ориентации в окружающей обстановке на рынке. «Трусость» и «жадность» противоборствуют при принятии правильного экономического решения и, в конечном итоге, определяют поведение ХС.

В той или иной форме *риск завышения* и *риск занижения* присутствуют при принятии любого решения. Если человек действует только «за» или только «против», то он фанат, или зомби, или сумасшедший. Могут возразить: когда мы приходим на футбол, мы, конечно, только «за» победу любимой команды. Но тут мы ничего не решаем. Решает тренер: кого поставить или заменить и т.д. и каждый раз он сталкивается с большим количеством факторов, часть которых «за», а часть — «против». Другой пример. Когда мы больны, то мы, конечно, «за» то, чтобы выздороветь. Однако вопрос не в том, хотим ли мы выздороветь, а в том, какие лекарства и в каких количествах принимать. Здесь уже обязательно есть свои «за» и «против», то есть свой *риск завышения* и *риск занижения*. Бывают, конечно, такие ситуации, когда один из рисков пренебрежимо мал по сравнению с другим, и мы его не замечаем. Но это не значит, что его вовсе не существует.

Эти примеры указывают на то, что для выяснения того, в чем конкретно состоят *риск завышения* и *риск занижения*, нужно правильно поставить вопрос. Это значит, с одной стороны, что вопрос должен адресоваться человеку (или группе лиц), имеющему полномочия принимать решение, находящемуся в здравом уме, в трезвом состоянии, не подвергающемуся насилью и обладающему достаточной информацией. С другой стороны, вопрос должен касаться существа принимаемого решения. Такое количество условий совершенно нормально для проверки наличия любого, самого очевидного, закона Природы. Например, если мы захотим проверить 1-й закон Ньютона, гласящий, что «Сила действия равна силе противодействия», с помощью пружинных весов, то необходимо обеспечить чистоту эксперимента: иметь пару одинаковых пружинных весов, чтобы они не были ржавыми, чтобы у них была одинаковая чувствительность, чтобы они находились в горизонтальной плоскости, чтобы не было никаких дополнительных воздействий (скажем, сильного ветра).

А зачем нужен закон, провозглашающий очевидное? Этот же вопрос можно было бы задать и Ньютону. Дело

в том, что данный закон образует систему с другими законами. Именно совокупность законов позволяет строить теорию. Кроме того, он имеет очень важные следствия. Из этого закона непосредственно вытекает, что управление любыми совокупностями хозяйствующих субъектов всегда должно осуществляться через целенаправленное изменение соотношения рисков завышения и занижения и что соотношение рисков должно согласовываться с целями управления.

Можно сказать, что пренебрежение этим законом привело к развалу СССР. Идеология и система лоббирования интересов производителей, которые были в СССР, сделали систему экономического стимулирования планов перекошенной: при не выполнении плана могли выгнать с работы и исключить из партии, что фактически означало полное социальное падение. Могли и в тюрьму посадить, а в сталинские времена – расстрелять. *Риск завышения* был чрезвычайно высок. При перевыполнении плана предприятия платили мизерные штрафы за пролеживание материалов и готовой продукции на складах. *Риск занижения* был пренебрежимо мал. Люди старшего поколения хорошо помнят лозунги того времени: «Пятилетку в 4 года», «Выполним план на 200%», «Выполним и перевыполним ...» и т.п. Это и привело к возникновению непомерных сверхнормативных запасов, жутких диспропорций и тотальному дефициту. Стремление по возможности занижать планы и как можно больше их перевыполнять стало всеобщей навязчивой идеей. Экономика стала неуправляемой. Рассматриваемый нами закон указывает на каналы воздействия, посредством которых нужно управлять экономикой. Два других закона дают возможность создавать рабочие инструменты для управления. Отметим еще, что антагонизм *риска завышения* и *риска занижения* заключается в том, что уменьшение одного риска непременно ведет к увеличению другого и наоборот. Уменьшить сразу оба риска не получится.

2.3.2. Закон эквивалентности (2-й закон)

Закон эквивалентности (2-й закон). Для любого экономического объекта и соответствующего сектора рынка имеют место следующие взаимные соответствия:

- 1) Кривая «риск завышения» подобна кривой «объем предложения».
- 2) Кривая «риск занижения» подобна кривой «объем спроса».
- 3) Равновесный объем V_0 совпадает с оптимальным планом поставки PL^0 .
- 4) Угол наклона кривой «объем предложения» $\angle\gamma$ равен углу наклона кривой «риск завышения» $\angle\alpha$.
- 5) Угол наклона кривой «объем спроса» $\angle\delta$ равен углу наклона кривой «риск занижения» $\angle\beta$.

Смысл этого закона полностью отражает рис. 2.17. В верхней части этого рисунка помещены графики кривых объемов спроса и предложения, взятые из рис. 2.3, а в нижней части — графики кривых *риска завышения* и *риска занижения*, взятые из рис. 2.8.

Эти графики совмещены так, что $V_0 = PL^0$. Справедливость всех положений данного закона почти прямо вытекает из определений понятий «объем спроса», «объем предложения», «риск завышения» и «риск занижения»¹.

При этом нужно иметь ввиду, что положения закона строго выполняются, если все кривые построены для экономического объекта, определяющего соответствующий сектора рынка. Это значит, что риски завышения и занижения относятся к совокупности всех хозяйствующих субъектов, поставляющих товар на тот сектор рынка, которому соответствуют кривые спроса и предложения. Строго говоря, нельзя, например, сопоставлять кривые рисков отдельного взятого небольшого предприятия с кривыми спроса и предложения на секторе рынка. Но это чисто формально. Фактически есть приемы, с помощью которых и это можно делать.

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 288–293.

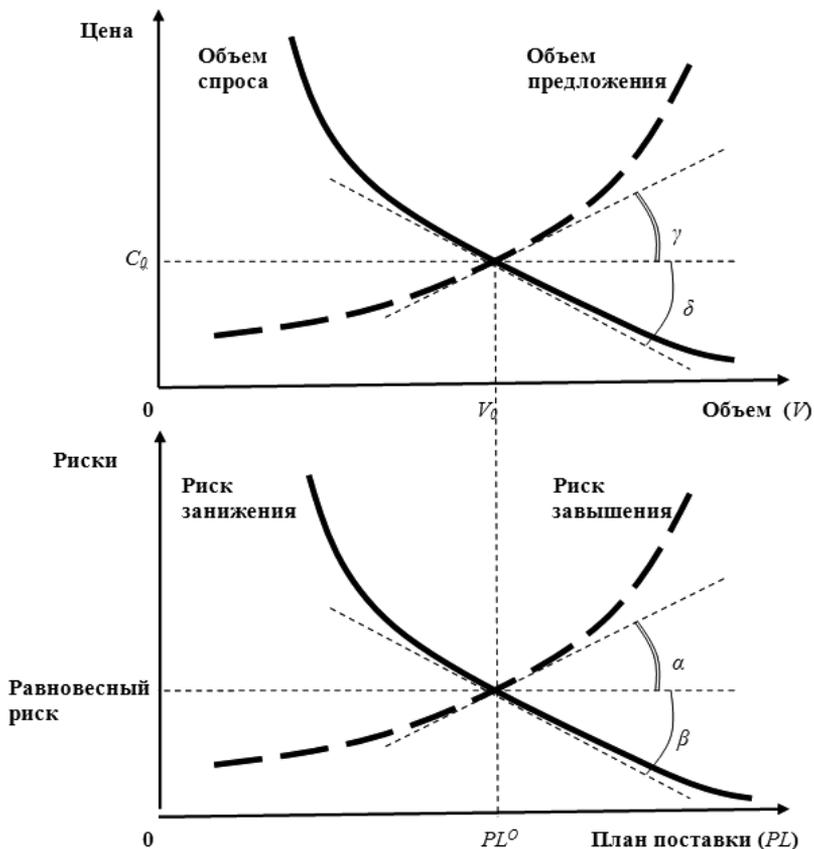


Рис. 2.17. Соответствие кривых спроса и предложения и кривых риска завышения и риска занижения

Основное значение этого закона состоит в том, что при исследовании любого *сектора рынка* и вообще любого *экономического объекта* вместо спроса, предложения и их равновесия можно рассматривать риски и равновесие рисков. Это принципиально меняет ситуацию и дает в руки исследователя универсальный и удобный инструмент в виде *Эволюционно-симулятивной методологии*. Ведь для того, чтобы построить графики кривых объемов спроса и предложения, необходимо

собрать очень большой объем информации о производителях и потребителях. Эта информация всегда неполна. Она мгновенно устаревает и всегда относится к прошлому.

Все это делает практически невозможным, опираясь на кривые спроса и предложения, выполнять такие аналитические исследования, которые легко и просто можно сделать с помощью *Эволюционно-симулятивной методологии*. В частности, ЭСМ позволяет рассчитывать оптимальные планы поставки, цены, исследовать влияние различных факторов на показатели рынка, выявлять условия, при которых работает та или иная категория производителей, выявлять как поведут себя производители при тех или иных изменениях условий, например, при изменении налоговых ставок и т.д. Для применения ЭСМ достаточно составить формулы (или имитационные модели) влияния случайных факторов на спрос, расчета *издержек завышения* и *издержек занижения* (простейший пример – формулы (2.1) – (2.3)), ввести их в *Decision* и путем выполнения всего нескольких команд в автоматическом режиме построить кривые рисков завышения и занижения и графики интересующих зависимостей. Это открывает разнообразные возможности для исследования, прогнозирования и планирования поведения любого *сектора рынка* и любого *экономического объекта*.

Данный закон как бы переставляет экономику с фундамента графиков спроса и предложения на гораздо более удобный и значительно лучше инструментально обеспеченный фундамент графиков *риска завышения* и *риска занижения*.

2.3.3. Закон взаимной обусловленности (3-й закон)

Закон взаимной обусловленности. Для любого равновесного случайного процесса:

- 1) Конкретное значение любой из основных характеристик PL^0 , P^0 , Z/Z однозначно определяет значения двух остальных.
- 2) При наличии способа вычисления *издержек завышения* и *издержек занижения* все основные характеристики определяются однозначно.

- 3) Увеличение PL^0 приводит к снижению P^0 и росту Z/Z и обратно.
- 4) Увеличение P^0 приводит к снижению PL^0 и снижению Z/Z и обратно.
- 5) Увеличение Z/Z приводит к снижению PL^0 и росту P^0 и обратно.

Все утверждения этого закона являются элементарными математическими фактами, очевидными из структурной формулировки *Эволюционно-симулятивной модели*¹ и определений *основных характеристик* РСП. Все они легко проверяются в простейших вычислительных экспериментах и имеют ясный содержательный смысл.

В модуле Equilibrium предусмотрена возможность выполнения диалоговых процедур, позволяющих выполнять соответствующие вычисления.² 2-е положение данного закона есть по сути дела утверждение о том, что для *Эволюционно-симулятивной модели* можно найти решение. Разумеется, при этом предполагается, что, с одной стороны, модель составлена правильно (удовлетворяет требованиям, перечисленным в структурной формулировке *Эволюционно-симулятивной модели*) и, с другой стороны, что исходные данные не противоречивы. Подобные требования должны выполняться при решении любой математической задачи. Рис. 2.10 иллюстрирует, что при выполнении т. н. «прямого расчета» в качестве результата мы получаем все 3 *основные характеристики* РСП (в правой верхней части рисунка).

1-е положение подтверждается легко проверяемой возможностью выполнения различных вариантов обратного расчета, предусмотренных в Equilibrium, и ясным содержательным смыслом, заложенным в Equilibrium алгоритмов.

3-е, 4-е и 5-е положения иллюстрируются графиками зависимостей, которые строятся при выполнении соответствующих вариантов «обратного расчета». В качестве примера на

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 41–70.

² Там же. — С. 53, 85–94.

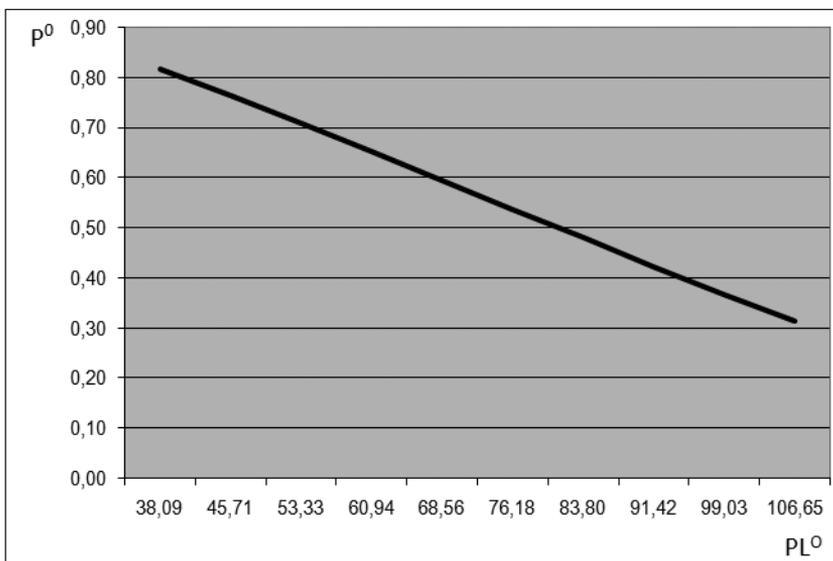


Рис. 2.18. Зависимость надежности P^0 от величины плана поставки PL^0 : чем больше план, тем ниже его надежность

рис. 2.18 показана зависимость *надежности* P^0 от величины *плана поставки* PL^0 . Эта зависимость построена с помощью Equilibrium с применением уже упоминавшейся модели фирмы, поставляющей на рынок детские велосипеды.

Из простых здравых рассуждений совершенно ясно, что зависимость может быть только убывающей. Допустим, что мы привезем для продажи 100 кг помидоров и что вероятность продать все эти помидоры равна 70%. Понятно, что если мы привезем на рынок 150 кг помидоров, то вероятность продать их все обязательно будет меньше, например 55%. Она ни в коем случае не может быть больше.

Аналогичный вид зависимости (то есть убывающей, хотя не обязательно линейной) можно построить с помощью *Эволюционно-симулятивной модели* реального сектора экономики, или финансового сектора экономики, или зернового рынка или любой другой.

На рис. 2.19 показана зависимость показателя *Завышение/Занижение* от *плана поставки* PL^0 при изменениях

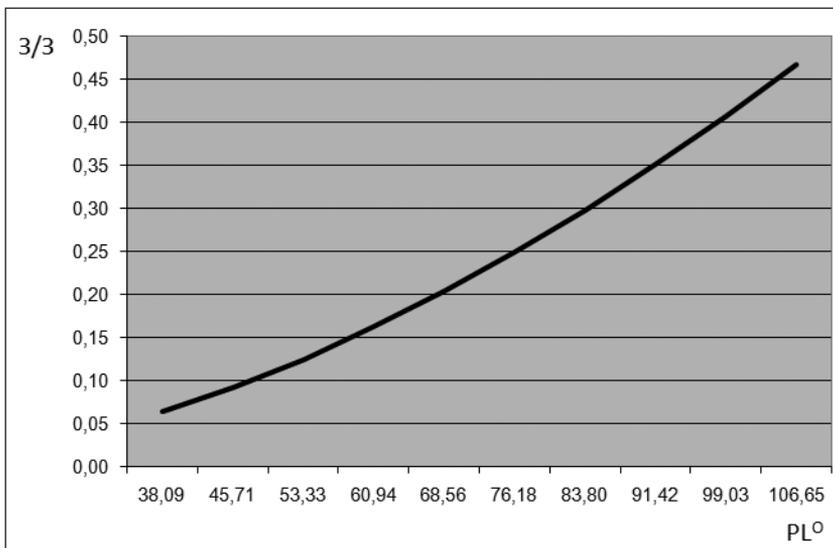


Рис. 2.19. Зависимость показателя *Завышение/Занижение* от величины плана поставки PL^0 : чем больше план, тем больше Z/Z

плана в тех же пределах, что и на рис. 2.18. Содержательный смысл этой зависимости также прозрачен. Предположим, что себестоимость 1 кг помидоров 11 руб., а цена 15 руб. и мы поставляем на рынок 100 кг в день. То есть *Завышение / Занижение* = $\frac{15 - 11}{11} \approx 0,36$. Нашему желанию поставлять большее количество, например, 150 кг должно соответствовать повышение цены. Если цена возрастет, например, до 20 руб. будет целесообразно привезти помидоры из более отдаленных мест или перебросить с других местных рынков. При этом несколько возрастет и себестоимость, например, до 12 руб. Увеличится и показатель *Завышение/Занижение* с 0,36 до $\frac{20 - 12}{12} \approx 0,66$.

Подобными графиками и пояснениями можно проиллюстрировать и другие положения этого закона.

2.3.4. Правила (утверждения теории)

Из законов, сформулированных в п.п. 2.3.1–2.3.3, можно вывести большое число правил (утверждений теории), по которым живет любая экономика. Одним из способов является логический вывод. В частности, «Правило перетока капитала», которое мы рассматривали в § 1.1 в [1] можно логически вывести из сформулированных законов.

Пусть имеется X единиц капитала класса A и Y единиц капитала класса B . Средний доход, который приносит капитал X , равен V , а средний доход, который приносит капитал Y , равен W . Пусть P_X^0 надежность при вложениях капитала X , а P_Y^0 надежность при вложениях капитала Y . Тогда:

- $V * P_X^0$ – средний доход от капитала X с учетом риска;
- $W * P_Y^0$ – средний доход от капитала Y с учетом риска;
- $\frac{V * P_X^0}{X}$ – средний удельный доход от капитала X с учетом риска;
- $\frac{W * P_Y^0}{Y}$ – средний удельный доход от капитала Y с учетом риска.

В «Правиле перетока капитала» предусматривается, что одна из этих величин больше. Туда течет капитал. Пусть, например, $\frac{V * P_X^0}{X} > \frac{W * P_Y^0}{Y}$.

Подсчитаем показатель *Завышение/Занижение*_A при вложениях капитала класса A . В чем в данном случае содержание понятия *риск занижения*? Если мы не вложим деньги в объеме N , то упустим их прирост на величину $N * \frac{V * P_X^0}{X}$ и не будем иметь в результате вложений суммы денег (с учетом прироста) в размере $N + N * \frac{V * P_X^0}{X} = N * \left(1 + \frac{V * P_X^0}{X}\right)$.

Коэффициент $\left(1 + \frac{V * P_X^0}{X}\right)$ отражает то изменение суммы денег, которое могло бы произойти, но не произойдет, если мы могли вложить N денег, но не вложили.

Риск завышения в данном случае это риск не получить прироста денег, если мы их вложим. Но изменение вложенной суммы действительно произойдет. Иными словами, величина $N * \left(1 + \frac{V * P_X^0}{X}\right)$, которую можно было получить, действительно будет получена. Поэтому коэффициент изменения суммы денег, которое могло произойти и которое действительно произойдет, равен 1.

Отношение этих коэффициентов и есть нужный показатель:

$$\text{Завышение} / \text{Занижение}_A = \frac{1}{1 + \frac{V * P_X^0}{X}}$$

Рассуждая аналогичным образом, найдем:

$$\text{Завышение} / \text{Занижение}_B = \frac{1}{1 + \frac{W * P_Y^0}{Y}}$$

Получается, что:

$$\text{Завышение} / \text{Занижение}_A < \text{Завышение} / \text{Занижение}_B.$$

Иначе говоря, «Правило перетока капитала» равносильно с определением, данным в § 1.1 в [1], можно сформулировать и так: капитал течет туда, где показатель *Завышение/Занижение* меньше! Эта формулировка находится в полном соответствии с п. 5 закона № 3. Действительно: увеличение Z/Z приводит к снижению PL^0 (там где Z/Z больше, капитала становится меньше, потому что утекает); уменьшение Z/Z приводит к увеличению PL^0 (там где Z/Z меньше, капитала становится больше, потому что прибывает).

Кроме логического вывода, мы считаем допустимым способ вывода, суть которого поясняет рис. 2.20. Назовем этот способ *выводом утверждений на основе моделирования*. Всякое утверждение теории должно, кроме вывода, допускать проверку в натурном эксперименте. Хотя практическое осуществление натурального эксперимента может оказаться весьма сложным и дорогостоящим делом. В частности, применяя

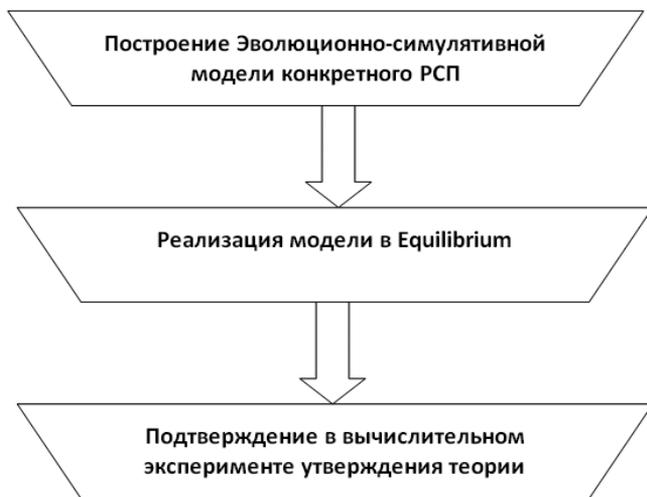


Рис. 2.20. Допустимый способ вывода утверждений теории

вывод утверждений на основе моделирования, нами получены утверждения экономической теории, которые в свое время были сделаны на основе обработки огромной статистической информации. Иногда фактической базой «натурного эксперимента» служила многовековая статистика.

В частности, нами получены «Кривая Лаффера»¹, «Кривая Филлипса»², «Эффект храповика»³, «Теорема Коуза»⁴, «Ликвидная ловушка»⁵, утверждения, касающиеся влияния роста доходов на инфляцию⁶ и многие другие.

Разработаны *Эволюционно-симулятивные модели* реального сектора экономики⁷ и *финансового сектора экономики*⁸

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 307–310.

² Там же. — С. 433–435.

³ Там же. — С. 414–417.

⁴ Там же. — С.417–418.

⁵ Там же. — С. 399–402.

⁶ Там же. — С. 331.

⁷ Там же. — С. 377–384.

⁸ Там же. — С. 384–389.

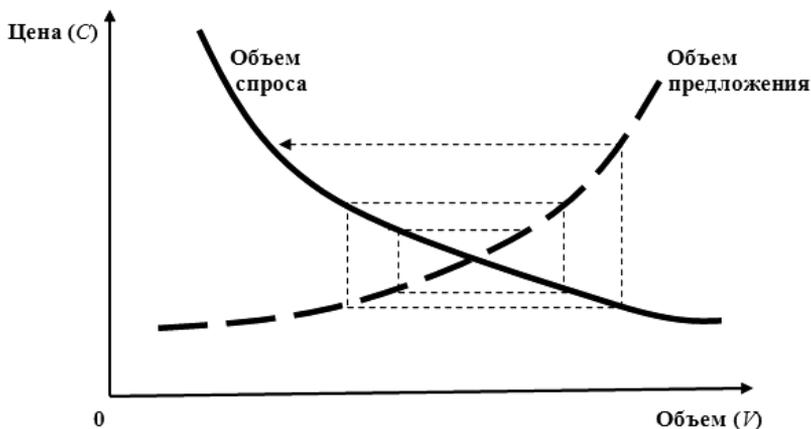


Рис. 2.21. Показатель «Завышение/Занижение» и правило резонансной неустойчивости

и способы проведения исследований путем итерационного применения этих моделей, названные Методом Анализа Воспроизводства и Равновесия (МАВР)¹. Таким путем могут быть получены некоторые важные утверждения по макроэкономике и микроэкономике.

Разработаны модели, позволяющие получать утверждения об экономическом цикле², занятости³ и др.

Законы, сформулированные в 2.3.1–2.3.3, позволяют получить новые практически полезные утверждения экономической теории. В качестве примера рассмотрим следующее *правило резонансной неустойчивости*:

Правило резонансной неустойчивости: неустойчивость на секторе рынка имеет место, если *Завышение/Занижение* > 1 и активен производитель, либо если *Завышение/Занижение* < 1 и активен потребитель.

Смысл этого правила легко понять, если сопоставить рис. 2.3 и 2.21. На рис. 2.3 мы видим, что колебания спро-

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. – М.: Финансы и статистика, 2008. – С. 402–421.

² Там же. – С. 411–414.

³ Там же. – С. 397–399.

са, предложения и цен постепенно затухают и сходятся к равновесному состоянию. Это происходит благодаря тому, определенное соотношение углов наклона кривых спроса и предложения сочетается с активностью производителя. То есть производитель принимает решения об изменении цены или объема поставок, а потребители на это реагируют изменением объема спроса. Но наклоны кривых спроса и предложения могут быть другими. Активность также может переходить от производителя к потребителям. Тогда может возникнуть ситуация, показанная на рис. 2.21.

Здесь мы видим, что колебания нарастают и рынок идет вразнос. Правило резонансной неустойчивости указывает условия, при которых неустойчивость возникает.

Легко доказывается утверждение о «жестокости рынка», то есть возможности ситуаций, при которых бизнесу выгодно ориентироваться только на небольшую долю богатых клиентов, пренебрегая всеми прочими клиентами, вне всякой зависимости от социальной, экологической, оборонной или политической значимости товара.

2.3.5. Аксиоматическое построение теории

Принято считать, что научная методология как универсальный способ познания окружающего мира, впервые сформировалась в трудах Галилео Галилея. Галилей называл свой метод резолюцией и композицией. Резолюция — это формулировка правдоподобной гипотезы, а композиция — это постановка эксперимента, дающего однозначное ее подтверждение или однозначное ее отрицание.

Знания могут быть отрывочными, разрозненными, а могут быть систематизированными. Систематизация сама по себе является важным новым знанием. Именно систематизация придает знанию стройность и красоту, превращает разрозненную совокупность в теорию. Теория дает гораздо больше возможностей для предсказаний, для получения новых знаний и для практического применения.

Весь ход развития науки состоит из двух взаимно дополнительных процессов: накопление знаний и систематизация

знаний. Чтобы представить себе, насколько важна систематизация, можно назвать несколько наиболее впечатляющих примеров.

– В классической механике большинство утверждений выводится из небольшого числа постулатов – законов Ньютона.

– Периодическая система элементов Дмитрия Ивановича Менделеева позволила систематизировать все знания в области химии и предсказать новые.

– Открытие живой клетки и ДНК стали основой систематизации знаний в биологии.

Названные примеры указывают на то, что у разных областей науки могут быть свои, специфические способы систематизации. Для Теории РСП и, по всей видимости, для экономики в целом, так же как для физики и математики, подходит аксиоматика, но с одним весьма существенным изменением: в качестве допустимого способа вывода утверждений теории допускается не только формально логический вывод, но и *вывод утверждений на основе моделирования*, смысл которого поясняет рис. 2.20.

Как было отмечено в п. 2.3.4, многие утверждения экономической теории можно вывести всего из 3-х законов, сформулированных в п. 2.3.1–2.3.3. При этом надо подчеркнуть, что аксиоматическое построение теории никогда не может быть исчерпывающе полным. Даже далеко продвинутую арифметику, как доказали теоремы Геделя, в принципе невозможно сделать полной. Это скорее хорошо, чем плохо, так как полнота построения теории в определенном смысле означает и ее смерть, то есть конец расширению и развитию.

2.4. Инструменты

В данном параграфе мы очертим круг экономических задач, для решения которых могут создаваться инструменты на основе теории РСП. Конкретным инструментам для экономики посвящены главы 5–8.

2.4.1. Управление экономическими объектами

Напомним, что *основными характеристиками* РСП являются: план поставки (и, одновременно, равновесный спрос и предложение) PL^0 , показатель *Завышение/Занижение* (Z/Z), и *надежность* P^0 . Имеется принципиальная возможность разрабатывать информационные технологии расчета основных характеристик РСП любого *экономического объекта*: сектора рынка, сферы деятельности, региона, государства, межгосударственных союзов, среднего, мелкого и крупного бизнеса, класса капитала, фирмы и т.д. С применением этих технологий могут строиться разные *инструменты* управления экономическими объектами.

В наиболее сложном случае, когда рассматривается уникальный *экономический объект*, для создания подходящей информационной технологии необходимо:

- во-первых, разработать *Эволюционно-симулятивную модель экономического объекта*;
- во-вторых, реализовать ее в модуле Equilibrium инструментальной системы *Decision*;
- в-третьих, определить способы сбора и источники исходной информации, а также диалоговые процедуры выполнения вариантных расчетов.

Обычно такая работа требует участия достаточно квалифицированных специалистов и заканчивается защитой кандидатской диссертации. Но положение облегчается тем, что постепенно накапливается библиотека моделей, пригодных для типовых экономических объектов. Например, имеется достаточно универсальная модель, подходящая почти для всех товарных рынков и рынков услуг¹. Тогда вся процедура оценки основных характеристик экономического объекта может быть достаточно подробно описана в соответствующих инструкциях, стандартизирована, и превращена в почти технический процесс. Если, к тому же, ведутся базы данных об объектах, в подходящей форме, то процесс оценки основ-

¹ Модель Good и ее более поздняя, значительно усовершенствованная модификация, разработанная в сотрудничестве с Натальей Ивановой Касперской, названная Commodity_Market.

ных характеристик экономических объектов определенных категорий становится просто диалоговой процедурой, которая выполняется в течение нескольких минут специалистом средней квалификации.

Имеется огромное количество практически важных ситуаций, когда все проблемы вообще решаются просто элементарно. Допустим, нас интересует сектор рынка финансовых спекуляций. Если ведется некоторая статистика этих операций, и фиксируется объем операции и ее прибыльность или убыточность, то мы уже имеем все необходимое: путем простейшей обработки статистических данных оцениваем *надежность* P^0 , затем вводим в Equilibrium массив данных о размерах операций и выполняем диалоговую процедуру:

Расчет → Прямой/Обратный → Обратный по заданной надежности.

Результатом будут значения PL^0 и Z/Z . При этом показатель Z/Z будет объективно характеризовать соотношение рисков, при котором работают хозяйствующие субъекты на данном секторе рынка (спекулянты). Важно то, что найденное таким образом Z/Z будет комплексно учитывать все условия деятельности бизнеса: не только налоги, штрафы, дивиденды, но также административные барьеры, коррупционные поборы, удобство сервисных услуг и пр.

PL^0 — будет характеризовать оптимальный в данных конкретных условиях размер операции.

Информация о биржевых спекулянтах обычно имеется. Если нас интересуют иные, пусть даже нелегальные спекулянты, то достаточно любым способом собрать не очень большой массив статистических данных, например путем ограниченных анонимных опросов, и описанным способом получить вполне удовлетворительные оценки всех основных характеристик РСП.

Не видно никаких особенных трудностей для того, чтобы на уровне государства (или региона, или района, или города и т.д.) организовать систему мониторинга основных характеристик РСП для наиболее важных экономических объектов.

Имея данные об основных характеристиках экономических объектов, можно сравнивать условия, в которых они работают, принимать решения об улучшении, выравнивании или сдерживании деятельности любого объекта и создавать для этой цели подходящие *инструменты* управления. Допустим, мы хотим, чтобы некоторый объект увеличил показатель поставки (и, одновременно, потребления) с PL^0 до $PL^{0'}$. В диалоге с *Equilibrium* рассчитываем Z/Z' и $PL^{0'}$. Сравнивая Z/Z и Z/Z' , мы видим, насколько нужно уменьшить *издержки завышения* (либо увеличить *издержки занижения*), чтобы Z/Z уменьшилось до Z/Z' . Снижения *риска завышения*, так же как и увеличения *риска занижения*, можно добиться различными мерами: изменением налоговых ставок или способов начисления налогов (можно снизить налоги, которые влияют на *риск завышения* и увеличить налоги, которые влияют на *риск занижения*), снять или, наоборот, ввести некоторые барьеры, создать или изменить систему гарантий, изменить условия аренды т.п. Конкретные предложения должны разрабатываться специалистами, владеющими ситуацией на месте.

Об эффективности принимаемых мер можно узнать, рассчитав *основные характеристики* после некоторого периода функционирования *экономического объекта* в новых условиях. Тогда можно внести необходимые коррективы, действуя аналогичным образом.

2.4.2. Подключение планового механизма

Плановый механизм необходим для того, чтобы определенную категорию поставщиков конкретного товара или услуги (не обязательно всех) простимулировать (не заставить!), чтобы они поставили на выбранный сектор рынка определенный объем товара по определенной цене. Например, мы хотим, чтобы поставки чулочно-носочной продукции для взрослой категории населения в город N в период T был в объеме PL , по цене C .

Характерной особенностью ПМ является то, что система стимулирования предусматривает поощрения и наказания (штрафы, премии, бонусы, отчисления в фонды и т.д.) в за-

висимости от того, насколько и в какую сторону фактические объемы поставок и цена отличаются от контрольных цифр. Важно и то, насколько осуществленные поставки востребованы платежеспособным спросом. В идеале объем поставок должен совпадать со спросом. ПМ сам по себе не нарушает равновесия спроса и предложения, он создает условия, при которых равновесные спрос и предложение, а также цена смещаются в желаемом направлении на желаемую величину.

Здесь возникает целый ряд взаимосвязанных вопросов:

– Как выбрать сектор рынка, на котором нужно вводить ПМ?

– Как определить категорию поставщиков, на которых будет распространяться действие ПМ?

– Какими должны быть контрольные цифры по плану поставок и цене?

– Какую систему стимулирования выбрать?

– Как установить параметры системы стимулирования?

Среди этих вопросов наиболее важный и интересный для нас последний вопрос, потому что на него можно ответить только с применением экономических законов, сформулированных в п. 2.3.1. – 2.3.3. Остальные вопросы в основном решаются традиционными методами, которые уже давно используются при прогнозировании, нормировании и планировании. Вместе с тем, поскольку речь идет о новых, пока что не использующихся инструментах, каждый из этих вопросов имеет некоторую не вполне ясную составляющую. Чтобы несколько прояснить данную неопределенность, мы попробуем кратко по порядку ответить на все эти вопросы.

Выбор сектора рынка

Возможны самые разнообразные причины, по которым на том или ином локальном, региональном или федеральном секторе рынка необходимо ввести ПМ. Вот некоторые из них:

– поддержать определенное направление производства, например, сельскохозяйственное, или инновационное, или социально значимое, или экологически важное;

- расширить потребление населением некоторых товаров или услуг, скажем, обеспечить школьников некоторыми гаджетами;
- умерить для бизнеса неоправданно высокую среднюю удельную доходность с учетом риска (антимонопольная мера, борьба с нежелательным перетоком капитала);
- устранить структурную диспропорцию в производстве или потреблении;
- обеспечить экономическую, продовольственную или иную безопасность;
- устранить социальную несправедливость, выражающуюся в том, что бизнес производит жизненно необходимый товар или услугу, но ориентируется только на высокодоходную категорию населения (борьба с «жестокостью» рынка);
- решить локальные, региональные или федеральные социально-политические вопросы;
- прекратить нестабильность (валотильность) на определенном секторе рынка;
- устранить товарный или денежный фетишизм.

Определение категории поставщиков

Ситуации с поставщиками бывают разными. Например, рынок поставщиков бензина почти в каждом регионе России является олигопольным, т.е. обеспечивается двумя-тремя крупными поставщиками. В этом случае плановое регулирование должно распространяться именно на этих поставщиков. Охват поставщиков зависит от целей введения ПМ. В принципе возможны следующие основные варианты:

Вариант I – Обеспечить, чтобы производители, действующие в *данном регионе*, поставили на данный *сектор рынка* требуемый объем товара или услуги по требуемой цене.

Вариант II – Обеспечить, чтобы все, как внутренние для данного *сектора рынка*, так и внешние поставщики (расположенные вне региона или даже вне страны), в совокупности поставили на данный *сектор рынка* требуемый объем товара или услуги по требуемой цене.

Вариант III – Обеспечить, чтобы конкретное предприятие (или холдинг, или корпорация) поставляли на данный *сектор рынка* требуемый объем товара или услуги по требуемой цене.

Выбор того или иного варианта зависит также от причин выбора *сектора рынка* перечисленных выше.

Установление контрольных цифр

Величина контрольных цифр, а именно плана поставки (обозначим $PL_{ки}$) и плановой цены (обозначим $C_{ки}$) зависит от сочетания желаемого и возможного. Контрольные цифры могут рассчитываться с применением различных методик. В частности, если речь идет о товарах широкого потребления, то должны, с одной стороны, учитываться нормы потребления и доходы потребителей, и, с другой стороны, производственные мощности поставщиков, для которых устанавливается план поставок. Если, при этом, план не охватывает всех поставщиков, то контрольная цифра по объему поставок будет меньше емкости рынка.

Выбор системы стимулирования

Система стимулирования должна, как уже отмечалось, устанавливать экономические и административные меры поощрения и наказания в зависимости от того, в какую сторону и насколько фактические результаты отклоняются от контрольных цифр. Например: за продукцию, поставленную в пределах плана, налог не взимается; за сверхплановую продукцию налог взимается; за невыполнение плана взимается штраф, размер которого зависит от того, насколько не выполнен план (определяется общая сумма штрафа в случае невыполнения плана и распределяется по поставщикам соответственно их доле на рынке). Такая или подобная ей система стимулирования может сопровождаться и административными мерами, например правом продлить лицензию на торговлю на тех или иных условиях для той или иной категории поставщиков в зависимости от того, как они выполняют

план. Система стимулирования должна учитывать особенности технологии и организации производства у выбранной категории поставщиков, специфику товара или услуги, полномочия планирующего органа управления, действующего от имени Правительства.

Установление значений параметров системы стимулирования

Чтобы обеспечить выполнение контрольных цифр система стимулирования должна удовлетворять одному, но главному требованию: она должна устанавливать такое значение $Z/Z_{КЦ}$ показателя *Завышение/Занижение*, которое соответствует установленной контрольной цифре по поставкам $PL_{КЦ}$, учитывая при этом плановую цену $C_{КЦ}$. Для расчета $Z/Z_{КЦ}$ необходима *Эволюционно-симулятивная модель* (назовем ее *Модель ПМ*), которая учитывает основные технологические и организационные особенности деятельности той совокупности поставщиков, на которых будет распространено действие *планового механизма*. Кроме того, эта модель должна учитывать основные особенности намечаемой системы экономического стимулирования.

Если предположить, что *Модель ПМ* создана и реализована в модуле Equilibrium, то для расчета $Z/Z_{КЦ}$ достаточно выполнить диалоговую процедуру:

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданному
Плану/Нормативу*

В качестве заданного значения плана необходимо подставить $PL_{КЦ}$. Результатом будут значения $Z/Z_{КЦ}$ и P^0 . Знание величины $Z/Z_{КЦ}$ уже позволяет подбирать параметры системы экономического стимулирования. При этом $Z/Z_{КЦ}$ устанавливает необходимые требования к системе стимулирования, но не определяет ее параметров однозначно. Иногда это удобно, так как позволяет варьировать не только значения параметров системы стимулирования, но даже их структуру.

Другой подход состоит в том, чтобы многократно выполнять диалоговую процедуру:

Расчет → Прямой/Обратный → Прямой расчет

подбирая параметры системы стимулирования, уже учтенные в модели, таким образом, чтобы оптимальный план PL^0 , полученный в результате выполнения этой диалоговой процедуры, совпал с контрольной цифрой $PL_{КЦ}$.

Если имеется *Эволюционно-симулятивная модель*, отражающая рыночные условия, которые фактически сложились в текущий момент на рассматриваемом секторе рынка (назовем ее *Модель РМ*), то с ее помощью можно рассчитать фактические значения *основных характеристик*, действующие на рынке: $PL_{РМ}$, $P_{РМ}^0$, $Z/Z_{РМ}$. Это дает возможность увидеть, насколько сильно изменяется ситуация. В частности, из сравнения $Z/Z_{РМ}$ и $Z/Z_{КЦ}$ видно как система стимулирования модифицирует условия деятельности для тех объектов, на которые она распространяется, сравнительно с теми, кто остался вне ее охвата.

Сравнение величин $PL_{РМ}$ и $PL_{КЦ}$ имеет смысл только в том случае, если $PL_{КЦ}$ рассчитывался с учетом всех поставщиков товара на рассматриваемый сектор рынка. При $PL_{КЦ} > PL_{РМ}$ стимулируется вывоз товара за пределы данного сектора рынка. При $PL_{КЦ} < PL_{РМ}$ стимулируется увеличение поставки на данный сектор рынка извне.

В принципе, система экономического стимулирования может частично или полностью заменять действующие на рассматриваемом секторе рынка условия, охватывая всех поставщиков или их часть.

2.4.3. Составление комплексных программ

Назовем применение любого способа регулирования любого *экономического объекта* — *мероприятием*. Под способом регулирования мы имеем ввиду применение *инструментов*, кратко описанных в п. 2.4.1 и п. 2.4.2. Таким образом, *мероприятие* — это способ регулирования сфер деятельности, классов капиталов, хозяйствующих субъектов, регионов или секторов рынков, основанный на изменении соотношения рисков завышения и занижения.

Часто бывает так, что *мероприятие* может быть осуществлено в нескольких вариантах. Возможны случаи, когда одно *мероприятие* исключает какие-нибудь другие или наоборот, подразумевает, что только после его осуществления можно будет перейти к некоторым другим.

Сеть логических связей между мероприятиями иллюстрирует рис. 2.22. Мероприятие «II – изменить условия в сфере оказания транспортных услуг» намечает изменить соотношение рисков так, чтобы привлечь в эту сферу вложения капиталов и нарастить объемы перевозок. В случае, если будет осуществлено это мероприятие, тогда дополнительно можно еще ввести плановый механизм для авиаперевозок по варианту «А» (мероприятие I) или по варианту «Б» (мероприятие II), отличающиеся системами стимулирования, или по варианту VI, предполагающему ограниченный охват авиаперевозчиков. Таким образом, между мероприятиями II и I, а также мероприятиями II и III имеется логическая связь «если ..., то ...».

Мероприятия I, III и VI – альтернативны, причем мероприятие VI может быть осуществлено независимо от мероприятия II.

Мероприятия IV и V нацелены на то, чтобы повысить емкость рынка услуг такси. Может быть выполнено любое из этих мероприятий, либо оба вместе, но хотя бы одно из них должно быть выполнено обязательно.

Мероприятие «VII – изменить условия оказания услуг в сфере кинопроката» логически независимо от других мероприятий. Это значит, что его можно осуществлять или не осуществлять только в зависимости от наличия финансовых и других ресурсов.

Любой вариант любого *мероприятия* требует некоторых финансовых затрат и приносит определенные финансовые результаты, обеспечивает занятость и пр. При этом есть бюджетные ограничения по доходам и расходам. В целом, таким образом, мы имеем задачу разработки комплексной программы управления (местного, регионального или федерального уровня), суть которой состоит в том, чтобы составить такой набор *мероприятий*, который:

- во-первых, удовлетворяет ограничениям по финансовым и другим ресурсам;
- во-вторых, учитывает все логические связи между мероприятиями;
- в-третьих, обеспечивает достижение максимума эффекта (доходов в бюджет, или занятости, или повышение производительности труда и др.).

Задачи такого рода называются комбинаторными и их позволяет решать модуль *Combinatorics* инструментальной системы *Decision*. В п. 2.2.3 мы кратко охарактеризовали возможности и назначение этого модуля. Задача составления комплексной программы управления очень похожа на зада-

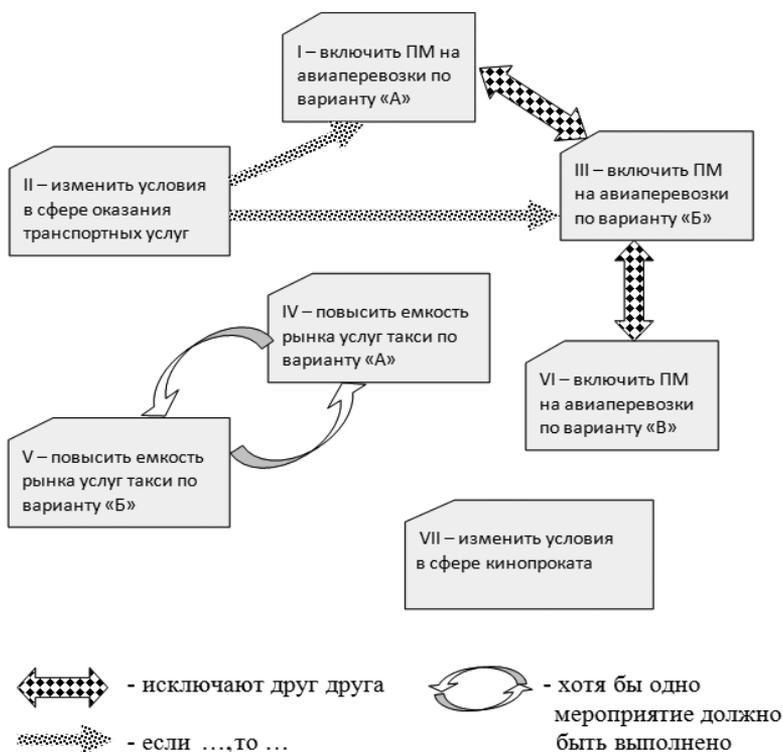


Рис. 2.22. Сеть логических связей между мероприятиями

чу формирования инвестиционной программы предприятия, подробно рассмотренную в нашей книге¹.

На федеральном уровне эти методы разработки комплексных программ могут сопрягаться и взаимно дополняться с методами финансового программирования². Надо иметь в виду, что формирование бюджета является в основном политическим процессом. Указанная технология компоновки управленческих мероприятий может послужить средством, помогающим обосновывать некоторые расходные и доходные статьи и согласовывать интересы всех заинтересованных сторон.

2.5. Цели государственного управления экономикой и социальная справедливость

Инструменты, которые мы рассмотрели в предыдущем параграфе, дают принципиальную возможность для осуществления гибкого, эффективного управления, никак не ущемляющего права собственности и не мешающего проявлять инициативу. Наличие возможности управления (хотя бы принципиальной, теоретической) предполагает решение вопроса о том, какие цели должно преследовать управление. Этот вопрос не может быть оставлен только на усмотрение тех или иных органов власти. Цели не могут зависеть только от воли Президента, или Премьер-министра, или Парламента. Они должны быть достаточно ясно очерчены, объективно обусловлены и узаконены. Могут быть даже прописаны в Конституции.

Понятно, что управление должно быть направлено на удовлетворение желаний большинства нормальных и здравомыслящих людей, которые четко и ясно выражены в идеалах социализма. Принцип: «От каждого по способностям — каждому по труду» сам по себе, несомненно, прекрасен. Но как

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 123—181.

² Там же. — С. 370—377.

его технически осуществить? Это весьма принципиальный и совсем не простой вопрос, который оказался неразрешимым для СССР.

Обратимся в этой связи к рассмотрению трудовой теории стоимости, «Закону планомерного и пропорционального развития», который существовал в СССР, и «устойчивому развитию».

Трудовая теория стоимости

«Трудовая теория стоимости (ТТС) — экономическая теория, в соответствии с которой стоимость товара зависит от труда, необходимого для его производства. Различные варианты трудовой теории стоимости выдвигались основателями классической политической экономии, такими как Адам Смит и Дэвид Рикардо. Наибольшее развитие получила в трудах Карла Маркса и исторически ассоциируется с марксизмом. Современные экономисты при оценке стоимости придерживаются, в основном, теории предельной полезности»¹.

Не искажая смысла ТТС, основной ее тезис можно сформулировать так: товар стоит столько, сколько труда вложено в его производство. При этом имеется в виду количество усредненного общественного труда в данных конкретных исторических условиях.

Но что значит «усредненный труд»? Много ли труда вложил финансовый спекулянт, когда воспользовавшись инсайдерской информацией купил по дешевке кучу ценных бумаг, чуть погода продал их по баснословной цене и в одночасье заработал миллиарды! А средняя заработная плата в России у большинства честных тружеников является просто нищенской.

Можно ли при таких совершенно диких перекосах говорить о каком-то усредненном общественном труде? Эти аргументы приводят многих специалистов к выводу, что ТТС либо вовсе не верна, либо устарела!

¹ http://ru.wikipedia.org/wiki/Трудовая_теория_стоимости

Посмотрим, однако, на этот вопрос с другой точки зрения. Если бы все сферы деятельности людей, включая и финансовые спекуляции, имели примерно одинаковый средний уровень доходности с учетом риска, то ТТС была бы верна. Так может быть дело не в том, что плоха теория, а в том, что не выполняются условия, при которых утверждения теории являются верными? А хорошо ли то, что эти условия нарушены? Справедливо ли это? Вопрос, как говорится, риторический!

То, что сегодня можно делать деньги просто из денег, и, более того, это самый простой и надежный способ, особенно если ты приближен к власти, является форменным безобразием. Это явное проявление тяжелой болезни экономики. Эта болезнь поразила не только российскую, но и всю мировую экономику. Она совершенно точно, рано или поздно, приведет к всеобщему краху. Об этом говорят многие специалисты и общественные деятели, в частности, Михаил Леонтьев, Михаил Хазин, Лауреат Нобелевской премии Пол Кругман и многие другие. Болезнь непременно надо лечить. И делать это необходимо, применяя инструменты регулирования доходностей разных сфер деятельности, которые мы рассматривали в § 2.4. Это требует постоянного внимания со стороны органов власти разного уровня, требует согласованности экономического законодательства всех стран и позволит приближаться к идеалу распределения доходов по труду.

На форуме АТЕС В.В. Путин заявил, что «Проходящие изменения товарных и финансовых потоков требуют выработки новых практических подходов в глобальной экономике»¹.

Должна жестко регулироваться денежная масса. По идее, денег должно быть столько, чтобы нормально функционировал производственный капитал, сфера потребления и др. Финансовое программирование², а также *Эволюционно-симу-*

¹ <http://news.yandex.ru/yandsearch?cl4url=www.bfm.ru%2Fnews%2F2012%2F09%2F07%2Fputin-prizyvaet-vyrobotat-novye-podhody-k-mirovoj-ekonomike.html>

² Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 370-377.

лятивные модели реального и финансового секторов экономики¹ дают для таких расчетов все необходимое методическое обеспечение. Сами по себе деньги — это просто бумажки и не более того!

Планомерное и пропорциональное развитие

«Закон планомерного и пропорционального развития» в советское время пытались представить как объективный закон экономики. Но, к сожалению, на самом деле получились жуткие диспропорции и сверхнормативные запасы. Не было подходящих инструментов. Но планомерное и пропорциональное развитие действительно необходимо. Кто может против этого что-нибудь возразить? С тем или иным приближением инструменты, рассмотренные в § 2.4, в принципе позволяют добиваться планомерности и пропорциональности. А раз есть инструменты достижения цели, раз цель благая, значит ее непременно следует добиваться.

«Закон планомерного и пропорционального развития» следует рассматривать не как экономический закон, а как юридический закон. Комплексные программы регулирования экономики (см. § 2.4.3) должны утверждаться на определенные плановые периоды в качестве юридических законов, которым будет обязана следовать исполнительная власть в течение планового периода.

Устойчивое развитие

«Закон планомерного и пропорционального развития» хорошо согласуется с идеей устойчивого развития². «Устойчивое развитие» (англ. sustainable development) — процесс изменений, в котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического

¹ Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Информационные технологии в бизнесе. — Пп. 5.1.2, 5.1.3 и 5.2.5.

² Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В. Введение в теорию развития. — М.: Финансы и статистика, 2011. — С. 88–91, а также Creative Commons Attribution/Share-Alike

прогресса, формирование личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений.

В 1980-е годы Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) призывала к необходимости перехода к «развитию без разрушения». В 1980 г. впервые получила широкую огласку концепция устойчивого развития во Всемирной стратегии сохранения природы, разработанной по инициативе ЮНЕП, Международного союза охраны природы (МСОП) и Всемирного фонда дикой природы. В 1987 г. в докладе «Наше общее будущее» Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР) уделила основное внимание необходимости «устойчивого развития», при котором «удовлетворение потребностей настоящего времени не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». Эта формулировка понятия «устойчивое развитие» сейчас широко используется в качестве базовой во многих странах.

Всемирный саммит ООН по устойчивому развитию (межправительственный, неправительственный и научный форум) в 2002 г. подтвердил приверженность всего мирового сообщества идеям устойчивого развития

Появление концепции устойчивого развития подорвало фундаментальную основу традиционной экономики – неограниченный экономический рост.

Между устойчивым развитием и уровнем потребления существует глубокая связь. Потребление западных стран на порядки превышает потребление бедных. Обеспечить всем странам наивысший уровень потребления невозможно, так как это приведет к истощению ресурсов. Сохранять же углубляющееся неравенство в уровне потребления также по видимому не удастся из-за различных форм сопротивления, включая терроризм. Все это является аргументами в пользу необходимости перемен. Через определённое (не очень продолжительное, учитывая постоянное ускорение общественного развития) время человечество станет перед необходимостью качественного совершенствования системы

общественных отношений. И основа упомянутого усовершенствования – ограничение потребления и изменение его структуры.

В совокупности трудовая теория стоимости, «Закон планомерного и пропорционального развития» и принципы устойчивого развития определяют стратегические и неизменные цели государственного планирования экономики на всех уровнях, с местного до межгосударственного.

Борьба с коррупцией

Еще одной важной целью является борьба с коррупцией. Наверняка найдутся желающие и умельцы, особенно у нас в России, которые предпримут все усилия, чтобы превратить все обсуждаемые реформации просто в еще одну кормушку и в способ дополнительных поборов. Такова судьба всех новаций в области экономики и управления.

Вместе с тем, введение новых методов управления экономикой само может стать одним из важнейших способов борьбы с коррупцией. Дело в том, что ни один из инструментов, рассмотренных в § 2.4 этой главы, не предусматривает ничего такого, когда кто-то кому-то персонально мог что-либо разрешать или запрещать. Все огромное разнообразие способов управления строится исключительно на изменении соотношения рисков для различных категорий хозяйствующих субъектов, гражданские и хозяйственные права которых вообще не затрагиваются управлением. Такой способ управления подразумевает абсолютную прозрачность и понятность всех мер воздействия на экономику всеми участниками. Из прямого «закона о плане» или постановления Правительства каждый хозяйствующий субъект должен ясно понимать, какие наказания и какие поощрения его ожидают за те или иные результаты хозяйственной деятельности. Если этого нет, то сам инструмент управления следует признать непригодным для применения. В этих условиях коррупция будет постепенно вытесняться и изживаться.

Только меры контроля, какими бы жесткими и детальными они ни были, как показывает опыт, не позволяют иско-

рентить коррупцию. Во-первых, сами контролеры начинают подвергаться коррупции, во-вторых, не все можно проверить, в-третьих, лоббисты от коррупционеров не позволяют сделать контроль достаточно эффективным. Пока что коррупция, как вредоносный вирус, демонстрирует высокую приспособляемость к любым условиям. Россиянам хорошо известны наши замороженные формы коррупции.

«Даже в коммунистическом Китае коррупция цветет и пахнет. По данным официальной статистики КНР, более 70% национального богатства страны сконцентрировано в руках менее 0,5% населения, причем 90% из них — дети или близкие родственники высокопоставленных чиновников. Так, в 2008 году сын заместителя председателя КНР Цзен Цинхуна купил поместье в Австралии за \$ 35,7 млн»¹.

Мы уже отмечали, какое огромное могущество имеет финансовый капитал в США и Западной Европе. Ему уже не нужна коррупция в общепринятом понимании просто потому, что *правило перетока капитала* (см. § 1.1 в [1]) автоматически обеспечивает получение того, чего коррупционеры добиваются с помощью разнообразных ухищрений. Финансовый капитал отчасти замещает коррупцию, но не улучшает ситуацию. Он паразитирует на экономике точно также, как и коррупция.

Должна быть в корне изменена система управления экономикой таким образом, чтобы коррупция перестала быть выгодным и технически легко осуществимым занятием. Если не будет создана такая система управления, то коррупция будет существовать вечно.

Возможность создавать инструменты, рассмотренные в § 2.4, востребованность в них являются естественным результатом социально-экономического развития человеческой цивилизации. Все это реальные инструменты реализации программы переустройства общества, при котором оно будет приближаться к идеалам справедливости, но без революционных потрясений.

¹ Сигида А. Чиновников и олигархов начнут сажать? // Мир новостей. — 2012. — № 39(978). — 18 сент.

Глава 3

ТЕОРЕМЫ О РЫНКЕ И ПЛАНЕ¹

За всю историю экономики сформировалось только два способа организации экономических отношений: рыночная и плановая. Теоремы, рассмотренные в этой главе, не только превращают в математические факты известные положения о неотъемлемых недостатках как рынка, так и плана, но кроме того, и это главное, неопровержимо доказывают, что эффективной может быть только такая экономика, в которой на большинстве секторов рынка осуществляется управляемое переключение с рынка на план и обратно. Особенность современного состояния отечественной и мировой экономики состоит в том, что появилась принципиальная возможность осуществлять такое переключение, не нарушая прав собственности. Ситуация, при которой на одних секторах действует рыночная саморегуляция, а на других в то же самое время – планирование, или когда на одном промежутке времени на одном и том же секторе действует рыночная саморегуляция, а на другом промежутке времени – планирование, вполне допустима.

Значение рассматриваемых далее теорем состоит также и в том, что они:

– во-первых, открывают возможность использовать технологию анализа равновесия риска завышения и риска зани-

¹ Материал данной главы был обсужден и одобрен на научно-практическом семинаре по теории игр (руководитель, проф. Л.Г. Лабскер, специалист в области теории аппроксимации и банаховых пространств, теории систем Чебышева, теории игр в управлении экономикой и бизнесом, Член Американского математического общества и референт американского реферативного журнала *Mathematical Reviews*.), действующем при кафедре «Системный анализ и моделирование экономических процессов» Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

жения в равной мере как для исследования рыночной саморегуляции, так и планового управления;

– во-вторых, на основе теорем могут разрабатываться критерии для ситуаций, при которых необходимо переключение с рынка на план и обратно на том или ином конкретном секторе рынка;

– в-третьих, теоремы указывают на ограничения для применения планового управления и рыночной саморегуляции (например, при планировании не следует выравнивать стимулы для производителей с различающейся себестоимостью).

Возможность сформулировать и доказать рассмотренные далее теоремы появилась в связи с открытием равновесных случайных процессов (РСП), выяснением роли этих процессов в экономике и разработкой универсальной методологии математического моделирования РСП, т.е. эволюционно-симулятивной методологии¹.

Из рассматриваемых далее теорем следует, что управление должно быть распространено на те области экономики, которыми пока что управлять не удастся. Вопросам создания инструментов, необходимых для осуществления такого управления, посвящена пятая глава.

Как рынок, так и план порождают РСП. Формулировки теорем основаны на построении эволюционно-симулятивных моделей рынка и плана, сопоставлении этих моделей и исследовании их свойств. Начнем с уточнения основных понятий. К термину «рынок» мы уже неоднократно обращались. Рынок – это совокупность экономических отношений, основанных на регулярных, добровольных обменах между производителями и потребителями товаров. План – заранее обдуманное действие для достижения определенной цели. Мы имеем ввиду планы, целью которых являются производство и реализация определенного товара (услуги и ценные бумаги мы рассматриваем как разновидности товара).

Рынку и плану присущи специфические механизмы формирования объемов продаж и цен. Действие этих механизмов всегда локализуется в том времени и пространстве, в кото-

¹ http://ru.wikipedia.org/wiki/Эволюционно_симулятивный_метод

ром существует сектор рынка определенного товара (товарной группы). Воспользуемся следующими определениями.

Рыночный механизм (РМ) — это механизм самопроизвольного установления объема продаж и цены на определенном секторе рынка, исходя из соотношения спроса и предложения.

Плановый механизм (ПМ) — это механизм, действующий на определенном секторе рынка, основанный на том, что объем продаж, или цена, или то и другое устанавливаются в виде контрольных цифр, а система экономического стимулирования предусматривает штрафы и поощрения, зависящие от размера и направленности отклонений фактических значений от контрольных цифр.

Приведем простейшие структурные формулировки эволюционно-симулятивной модели РМ и ПМ. Для формулировки ЭСМ рынка введем обозначения:

Fa^{PM} — ожидаемый платежеспособный спрос (случайная величина);

PL^{PM} — равновесный объем продаж (детерминированная величина);

C^{PM} — цена товара;

S^{PM} — себестоимость товара.

ЭСМ рынка представлена соотношениями (3.1) — (3.3):

$$F_1^{PM} = S^{PM} (PL^{PM} - Fa^{PM}), PL^{PM} \geq Fa^{PM} \quad (3.1)$$

$$F_2^{PM} = (C^{PM} - S^{PM})(Fa^{PM} - PL^{PM}), PL^{PM} < Fa^{PM} \quad (3.2)$$

$$\min_{PL^{PM}} \left\{ \max_{i \in \{1,2\}} \left\{ M \left\{ F_i^{PM} \right\} \right\} \right\} \quad (3.3)$$

При этом:

F_1^{PM} — издержки завышения (возникают у совокупного производителя, в ситуации, когда поставка товара на рынок превышает спрос);

F_2^{PM} — издержки занижения (возникают у него же, в ситуации, когда поставка товара на рынок меньше спроса);

$M \left\{ F_i^{PM} \right\}$ — математическое ожидание издержек завышения (риск завышения), если $i = 1$, и издержек занижения (риск занижения), если $i = 2$.

Для формулировки ЭСМ плана воспользуемся обозначениями:

Fa^{PM} – ожидаемый объем производства (случайная величина);

PL^{PM} – план производства (детерминированная величина);

U^{PM} – параметр системы экономического стимулирования, определяющий размер издержек при перевыполнении плана (например, величина удельных потерь, возникающих вследствие необходимости хранения и утилизации сверхплановой продукции);

Q^{PM} – параметр системы экономического стимулирования, определяющий размер издержек при невыполнении плана (штраф за единицу недоданной продукции).

ЭСМ плана представлена соотношениями (3.4) – (3.6):

$$F_1^{PM} = U^{PM} (PL^{PM} - Fa^{PM}), PL^{PM} \geq Fa^{PM} \quad (3.4)$$

$$F_2^{PM} = Q^{PM} (Fa^{PM} - PL^{PM}), PL^{PM} < Fa^{PM} \quad (3.5)$$

$$\min_{PL^{PM}} \left\{ \max_{i \in \{1,2\}} \{M \{F_i^{PM}\}\} \right\} \quad (3.6)$$

При этом:

F_1^{PM} – издержки завышения (возникают у планирующего органа, в ситуации, когда поставка товара на рынок превышает реальную потребность);

F_2^{PM} – издержки занижения (возникают у него же в ситуации, когда план не выполняется):

$M \{F_i^{PM}\}$ – риск завышения (при $i = 1$) и риск занижения (при $i = 2$).

Модели (3.1) – (3.3) и (3.4) – (3.6) построены при ряде очевидных упрощающих предположений: не учитываются налоги; в явном виде не учитываются факторы, определяющие спрос, сбои в работе производства; предполагается, что непроданный товар целиком пропадает; не учитываются способы формирования товарных групп и др. При разработке конкретных ЭСМ и реализации этих ЭСМ в среде

Equilibrium все особенности могут быть учтены сколь угодно подробно и полно. Иллюстрацией этого являются модели, рассмотренные в 5-й, 6-й и 7-й главах. Например, эволюционно-симулятивная модель товарных рынков сельхозпродукции (§ 5.3) достаточно подробно и полно учитывает разнообразные меры государственного регулирования рынка зерна.

Пусть $C^{np} = \Psi^{np}(V^{np})$ – функция предложения, связывающая цену предложения C^{np} с объемом предложения V^{np} , а $C^{сп} = \Psi^{сп}(V^{сп})$ – функция спроса, связывающая цену спроса $C^{сп}$ с объемом спроса $V^{сп}$. Эти функции иллюстрирует

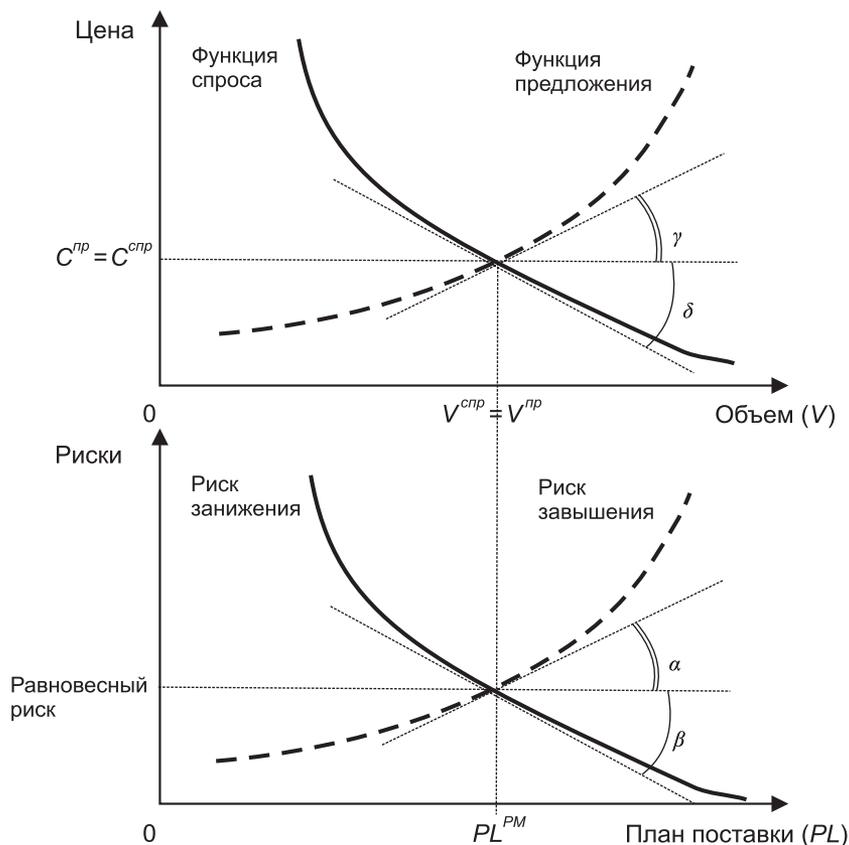


Рис. 3.1. Равновесие спроса и предложения и равновесие рисков

рис. 3.1, который повторяет рис. 2.17, но имеет обозначения, соответствующие формулировкам (3.1) – (3.3) и (3.4) – (3.6).

$V^{np} = \Psi^{(-1)np}(C^{np})$ и $V^{cnp} = \Psi^{(-1)cnp}(C^{cnp})$ – обратные функции.

Введем в рассмотрение несколько показателей, характеризующих рынок и план и вытекающих из моделей (3.1) – (3.3) и (3.4) – (3.6). При этом некоторые понятия, рассмотренные в параграфе 2.1, в частности, надежность и Завышение/Занижение, конкретизируются, причем различным образом, в модели (3.1) – (3.3) и в модели (3.4) – (3.6).

Надежность в модели (3.1) – (3.3) – это вероятность P^{PM} того, что объем продаж PL^{PM} окажется меньше или равен платежеспособному спросу Fa^{PM} , т.е. $P^{PM} = P(Fa^{PM} \geq PL^{PM})$; в модели (3.4) – (3.6) – это вероятность P^{PM} того, что план производства PL^{PM} окажется меньше или равен фактической потребности Fa^{PM} , т.е. $P^{PM} = P(Fa^{PM} \geq PL^{PM})$.

Завышение/Занижение (Z/Z) выражает соотношение удельных рисков, при котором работает бизнес в условиях рынка (Z/Z^{PM}) или в условиях плана (Z/Z^{PM}). Z/Z равен отношению угла наклона $\angle\alpha$ кривой риска завышения к углу наклона $\angle\beta$ кривой риска занижения при некотором объеме продаж, т.е. $Z/Z^{PM} = \frac{\angle\alpha}{\angle\beta}$ (рис. 3.1). В линейном приближении, принятом при формулировке модели (3.1) – (3.3), удельный риск завышения выражается себестоимостью единицы товара S^{PM} , а удельный риск занижения – прибылью, приходящейся на единицу товара ($C^{PM} - S^{PM}$), следовательно: $Z/Z^{PM} = \frac{S^{PM}}{C^{PM} - S^{PM}}$. При предположениях, принятых при формулировке модели (3.4) – (3.6), $Z/Z^{PM} = \frac{U^{PM}}{Q^{PM}}$.

Введем далее в рассмотрение следующие понятия.

Средняя удельная доходность капитала Z^{PM} выражается отношением прибыли к себестоимости на единицу товара: $Z^{PM} = \frac{C^{PM} - S^{PM}}{S^{PM}}$. Средняя удельная доходность является обратной величиной показателя «Завышение/Занижение», т.е. $Z^{PM} = \frac{1}{Z/Z^{PM}}$ и $Z^{PM} = \frac{1}{Z/Z^{PM}}$.

Средняя удельная доходность с учетом риска $D^{PM} = Z^{PM} P^{PM}$,
или $D^{PM} = Z^{PM} P^{PM}$.

Капитализация сектора рынка $K_j^{PM} = C_j^{PM} PL_j^{PM}$, или
 $K_j^{PM} = C_j^{PM} PL_j^{PM}$, где j – номер сектора.

Далее, при необходимости мы будем предполагать, что существует N секторов рынка, образующих замкнутую систему, и капитал может перетекать только между секторами этой системы.

3.1. Основная теорема теории равновесных случайных процессов

Обратимся к теореме 1 – основной теореме теории равновесных случайных процессов. Теорема утверждает, что равновесие рисков эквивалентно равновесию спроса и предложения. Эта теорема является строгим доказательством утверждений, сформулированных в виде 2-го закона в параграфе 2.3.2, для случая, когда РСП описывается моделью (3.1) – (3.3).

Теорема 1. *Если области значений функций спроса и предложения пересекаются, области значений функций риска завышения и риска занижения пересекаются, стимулы выхода из равновесия в виде неравенства спроса и предложения или неравенства риска завышения и риска занижения отсутствуют, то:*

1) *объем продаж PL^{PM} , уравнивающий риск завышения и риск занижения, совпадает с равновесными спросом и предложением $V^{сп} = V^{пр}$;*

2) *цена C^{PM} , уравнивающая риски завышения и занижения, совпадает с равновесной ценой спроса и предложения $C^{сп} = C^{сп}$;*

3) *отношение угла наклона кривой риска завышения $\angle\alpha$ к углу наклона кривой риска занижения $\angle\beta$ в окрестности оптимума равно отношению угла наклона кривой предложения $\angle\gamma$ к углу наклона кривой спроса $\angle\delta$ в окрестности оптимума (см. рис. 3.1).*

Доказательство. Функция предложения $\Psi^{пр}$ монотонно возрастает, а функция спроса $\Psi^{сп}$ монотонно убывает. Эти

функции однозначны, непрерывны, не имеют особенностей, имеют общую область определения G ($V^{np} \in G$ и $V^{cnp} \in G$) и определены на всей области определения. Поскольку области значений этих функций пересекаются, то существует единственное равновесное предложение, равное равновесному спросу $V = V^{np} = V^{cnp}$ и единственная соответствующая цена предложения, равная цене спроса $C = C^{np} = C^{cnp}$.

Для любого PL^{PM} риск завышения $R_1^{PM}(PL^{PM})$, в соответствии с (3.1), равен

$$R_1^{PM}(PL^{PM}) = \int_{PL^{PM} \geq Fa^{PM}} S^{PM}(PL^{PM} - Fa^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM},$$

где $f^{PM}(Fa^{PM})$ – плотность вероятности распределения Fa^{PM} . Область определения функции $R_1^{PM}(PL^{PM})$ совпадает с областью значений Fa^{PM} и совпадает с областями определения Ψ^{np} и Ψ^{cnp} . Иначе говоря, $Fa^{PM} \in G$ и $PL^{PM} \in G$. Функция $R_1^{PM}(PL^{PM})$ однозначна, непрерывна, монотонно возрастает, не имеет особенностей, определена на всей области G .

Аналогичным образом для любого PL^{PM} риск занижения $R_2^{PM}(PL^{PM})$, в соответствии с (3.2), выражается формулой

$$\begin{aligned} R_2^{PM}(PL^{PM}) &= \\ &= \int_{PL^{PM} < Fa^{PM}} (C^{PM} - S^{PM})(Fa^{PM} - PL^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM}. \end{aligned}$$

Область определения функции $R_2^{PM}(PL^{PM})$ та же, что и область определения $R_1^{PM}(PL^{PM})$. Функция $R_2^{PM}(PL^{PM})$ однозначна, непрерывна, монотонно убывает, не имеет особенностей, определена на всей области G .

Так как области значений функций $R_1^{PM}(PL^{PM})$ и $R_2^{PM}(PL^{PM})$ пересекаются, то существует единственное равновесное PL^{PM} , удовлетворяющее условию (3.3).

В условиях равновесия отсутствуют стимулы для выхода из него. Это значит, что если PL^{PM} равновесный план продаж, то одновременно должны выполняться оба условия: $R_1^{PM}(PL^{PM}) = R_2^{PM}(PL^{PM})$ и $\Psi^{np}(PL^{PM}) = \Psi^{cnp}(PL^{PM})$. Аналогично, если V равновесный объем предложения и спроса, то одновременно должны выполняться оба условия: $R_1^{PM}(V) = R_2^{PM}(V)$

и $\Psi^{np}(V) = \Psi^{cnp}(V)$. Это возможно только при $PL^{PM} = V$. Действительно, предположим, что $PL^{PM} > V$, условие $\Psi^{np}(V) = \Psi^{cnp}(V)$ и условие $R_1^{PM}(V) = R_2^{PM}(V)$ выполняются. В таком случае нарушается условие $R_1^{PM}(PL^{PM}) = R_2^{PM}(PL^{PM})$. В силу монотонности функций $R_1^{PM}(PL^{PM}) > R_1^{PM}(V)$, $R_2^{PM}(PL^{PM}) < R_2^{PM}(V)$ и $R_1^{PM}(PL^{PM}) \neq R_2^{PM}(PL^{PM})$. Аналогично, если $PL^{PM} < V$, то нарушается одно из условий равновесия, что и доказывает 1-е утверждение теоремы.

Равновесный спрос и предложение V однозначно определяют равновесную цену $C^V = \Psi^{np}(V) = \Psi^{cnp}(V)$. Равновесие рисков завышения и занижения тоже однозначно определяет цену $C^{PM} = R_1^{PM}(PL^{PM}) = R_2^{PM}(PL^{PM})$. Из выражения для функции риска занижения

$$R_2^{PM}(PL^{PM}) = \int_{PL^{PM} < Fa^{PM}} (C^{PM} - S^{PM})(Fa^{PM} - PL^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM}$$

следует, что при неизменном PL^{PM} и при прочих равных условиях, риск занижения является однозначной функцией цены C^{PM} . Одновременно при прочих равных условиях $R_2^{PM}(PL^{PM})$ является однозначной функцией PL^{PM} при фиксированной цене C^{PM} . Условие равновесия фиксирует риски, т.е. $R_1^{PM}(PL^{PM}) = R_2^{PM}(PL^{PM}) = const$. В этом случае PL^{PM} и C^{PM} взаимно однозначно определяют друг друга, в частности, существует функция $C^{PM} = \Phi(PL^{PM})$.

Обратные функции Φ^{-1} , $\Psi^{(-1)np}$ и $\Psi^{(-1)cnp}$, как и функции Φ , Ψ^{np} и Ψ^{cnp} — однозначны, всюду определены, не имеют особенностей и монотонны. В частности, $\Psi^{(-1)np}$ монотонно возрастает, а $\Psi^{(-1)cnp}$ монотонно убывает. По условиям теоремы все 3 равенства: $PL^{PM} = \Phi^{-1}(C^{PM})$, $V = \Psi^{(-1)np}(C^V)$ и $V = \Psi^{(-1)cnp}(C^V)$ должны выполняться одновременно и, кроме того, согласно 1-го утверждения данной теоремы, $PL^{PM} = V$. Это возможно только в случае, если $C^V = C^{PM}$. Действительно, предположим, что $C^V \neq C^{PM}$. Пусть, например, $C^V > C^{PM}$ и $PL^{PM} = \Phi^{-1}(C^{PM}) = V = \Psi^{(-1)np}(C^V)$. В таком случае из монотонного возрастания $\Psi^{(-1)np}$ следует, что $\Psi^{(-1)np}(C^V) > \Psi^{(-1)np}(C^{PM})$, а из монотонного убывания $\Psi^{(-1)cnp}$ можно сделать вывод, что $\Psi^{(-1)cnp}(C^V) < \Psi^{(-1)cnp}(C^{PM})$,

и $\Psi^{(-1)cnp}(C^V) \neq \Psi^{(-1)cnp}(C^V)$, что противоречит условиям. Иначе говоря, поскольку $PL^{PM} = V$, то как $C^V = \Psi^{np}(V) = \Psi^{cnp}(V)$, так и $C^{PM} = \Phi(PL^{PM})$ представляют собой однозначно определенную цену одного и того же товара в одной и той же точке равновесия. Следовательно, $C^{PM} = C^V$, что доказывает 2-е утверждение теоремы.

Угол наклона кривой риска завышения в окрестности оптимума $\angle\alpha = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{R_1^{PM}(PL^{PM} + \Delta) - R_1^{PM}(PL^{PM})}{\Delta}$. Угол на-

клона кривой риска занижения в окрестности оптимума $\angle\beta = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{R_2^{PM}(PL^{PM}) - R_2^{PM}(PL^{PM} - \Delta)}{\Delta}$. В предположении-

ях, при которых сформулирована модель (3.1) – (3.3) $Z / Z^{PM} = \frac{\angle\alpha}{\angle\beta} = \frac{S}{C - S}$.

Угол наклона кривой предложения в окрестности оптимума $\angle\gamma = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\Psi^{np}(V + \Delta) - \Psi^{np}(V)}{\Delta}$. Угол наклона кривой спроса

в окрестности оптимума $\angle\delta = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\Psi^{cnp}(V) - \Psi^{cnp}(V - \Delta)}{\Delta}$.

В достаточно малой окрестности оптимума в линейном приближении $C^{np} = \Psi^{np}(V^{np}) = h^{np} * V^{np}$ и $C^{cnp} = \Psi^{cnp}(V^{cnp}) = h^{cnp} * V^{cnp}$. Следовательно, $\angle\gamma = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{h^{np}(V + \Delta) - h^{np}V}{\Delta} = h^{np}$

и $\angle\delta = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{h^{cnp}V - h^{cnp}(V - \Delta)}{\Delta} = h^{cnp}$. Таким образом, $\frac{\angle\gamma}{\angle\delta} = \frac{h^{np}}{h^{cnp}}$.

По определению, предельная полезность любого блага – это польза, которую приносит последняя единица этого блага, причём последнее благо должно удовлетворять самые маловажные нужды. Если пользу блага выражать в деньгах, то кривые полезностей различных объемов товаров для потребителей и производителей превращаются в кривые спроса и предложения. Согласно этому определению величина h^{np} выражает долю, на которую должна быть увеличена цена, чтобы компенсировать потери, которые возникнут в слу-

чае, если вместо поставки V единиц товара будет поставлено $V + 1$ единиц товара и одна единица окажется не реализованной. Иначе говоря, цена S на все проданные товары должна быть изменена на такую величину h^{np} , чтобы компенсировать потери в размере себестоимости единицы непроданного товара S , т.е. $h^{np} CV^{np} = S$. Следовательно, $h^{np} = \frac{S}{C * V^{np}}$.

Величина h^{cnp} выражает долю, на которую следовало бы увеличить цену, чтобы компенсировать потерю прибыли в случае, если вместо поставки V единиц товара будет поставлено $V - 1$ единиц товара, т.е. $h^{cnp} CV^{cnp} = (C - S)$. Следовательно, $h^{cnp} = \frac{C - S}{C * V^{cnp}}$.

Таким образом, $\frac{\angle \gamma}{\angle \delta} = \frac{h^{np}}{h^{cnp}} = \frac{S}{C - S} = \frac{\angle \alpha}{\angle \beta} = 3 / 3^{PM}$, что доказывает 3-е утверждение теоремы. ■

3.2. Теоремы о рынке

Обратимся далее к теореме, которая утверждает, что на любом секторе рынка всегда можно ввести планирование и подобрать такую систему экономического стимулирования, что ситуация будет эквивалентна рыночной саморегуляции. При этом надо иметь ввиду, что указанная эквивалентность ограничена тем, как правило, очень небольшим, промежуточном времени, в течение которого сохраняются в неизменности все внешние и внутренние условия на рассматриваемом секторе рынка.

Теорема 2. *На любом секторе рынка можно установить план продаж PL^{PM} и подобрать параметры системы экономического стимулирования U^{PM} и Q^{PM} так, что план PL^{PM} совпадет с равновесным спросом и предложением PL^{PM} .*

Доказательство. Для любого PL^{PM} риск завышения $R_1^{PM}(PL^{PM})$, в соответствии с (3.4), равен

$$R_1^{PM}(PL^{PM}) = \int_{PL^{PM} \geq Fa^{PM}} U^{PM}(PL^{PM} - Fa^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM},$$

где $f^{PM}(Fa^{PM})$ – плотность вероятности распределения Fa^{PM} . В соответствии с (3.5) риск занижения $R_2^{PM}(PL^{PM})$ для любого PL^{PM} выражается формулой $R_2^{PM}(PL^{PM}) = \int_{PL^{PM} < Fa^{PM}} Q^{PM}(Fa^{PM} - PL^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM}$. Условие (3.6) эквивалентно равенству $R_1^{PM}(PL^{PM}) = R_2^{PM}(PL^{PM})$. Раскрывая его, получим:

$$\begin{aligned} & \int_{PL^{PM} \geq Fa^{PM}} U^{PM}(PL^{PM} - Fa^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM} = \\ & = \int_{PL^{PM} < Fa^{PM}} Q^{PM}(Fa^{PM} - PL^{PM}) f^{PM}(Fa^{PM}) dFa^{PM}. \end{aligned}$$

В предположении, что функция плотности вероятности $f^{PM}(Fa^{PM})$ аппроксимирована непрерывным законом, позволяющим интегрировать, а также учитывая вид подинтегральных выражений, мы можем утверждать, что решение данного интегрального уравнения существует и имеет вид непрерывной, однозначной, определенной на всей области значений, функции без особенностей $PL^{PM} = \Theta^{PM}(U^{PM}, Q^{PM})$.

Введение плановой системы не меняет области определения спроса и предложения, т.е. $Fa^{PM} \in G$ и $PL^{PM} \in G$, так же, как $Fa^{PM} \in G$ и $PL^{PM} \in G$, т.е. G является областью значений функции Θ^{PM} . Следовательно, существуют такие U^{PM} и Q^{PM} , что $\Theta^{PM}(U^{PM}, Q^{PM}) = PL^{PM} = PL^{PM}$. Что и требовалось доказать. ■

Следующие четыре теоремы выявляют недостатки, неотрывно присущие рыночной экономике. Для разрешения этих проблем необходимо распространять управление на новые для современной экономики сферы, а именно:

- перетоки капиталов между секторами рынка (теоремы 3 и 4);
- устойчивость рынков (теорема 5);
- охват разных категорий покупателей, присутствующих на секторе рынка (теорема 6).

Экономическая наука, если предположить, что она не включает теорию равновесных случайных процессов, неспособна дать инструменты, подходящие для решения назван-

ных управленческих задач. Теория РСП и инструментальная система Decision предоставляют такую возможность.

Теорема 3. *В замкнутой системе секторов рынков капитал перетекает из сектора j с меньшей средней удельной доходностью D_j^{PM} (или D_j^{PM}) в сектор j' с большей средней удельной доходностью $D_{j'}^{PM}$ (или $D_{j'}^{PM}$).*

Доказательство. Рассмотрим 2 сектора рынка j и j' . Предположим, что в исходный момент времени t было $D_{j,t}^{PM} = D_{j',t}^{PM}$ и $PL_{j,t}^{PM} = PL_{j',t}^{PM}$. Допустим, что к моменту $t + \tau$ сектор j остался без изменений, а на секторе j' средняя удельная доходность возросла и стала $D_{j',t+\tau}^{PM} < D_{j,t+\tau}^{PM}$. Необходимо доказать, что при этом $PL_{j,t+\tau}^{PM} < PL_{j',t+\tau}^{PM}$.

Подставляя $Z_j^{PM} = \frac{1}{3 / 3_j^{PM}}$ в $D_j^{PM} = Z_j^{PM} * P_j^{PM}$ найдем

$D_j^{PM} = \frac{P_j^{PM}}{3 / 3_j^{PM}}$. Для любого сектора рынка j модель (3.1) –

(3.3), при прочих равных связывает величины $3 / 3_j^{PM}$, PL_j^{PM} и P_j^{PM} следующими зависимостями:

- увеличение P_j^{PM} приводит к снижению PL_j^{PM} и снижению $3 / 3_j^{PM}$;
- уменьшение $3 / 3_j^{PM}$ приводит к увеличению PL_j^{PM} и снижению P_j^{PM} .

При переходе бизнеса с одного сектора рынка на другой необходимо учитывать то, что надежность отражает условия работы бизнеса (чем выше надежность, тем лучше условия), а «Завышение/Занижение» – соотношение стимулов. Поэтому при перетоках капитала зависимости PL_j^{PM} и $3 / 3_j^{PM}$ от надежности меняются на обратные: т.е. $P_{j',t+\tau}^{PM} > P_{j,t+\tau}^{PM}$ влечет $PL_{j',t+\tau}^{PM} > PL_{j,t+\tau}^{PM}$ (при прочих равных условиях капитал перетекает от худших условий, где ниже надежность, к лучшим). При этом направленность стимулов остается той же: чем меньше соотношение рисков завышения и занижения, тем лучше для бизнеса, т.е. $3 / 3_{j',t+\tau}^{PM} < 3 / 3_{j,t+\tau}^{PM}$ влечет $P_{j',t+\tau}^{PM} > P_{j,t+\tau}^{PM}$.

Таким образом, при переходе бизнеса с одного сектора на другой действуют зависимости:

- увеличение P_j^{PM} приводит к увеличению PL_j^{PM} и снижению $3 / 3_j^{PM}$ (увеличение надежности привлекает капитал из

других секторов и создает лучшее соотношение рисков для привлекаемого капитала);

– уменьшение Z / Z_j^{PM} приводит к увеличению PL_j^{PM} и увеличению P_j^{PM} (улучшение соотношения рисков увеличивает привлекаемый капитал и увеличивает надежность привлекаемого капитала).

Таким образом, увеличение числителя в выражении $D_j^{PM} = \frac{P_j^{PM}}{Z / Z_j^{PM}}$ непременно влечет уменьшение знаменателя, а уменьшение знаменателя – увеличение числителя. Вместе с тем, как увеличение числителя, так и уменьшение знаменателя приводят к увеличению PL_j^{PM} . Поэтому $D_{j,t+\tau}^{PM} < D_{j',t+\tau}^{PM}$ влечет $PL_{j,t+\tau}^{PM} < PL_{j',t+\tau}^{PM}$. Что и требовалось доказать. ■

Из теоремы 3 следует, что в замкнутой системе секторов рынков неизбежен переток капитала из всех секторов в сектор с наибольшей средней удельной доходностью с учетом риска D_j^{PM} .

Если преобладание средней удельной доходности на каком-либо из секторов рынка является не слишком длительным, то концентрация капитала может способствовать опережающему росту наиболее эффективного направления вложений. Если после этого появляется другой наиболее эффективный сектор (по причине появления новых технологий, или новых товаров, или изменения рисков), то направление движения капитала переключается на него. Вместе с тем, если преобладание средней удельной доходности с учетом риска длительное время остается постоянным на одном и том же секторе рынка, то возникают диспропорции и создается олигархия со всеми известными негативными последствиями.

Введем обозначения:

t – момент времени;

$P_{j,t}$ – вероятность того, что $D_{j,t}^{PM}$ возрастет в момент t ;

$P_{j',j,t}$ – вероятность возникновения ситуации $D_{j',t}^{PM} > D_{j,t}^{PM}$.

Теорема 4. В однородной замкнутой системе рынков, в которой:

в начальной ситуации $t = 0$ все сектора идентичны $K_{j,t}^{PM} = K_{j',t}^{PM}$, $D_{j,t}^{PM} = D_{j',t}^{PM}$, $P_{j,t} = P_{j',t}$, $\forall j, j'$;

при переходе от t к $t + \tau$ значения $D_{j,t+\tau}^{PM}$ изменяются по случайному закону;

при $D_{j',t}^{PM} > D_{j,t}^{PM}$ вероятность возникновения ситуации $D_{j',t+\tau}^{PM} < D_{j,t+\tau}^{PM}$ тем меньше, чем больше разность $D_{j',t}^{PM} - D_{j,t}^{PM}$

происходит:

- 1) разделение секторов по уровню капитализации;
- 2) $D_{j,t}^{PM}$ становится тем больше, чем больше $K_{j,t}^{PM}$;
- 3) появляется сектор j' , у которого капитализация $K_{j',t}^{PM}$ и $D_{j',t}^{PM}$ являются наибольшими и вероятность возникновения ситуации $D_{j',t+\tau}^{PM} < D_{j,t+\tau}^{PM}$ для любого $j \neq j'$ с увеличением τ бесконечно приближается к 0 (невозможна).

Доказательство. Предположим, что в некоторый момент времени t ситуация $D_{j',t+\tau}^{PM} > D_{j',t}^{PM}$ возникла вследствие прироста $D_{j',t}^{PM}$. В результате, согласно теоремы 3, в сектор j' перетечет некоторое количество капитала из тех секторов j , для которых выполняется условие $D_{j',t+\tau}^{PM} > D_{j,t+\tau}^{PM}$. Переток капитала создает ситуацию, в которой одновременно выполняются оба неравенства: $D_{j',t+\tau}^{PM} > D_{j',t}^{PM}$ и $K_{j',t+\tau}^{PM} > K_{j',t}^{PM}$, хотя бы для некоторых j . Это, в свою очередь, ведет к дальнейшему возрастанию $D_{j',t+\tau}^{PM}$. Действительно, предположим, что увеличилась капитализация $K_{j',t}^{PM}$. Поскольку $K_{j',t}^{PM} = C_{j',t}^{PM} * PL_{j',t}^{PM}$ то увеличение $K_{j',t}^{PM}$ возможно либо в случае увеличения $PL_{j',t}^{PM}$, либо в случае увеличения $C_{j',t}^{PM}$. Модель (3.1) – (3.3), при прочих равных условиях, связывает величины $Z / Z_{j',t}^{PM}$, $PL_{j',t}^{PM}$ и $P_{j',t}^{PM}$ следующими зависимостями: увеличение $PL_{j',t}^{PM}$ приводит к увеличению $Z / Z_{j',t}^{PM}$ и снижению $P_{j',t}^{PM}$. При переносе капитала с одного сектора на другой эти зависимости меняются на обратные, т.е. увеличение $PL_{j',t}^{PM}$ приводит к снижению $Z / Z_{j',t}^{PM}$ и увеличению $P_{j',t}^{PM}$, что означает увеличение $D_{j',t}^{PM} = \frac{P_{j',t}^{PM}}{Z / Z_{j',t}^{PM}}$. Если произошло увеличение $C_{j',t}^{PM}$, то это оз-

начает уменьшение $Z / Z_{j',t}^{PM} = \frac{S_{j',t}^{PM}}{C_{j',t}^{PM} - S_{j',t}^{PM}}$. Модель (3.1) – (3.3), при прочих равных условиях, связывает величины $Z / Z_{j',t}^{PM}$ и $P_{j',t}^{PM}$ следующей зависимостью: уменьшение $Z / Z_{j',t}^{PM}$ приводит к уменьшению $P_{j',t}^{PM}$, которая при переносе капитала с одного сектора на другой меняется на обратную: уменьшение $Z / Z_{j',t}^{PM}$ приводит к увеличению $P_{j',t}^{PM}$, что означает увеличение $D_{j',t}^{PM} = \frac{P_{j',t}^{PM}}{Z / Z_{j',t}^{PM}}$. Следовательно, увеличение $K_{j',t+\tau}^{PM}$ приводит к увеличению $D_{j',t}^{PM}$, а увеличение $D_{j',t}^{PM}$ – к дальнейшему притоку капитала, $K_{j',t+\tau}^{PM}$ и т.д. Это доказывает как 1-е, так и 2-е утверждения теоремы.

Пусть j' сектор рынка, у которого в момент t величина $D_{j',t}^{PM}$ максимальна, и пусть $D_{j',t}^m = \max_{j \neq j'} D_{j,t}^{PM}$. Так как $D_{j',t}^{PM} > D_{j,t}^m$, то приток капитала в j' будет больше, чем в любой другой сектор j . Из 2-го утверждения теоремы следует, что при этом $D_{j',t}^{PM}$ увеличивается на большую величину, чем $D_{j',t}^{PM}$, т.е. $\Delta_\tau = D_{j',t+\tau}^{PM} - D_{j',t+\tau}^m$ тем больше, чем больше τ .

Увеличение Δ_τ с увеличением τ означает уменьшение вероятности события $D_{j',t+\tau}^{PM} < D_{j',t+\tau}^m$ с увеличением τ . Это доказывает 3-е утверждение теоремы. ■

Согласно теоремам 3 и 4 в рыночной системе, даже если она изначально состоит из абсолютно одинаковых секторов рынка, даже если все хозяйствующие субъекты кристально честны, никто не пользуется инсайдерской информацией, ничего не присваивается незаконными способами, никто не подавляет конкурентов, тем не менее неизбежно возникает олигархия (финансовая), неравенство условий хозяйствования, диспропорции, расслоение производителей и потребителей по уровню доходов. Если же реальные условия отличаются от идеальных, то утверждения теоремы тем более верны. Из теоремы также следует, что сама рыночная система неспособна избавиться от олигархии, что рынок неотделим от социального неравенства и политического напряжения.

Это значит, что во избежание всеобщего экономического краха перетоком капиталов непременно следует управлять.

Теорема 5. Если на некотором секторе рынка с течением времени показатель Z/Z^{PM} остается неизменным на всей области определения функций предложения и спроса, то при $Z/Z^{PM} > 1$ и активности производителя, либо при $Z/Z^{PM} < 1$ и активности потребителя амплитуда колебаний спроса и предложения неограниченно возрастает.

Доказательство. Пусть V – равновесный спрос и предложение, а C – равновесная цена. Пусть бизнес предлагает товар в объеме V_1^{np} , рассчитывая при этом продавать товар по цене $C_1^{np} = \Psi^{np}(V_1^{np})$ (точка 1 на рис. 2). Покупатель по такой цене $C_2^{cnp} = C_1^{np}$ готов предъявить спрос в размере $V_2^{cnp} = \Psi^{(-1)cnp}(C_2^{cnp})$ (точка 2 на рис. 3.2). При спросе, равном объему предложения $V_3^{np} = V_2^{cnp}$ производитель вынужден сбросить цену до $C_3^{np} = \Psi^{np}(V_3^{np})$ (точка 3 на рис. 3.2).

При цене $C_4^{cnp} = C_3^{np}$ покупатель готов предъявить спрос $V_4^{cnp} = \Psi^{(-1)cnp}(C_4^{cnp})$ (точка 4 на рис. 3.2). При спросе в объеме предложения, соответствующем повысившемуся спросу $V_5^{np} = V_4^{cnp}$, производитель увеличивает цену до $C_5^{np} = \Psi^{np}(V_5^{np})$

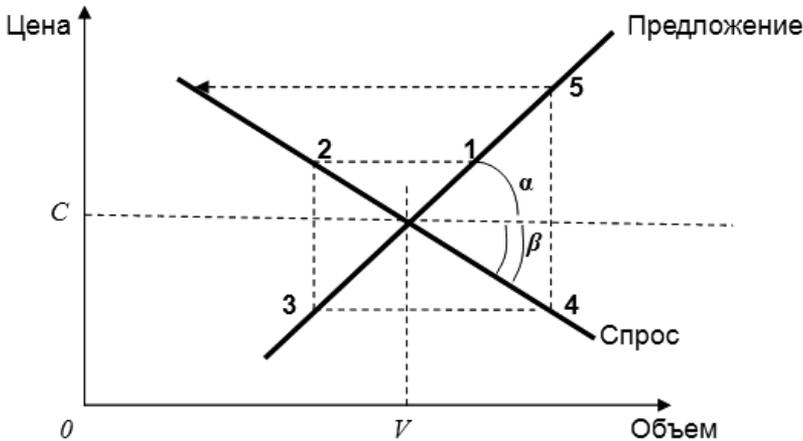


Рис. 3.2. Резонансная неустойчивость

(точка 5 на рис. 3.2) и т.д. При $3 / 3^{PM} = \frac{\angle\alpha}{\angle\beta} > 1$ и $V_1^{cnp} > V$

(как на рис. 3.2) $\angle\alpha > \angle\beta$, а $V_2^{cnp} < V_1^{np}$. $V_1^{np} = V_2^{cnp} = (V_1^{np} - V) + (V - V_2^{cnp})$, т.е. расстояние между точками 2 и 1 является суммой двух отрезков, где $(V_1^{np} - V)$ – прилегающий катет угла α , а $(V - V_2^{cnp})$ – прилегающий катет угла β . $C_2^{cnp} - C_3^{np} = (C_2^{cnp} - C) + (C - C_3^{np})$ (расстояние между точками 2 и 3 на рис. 3.2) равно сумме $(C_2^{cnp} - C)$ противостоящего катета угла β и $(C - C_3^{np})$ – противостоящего катета угла α . Поскольку $\angle\alpha > \angle\beta$, то $(V - V_3^{cnp}) > (V_4^{cnp} - V_3^{np})$; $(V - V_3^{np}) = (V - V_2^{cnp})$ и $(V_4^{cnp} - V) > (V - V_3^{np})$. Следовательно, $(V_1^{np} - V_2^{cnp}) < (V_4^{cnp} - V_3^{np})$. Аналогичным образом можно доказать, что для любого N $(V_N^{np} - V_{N+2}^{cnp}) < (V_{N+4}^{cnp} - V_{N+3}^{np})$ и $(C_{N+2}^{cnp} - C_{N+3}^{np}) < (C_{N+5}^{np} - C_{N+4}^{cnp})$. Для вариантов: $3 / 3^{PM} = \frac{\angle\alpha}{\angle\beta} > 1$,

$V_1^{cnp} < V$ и активности производителя; $3 / 3^{PM} = \frac{\angle\alpha}{\angle\beta} < 1$,

$V_1^{cnp} > V$ и активности покупателя; $3 / 3^{PM} = \frac{\angle\alpha}{\angle\beta} < 1$, $V_1^{cnp} > V$

и активности покупателя аналогичным образом можно доказать аналогичные утверждения. Что и требовалось доказать. ■

Теорема показывает, что на рынке может возникать неустойчивость, которая приведет рынок в разнос. Для устранения неустойчивости необходимо внешнее вмешательство в виде управляющего воздействия.

Пусть на некотором секторе рынка имеется $L > 1$ категорий покупателей и пусть φ_l – вектор характеристик категории $l = 1, \dots, L$. Влиянием категории покупателей l на бизнес назовем зависимость равновесного объема продаж PL^{PM} от φ_l , т.е. $PL^{PM} = E_l(\varphi_l)$. При этом мы предполагаем, что изменениям могут быть подвержены не только значения компонент вектора φ_l , но и состав компонент (вид закона распределения).

Теорема 6. Если на определенном секторе рынка имеется $L > 1$ категорий покупателей, то возможна ситуация, при ко-

торой степень влияния $\frac{E_l(\varphi_l + \Delta) - E_l(\varphi_l)}{\Delta}$ некоторых категорий покупателей l является пренебрежимо малой.

Доказательство. Для доказательства теоремы существования необходимо при условиях, оговоренных в условиях теоремы, сконструировать пример, демонстрирующий существование объекта или ситуации. Поскольку теорема утверждает, что ситуация может существовать, но необязательно должна существовать, то конструирование примера является не только необходимым, но и достаточным для доказательства теоремы. Пусть $L = 2$, φ_1 и φ_2 – количество покупателей категории 1 и 2, a и b – средний уровень покупательной способности покупателя категории 1 и 2 соответственно. Ожидаемый платежеспособный спрос:

$$Fa^{PM} = a\varphi_1 + b\varphi_2 \quad (3.7)$$

Предположим далее, что S^{PM} – сумма базовых элементов себестоимости. При реализации товара покупателям 1-й категории себестоимость возрастает обратно пропорционально количеству покупателей этой категории (из-за особенностей доставки, упаковки и рекламы) и τ_1 – коэффициент пропорциональности. Следовательно, $S^{PM}\tau_1\varphi_1$ – себестоимость при продаже товара покупателям 1-й категории. Аналогичным образом $S^{PM}\tau_2\varphi_2$ – себестоимость при продаже товара покупателям 2-й категории. С учетом этих уточнений уравнение (3.1) примет вид:

$$F_1^{PM} = S^{PM} \frac{(\tau_1\varphi_1 + \tau_2\varphi_2)}{Fa^{PM}} (PL^{PM} - Fa^{PM}), PL^{PM} \geq Fa^{PM} \quad (3.8)$$

а уравнение (3.2) – вид:

$$F_2^{PM} = \left(C^{PM} - S^{PM} \frac{(\tau_1\varphi_1 + \tau_2\varphi_2)}{Fa^{PM}} \right) (Fa^{PM} - PL^{PM}), \\ PL^{PM} < Fa^{PM} \quad (3.9)$$

Соотношения (3.3), (3.7) – (3.9) являются примером эволюционно-симулятивной модели рынка. Пусть количество покупателей 1-й категории имеет неизменный закон распределения вероятностей с неизменными параметрами, т.е. $\varphi_1 = const$. При любом изменении φ_2 (изменении параметров закона распределения вероятностей количества покупателей

категории 2 или изменении вида закона распределения вероятностей) мы можем решить задачу (3.3), (3.7) – (3.9) и, тем самым, рассчитать PL^{PM} . Следовательно, нами построена зависимость $PL^{PM} = E_2(\varphi_2)$. Эта зависимость задана алгоритмически и отражает влияние покупателей 2-й категории на бизнес. Из соотношений (3.3), (3.7) – (3.9) очевидно, что чем меньше величины b и τ_2 , тем меньше $\frac{E_2(\varphi_2 + \Delta) - E_2(\varphi_2)}{\Delta}$.

В частности, при $b = \tau_2 = 0$ $\frac{E_2(\varphi_2 + \Delta) - E_2(\varphi_2)}{\Delta} = 0$. Что и требовалось доказать. ■

Теорема 6 раскрывает механизм возникновения достаточно очевидной и часто встречающейся в жизни ситуации, когда бизнес заинтересован в обслуживании определенных, иногда очень узких категорий покупателей, игнорируя остальных, быть может, составляющих подавляющее большинство. Эта ориентация бизнеса никак не учитывает ни социальной, ни политической, ни экологической, ни военной, ни нравственной значимости обслуживаемых покупателей или производимых товаров. Как говорится «ничего личного, только бизнес». Значение этой теоремы, прежде всего в том, что она конкретно определяет важную сферу, на которую должно быть распространено управление, а именно, охват бизнесом потенциальных покупателей. Теорема позволяет конкретизировать не только цели, но и способы управления.

3.3. Теоремы о плане

Следующие 3 теоремы выявляют недостатки, неотрывно присущие плановой экономике. Если в условиях рынка цена C^{PM} (см. модель (3.1) – (3.3)) устанавливается автоматически в соответствии со спросом и предложением в конкурентной среде (идеально на бирже), то в условиях плановой экономики параметры системы экономического стимулирования U^{PM} и Q^{PM} (см. модель (3.4) – (3.6)) устанавливаются органом государственного управления, уполномоченным утверждать план, и не зависят от ситуации на рынке. Согласно теоре-

мы 2 эти параметры можно подобрать так, что $PL^{PM} = PL^{PM}$. Однако не существует какого-либо механизма, который принуждал бы именно так подбирать параметры системы экономического стимулирования. Более того, идеология и технология планирования состоят в том, чтобы достигать хозяйственных или политических целей, напрямую не только не связанных, но даже прямо противоречащих требованиям рыночного равновесия. Планирование для того и нужно, чтобы избавиться от рыночных ограничений. Планирование позволяет игнорировать конкуренцию, а при наличии монополии становится единственно возможным способом управления.

Вместе с тем при планировании неизбежно сочетается, с одной стороны, отсутствие объективных ориентиров (в виде рыночных цен) и, с другой стороны, произвольность в установлении параметров системы стимулирования. Такое сочетание рано или поздно, но неизбежно, делает систему стимулирования неадекватной ситуации. Это и порождает разнообразные негативные последствия планового хозяйства. Поэтому планирование должно быть временной мерой (за исключением естественных монополий и секторов рынка, целиком и полностью направленных на производство исключительно и только тех товаров, которые обеспечивают оборону, или социальную защиту, или экологию).

Теорема 7. *При прочих равных условиях на любом секторе рынка j :*

величины Z/Z_j^{PM} , PL_j^{PM} и P_j^{PM} взаимно однозначно определяют друг друга;

увеличение Z/Z_j^{PM} ведет к снижению PL_j^{PM} и росту P_j^{PM} ;

увеличение PL_j^{PM} ведет к снижению P_j^{PM} и увеличению Z/Z_j^{PM} .

Доказательство. Все утверждения теоремы являются прямыми следствиями формулировки (3.4) – (3.6). Что и требовалось доказать. ■

Из теоремы следует, что при наличии политической воли требовать выполнения и перевыполнения планов на всех секторах рынка (повышения Z/Z_j^{PM} для всех j) приводит к тотальному дефициту (снижению PL_j^{PM} для всех j), а жесткие требования к повышению планов (повышение PL_j^{PM} для всех j) приводят к срывам этих планов (снижению P_j^{PM}). То, что

Z/Z_j^{PM} устанавливается путем задания параметров системы экономического стимулирования, одновременно означает, что стимулы для работы предприятий определяются только органами управления. При этом производители ориентируются на Z/Z_j^{PM} и их совершенно не интересует, пользуются ли производимые товары спросом у потребителей. Возникает перепроизводство ненужных товаров, а запасы невостребованных товаров становятся сверхнормативными. Все это мы наблюдали в Советском Союзе.

Содержательный смысл утверждений теоремы определяется тем, что модель (3.4) – (3.6) отражает основные технологические и организационные особенности функционирования плановой экономики. В частности, 1-е утверждение означает, что при неизменной технологии и организации производства нельзя, например, повысить и план PL_j^{PM} и надежность его выполнения P_j^{PM} одновременно (1-е утверждение).

Увеличение Z/Z_j^{PM} , иначе говоря, увеличение поощрений за выполнение планов и наказаний за его не выполнение, неизбежно приводит к снижению плановых заданий и росту надежности P_j^{PM} (2-е утверждение). Одной из причин, почему происходит именно так, является деятельность лоббистов от производителей, которые всегда присутствуют в любом планирующем органе.

Следующая теорема раскрывает некоторые важные закономерности функционирования сектора рынка, на котором цена устанавливается в плановом порядке, и который находится в окружении рыночных секторов.

Теорема 8. Если параметром системы экономического стимулирования на секторе j' является цена $Q_{j'}^{PM} = C_{j'}^{PM}$ и во время инфляции $C_{j'}^{PM}$ удерживается на неизменном уровне, то снижается объем $PL_{j'}^{PM}$. Это может сопровождаться как притоком капитала в сектор j' , так и оттоком капитала из сектора.

Доказательство. В предположении, что в условиях инфляции цена C_j^{PM} повышается настолько, насколько это необходимо, чтобы компенсировать увеличение себестоимости

S_j^{PM} , величины $Z / Z_j^{PM} = \frac{S_j}{C_j - S_j}$, $\forall j \neq j'$ остаются неизмен-

ными. На секторе j' цена постоянна $C_{j'}^{PM} = Q_{j'}^{PM} = const$, а себестоимость $S_{j'}$ — возрастает. Следовательно, $Z / Z_{j'}^{PM} = \frac{S_{j'}^{PM}}{C_{j'}^{PM} - S_{j'}^{PM}}$ увеличивается. Модель (3.3) — (3.6) связывает $Z / Z_{j'}^{PM}$, $PL_{j'}^{PM}$ и $P_{j'}^{PM}$ следующими зависимостями: возрастание $Z / Z_{j'}^{PM}$ ведет к снижению $PL_{j'}^{PM}$ (первое утверждение теоремы) и возрастанию $P_{j'}^{PM}$. При этом $D^{PM} = \frac{P^{PM}}{Z / Z^{PM}}$ может как увеличиться, так и уменьшиться (2-е утверждение теоремы). Что и требовалось доказать. ■

Согласно теореме удержание цены на каком-либо из секторов рынка приводит к сокращению поставок на этот сектор рынка со стороны уже действующих поставщиков. Это может, в зависимости от иных причин, влияющих на надежность (рискованность) инвестиций, сопровождаться притоком капитала (в таком случае это, скорее всего, приведет к замене поставщиков, которая, в свою очередь, может сопровождаться как модернизацией, так и деградацией производства) или к оттоку капитала. В последнем случае происходит сжатие сектора.

Следующая теорема раскрывает закономерности взаимоотношения секторов экономики в условиях планирования в зависимости от политики цен, которую проводит планирующий орган.

Теорема 9. Если сектор j' отличается от сектора j только себестоимостью продукции ($S_{j'} > S_j$), на обоих секторах осуществляется планирование, цена является параметром системы экономического стимулирования ($Q_j^{PM} = C_j^{PM}$ и $Q_{j'}^{PM} = C_{j'}^{PM}$) и устанавливается таким образом, чтобы выравнять условия работы производителей $\frac{S_{j'}}{C_{j'} - S_{j'}} = \frac{S_j}{C_j - S_j}$, то капитал перетекает из j в j' .

Доказательство. По условиям теоремы $PL_{j'}^{PM} = PL_j^{PM}$ (сектора эквивалентны), так как $\frac{S_{j'}}{C_{j'} - S_{j'}} = \frac{S_j}{C_j - S_j}$ и $S_{j'} > S_j$ то

$C_j > C_j$ и $K_{j'} = C_{j'} PL_{j'}^{PM} > K_j = C_j PL_j^{PM}$. Согласно утверждению 2 теоремы 4 из $K_{j'} > K_j$ следует $D_{j'} > D_j$, а согласно теоремы 3 при $D_{j'} > D_j$ капитал перетекает из j в j' . Что и требовалось доказать ■

Эту теорему можно назвать теоремой об уравниловке. Попытка выравнять условия работы приводит к тому, что в выигрыше оказывается тот, кто хуже работает и у кого выше себестоимость. Политика выравнивания стимулов приводит к консервации неэффективности, перетоку капитала из эффективных секторов в неэффективные, застою, потере стимулов у отстающих догонять передовиков.

Согласно теоремам 7–9 при длительном функционировании плановой экономики все недостатки накапливаются и суммируются. Возникает тотальный дефицит, диспропорции, срывы планов, неэффективность. В конечном итоге экономика попросту становится неуправляемой.

Как мы видели ранее, согласно теоремам 3–6 длительное функционирование рыночной экономики непременно приводит к неограниченной власти олигархии, неравенству и неизбежному краху.

В совокупности все доказанные теоремы вполне определенно указывают на то, что эффективной может быть только экономика, в которой переключение рыночного и планового механизмов само является сферой государственного управления. Это требует инструментов, основанных на применении ЭСМ и Decision.

Доказательство всех теорем осуществлено методом логического вывода в рамках двужначной логики. Это один из основных методов получения новых математических знаний (математических фактов). Вместе с тем в рамках теории равновесных случайных процессов важное значение имеет вывод на основе моделирования, смысл которого поясняет рис. 2.20.

Метод вывода утверждений на основе моделирования и вычислительных экспериментов позволяет исследовать разнообразные конкретные ситуации с учетом многочисленных локальных, временных и прочих особенностей реальных РСР. Например, теорема 2 строго доказана в предположе-

нии, что интегральное уравнение $R_1^{PM}(PL^{PM}) = R_2^{PM}(PL^{PM})$ разрешимо, а функция $PL^{PM} = \Theta^{PM}(U^{PM}, Q^{PM})$ непрерывна, однозначна, определена на всей области значений и не имеет особенностей (например, не обращается в бесконечность или не имеет скачков). При применении метода вывода утверждений на основе моделирования и вычислительных экспериментов подобные математические тонкости теряют значение.

Моделирование и вычислительные эксперименты на Decision позволяют решать практические задачи с учетом большого числа воздействующих факторов и сложных взаимосвязей между ними. Это позволяет, кроме того, выявлять область истинности установленных утверждений, иначе говоря, проверять, при каких изменениях внешних условий закономерности действуют, а при каких — уже перестают действовать, а также получать количественные характеристики равновесных случайных процессов с учетом всей доступной конкретики.

Глава 4

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ РАВНОВЕСНЫМ СЛУЧАЙНЫМ ПРОЦЕССОМ

4.1. Статика и динамика

Эволюционно-симулятивная модель (2.4) – (2.12)¹ позволяет рассчитать основные характеристики РСП (PL , P^0 , $3/3$). Эти характеристики взаимно однозначно связаны с фазовыми координатами процесса и с моментом времени, при котором эти значения достигаются. Например, рис. 2.9 изображает протекание во времени (несмотря на то, что временная координата отсутствует) РСП рынка в фазовых координатах «Цена-Объем». В данном случае PL совпадает с объемом V , то есть является координатой по горизонтали сглаженной траектории (показана сплошной жирной линией). Координатой этой точки по вертикали является цена C . Пара (V , C), связанная с определенным моментом времени t .

Математические модели, характеризующие РСП в определенный момент времени t , мы называем статическими. Большинство моделей, рассмотренных в [3, 4]², являются статическими.

Динамическими мы называем модели, которые характеризуют РСП на некотором промежутке времени $[t_n, t_o]$. Этот промежуток может, в частности, начинаться в прошлом и

¹ Эволюционно-симулятивную модель можно сформулировать по-разному (см. § 2.2.2), используя соотношения (2.4) – (2.12). Называя эти соотношения эволюционно-симулятивной моделью, мы имеем ввиду это уточнение.

² К категории динамических следует отнести эволюционно-симулятивную модель лизинга воздушных судов (см. параграф 7.11.2 в [4]) и оптимизацию в функциональных пространствах (см. параграф 7.5.2 в [4]).

заканчиваться в будущем. Управлением РСР мы называем действия, которые переводят РСР из точки (или области) Q_n фазового пространства в начальный момент рассматриваемого промежутка времени t_n в некоторую точку или область фазового пространства Q_o в момент окончания этого промежутка времени t_o . Обычно $Q_o \neq Q_n$. Предполагается, что и $t_o > t_n$.

Способ оптимального управления РСР предлагаемый в параграфе 3.3 решает динамическую задачу. В параграфах 4.2 и 4.4 рассматриваются способы, которые могут применяться как в статике, так и в динамике (в сочетании со способом, предложенным в 4.3). Способы управления РСР превращаются в модели самоуправления, наблюдаемого в физических и биологических системах и порождаемых развитием. Этим вопросам посвящен параграф 4.5.

Способы, предлагаемые в параграфах 4.2–4.4, взаимосвязаны и взаимодополнительны со «Способом регулирования интегральных характеристик равновесного случайного процесса»¹. Этот способ дает возможность использовать эволюционно-симулятивную модель (2.4)–(2.12) и модель булевого программирования (2.13)–(2.19) для расчета основных характеристик РСР (PL , P^0 , Z/Z) в реальных экономических, физических и биологических системах. Образно говоря, этот способ можно сравнить с мотором, а способы, предложенные в параграфах 4.2–4.4, с машинами разного назначения: грузовик, трактор, самолет.

Более конкретно, «Способ оптимизации характеристик равновесного случайного процесса», который рассматривается в параграфе 4.2, состоит в том, чтобы использовать ЭСМ для поиска такого значения параметра s (обозначения введены в параграфе 2.2.2), который доставляет максимум (или минимум) расчетному показателю r_k . При этом предполагается, что зависимость r_k от s задана не с помощью какого-либо аналитического выражения или вычислительного алгоритма, а с помощью вычислительного эксперимента на ЭВМ с эволюционно-симулятивной моделью реального физического,

¹ Патент на изобретение № 2229741, приоритет от 30.09.2002.

экономического или биологического РСП. Иными словами, предполагается, что имеется компьютер, с установленной инструментальной системой Decision, в которой программно реализована эволюционно-симулятивная модель конкретного РСП, и что этот компьютер используется как инструмент, позволяющий осуществлять вычислительные эксперименты. При этом способ определяет содержание экспериментов, последовательность их осуществления, количество и технику обработки результатов, чтобы найти такое значение s , которое доставляет максимум (или минимум) r_k . Эти значения s и r_k и есть оптимальные характеристики РСП. Поэтому предлагаемый способ – есть способ оптимизации характеристик РСП.

Способ, предлагаемый в параграфе 4.2, решает статическую задачу, т.е. позволяет найти одну точку в фазовом пространстве (s, r_k) , соответствующую определенному моменту времени t . В отличие от этого способ, предлагаемый в параграфе 4.3, решает динамическую задачу, т.е. позволяет проложить траекторию в фазовом пространстве, в промежутке времени $[t_n, t_o]$, где $s(t)$ и $r_k(t)$ – функции, отражающие изменение параметров и расчетных показателей, характеризующих РСП, во времени t . Причем, $s(t)$ и $r_k(t)$ необязательно скалярные функции времени. Возможны и векторные функции $\bar{S}(t)$ и $\bar{R}(t)$. При этом ЭСМ (2.4) – (2.12) (точнее говоря, процессорное устройство с загруженной Decision и программно реализованной моделью) используется как инструмент для осуществления экспериментов, в которых для разных моментов времени t из промежутка $[t_n, t_o]$ и выбранных вариантах значений $\bar{S}(t)$ рассчитывается $\bar{R}(t)$. Накопленная таким образом информация систематизируется так, что превращается в задачу (2.13)–(2.19). Решение этой задачи так же производится с помощью Decision, является обработкой экспериментальных данных и одновременно поиском оптимального управления.

Способ, предлагаемый в параграфе 4.4, учитывает, что из-за внешних случайных воздействий оптимальная точка в фазовом пространстве (s, r_k) , найденная способом, предложенным в параграфе 4.2, или любая точка на траектории

$(\bar{S}(t), \bar{R}(t))$ в любой момент времени t , найденная при применении способа, предложенного в параграфе 4.3, может быть достигнута с большей или меньшей вероятностью. Предлагаемый в параграфе 4.4 способ позволяет подобрать варианты воздействий на внешние факторы (если таковые имеются) так, чтобы максимизировать вероятность попадания в оптимальную точку.

Чтобы пояснить назначение и содержание способов, обратимся к примерам. Рассмотрим электростанцию, газопровод и корабль в море с точки зрения возможностей применения упомянутых способов:

– исходного – «Способа регулирования интегральных характеристик равновесного случайного процесса»¹;

– 1-го – «Способа оптимизации характеристик равновесного случайного процесса» (§ 4.2);

– 2-го – «Способа оптимального управления равновесным случайным процессом» (§ 4.3);

– 3-го – «Способа выбора значений параметров внешней среды, согласованных с оптимальным управлением равновесным случайным процессом» (§ 4.4).

При рассмотрении примеров важное значение имеет содержательный смысл, который в каждом конкретном случае придается величинам Fa , PL , $\Psi_1(PL, Fa)$, $\Psi_2(PL, Fa)$, s и r_k в модели (2.4)–(2.12). При этом $\Psi_1(PL, Fa)$ – управляющее воздействие на объект, когда PL больше Fa , $\Psi_2(PL, Fa)$ – управляющее воздействие на объект, когда PL меньше Fa .

4.1.1. Пример 1-й — электростанция

Рассмотрим электростанцию, в которой установлено несколько силовых установок. Каждая установка представляет собой дизельный двигатель, вращающий динамо-машину. При этом:

Fa – общая нагрузка (суммарный спрос на электроэнергию со стороны потребителей);

PL – мощность электростанции;

¹ Патент на изобретение № 2229741, приоритет с 30.09.2002.

$\Psi_1(PL, Fa)$, $PL > Fa$ – сокращение подачи топлива при избытке мощности (сумма уменьшения подачи на работающие двигатели и прекращения подачи на выключаемые двигатели);

$\Psi_2(PL, Fa)$, $PL < Fa$ – увеличение подачи топлива при недостатке мощности (сумма увеличения подачи на работающие двигатели и дополнительную подачу на включаемые двигатели).

Исходный способ

Способ обеспечивает поддержание равновесной мощности PL , которая является решением задачи (2.4)–(2.12).

1-й способ

Расход топлива зависит от его температуры. Предварительный подогрев топлива, с одной стороны, позволяет снизить расход непосредственно в двигателях, но одновременно требует дополнительного расхода на подогрев. Пусть:

s – температура, до которой подогревается топливо перед подачей в двигатели;

$r_{k'}$ – общий расход топлива, идущего как на подогрев, так и непосредственно в двигатели.

Способ обеспечивает поддержание такой температуры s , при которой общий расход топлива $r_{k'}$ будет минимален, т.е. является решением задачи: $\max_{s \in [\underline{s}, \bar{s}]} r_{k'}$.

2-й способ

Предположим, что в течение нескольких лет предполагается многократное увеличение потребления электроэнергии. Пусть t – время. Мы рассматриваем период от текущего момента $t = 0$, до момента T . Согласно этому предположению общая нагрузка является случайной функцией времени $Fa(t)$. Достижение мощности, которая к моменту T должна удовлетворить потребность $Fa(T)$, может происходить по различным графикам (можно раньше или позже добавить одну или

несколько дополнительных установок, раньше или позже установить более или менее мощное оборудование для предварительного подогрева топлива). Этим определяется график изменения температуры $s(t)$, от которого в свою очередь зависит график расхода топлива $r_k(s(t))$.

Способ обеспечивает осуществление такого графика изменения температуры $s(t)$ на интервале $[0, T]$, при котором суммарный расход топлива будет минимален, т.е. удовлетворяет условию: $\int_0^T r_k(s(t)) d(t) \rightarrow \min$.

3-й способ

Предположим, что мы имеем некоторую возможность влиять на параметры спроса на электроэнергию Fa , например, уменьшить амплитуду суточных колебаний спроса с помощью аккумуляторов: при резком падении спроса часть вырабатываемой энергии пойдет на зарядку аккумуляторов, а при резком возрастании спроса часть потребности будет восполняться из аккумуляторов.

Способ обеспечивает поддержание такого интервала колебаний спроса Fa , при котором достижение минимального расхода топлива r_k будет наиболее вероятно.

4.1.2. Пример 2-й — газопровод

Рассмотрим газопровод, в который под давлением подается газ из 2-х основных источников (две компрессорные станции, приближенные к соответствующим местам добычи) и у которого имеется несколько категорий потребителей газа. При этом:

Fa — фактическое давление в газопроводе;

PL — нормативное давление;

$\Psi_1(PL, Fa)$, $PL > Fa$ — сокращение подачи газа, когда фактическое давление больше нормативного;

$\Psi_2(PL, Fa)$, $PL < Fa$ — увеличение подачи газа, когда фактическое давление меньше нормативного.

Исходный способ

Способ поддержания равновесного давления PL , являющегося решением Эволюционно-симулятивной модели (2.4)–(2.12).

1-й способ

Затраты энергии на поддержание давления зависят от варианта распределения подаваемого газа между источниками. Подача из одного источника более эффективна, в случае, если преобладает спрос от одной категории потребителей, а из другого, — если другой категории. Преобладание спроса той или иной категории потребителей случайно меняется в зависимости от погодных условий, времени суток и времени года. Пусть:

s — доля газа, подаваемая от 1-го источника, $(1 - s)$ — доля газа, подаваемая от 2-го источника;

r_k — затраты энергии на поддержание давления.

Способ обеспечивает такое распределение нагрузки между источниками s , при котором общие затраты энергии r_k минимальны, т.е. является решением задачи: $\max_{s \in [\underline{s}, \bar{s}]} r_k$.

2-й способ

Предположим, что в течение нескольких лет ожидаются следующие изменения: 1-й источник газа будет медленно уменьшаться в связи с истощением месторождения; 2-й источник является перспективным и будет возрастать; произойдут изменения в соотношении категорий потребителей. Пусть t — время. Мы рассматриваем период от текущего момента $t = 0$, до момента T .

Способ обеспечивает график распределения нагрузки $s(t)$ на интервале $[0, T]$, при котором суммарные затраты на поддержание давления будут минимальны, т.е. удовлетворяет условию: $\int_0^T r_k(s(t)t) d(t) \rightarrow \min$.

3-й способ

Предположим, что мы имеем некоторую возможность влиять на параметры спроса на газ со стороны разных категорий потребителей.

Способ обеспечивает выбор такого интервала колебаний распределения спроса между потребителями разных категорий, при котором минимальный расход энергии r_k будет наиболее вероятен.

4.1.3. Пример 3-й — корабль в море

Рассмотрим корабль в море. От проложенного курса корабль отклоняется под действием подводных течений и ветра. При этом:

Fa — фактическое положение корабля;

PL — положение корабля, которое он должен занимать согласно заданному курсу;

$\Psi_1(PL, Fa)$, $PL > Fa$ — угол поворота штурвала, при отклонении от курса в одну сторону;

$\Psi_2(PL, Fa)$, $PL < Fa$ — угол поворота штурвала, при отклонении от курса в другую сторону.

Исходный способ

Способ удержания заданного курса PL , являющегося решением Эволюционно-симулятивной модели (2.4) — (2.12).

1-й способ

Расход топлива зависит от скорости корабля, а также от течений и ветра. Пусть:

s — скорость корабля;

r_k — расход топлива.

Способ обеспечивает поддержание такой скорости корабля s , при которой мгновенный расход топлива r_k будет минимален, т.е. удовлетворяет условию $\max_{s \in [s, s]} r_k$.

2-й способ

Предположим, что корабль вышел из порта отправления в момент времени $t = 0$ и должен прибыть в порт назначения в момент T .

Способ обеспечивает поддержание такого графика изменения скорости $s(t)$, при котором суммарный расход топлива за все время плавания будет минимален, т.е. удовлетворяет условию: $\int_0^T r_{k'}(s(t)t) d(t) \rightarrow \min$.

3-й способ

Предположим, что мы имеем некоторую возможность влиять на параметры случайных воздействий. Например, путем установки различных обтекателей можно снизить влияние течений и ветра.

Способ позволяет подобрать такой интервал колебаний внешних воздействий (за счет установки обтекателей), при котором достижение минимума расхода топлива $r_{k'}$ будет наиболее вероятно.

4.2. Способ оптимизации характеристик равновесного случайного процесса и формула изобретения

Используя обозначения, введенные в параграфе 2.2.2, задачу поиска оптимального значения характеристики РСП (и одновременно задачу поиска оптимального воздействия на РСП) сформулируем так:

$$\max_{s \in [\underline{s}, \bar{s}]} r_{k'} \text{ или } \min_{s \in [\underline{s}, \bar{s}]} r_{k'}$$

Способ состоит в следующем:

- 1) выделить координаты фазового пространства, в котором протекает РСП и среди этих координат выделить $r_{k'}$ и s ;
- 2) разработать ЭСМ, увязывающую $r_{k'}$ и s ;
- 3) реализовать ЭСМ в среде модуля Equilibrium инструментальной системы Decision;

4) выполнить диалоговую процедуру:

Расчет → *Зависимости* → *Фактор или показатель* → s → r_k .

и визуализировать неявно заданную зависимость

$$r_k = \eta(s);$$

5) по графику зависимости найти искомое оптимальное значение s .

Если исходное значение было $s_{\text{исходное}}$, а в результате применения описанного способа найдено значение $s_{\text{оптимальное}}$, то воздействие на РСП по величине и знаку должно быть равно:

$$s_{\text{оптимальное}} - s_{\text{исходное}}.$$

Формула изобретения¹

1. Способ автоматизированной оптимизации характеристик равновесного случайного процесса (РСП), заключающийся в том, что:

– выделяют для упомянутого РСП его характеристики в виде независимых случайных величин, именуемых далее факторами, и условно постоянных величин и рассматривают эти условно постоянные величины и параметры законов распределения вероятностей упомянутых факторов в качестве координат фазового пространства, в котором протекает РСП;

– строят для исследуемого РСП в соответствии с априорной информацией о нём эволюционно-симулятивную модель (ЭСМ), взаимно увязывающую координаты упомянутого фазового пространства и разделяющую эти координаты на исходные показатели и расчётные показатели, выделяя один из исходных показателей в качестве управляющего параметра и один из расчётных показателей в качестве целевого показателя, после чего загружают построенную ЭСМ в память процессорного устройства;

– измеряют с помощью соответствующих датчиков исходные показатели этого РСП и вводят измеренные исходные показатели в упомянутую память процессорного устройства в качестве входных сигналов для упомянутой ЭСМ;

¹ Заявка № 2014134302 от 22 августа 2014 г.

– находят с помощью разработанной ЭСМ, функционирующей под управлением упомянутого процессорного устройства, зависимость упомянутого целевого показателя от упомянутого управляющего параметра;

– определяют экстремум упомянутого целевого показателя и принимают значение упомянутого управляющего параметра, обеспечивающее этот экстремум, в качестве оптимального управляющего воздействия.

4.3. Способ оптимального управления равновесным случайным процессом

4.3.1. Постановка задачи

К обозначениям, введенным в 2.2.2, необходимо сделать дополнения и уточнения. Рассмотрим некоторый плановый период времени $[0, T]$, где $t \in [0, T]$ – момент времени, принадлежащий плановому интервалу. Пусть $f(t)$ – значения вектора факторов в момент t . Под значением фактора $f_i(t)$ мы понимаем не реализацию значения случайной величины, а набор значений параметров закона распределения вероятностей этой величины, вид которого предполагается известным. Иначе говоря, мы подразумеваем, что для каждого фактора, являющегося компонентом вектора $f(t)$, в момент времени t определен вид закона распределения вероятностей и заданы значения параметров этого закона. Например, если фактор $f_i(t)$, являющийся компонентом $f(t)$, имеет в момент t нормальное распределение, то под значением этого фактора в момент t , который мы и обозначаем как $f_i(t)$, мы понимаем значение математического ожидания и среднее квадратическое отклонение (СКО) этого фактора в момент t . Причем, вообще говоря, в разные моменты времени у одного и того же фактора могут быть разные законы распределения вероятностей и, значит, разные наборы параметров и разные значения этих параметров. Например, в момент t – равномерное распределение, а в момент $t + \delta$ – нормальное распреде-

ление. При этом $\bar{f}(t)$ обозначает все значения всех параметров законов распределения вероятностей всех факторов в момент t . Обозначение $f(t)$ отличается от обозначения f тем, что относится к моменту времени t . Аналогичным образом, все величины, используемые в соотношениях (2.4) – (2.12), свяжем с моментом времени t и для этого используем следующие обозначения:

$\bar{p}(t)$ – значения компонент вектора исходных показателей в момент t ;

$s(t)$ – значение одного из параметров одного из факторов, либо одного из исходных показателей в момент t ;

$PL(t)$ – значение «плана» в момент t ;

$P^0(t)$ – значение надежности плана в момент t ;

$З / З(t)$ – значение показателя «Завышение/Занижение» в момент t ;

$r_k(t)$ – значение расчетного показателя k в момент t (причем расчетный показатель может быть отождествлен с одной из основных характеристик РСП, например $r_k(t) = PL(t)$);

$\bar{R}(t) = \{r_k(t), k = 1, \dots, K\}$ – значения вектора расчетных показателей в момент t .

Будем считать, что среди параметров факторов $\bar{f}(t)$ и расчетных показателей $\bar{p}(t)$ выделена одна или более величин $s_l(t)$, которые мы нумеруем индексом $l = 1, \dots, L$ и которым в любой момент планового периода $t \in [0, T]$ мы можем придать любое желаемое значение в пределах от $\underline{w}_l(t)$ до $\overline{w}_l(t)$, при условии, что совокупное значение параметра за плановый период не превышает установленного лимита: $\int_{t=0}^T s_l(t) dt \leq H_l$.

Величину $s_l(t)$ мы назовем управляющим параметром, вектор $\bar{S}(t) = \{s_l(t) / l = 1, \dots, L\}, t \in [0, T]$ назовем управлением. Допустимым управлением будем считать управление, которое удовлетворяет условиям:

$$\underline{w}_l(t) \leq s_l(t) \leq \overline{w}_l(t), l = 1, \dots, L, t \in [0, T], \quad (4.1)$$

$$\int_{t=0}^T s_l(t) dt \leq H_l. \quad (4.2)$$

Через U обозначим множество всех допустимых управлений:

$$U = \left\{ s_l(t) \left| \underline{w}_l(t) \leq s_l(t) \leq \overline{w}_l(t), \int_{t=0}^T s_l(t) dt \leq H_l, l = 1, \dots, L, t \in [0, T] \right. \right\}$$

Величины $\overline{R}(t) = \{r_k(t), k = 1, \dots, K\}$ будем называть управляемыми параметрами. Все эти параметры, за исключением целевого показателя $r_{k'}(t): \{\overline{R}(t) \setminus r_{k'}(t)\}$ будем рассматривать в качестве координат фазового пространства. Траекторией РСП в фазовом пространстве $\Phi(t)$ – это изменение координат фазового пространства во времени.

Допустимой траекторией РСП в течение планового периода $[0, T]$ будем называть траекторию, если в каждый момент времени t ее координаты не выходят за допустимые пределы:

$$\underline{r}_k(t) \leq r_k(t) \leq \overline{r}_k(t), \forall k \neq k'; t \in [0, T]. \quad (4.3)$$

Траектория и целевой показатель $\overline{R}(t)$ после момента t некоторым образом обусловлены траекторией до этого момента:

$$\overline{R}(t + \delta) = \Theta(\overline{R}(t)) \quad (4.4)$$

(δ – приращение времени, Θ – зависимость).

Через Ω обозначим множество всех допустимых траекторий:

$$\Omega = \left\{ r_k(t) \left| \underline{r}_k(t) \leq r_k(t) \leq \overline{r}_k(t); \int_{t=0}^T r_k(t) dt; \forall k \neq k'; t \in [0, T] \right. \right\},$$

предполагая при этом, что одним из условий допустимости траектории из Ω является условие, что существует допустимое управление из U , с помощью которого и достигается допустимая траектория.

Задача, способ решения которой предлагается, состоит в том, чтобы найти такое допустимое управление РСП

$$\overline{S}(t) \in U,$$

при котором траектория РСП допустима

$$\Phi(t) \in \Omega$$

и оптимальна

$$\int_0^T r_{k'}(t) d(t) \rightarrow \max(\min). \quad (4.5)$$

Задача (4.1) – (4.5), способ решения которой предлагается в данном патенте, является динамической, так как предметом поиска является управление, делающее изменение во времени координат траектории оптимальным. В отличие от этого задача, которая рассматривалась в § 4.2, является статической, так как значения всех переменных в этой задаче относятся к одному и тому же определенному и неизменному моменту времени или являлись усредненными для одного и того же определенного и неизменного интервала времени.

4.3.2. Принципы решения задачи

1) Допускаем, что существует процедура, позволяющая формировать допустимое управление из U , и соответствующую ей допустимую траекторию из Ω . При наличии эволюционно-симулятивной модели (2.4) – (2.12) это автоматически обеспечивается. При этом не требуется никакого иного способа задания множеств U и Ω . Таким образом, эти множества задаются неявно и аналитических условий, определяющих их, не требуется.

2) Допускаем, что нас удовлетворит приближенное решение поставленной задачи, если степень приближения к оптимуму может быть увеличена за счет увеличения трудоемкости расчетов.

3) Выделяем в интервале $[0, T]$ моменты: $t_1 < \dots < t_n < \dots < t_N$, считая, что $t_1 = 0$, $t_N = T$.

4) Устанавливаем одно из правил выбора моментов времени: от $n = 1$ по порядку до $n = N$, либо от $n = N$ по порядку до $n = 1$.

5) Определяем правила и процедуры формирования вариантов значений управляющих параметров $\bar{S}_{x_n}(t_n)$, $x_n = 1, \dots, X_n$, которые в совокупности образуют множество $V(t_n) = \{\bar{S}_{x_n}(t_n) | x_n = 1, \dots, X_n\}$.

6) Определяем правила и процедуры, которые каждому варианту управления $\overline{S}_{x_n}(t_n)$ ставят в соответствие точку фазового пространства $Q_{x_n}(t_n)$ и значение целевого параметра $r_{k',x_n}(t_n)$.

7) Устанавливаем, что между тройками

$$d = \{\overline{S}_{x_n}(t_n), Q_{x_n}(t_n), r_{k',x_n}(t_n)\}$$

могут задаваться логические связи (ЛС) следующего типа:

$[d_c, \dots, d_{c'}]$ – исключают друг друга,

$\{d_c, \dots, d_{c'}\}$ – должен присутствовать хотя бы один,

$(d_c, \dots, d_{c'}) \rightarrow (d_{c''}, \dots, d_{c'''})$ – при наличии всех $d_c, \dots, d_{c'}$ могут присутствовать $d_{c''}, \dots, d_{c'''}$ в любом наборе;

d_c – логически независимый элемент,

где индекс «с» нумерует все тройки для всех моментов времени без пропусков и повторов, т.е. пробегает значения от

$$1 \text{ до } \sum_{n=1}^N X_n.$$

8) Условия (4.1) приближенно представляем в виде:

$$\underline{w}_l(t_n) \leq s_l(t_n) \leq \overline{w}_l(t_n), l = 1, \dots, L, n = 1, \dots, N, \quad (4.6)$$

условия (4.2) приближенно представляем в виде:

$$\sum_{n=1}^N s_l(t_n) \leq H_l, l = 1, \dots, L, \quad (4.7)$$

условия (4.3) приближенно представляем в виде:

$$\underline{r}_k(t_n) \leq r_k(t_n) \leq \overline{r}_k(t_n), \forall k \neq k', n = 1, \dots, N, \quad (4.8)$$

условия (4.4) приближенно представляем в виде:

$$\overline{R}(t_{n+1}) = \Theta(\overline{R}(t_n)), \quad (4.9)$$

целевая функция (4.5) приближенно представляется в виде:

$$\sum_{n=1}^N r_{k'}(t_n) \rightarrow \max(\min). \quad (4.10)$$

9) Устанавливаем правила и процедуры выбора номеров $x_n^o, n = 1, \dots, N$ таким образом, чтобы совокупность $\bar{S}_{x_n^o}(t_n), n = 1, \dots, N$ была бы приближением допустимого управления, а $Q_{x_n^o}(t_n), n = 1, \dots, N$ была бы приближением оптимальной траектории, причем с увеличением размерности эти приближения можно сделать сколь угодно точными.

4.3.3. Алгоритм способа и формула изобретения

Способ является реализацией принципов, сформулированных в предыдущем параграфе, и позволяет проложить траекторию из достаточно четко очерченной области или точки фазового пространства в текущий момент в достаточно четко очерченную область или точку фазового пространства в момент T .

Алгоритм способа:

1. $n = 0$

2. $n := n + 1$

3. Если $n > N$, переходим к 10.

4. $l = 0$

5. $l := l + 1$.

6. Если $l > L$ переходим к 2.

7. С применением Equilibrium выполняем диалоговую процедуру:

Расчет \rightarrow *Зависимости* $\rightarrow \dots \rightarrow s_l(t_n) \rightarrow \dots \rightarrow X_n \rightarrow \dots \rightarrow r_{k', x_n} \dots \rightarrow$

При этом в автоматизированном режиме запрашиваются пределы изменения управляющего параметра, заданные условием (4.6), а также число точек, в которых выполняется расчет X_n (определяемое исходя из соотношения желаемой точности расчета и доступных вычислительных мощностей). При выполнении диалоговой процедуры автоматически формируется множество троек $d_{x_n} = \{\bar{S}_{x_n}(t_n), Q_{x_n}(t_n), r_{k', x_n}(t_n)\}, x_n = 1, \dots, X_n$.

8. Из множества d_{x_n} удаляем те элементы, которые нарушают условия (4.8). Далее будем считать, что индекс x_n нумерует тройки $d_{x_n}, x_n = 1, \dots, X_n$, каждая из которых удовлетворяет как условию (4.6), так и условию (4.8).

9. Переходим к 6.

10. Накладываем логические условия:

$$[d_1, \dots, d_{x_n}, \dots, d_{X_n}], \quad (4.11)$$

$$\{d_1, \dots, d_{x_n}, \dots, d_{X_n}\}. \quad (4.12)$$

11. Для учета условий (4.9) вводим логические связи типа:

$$(d_{x'_n}, \dots, d_{x''_n}) \rightarrow (d_{x'''_{n+1}}, \dots, d_{x''''_{n+1}})$$

$$\text{и } (d_{x'_{n+1}}, \dots, d_{x''_{n+1}}) \rightarrow (d_{x'''_n}, \dots, d_{x''''_n}). \quad (4.13)$$

12. Вводим данные в Combinatorics и выполняем диалоговую процедуру:

Расчет \rightarrow *Максимум (Минимум)*

(Это возможно постольку, поскольку в совокупности (4.7), (4.10) – (4.13) образуют задачу булевого программирования (2.13) – (2.19)). При этом в автоматизированном режиме формируются управление $\bar{S}_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ и соответствующая оптимальная траектория $Q_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ удовлетворяющие условиям (4.6) – (4.10) и являющиеся приближением решения задачи (4.1) – (4.5).

Формулу изобретения¹

– выделяют для упомянутого РСП, его характеристики в виде независимых случайных величин, именуемых далее факторами, и условно постоянных величин и рассматривают эти условно постоянные величины и параметры законов распределения вероятностей упомянутых факторов в качестве координат фазового пространства, в котором протекает РСП;

– строят для исследуемого РСП в соответствии с априорной информацией о нём эволюционно-симулятивную модель (ЭСМ), взаимно увязывающую координаты упомянутого фазового пространства и разделяют эти координаты на исходные показатели, управляющие параметры и расчётные

¹ Заявка № 2014140060 от 03.10.2014 г.

показатели, после чего загружают построенную ЭСМ в память процессорного устройства;

- выделяют один из упомянутых расчётных показателей в качестве целевого показателя;

- измеряют с помощью соответствующих датчиков упомянутые исходные показатели исследуемого РСП и вводят измеренные исходные показатели в упомянутую память процессорного устройства в качестве входных сигналов для упомянутой ЭСМ;

- устанавливают период управления и выделяют в нём моменты времени, именуемые далее моментами воздействия, в которые будет осуществляться упомянутое управление РСП;

- для каждого из упомянутых моментов воздействия и каждого из упомянутых управляющих параметров устанавливают варианты допустимых величин упомянутых управляющих воздействий;

- для каждого из упомянутых моментов воздействия и каждого из упомянутых расчётных показателей устанавливают интервал допустимых значений;

- вводят в упомянутую память процессорного устройства упомянутые допустимые величины управляющих воздействий и упомянутые интервалы допустимых значений расчётных показателей;

- находят с помощью разработанной ЭСМ, функционирующей под управлением упомянутого процессорного устройства, конкретные значения расчётных показателей для каждого допустимого набора управляющих воздействий и каждого момента воздействия;

- исключают те наборы управляющих воздействий, при которых хотя бы один расчётный показатель выходит за пределы упомянутых интервалов;

- связывают те наборы управляющих воздействий, которые соответствуют одному и тому же моменту управляющего воздействия, логической связью «исключают друг друга» и логической связью «должен присутствовать хотя бы один»;

- устанавливают при необходимости между наборами перебираемых управляющих воздействий, которые относятся к

разным моментам воздействия, логическую связь «если ..., то ...»;

– устанавливают предельные значения управляющих воздействий за весь упомянутый горизонт управления;

– в память процессорного устройства загружают вместе с неисключёнными наборами также установленные логические связи между управляющими воздействиями и предельные значения управляющих воздействий;

– находят с помощью упомянутого процессорного устройства, в память которого загружен алгоритм динамического программирования для решения булевых задач (АДПБЗ), оптимальное управление в виде однозначно определённых наборов упомянутых управляющих воздействий в каждый момент воздействия на весь горизонт управления.

4.4. Способ выбора значений параметров внешней среды, согласованных с оптимальным управлением равновесным случайным процессом

4.4.1. Постановка задачи

Воспользуемся теми же терминами, обозначениями и формулировками, которые были даны в предыдущем параграфе. В частности:

$t_n, n = 1, \dots, N$ – момент времени, принадлежащий плановому интервалу;

$PL(t_n), P^0(t_n), Z/Z(t_n)$ – значения основных характеристик РСП в момент t_n ;

$s_l(t_n), l = 1, \dots, L$ – значения управляющих параметров в момент t_n ;

$\bar{S}_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ – управление РСП (индекс $x_n \in [1, \dots, X_n]$ нумерует варианты значений управляющих параметров $\bar{S}_{x_n}(t_n)$ в момент t_n ; когда управление выбрано, этим индексам при каждом n придается конкретное значение);

$Q_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ – оптимальная траектория РСП.

Предполагаем, что оптимальная траектория РСП $Q_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ и соответствующее управление $S_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ найдены.

Внешним фактором назовем фактор, параметры закона распределения вероятностей значений которого не являются управляющими параметрами. Пусть:

$f_b^{env}, b = 1, \dots, B$ – внешний фактор (b – номер внешнего фактора, B – количество внешних факторов);

$f_b^{env}(t_n), b = 1, \dots, B$ – значения параметров закона распределения вероятностей внешнего фактора f_b^{env} в момент t_n ;

$f^{env}(t_n)$ – значение параметров законов распределения вероятностей всех внешних факторов в момент t_n .

Параметры факторов $f^{env}(t_n)$ характеризуют состояние внешней среды для протекания РСП в момент t_n . Примеры некоторых систем, порождающих РСП, и некоторых внешних факторов, действующих на эти системы, представлены в табл. 4.1. Предполагается, что мы имеем некоторые возможности влиять на состояние внешней среды (вызвать или предотвратить осадки в том или ином районе путем распыления с самолета реагентов; улучшить упругость сосудов путем приема лекарств; повышать спрос на товар с помощью рекламы и т.п.).

Таблица 4.1

Внешние факторы

Система, порождающая РСП	Внешний фактор	Вид закона распределения вероятностей значений	Параметры
Корабль в море	Ветер	Нормальный	Математическое ожидание и дисперсия
	Количество осадков	Кусочно-линейный	Координаты точек на кривой закона
Система кровообращения человека или животного	Упругость стенок сосудов	Нормальный	Математическое ожидание и дисперсия
Фирма на рынке	Спрос на товар	Кусочно-линейный	Координаты точек на кривой закона

Пусть $U^{env}(t_n)$ — область допустимых значений параметров законов распределения вероятностей внешних факторов в момент t_n .

Оптимальная траектория $Q_{x_n}(t_n), n = 1, \dots, N$ может быть осуществлена при разных значениях параметров законов распределения вероятностей внешних факторов $\overline{f^{env}}(t_n)$, но вероятность того, что в момент t_n траектория пройдет через оптимальную точку $Q_{x_n}(t_n)$ в момент t_n , зависит от параметров $\overline{f^{env}}(t_n)$.

Задача состоит в том, чтобы найти такие значения параметров законов распределения вероятностей внешних факторов $\overline{f^{env}}(t_n) \in U^{env}(t_n), n = 1, \dots, N$, при которых вероятность прохождения траекторией оптимальной точки $Q_{x_n}(t_n)$ была бы максимальна.

Будем предполагать, что параметры законов распределения вероятностей внешних факторов $\overline{f^{env}}(t_n)$ в момент t_n слабо зависят или вовсе не зависят от значений этих параметров в любой иной момент $t_n' \neq t_n$. При этом предположении очевидно, что если существует способ, который позволяет решить задачу для момента t_n , то этот способ может быть итерационно применен для любой совокупности моментов $t_n, n = 1, \dots, N$. С учетом этого аргумент t_n далее опускается.

4.4.2. Экспериментальные факты

Для иллюстрации всех рассматриваемых фактов рассмотрим следующую простейшую Эволюционно-симулятивную модель (4.14) — (4.18):

$$Fa_1 = \rho_1(\overline{f}, \overline{p}) = f_1 + f_2, \quad (4.14)$$

$$Fa_2 = \rho_2(\overline{f}, \overline{p}) = f_1 + f_2, \quad (4.15)$$

$$\Psi_1(PL, Fa_1) = \rho_3(PL, Fa_1, \overline{f}, \overline{p}) = p_1(PL - Fa_1),$$

если $PL > Fa_1$, (4.16)

$$\Psi_2(PL, Fa_2) = \rho_4(PL, Fa_2, \overline{f}, \overline{p}) = p_2(Fa_2 - PL),$$

если $PL < Fa_2$, (4.17)

$$\min_{PL} \left\{ \max_{L \in \{1;2\}} \left\{ M \left\{ \Psi_L (PL, Fa_L) \right\} \right\} \right\}. \quad (4.18)$$

Будем считать, что факторы имеют равномерное распределение на конечном интервале. Исходные данные о факторах и исходных показателях приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные

Фактор 1		Фактор 2		Исходные показатели	
min	max	min	max	1	2
23	75	1	5	7	9

Факт 1

Факт 1 выражается в следующем утверждении:

между фактором f (необязательно внешним) и основными характеристиками РСП: PL , P^0 , $3/3$ существует корреляционная зависимость.

При этом, поскольку между основными характеристиками существует взаимно однозначное соответствие (оно непосредственно вытекает из структурной формулировки Эволюционно-симулятивной модели), то корреляция между f и PL равна корреляции между f и P^0 , а также корреляции между f и $3/3$. Все сказанное в полной мере относится и к любому внешнему фактору f_b^{env} .

Теснота корреляционной связи может быть как пренебрежимо малой, так и почти детерминированной. Это зависит как от особенностей имитационных моделей $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ в составе ЭСМ, так и от особенностей исходных данных.

На рис. 4.1 показана Форма 1 модуля Equilibrium, в который загружена Эволюционно-симулятивная модель (4.14) – (4.18), введены исходные данные из табл. 4.2 и представлены результаты расчета, полученные в автоматизированном режиме при осуществлении диалоговой процедуры:

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Прямой расчет* → ...

The screenshot shows the 'equilibrium client ru (20120917) - Система: Decision' window. The spreadsheet displays the following data:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ				ИССЛЕДОВАНИЕ		РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАСЧЕТА	
№	ИСХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ	Размерность	Значение	План	Норматив	Оптимум	Значение
1	Фактор 1, min	шт	23,00			Завышение/Занижение	Доли ед. 0,93
2	Фактор 1, max	шт	75,00			Надежность по повышению	Доли ед. 0,45
3	Фактор 2, min	шт	1,00			Надежность по понижению	Доли ед. 0,46
4	Фактор 2, max	шт	5,00			НОРМАТИВ	Доли ед. 0,00
5	Исходный показатель 1	Шт	7,00			Оптимум	Шт 55,82
6	Исходный показатель 2	Шт	9,00			Завышение/Занижение	Доли ед. 1,05
7	<>	<>	<>	<>	<>	Надежность по повышению	Доли ед. 0,42
8	<>	<>	<>	<>	<>	Надежность по понижению	Доли ед. 0,43
9	<>	<>	<>	<>	<>		
10	<>	<>	<>	<>	<>	Расчетные показатели	
11	<>	<>	<>	<>	<>	Название	Размерн.
12	<>	<>	<>	<>	<>	План	шт 54,23
13	<>	<>	<>	<>	<>	Фактор 1	шт 50,14
14	<>	<>	<>	<>	<>	Фактор 2	шт 4,08

Рис. 4.1. Форма 1 модуля *Equilibrium* с загруженной Эволюционно-симулятивной моделью (4.14) – (4.18), с исходными данными из таблицы 4.2 и результатами прямого оптимизационного расчета

В правом нижнем углу на рис. 4.1 в качестве расчетных показателей показаны:

- План – значение PL , оптимальное по критерию (4.18);
 - Фактор 1 – совместная с PL реализация фактора 1 (т.е. f_1);
 - Фактор 2 – совместная с PL реализация фактора 2 (т.е. f_2).
- Выполним диалоговую процедуру:

Расчет → Зависимости → План/Норматив → 27 → 81 → 10 →
→ Фактор 1 → Кубический → ...

Результат представлен на рис. 4.2, где в общей системе координат показаны зависимость совместных с PL реализаций f_1 от PL и сглаживающий эту зависимость кубический тренд.

Из рис. 4.2 очевидно, что корреляционная зависимость f_1 от PL очень тесная и почти линейная. Это является прямым экспериментальным подтверждением утверждения, составляющего 1-й факт.

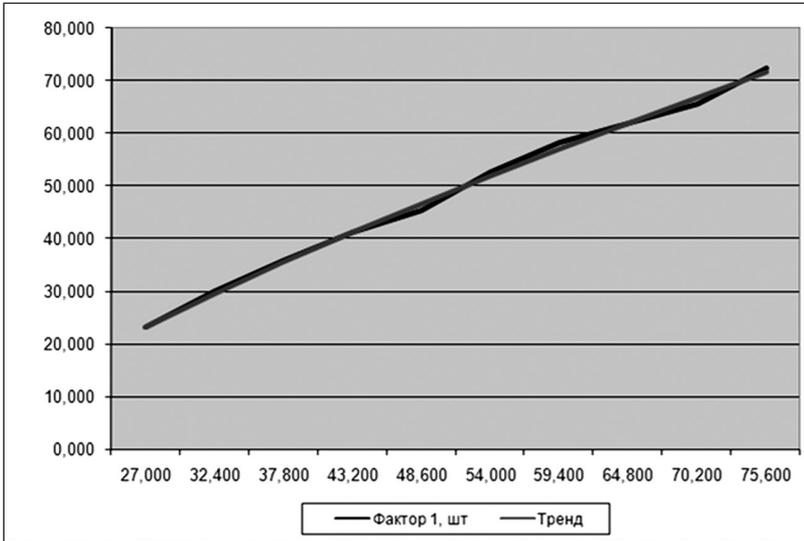


Рис. 4.2. Зависимость совместной с *PL* реализации фактора f_1 от оптимальной реализации *PL*

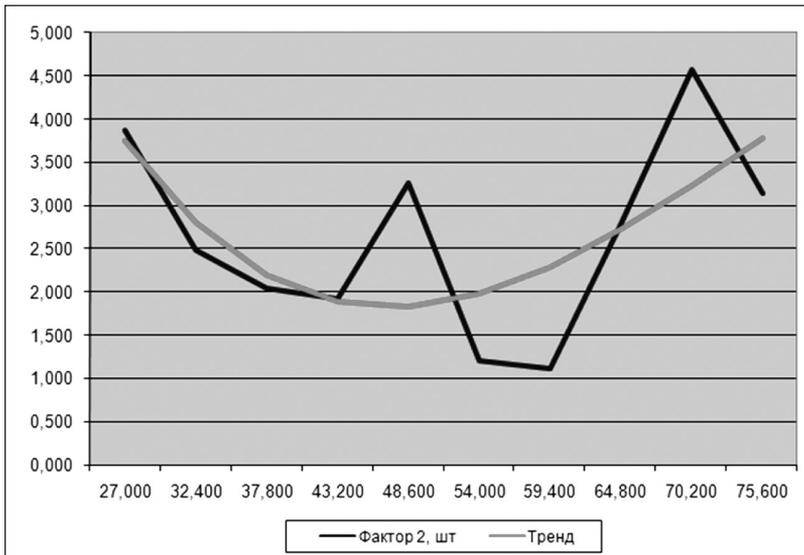


Рис. 4.3. Зависимость совместной с *PL* реализации фактора 2 от оптимальной реализации *PL*

Вместе с тем корреляционная зависимость может быть и пренебрежимо малой. Выполним диалоговую процедуру:

Сервис → *Тренд* → *Фактор 2* → *Кубический* → *Нет*.

На рис. 4.3 показана зависимость совместной с *PL* реализации фактора f_2 от *PL*. Из рис. 4.3 очевидно, что корреляционная зависимость f_2 от *PL* пренебрежимо мала (случайные колебания значений фактора перекрывают изменения фактора в результате какой-либо тенденции).

Предельно высокая корреляционная зависимость фактора f_1 от *PL* и предельно низкая корреляционная зависимость фактора f_2 от *PL* объясняется конкретными особенностями простейшей модели (4.14) – (4.18) и особенностями исходных данных. В частности, из (4.14) и (4.15) видно, что Fa_1 и Fa_2 линейно и одинаково зависят от факторов f_1 и f_2 . При этом нижняя граница интервала изменения значений первого фактора [23,75] существенно больше верхней границы изменения значений второго фактора [1,5].

В общем случае, при достаточно сложных имитационных моделях $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ и разнообразных видах законов распределения вероятностей значений факторов установить тесноту связи фактора и основных характеристик РСП можно только экспериментально.

Факт 2

Пусть $f_b^{env}(e)$ совместная с *PL* реализация фактора f_b^{env} , полученная в результате осуществления одной из следующих диалоговых процедур:

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Прямой расчет* → ...

или

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданному
Плану/Нормативу* → ...

или

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданной
надежности* → ...

ИЛИ

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданному соотношению рисков завышения и занижения плана* → ...

Пусть:

$\left[\overline{f_b^{env}(e)}, \overline{f_b^{env}(e)} \right]$ интервал, являющийся окрестностью $f_b^{env}(e)$;

$\Delta_b = \overline{f_b^{env}(e)} - f_b^{env}(e)$ – длина этого интервала.

Замену исходного закона распределения вероятностей значений фактора f_b^{env} равномерным распределением на интервале $\left[\overline{f_b^{env}(e)}, \overline{f_b^{env}(e)} \right]$ назовем сужением области определения фактора, а сам интервал назовем суженным. При этом предполагается, что $\left[\overline{f_b^{env}(e)}, \overline{f_b^{env}(e)} \right]$ не больше исходной области определения фактора и что $\Delta_b > 0$.

Факт 2 выражается утверждением:

если имитационные модели ρ_1 (для расчета Fa_1) и ρ_2 (для расчета Fa_2) совпадают, то области значений всех факторов (в том числе внешних) могут быть неограниченно сужены.

Факт 3

Факт 3 выражается утверждением:

если имитационные модели ρ_1 (для расчета Fa_1) и ρ_2 (для расчета Fa_2) не совпадают, то при сужении областей определения значений факторов может возникнуть несовместность условий задачи. Этим ограничиваются возможности сужения областей определения значений факторов.

4.4.3. Способ выбора значений параметров внешней среды РСП и формула изобретения

Способ основан на использовании экспериментально установленных фактов, описанных в п. 4.4.2, направлен на приближенное решение задачи, сформулированной в п. 4.4.1, путем сужения областей определения внешних факторов. Способ включает оценку тесноты связи внешних факторов и основных характеристик РСП, которая может использовать-

ся для определения целесообразности воздействия на фактор и устанавливает процедуры сужения областей значений значимых внешних факторов.

Формально, чтобы установить тесноту связи между PL и каким-либо из внешних факторов f_b^{env} , можно многократно выполнить диалоговую процедуру:

Расчет → Прямой/Обратный → Прямой расчет ...

и таким образом сформировать массивы реализаций фактора f_b^{env} и PL . Это позволит рассчитать коэффициент корреляции между f_b^{env} и PL . Этот способ установления тесноты связи, с одной стороны, весьма трудоемкий и, с другой стороны, не учитывает, что при разных значениях PL коэффициент корреляции также может иметь разные значения. Нас же интересует, прежде всего, именно степень влияния изменения PL на изменение параметров закона распределения вероятностей значений f_b^{env} , в частности, наличие этого влияния и его зашумленность. Вместе с тем из сравнения графиков на рис. 4.2 и 4.3 наглядно видно, что при изменении PL на конкретном интервале [27,00; 75,60] фактор f_1 и PL сильно коррелированы (так как на рис. 4.2 фактические значения фактора, показанные синей линией, почти совпадают с значениями сглаживающего тренда, показанными красной линией), а фактор f_2 и PL слабо коррелированы (так как на рис. 4.3 фактические значения фактора, показанные ломаной линией, почти совпадают с значениями сглаживающего тренда, показанными гладкой линией), а фактор f_2 и PL слабо коррелированы (так как на рис. 4.3 фактические значения фактора, показанные ломаной линией, почти сильно отклоняются от значений сглаживающего тренда, показанных гладкой линией). Причем подобные графики для всех факторов автоматически строятся при выполнении одной диалоговой процедуры с модулем Equilibrium инструментальной системы Decision.

Для любого внешнего фактора f_1^{env} выполняем диалоговую процедуру:

*Расчет → Зависимости → План/Норматив → ... → f_1^{env} →
→ Кубический → ...*

При этом в автоматизированном режиме в общей системе координат строятся график зависимости совместных с *PL* реализаций фактора f_1^{env} от *PL* и график сглаживающего эту зависимость тренда (подобно тем, что показаны на рис. 4.2 и 4.3). Чтобы увидеть аналогичные графики для любого другого фактора *b* следует выполнить диалоговую процедуру:

Сервис → *Тренд* → f_b^{env} → *Кубический* → *Нет*

Одновременно дается табличное представление этих графиков (графики и таблица автоматически распечатываются на листе «Графики» модуля Equilibrium).

В качестве критерия тесноты связи любого фактора (не только внешнего) f_b^{env} и *PL* будем рассматривать среднее отклонение фактических точек от соответствующих точек сглаживающего тренда, выраженное в процентах (KTS_b):

$$KTS_b = \frac{\sum_{l=1}^L (|f_{b,l}^{env} - f_{b,l}^{tr}| / f_{b,l}^{env})}{L} * 100, \quad (4.19)$$

где KTS_b – критерий тесноты связи внешнего фактора *b* и *PL*;

$f_{b,l}^{env}$ – фактическая координата точки *l* фактора *b*;

$f_{b,l}^{tr}$ – координата точки *l* на линии тренда.

В качестве примера график зависимости совместных с *PL* реализаций фактора f_1^{env} от *PL* и график сглаживающего эту зависимость тренда показаны на рис. 4.2, в табличной форме представлены в табл. 4.3. В табл. 4.4 дан пример расчета KTS_1 . Расчет KTS_2 показан в табл. 4.5.

Таблица 4.3

Зависимость совместных с PL реализаций Фактора 1

План (Норматив), шт	Фактор 1, шт	Тренд
27,000	23,508	22,916
32,400	28,043	28,897
37,800	34,252	34,734
43,200	40,584	40,430
48,600	47,496	45,988
54,000	50,897	51,412
59,400	55,638	56,704
64,800	63,518	61,867
70,200	65,283	66,905
75,600	72,455	71,820

Таблица 4.4

Расчет KTS_1

№ l	План	Фактор 1 $f_{1,l}^{env}$	Тренд $f_{1,l}^{tr}$	$\Phi_l = f_{1,l}^{env} - f_{1,l}^{tr} $	$(\Phi_l / f_{1,l}^{env})$
1	27,000	23,508	22,916	0,592	0,025183
2	32,400	28,043	28,897	0,854	0,030453
3	37,800	34,252	34,734	0,482	0,014072
4	43,200	40,584	40,430	0,154	0,003795
5	48,600	47,496	45,988	1,508	0,03175
6	54,000	50,897	51,412	0,515	0,010118
7	59,400	55,638	56,704	1,066	0,01916
8	64,800	63,518	61,867	1,651	0,025993
9	70,200	65,283	66,905	1,622	0,024846
$L = 10$	75,600	72,455	71,820	0,635	0,008764
				$KTS_1 = \frac{\sum_{l=1}^L (\Phi_l / f_{1,l}^{env})}{L} * 100 = 1,94133$	

Таблица 4.5

Расчет KTS_2

№ l	План	Фактор 2 $f_{2,l}^{env}$	Тренд $f_{2,l}^{tr}$	$\Phi_l = f_{2,l}^{env} - f_{2,l}^{tr} $	$(\Phi_l / f_{2,l}^{env})$
1	27	3,88571	3,741536	0,144174	0,037104
2	32,4	2,491372	2,802995	0,311623	0,125081
3	37,8	2,046763	2,200606	0,153843	0,075164
4	43,2	1,919724	1,891255	0,028469	0,01483
5	48,6	3,27426	1,831829	1,442431	0,440536
6	54	1,205253	1,979213	0,77396	0,642156
7	59,4	1,11722	2,290293	1,173073	1,049993
8	64,8	2,799469	2,721956	0,077513	0,027688
9	70,2	4,580462	3,231086	1,349376	0,294594
$L = 10$	75,6	3,145104	3,774573	0,629469	0,200143
				$KTS_2 = \frac{\sum_{l=1}^L (\Phi_l / f_{2,l}^{env})}{L} * 100 = 29,07288$	

Сравнение графиков на рис. 4.2 и 4.3 и значений $KTS_1 = 1,94133$ и $KTS_2 = 29,07288$ наглядно иллюстрирует как показатель KTS_b выражает тесноту связи фактора и основных характеристик РСП, в случае, когда PL изменяется в интервале $[27,00;75,600]$.

Значение KTS_b (чем меньше KTS_b , тем сильнее влияние фактора на основные характеристики РСП), вместе с оценкой возможности воздействия на фактор и оценкой стоимости этого воздействия дают достаточно полную картину решения вопроса о том, является ли фактор достаточно значимым, чтобы оказывать на него воздействие, целесообразно ли влиять на данный фактор.

Упорядочиваем факторы по мере возрастания степени влияния $KTS_x \geq KTS_{x+1}$ и производим сужение областей значений факторов, переходя от фактора с меньшим KTS к фактору с большим KTS .

Алгоритм способа

1) Наличие управления означает, что для заданного момента времени установлены PL , P^0 , $З/З$. Достаточно задать любую из этих величин. На основе закона распределения вероятностей фактора выбираем исходную погрешность $\Delta_{исх}$. Таким образом, на первом шаге задаемся $\Delta_{исх}$, PL (или P^0 , или $З/З$) и числом испытаний Nr .

2) Осуществляем Nr раз диалоговую процедуру:

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданному Плану/Нормативу* → ...

или

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданной Надежности* → ...

или

Расчет → *Прямой/Обратный* → *Обратный по заданному Зав/Зан* → ...

и получаем массив реализаций фактора $f_b^{env}(e_b)$, $e_b = 1, \dots, Nr$.

3) Рассчитываем математическое ожидание фактора f_b^{mpv} и полагаем интервал $\left[\underline{f_b^{env}}, \overline{f_b^{env}} \right] = \left[f_b^{mpv} - \frac{\Delta_{ucx}}{2}, f_b^{mpv} + \frac{\Delta_{ucx}}{2} \right]$.

4) В случае, если имеет место факт 2, интервал сужаем до требуемого уровня.

5) В случае, если имеет место факт 3, то повторяем п. 2), полагаем $\Delta_{ucx} = \Delta_{ucx} * 0,95$ и повторяем п. 3) до тех пор, пока ни появится сообщение: «Условия задачи несовместны».

Формула изобретения¹

Способ выбора значений параметров внешней среды, согласованных с оптимальным управлением равновесным случайным процессом (РСП), заключается в том, что:

– выделяют для упомянутого РСП его характеристики в виде независимых случайных величин, именуемых далее факторами, и условно постоянных величин, именуемых далее показателями, и рассматривают эти показатели и параметры законов распределения вероятностей упомянутых факторов в качестве координат фазового пространства, в котором протекает РСП;

– строят для исследуемого РСП в соответствии с априорной информацией о нём Эволюционно-симулятивную модель (ЭСМ), взаимно увязывающую координаты упомянутого фазового пространства и разделяющую эти координаты на исходные показатели q_i ($i = 1, \dots, I$), управляющие параметры u_l ($l = 1, \dots, L$) и расчётные показатели r_j ($j = 1, \dots, J$), определяют интегральную характеристику PL РСП и выделяют среди упомянутых факторов внешние факторы f_b ($b = 1, \dots, B$), параметры законов распределения вероятностей которых не являются управляющими параметрами;

– загружают упомянутую ЭСМ в память процессорного устройства, измеряют с помощью соответствующих датчиков упомянутые исходные показатели этого РСП, вводят измеренные исходные показатели в упомянутую память процессорного устройства в качестве входных сигналов для

¹ Заявка № 201414200 от 20.10.2014 г.

упомянутой ЭСМ и рассчитывают PL и интервал изменений PL ;

– выделяют в интервале изменений PL $N = 10$ равноотстоящих точек и с применением упомянутой ЭСМ для каждого из упомянутых внешних факторов в каждой выделенной точке интервала изменений PL в автоматизированном режиме в упомянутом процессорном устройстве выполняют расчет совместных с PL реализаций значений фактора $f_{b,n}$ и соответствующих значений этого же фактора на сглаживающей кривой в виде кубического полинома $f_{b,n}^s$ и рассчитывают тесноту

связи фактора b и PL по формуле:
$$KTS_b = \frac{\sum_{n=1}^N (|f_{b,n} - f_{b,n}^s| / f_{b,n})}{N},$$

а также устанавливают интервалы изменения факторов Δ_b ;

– применяют процедуру сужения интервалов внешних факторов, переходя от внешнего фактора с большим KTS_b к внешнему фактору с меньшим KTS_b ;

– если в составе упомянутой ЭСМ имитационная модель условий завышения и имитационная модель условий занижения совпадают, то процедура сужения интервала осуществляется за один шаг: в автоматизированном режиме в упомянутом процессорном устройстве рассчитывают $Nr = 15$ совместных с оптимальным PL реализаций значений фактора, находят среднее и устанавливают суженный интервал равным погрешности измерения значения фактора; если в составе упомянутой ЭСМ имитационная модель условий завышения и имитационная модель условий занижения не совпадают, то процедура сужения интервала осуществляется за несколько шагов: на первом шаге в автоматизированном режиме в упомянутом процессорном устройстве на каждом шаге рассчитывают $Nr = 15$ совместных с PL реализаций фактора, находят среднее \bar{f}_b и устанавливают суженный интервал равным $\left[\bar{f}_b - \frac{\Delta_b}{2}, \bar{f}_b + \frac{\Delta_b}{2} \right]$, на втором и последующих этапах в автоматизированном режиме в упомянутом процессорном устройстве повторяют те же действия, что и на пер-

вом шаге до тех пор, пока интервал $\left[\overline{f_b} - \frac{\Delta_b}{2}, \overline{f_b} + \frac{\Delta_b}{2} \right]$ становится меньше или равным погрешности измерения фактора, либо не возникает несовместность ЭСМ.

4.5. Равновесные случайные процессы и развитие

Развитие – универсальное явление Природы. Его суть в том, что оно имеет внутренний механизм самодвижения, благодаря которому без внешних источников или стимулов развитие самопроизвольно порождает закономерности (феномены). Развитие буквально творит Вселенную во всех ее ипостасях: физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.

С древнейших времен люди пытались понять содержание механизма самодвижения. В VI–V вв. до н.э. Гераклит Эфесский предложил диалектическое видение самодвижения. Он считал, что мир находится в состоянии непрерывного возникновения и уничтожения, что источником развития является борьба противоположностей, что этот извечный диалектический процесс подчинен определенным имманентным законам, которые Гераклит назвал Логосом. «Его учение о диалектике – внутреннем диалоге всего существующего увенчало собой вековую работу мысли ионийских натурфилософов, в свою очередь, многое почерпнувших, из наблюдений египетских и вавилонских жрецов»¹. Примерно через 50 лет Анаксагор «первый выставил принципом устройства Вселенной не случай, не необходимость, а ум»². Иначе говоря, диалектическое устройство механизма самодвижения есть творение, воплощение, и форма существования вселенского разума. «Анаксагор считал, что мир, имевший начало, развивается из некоего первоначального состояния неопределенности, когда вещей как таковых еще не было, и движущей силой этого развития является Разум (Нус),

¹ Гончарова Т.В. Еврипид. – М.: Молодая гвардия, 1984. – С. 32.

² Там же. – С. 34.

существующий вне человека и пронизывающий все сущее. Целью же всех процессов, протекающих в Космосе, было, по мысли великого философа, появление человека как разумного существа и цивилизации. При этом он допускал возможность существования если уж не многих миров, то какого-то другого мира, недоступного для нас, но в целом, подобного нашему.»¹

Это удивительно точно соответствует современному пониманию развития с учетом достижений философии, богословия и физики. Согласно современным представлениям началом был «Большой взрыв» чистой энергии, которая существовала вне времени и пространства, еще не порожденная развитием.

Этой чистой энергии изначально были присущи те первоначальные законы, по которым впоследствии создавалась и развивалась Вселенная. Это были, есть и всегда будут Законы диалектики, или, что тоже самое, законы развития, составляющие то самое исходное разумное начало, которое и есть Бог.

Философскому осмыслению диалектики посвятил свои труды Гегель, а Маркс, Энгельс и Ленин разрабатывали способы применения диалектики к экономике. На этой основе в [2] были предложены подходы к математическому моделированию присущего развитию механизма самодвижения.

Среди всего наблюдаемого, безграничного разнообразия явлений Природы, постоянно пополняемых развитием, свое место находят и равновесные случайные процессы.

В частности, возникновение рынка и рыночной саморегуляции при торговле товарами, распространение рыночных механизмов на такой специфический товар как труд, появление рынков ценных бумаг и др. — все это примеры порождения развитием разнообразных РСП в экономике.

Специфика экономики в том, что на определенных этапах развития возникает «активизм», иначе говоря, вначале робкие попытки, а затем все более нарастающие усилия со-

¹ Гончарова Т.В. Еврипид. — М.: Молодая гвардия, 1984. — С. 35.

знательного управления экономикой (см. параграф 3.2 в [1]). Активизм распространяется на РСП, наблюдаемые в экономике.

Предложенные в параграфах 4.2–4.4 способы дают возможность управлять РСП оптимально. Именно непосредственное участие человека в управлении РСП позволяет рассмотреть этот процесс во всех деталях. Понимание механизмов управления РСП, выраженное в способах управления, является основой и для понимания и моделирования управления РСП, порождаемого развитием в системах совершенно иной природы: физических, биологических, химических и др., в которых управление РСП осуществляется без всякого участия человека.

Возникновение РСП, а затем управления или самоуправления РСП является закономерным следствием наступления определенных этапов развития. Моделирование возникновения самоуправления РСП в процессе развития требует дальнейших исследований. По поводу механизмов самоуправления РСП в физических и биологических системах мы вынуждены пока что ограничиться только несколькими достаточно общими замечаниями.

Участие разума в самоуправлении РСП может происходить не только в виде принятия решений физическим лицом или органом государственного управления. Возможны и иные формы, например, отдел мозга в организме животного или «искусственный разум» вычислительного устройства, используемого в большой технической системе.

Без участия разума самоуправление РСП также может осуществляться принципиально по-разному, например, за счет того, что самим своим существованием РСП видоизменяет условия своего протекания и вследствие этого траекторию движения в фазовом пространстве, либо за счет взаимодействия РСП систем разного уровня: клетки и организма, организма и популяции, популяции и внешней среды.

В целом самоуправляемый РСП (СРСП), наряду с РСП, следует признать особым типом процессов в Природе и обществе. Для идентификации СРСП возможно несколько подходов.

Один из подходов состоит в том, чтобы сформулировать необходимые и достаточные признаки наличия СРСП. В таком случае для доказательства, что в некоторой системе имеет место СРСП, достаточно проверить наличие этих признаков. Например, в параграфе 8.1.1 сформулированы требования к функциональным возможностям роботов, которые обеспечат совокупность роботов определенным набором свойств. Доказательство необходимости и достаточности этих свойств требует дальнейших исследований. Но подобные перечни свойств элементов в принципе могут послужить для идентификации СРСП в системах разной природы.

Другой подход может состоять в том, чтобы для наблюдаемого РСП проверить наличие самоуправления путем установления наличия, либо отсутствия результатов самоуправления. Например, если на определенном промежутке времени РСП протекал так, что оказался достигнут оптимум по некоторому критерию, тогда есть основание утверждать, что самоуправление на этом промежутке времени было.

Третий подход заключается в том, чтобы построить модель развития, которая будет порождать не только РСП, но и его самоуправление. Это наиболее сложный, но в познавательном отношении наиболее интересный подход. Модель развития рассмотрена в [2] в параграфе 4.1. Там же рассмотрены способы идентификации феноменов и этапов развития (С. 195–203). Эти способы могут быть модифицированы и дополнены для идентификации СРСП. Все это требует дальнейших исследований.

Глава 5

УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

5.1. Управление перетоками капитала (финансовая логистика)

Содержание проблемы управления перетоками капитала и ее значение для отечественной и мировой экономики мы подробно рассмотрели в книге [1] (см. § 1.1). Необходимость управления перетоками капиталов является следствием теорем 3, 4, 6 (§ 3.2), 8 и 9 (§ 3.3). Надо сказать, что эта проблема поднимается многими авторами¹, но теория РСП открывает для решения проблемы принципиально новые возможности.

Переток капитала происходит между классами капитала, такими, например, как собственный капитал, производственный капитал, финансовый капитал и др. Для каждого класса капитала характерны определенные операции. Например, спекулятивный капитал используется для спекулятивных операций, производственный капитал – для осуществления производства и т.д. Пусть $j = 1, \dots, J$ – номера некоторого набора классов капитала. Важными факторами, определяющими основные характеристики любого класса капитала, являются: затраты на операцию с капиталом ($f_{1,j}$); доход от

¹ Кузнецова И.Д. Управление денежными потоками предприятия. – Иваново, 2008. (<http://www.isuct.ru/testlib/system/files/uiemm19062008.pdf>);

Опыт и меры противодействия выводу капитала. (<http://rusrand.ru/analytics/opyt-i-меры-protivodejstviya-vyvodu-kapitala>);

Андрюшин С.А., Кузнецова В.В. Монетарные инструменты регулирования притока иностранного капитала. – М.: ИЭ РАН, 2013.

Управление денежными потоками:

http://controlcashflow.ru/publ/klassifikacija_denezhnykh_potokov/1-1-0-19

<http://vsempomogu.ru/economika/finans/403-7.html>

<http://www.banki.ru/news/lenta/?id=2887858>

операции ($f_{2,j}$); количество операций в единицу времени ($f_{3,j}$), например, за сутки.

Рассмотрим простейшую и вместе с тем универсальную ЭСМ любого класса капитала, которая не учитывает специфику никакого конкретного класса. Введем обозначения:

Fa_j – ожидаемый спрос на капитал класса j ;

PL_j – равновесный объем капитала класса j ;

C_j – доход на рубль вложений (цена) капитала класса j ;

S_j – плата за использование источников финансирования при использовании капитала класса j (себестоимость).

ЭСМ представлена соотношениями (5.1) – (5.5):

$$Fa_j = \rho_j(f_{1,j}, f_{2,j}, f_{3,j}), \quad (5.1)$$

$$F_{1,j} = S_j(PL_j - Fa_j), \quad PL_j \geq Fa_j, \quad (5.2)$$

$$F_{2,j} = (C_j - S_j)(Fa_j - PL_j), \quad PL_j < Fa_j, \quad (5.3)$$

$$\min_{PL_j} \left\{ \max_{\chi \in \{1,2\}} \left\{ M \{ F_{\chi,j} \} \right\} \right\}, \quad (5.4)$$

$$P_j^0 = P(PL_j \geq Fa_j). \quad (5.5)$$

При этом:

ρ_j – имитационная модель, которая позволяет в статистических испытаниях получать реализацию ожидаемого спроса на капитал класса j ;

$F_{1,j}$ – издержки завышения (возникают у совокупного инвестора капитала класса j в ситуации, если вложения оказались чрезмерными, то есть, превзошли спрос);

$F_{2,j}$ – издержки занижения (возникают у него же в ситуации недостаточности инвестиций, т.е. неудовлетворенного спроса);

$M \{ F_{\chi,j} \}$ – математическое ожидание издержек завышения (риск завышения), если $\chi = 1$, и издержек занижения (риск занижения), если $\chi = 2$;

P_j^0 – вероятность, что предложение капитала класса j будет не меньше спроса на капитал (надежность);

$3 / 3_j = \frac{S_j}{C_j - S_j}$ – отношение риска завышения к риску занижения.

Основные характеристики $\{PL_j, Z/Z_j, P_j^0\}$ относятся к капиталу класса j .

Рассмотрим два класса капитала j и j' и пусть $Z/Z_j > Z/Z_{j'}$. В таком случае будет происходить переток из класса j в класс j' в объеме $V_{j,j'} = PL_j - PL_{j'}$, где $PL_{j'}$ рассчитан по модели (5.1) – (5.5) для класса j при подстановке $Z/Z_j = Z/Z_{j'}$. Это является следствием теоремы 3 (см. главу 3).

Для понимания сущности явления перетока капитала важно сопоставить его с подобными явлениями, имеющими, разумеется, принципиальные отличия. Выявление подобных и отличительных черт позволяет конкретно и полно выявить специфику перетока капитала и сформулировать принципы математического моделирования этого явления. В частности, показатель Z/Z_j можно сопоставить с электрическим потенциалом, а разность $U_{j,j'} = Z/Z_j - Z/Z_{j'}$ – с разностью потенциалов (напряжением).

Переток в объеме $V_{j,j'}$ произойдет только в том случае, если одновременно выполняются 3 условия: капитал j абсолютно ликвиден¹; капитал j' способен мгновенно поглотить этот объем; перемещение капитала из j в j' не связано с потерями. В электросетях подобное наблюдается при сверхпроводимости. Учитывая, что капитал j не абсолютно ликвиден, что возможность капитала j' воспринять инвестиции ограничена (например, мощностью строительного комплекса, если j' производственный капитал), можно утверждать, что существует предельное количество капитала $R_{j,j'}$, которое может перетечь из j в j' в единицу времени. Назовем $R_{j,j'}$ сопротивлением.

Сопротивление $R_{j,j'}$ и напряжение $U_{j,j'}$, подобно закону Ома, определяют количество капитала $I_{j,j'}$, которое в единицу времени перетекает из класса j в класс j' . Продолжая аналогию, назовем $I_{j,j'}$ силой тока. Аналогия с электричеством может быть продолжена, если учесть, что емкости источника и приемника ограничены. Это означает, что каждое перемещение капитала меняет емкость как источника j , так и при-

¹ Ликвидность (от лат. liquidus – жидкий, перетекающий) – экономический термин, обозначающий способность активов быть быстро проданными по цене, близкой к рыночной. Ликвидный – обращаемый в деньги. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ликвидность>

емника j' . Поэтому в каждый момент дискретного времени $t = 0, 1, 2, 3, \dots$ после каждого перемещения необходимо пересчитывать характеристики $\{PL_j, Z/Z_j, P_j^0\}$ для каждого j путем решения ЭСМ (5.1) – (5.5).

Потери при перетоке капитала из класса j в класс j' предстают в виде доли $W_{j,j'}$ переводимого капитала, которая идет на осуществление перевода и страхование.

Поскольку для перетока капитала отсутствует четко ограниченное русло, то аналогию следует уточнить и говорить не о передаче электрического тока по проводу, а о распространении электрического поля в случайно меняющейся среде. Дальнейшие уточнения заставляют перейти к другой аналогии. В частности, границы классов капитала не четко очерчены. Они размыты и подвержены сильным случайным воздействиям. Это больше похоже на движение воздушных масс в атмосфере.

Поставим в соответствие понятию «класс капитала» географическую точку. Прогнозирование движения воздушных масс основано на том, что в большом числе географических точек измеряется 7 параметров: давление, температура, плотность, влажность и скорость воздушных потоков по 3-м координатам. Эти данные используются для решения системы нелинейных дифференциальных уравнений, отражающих «Закон сохранения импульса», «Закон сохранения энергии» и «Уравнение непрерывности». Эти расчеты требуют огромного объема вычислительной работы.

При прогнозировании погоды названные 7 параметров атмосферы могут быть измерены в любой географической точке (где есть измерительные приборы). Также и классы капитала могут быть выделены с любой степенью детализации и в неограниченном количестве. В принципе можно рассматривать капитал отдельного физического и юридического лица и все возможные объединения и пересечения всех капиталов. Прогноз погоды тем надежнее и точнее, чем с большего количества географических точек собрана информация. Подобно этому точность и надежность прогноза движения капитала можно повышать, увеличивая количество выделяемых классов капитала. Здесь есть разумные преде-

лы, которые, однако, формально пока никак не определены. Например, очевидно, что при прогнозе погоды нецелесообразно собирать данные в точках, отдаленных друг от друга всего на несколько метров. При выделении классов капитала надо учитывать, что добавление каждого нового класса многократно увеличивает объем расчетов, но после некоторого предела погрешность почти перестает снижаться, а иногда может даже возрасти.

Прогнозирование погоды привязывается к определенным территориям (например, погода в Москве). Прогнозирование и управление движением капитала привязывается к интересам и компетенциям определенных органов государственного управления или определенных категорий хозяйствующих субъектов. Например, правительство России интересуется приток капитала в реальный сектор экономики, или отток капитала из страны, или приток капитала в сельхозпроизводство. Производителей игрушек интересуют доходы семей с детьми. Банк интересуют проходящие через него потоки, потому что прогноз потоков помогает формулировать тактику и стратегию поведения банка, путем трансфертного ценообразования в управленческом учете, и т.п.

Если выделено J классов капитала, для каждого класса капитала разработана ЭСМ, то в каждый момент времени t могут быть рассчитаны основные характеристики $\{PL_{j,t}, Z/Z_{j,t}, P_{j,t}^0\}$. Для любой пары $j \neq j'$ можно построить имитационную модель расчета силы тока $I_{j,j',t} = \varphi_{j,j'}(U_{j,j'}, R_{j,j'}, W_{j,j'})$. При построении модели $\varphi_{j,j'}$ необходимо учесть еще одну важную особенность перетока капитала, которая не имеет никаких аналогий. Речь идет о психологии владельцев капитала. На биржах роль психологии особенно наглядна. Иногда бывает достаточно одного высказывания служащего Центробанка, Минфина, менеджера крупной фирмы или просто «утки», запущенной каким-нибудь трейдером, чтобы хлынул мощный поток из одного класса капитала в другой. Этот переток происходит в виде панических скупок или распродаж акций, валюты, изменения котировок ценных бумаг.

С учетом этого всякое прогнозирование движения капитала или, тем более, управление им может показаться не-

возможным и бессмысленным. Однако такое впечатление является поверхностным. Дело в том, что значимость высказываний, да и вообще любой информации, зависит от ситуации на бирже. Часто встречаются и такие ситуации, когда никакие информационные вбросы не производят никакого впечатления. Однако, если информационные вбросы прогнозировать невозможно, то прогноз ситуаций, при которых они приобретают значение, может быть надежным и точным. Именно в прогнозировании ситуаций состоит главная задача моделирования движения капитала.

Принципиально важно то, что показатель Z/Z_j , с одной стороны, количественно выражает психологию, а именно: отношение субъективных оценок риска завышения и риска занижения и, с другой стороны, однозначно определяет влияние психологии на надежность P_j^0 , объем капитала PL_j , напряженность $U_{j,j'}$ и силу тока $I_{j,j'}$. Учитывая, кроме того, что в текущий момент $Z/Z_{j,t}$ может быть найдена путем решения ЭСМ на основе фактических данных, реализуя известный принцип «Рынок знает все», задача учета психологического фактора предстает как задача прогнозирования $Z/Z_{j,t+1}$ при заданном $Z/Z_{j,t}$.

Наличие психологического фактора приводит к тому, что количество капитала, проходящего по связи (j,j') , т.е. сила тока $I_{j,j'}$, является не детерминированной величиной, однозначно определяемой значениями величин $U_{j,j'}$, $R_{j,j'}$ и $W_{j,j'}$, а случайной величиной. При этом $U_{j,j'}$, $R_{j,j'}$, $W_{j,j'}$ определяют вид закона распределения вероятностей $I_{j,j'}$ и параметры этого закона.

Для прогнозирования $Z/Z_{j,t+1}$ необходимо оценивать вероятности появления информации разного типа (о действиях монетарных органов, политических событиях, природных и техногенных катастрофах) и ожидаемую степень ее влияния на субъективные оценки рисков. Подобная технология достаточно давно и успешно используется на международном финансовом рынке валют Forex¹. Этот опыт может быть использован для разработки методик и алгоритмов прогно-

¹ <http://freshforex.ru/training/interactive/forecast/>

зирования $Z/Z_{j,t+1}$. С учетом сказанного будем считать, что имитационная модель $\Phi_{j,j'}$ позволяет в статистических испытаниях получать реализации силы тока $I_{j,j',t} = \Phi_{j,j'}(U_{j,j'}, R_{j,j'}, W_{j,j'})$ в соответствии с законом распределения вероятностей величины $I_{j,j',t}$.

Для комплексного моделирования движения капитала рассмотрим граф G , в котором каждому классу капитала j поставлена в соответствие вершина.

Напомним, что в теории графов под *импульсом в вершине* в данный момент принято понимать изменение параметра в этой вершине в данный момент. *Импульсным процессом* называется изменение параметров в вершинах, происходящее в результате передачи импульса по дугам (ориентированным связям) графа. *Простой импульсный процесс* — это процесс, который начинается с внешнего импульса, поданного в одну из вершин, и не сопровождается другими внешними импульсами¹.

Далее под импульсом мы будем понимать реализацию силы тока $I_{j,j',t}$, полученную в статистическом испытании, которую обозначим $I_{j,j',t}^e$. Между вершинами j и j' установим связь (j,j') между классами j и j' в том случае, если ожидаемая величина импульса и вероятность прохождения импульса между ними не являются пренебрежимо малыми. Поскольку переток возможен как из j в j' , так и обратно, то связь между классами капитала следует изображать не дугой (которая имеет направление), а ребром. То есть граф G (см. рис. 5.1) является неориентированным, связным, не имеющим петель. Каждое ребро графа (j,j') будем характеризовать набором величин $\{U_{j,j'}, R_{j,j'}, W_{j,j'}\}$ ².

¹ Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложением к социальным, биологическим и экологическим задачам. — М.: Наука, 1986;

Кульба В.В. Особенности коллективного принятия решений в современной управленческой практике // Вестник РГГУ. — 2007. — № 12. — С. 120–132.

² Поскольку классы капитала сильно отличаются по размеру, ликвидности и сопротивлению, то может оказаться целесообразным внутри графа выделить подграфы и рассматривать иерархическое устройство графа. Это может оказаться полезным в том случае, если граф имеет большую размерность по количеству вершин.

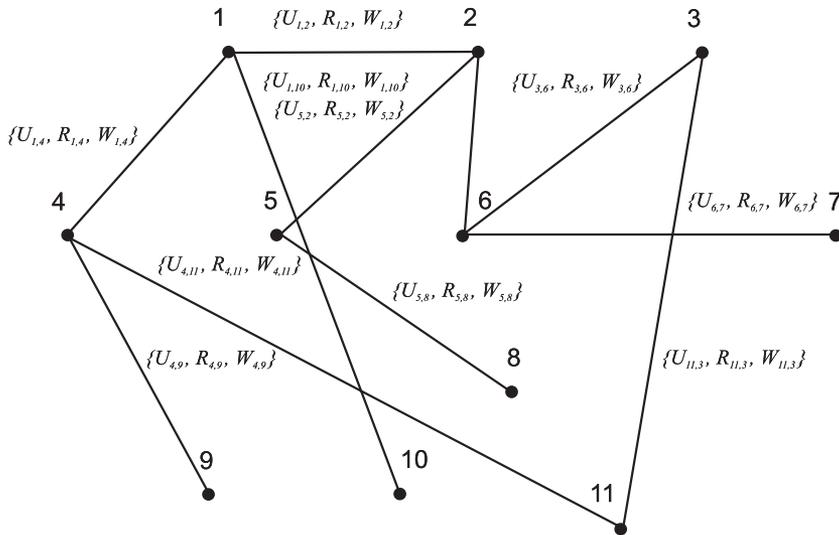


Рис. 5.1. Граф перетока капитала

Важное значение имеет порядок обхода вершин при прохождении импульсов. Если из j в j' прошел импульс, то, как уже отмечалось, изменятся как $\{PL_j, 3/3_j, P_j^0\}$, так и $\{PL_{j'}, 3/3_{j'}, P_{j'}^0\}$.

Это значит, что после прохождения импульса изменятся напряжения и импульсы во всех остальных связях, где присутствуют j или j' и, далее, во всех остальных связях графа. Вместе с тем не существует критериев, с помощью которых порядок обхода вершин мог бы быть определен однозначно. Это приводит к выводу, что порядок обхода вершин графа G является случайным, а вероятность прохождения импульса тем больше, чем больше напряжение $U_{j,j',t}$ и сила тока $I_{j,j',t}$.

Пусть Ω — множество ребер графа G . В любой момент времени t набор импульсов по всем ребрам графа $I_t^e = \{I_{j,j',t}^e \mid \forall (j, j') \in \Omega\}$, полученный с учетом правил обхода вершин, представляет собой реализацию статистического испытания движения капитала между всеми классами в момент t . Если осуществить достаточное количество статистических испытаний $e = 1, 2, 3, \dots, N$, то можно рассчитать

математическое ожидание импульса по каждой связи $\overline{I_{j,j',t}}$, которое мы будем рассматривать как прогноз силы тока на момент t по этой связи. Прогноз перетока капитала на момент t образуется из совокупности прогнозов силы тока $\overline{I_t} = \{\overline{I_{j,j',t}} \mid \forall (j, j') \in \Omega\}$. Переходя от момента t к моменту $t + 1$ можно составить прогноз движения капитала $\{\overline{I_1}, \overline{I_2}, \dots, \overline{I_T}\}$ на рассматриваемый горизонт T . С прогнозом движения $\{\overline{I_1}, \overline{I_2}, \dots, \overline{I_T}\}$ капитала взаимно однозначно связаны значения величин:

$$PL_{j,t}, Z/Z_{j,t}, P_{j,t}^0, U_{j,j',t}, I_{j,j',t}, j = 1, \dots, J, j' = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T,$$

которые детально отражают все особенности движения капиталов на весь горизонт прогнозирования между всеми классами.

Управление потоками капиталов основывается на осуществлении налоговых новаций, закупочных и товарных интервенций, субсидий, дотаций, нетарифного регулирования, штрафов, премий, законодательных ограничений и др. мер государственного управления. Очевидно, что любое изменение набора этих мер или последовательности их осуществления изменит прогноз $PL_{j,t}, Z/Z_{j,t}, P_{j,t}^0, U_{j,j',t}, I_{j,j',t}, j = 1, \dots, J, j' = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T$.

На основе прогноза можно рассчитать различные интегральные характеристики, такие, например, как:

- колебания объемов $PL_j, t = 1, \dots, T$ капитала класса j ;
- колебания потоков $I_{j,j',t}, t = 1, \dots, T$ между классами j и j' ;
- максимальное напряжение

$$\max \{U_{j,j',t} \mid \forall j, \forall j', j \neq j', t = 1, \dots, T\};$$

- баланс притока и оттока $\sum_{\forall j, \forall t} I_{j,j',t} - \sum_{\forall j', \forall t} I_{j,j',t}$ в класс j' ;

- совокупный объем перемещаемого капитала $\sum_{\forall j, \forall j', j \neq j', \forall t} I_{j,j',t}$

и др.

С помощью интегральных характеристик можно сопоставлять прогнозы и меры управления, которым соответствует прогноз. Иными словами, возможность прогнозирования одновременно означает возможность выбора варианта управления на основе исследования сценариев.

Обобщая сказанное, мы можем определить следующие основные этапы моделирования перетока капиталов:

1) Установить горизонт прогнозирования T и дискретное время $t = 1, \dots, T$. Прогнозирование осуществлять, начиная с текущего момента $t = 0$ и переходя от t к $t + 1$.

2) Выделить классы капитала, движение которых затрагивает интересы органа государственного управления; определить операции, характерные для каждого класса капитала; определить способы сбора и актуализации данных.

3) Для каждого класса капитала j разработать ЭСМ для расчета основных характеристик классов капитала $\{PL_{j,t}, Z/\mathcal{Z}_{j,t}, P_{j,t}^0\}$, а также напряжений $U_{j,j',t}$ и силы тока $I_{j,j',t}$ между классами капиталами.

4) Разработать способы расчета сопротивлений $R_{j,j'}$ и потерь $W_{j,j'}$ при перемещении капитала из класса j в класс j' .

5) Разработать имитационные модели $\varphi_{j,j'}$ расчета импульсов $I_{j,j',t}^e$ между классами капитала с учетом психологии.

6) Составить граф G движения капитала, считая, что ребро (j, j') существует, если средняя величина импульса $I_{j,j',t}^e$ и вероятность его прохождения не являются пренебрежимо малыми.

7) Установить правила обхода вершин граф G , с учетом того, что последовательность обхода случайна и вероятность прохождения импульса по ребру (j, j') тем больше, чем больше напряжение $U_{j,j'}$ и импульс $I_{j,j',t}^e$.

Кроме того, необходима программная реализация ЭСМ классов капитала и потоков на графе G для осуществления моделирующего вычислительного процесса.

При создании информационной системы управления движением капиталов, кроме тех проблем, которые вытекают из перечисленных выше этапов, возникают и еще некоторые проблемы, на которые заранее необходимо обратить внимание:

— организация сбора информации должна учитывать, что промежуток времени для сбора данных короток и информация быстро устаревает;

— при разработке ЭСМ классов капитала следует учесть, с одной стороны, что могут быть созданы достаточно уни-

версальные модели, которые применимы для разных классов капитала и, с другой стороны, модели полно и детально учитывающие различные особенности одного и того же класса;

– для достаточно полного учета психологии при разработке в составе ЭСМ алгоритмов расчета издержек завышения $F_{1,j}$ и издержек занижения $F_{2,j}$ коэффициенты C_j и S_j должны быть заменены на имитационные модели $F_{1,j}(C_j, S_j)$ и $F_{2,j}(C_j, S_j)$ соответственно.

Важным примером универсальной ЭСМ, пригодной для любого класса капитала, является модель, которая только на основе выборки данных о расходах и доходах операций с любым конкретным классом капитала j позволяет рассчитать P_j^0 и Z/Z_j . Пусть f_1 – затраты на осуществленные сделки; f_2 – доходы от этих же сделок. Предполагается, что данные о факторах $f_{1,j}$ и $f_{2,j}$ вводятся в виде одинаковых по размеру массивов. Оценку надежности P_j^0 можно рассчитать как отношение числа случаев, когда $f_{1,j} > f_{2,j}$ к объему массива. Если следующая ЭСМ:

$$\begin{aligned}
 Fa_j &= f_{1,j} / f_{2,j}, \\
 F_{1,j} &= (3 / Z_j)(PL_j - Fa_j), PL_j \geq Fa_j, \\
 F_{2,j} &= \left(\frac{1}{3 / Z_j} \right) (Fa_j - PL_j), PL_j < Fa_j, \\
 &\min_{PL_j} \left\{ \max_{\chi \in \{1,2\}} \left\{ M \left\{ F_{\chi,j} \right\} \right\} \right\}, \\
 P_j^0 &= P(PL_j \geq Fa_j)
 \end{aligned}$$

реализована в Equilibrium, то выполнив диалоговую процедуру:

Расчет → Прямой/Обратный → Обратный расчет по надежности,

можно рассчитать Z/Z_j .

Имеются примеры ЭСМ, которые достаточно детально учитывают технологию использования некоторых классов капитала с учетом разных мер государственного воздействия, в частности:

– в § 5.3 данной главы дана достаточно детально разработанная и частично проверенная модель товарных рынков сельскохозяйственной продукции. Эта модель может быть стать основой для разработки модели, класса капитала, который условно можно назвать «сельскохозяйственное производство»;

– в параграфе 5.1.2 в [3] рассмотрена ЭСМ реального сектора экономики, а в параграфе 5.1.3 в [3] модель финансового сектора, которые в совокупности могут рассматриваться как два наиболее крупных класса капитала, в совокупности охватывающие экономику страны;

– в главе 2 в [4] рассматривается ЭСМ фондового рынка, в главе 4 в [4] модели инвестиций в ценные бумаги и венчурные проекты, каждая из которых соответствует определенному классу капитала.

5.2. Диагностика экономических систем

5.2.1. Задачи и принципы построения информационной системы

Опыт показывает, что прогнозирование поведения крупных экономических систем, таких как отрасли и регионы, является неудовлетворительным. Особенно это касается тех случаев, когда речь идет о среднесрочном горизонте прогнозирования (несколько месяцев). При коротком горизонте (в пределах нескольких суток) поведение экономических систем сильно зависит от действий конкретных людей, предсказать которые зачастую бывает просто невозможно. При многолетнем горизонте определяющее значение имеют долговременные факторы, которые, как правило, удается выявить и учесть в относительно простых прогностических моделях. Поэтому, если не возникает форс-мажорных обстоятельств, не учтенных в модели, то долгосрочный прогноз оказывается верным. Кардинального улучшения требуют, прежде всего, среднесрочное прогнозирование и исследования возможных сценариев, на которых может основываться диагностика.

Накопленный опыт показывает, что наиболее адекватными моделями экономических систем являются имитационные модели материальных и финансовых потоков, учитывающие разного типа балансовые ограничения¹. Однако возможности этих моделей для прогнозирования и особенно для диагностики ограничены тем, что в них не учитывается риск завышения и риск занижения. Хозяйствующие субъекты и органы регионального управления при принятии решений ориентируются именно на эти риски. Учет влияния риска завышения и риска занижения кардинально меняет динамику и даже направленность как материальных, так и финансовых потоков.

Учет риска завышения и риска занижения открывает еще одну возможность для повышения адекватности системы диагностики. При разработке алгоритмов расчета риска завышения и риска занижения можно комплексно учесть намерения и ожидания всех участников экономики, включая социальные и коммерческие ожидания и интересы, а также субъективные оценки участников хозяйственной деятельности. В частности, риск завышения и риск занижения, в числе прочего, включают и риски последствий неправильных действий из-за недостатка или искажения информации, на которую опирается лицо, принимающее решение.

Модель можно сделать гораздо более компактной и одновременно более точной, если рассматривать движение финансовых потоков не между хозяйствующими субъектами, а между классами капитала.

Исходя из этого мы предлагаем следующие принципы создания ИС диагностически экономических систем регионов и отраслей:

1) Учет рисков завышения и занижения для администрации региона или министерства (а также бизнеса и определенных категорий участников хозяйственной деятельности).

2) Моделирование течения финансовых потоков во времени (с учетом дисконтирования) между классами капитала (а не хозяйствующими субъектами).

¹ Поспелов И.Г. Особенности современного мирового кризиса // Экология и жизнь. – 2010. – № 3. <http://elementy.ru/lib/431082>

3) Учет обратных связей, а именно: влияния отношения риска завышения и риска занижения на динамику финансовых потоков.

4) Комплексный учет взаимовлияния потоков и рисков в рамках одной имитационной модели (системный подход¹).

5) Возможность расширения функциональности ИС (увеличения списка идентифицируемых экономических проблем).

6) Возможность адаптации ИС к особенностям конкретных регионов, отраслей, а также государства.

7) Возможность исследования сценариев для прогнозирования экономических последствий управленческих мероприятий или вариантов внешних воздействий в режиме диалога.

5.2.2. Основные элементы технологии

Технология создания диагностических информационных систем для экономики включает:

– построение ориентированного функционального графа, где в качестве вершин рассматриваются классы капитала, факторы, влияющие на движение капитала, риски завышения и занижения разных категорий участников хозяйственной деятельности, а в качестве ребер – возможные направления движения капитала и каналы влияния факторов и рисков на движение капитала;

– представление некоторых источников капитала как случайных функций времени;

– составление перечня возможных экономических проблем, которые необходимо диагностировать;

– выявление критериев проблем экономики на основе разных видов дисбалансов (долги, дефициты), особенностей динамики (тенденций и валотильности), структурных сдвигов (монополизация и др.);

– разработка диалоговых процедур для выполнения диагностических исследований.

¹ Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2007.

Для программной реализации диагностической системы, кроме стандартных средств моделирования, предусмотренных в инструментальных системах имитационного моделирования, необходимы специальные элементы, которые могут быть созданы с помощью стандартных средств, а именно:

- элемент 1 – расчет риска завышения;
- элемент 2 – расчет риска занижения;
- элемент 3 – реализация значений случайных функций времени.

Предваряя последующее изложение, можно сказать, что диагностическая система может достаточно полно учитывать особенности экономики и быть достаточно сложной. При этом любая, сколь угодно сложная диагностическая система может быть сконструирована из этих элементов и стандартных средств, как музыка, сколь бы разнообразна она ни была, может быть записана с помощью всего лишь 7 нот.

Риск завышения и риск занижения привязываются к некоторому юридическому лицу или совокупности юридических лиц, например, бизнесу, работающему с определенным классом капитала. Диагностика должна обеспечивать, выявлять проблемы, возникающие у этих лиц при любом, не обязательно оптимальном принятом решении *PL*. Эту важную особенность диагностики следует подчеркнуть. При диагностике *PL* обозначает принятое решение, которое, скорее всего, не является оптимальным. По этой причине отпадает необходимость применения инструментальной системы Decision и возникает возможность построить диагностическую ИС только на основе имитационного моделирования.

Существуют разнообразные инструментальные системы для разработки имитационных моделей, например, «Powersim» или «Pilgrim». Мы воспользуемся инструментальной системой «Ithink»¹. Обратимся к способам построения рассмотренных 3-х названных выше элементов диагностической ИС средствами этой инструментальной системы.

¹ Кузнецов Ю.А., Перова В.И. Применение пакетов имитационного моделирования для анализа математических моделей экономических систем. – Нижний Новгород, 2007. <http://habrahabr.ru/post/83621/>

Начнем с простейшего, 3-го элемента, т.е. со случай-ной функции времени. Для определенности будем говорить о притоках и оттоках конечного потребления C . Чтобы C представить в виде процесса средствами «Ithink», необходимо взять 2 контейнера. Один, полный (обозначим C_{PL}) представляет собой конечное потребление, которое ожидается на конец года, второй, пустой (обозначим C_{FA}) выражает фактическое конечное потребление, которое накапливается с течением времени. Переток из левого контейнера в правый (рис. 5.2) изображает накопление объема конечного потребления в течение года.

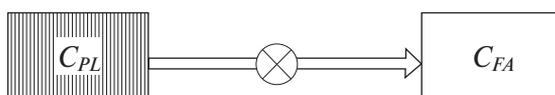


Рис. 5.2. Представление процесса изменения величины C средствами «Ithink»

При этом нетрудно учесть, что потребление осуществляется неравномерно, в частности, из-за сезонных колебаний. Вентиль между контейнерами позволяет учитывать влияние на потребление внешних факторов. Это первое приближение, при котором $C_{PL} = C_{Fa}$, что фактически означает игнорирование наличия случайных факторов.

В действительности потребление подвержено влиянию таких случайных факторов, как: доход, инфляция, склонность к сбережениям и др. В частности, доход может как увеличиваться, так и снижаться. Для изображения случайных колебаний дохода средствами «Ithink» воспользуемся контейнерами, между которыми возможно перемещение в обоих направлениях (рис. 5.3).

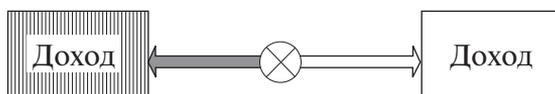


Рис. 5.3. Представление случайных колебаний дохода средствами «I think»

Наличие случайных факторов приводит к тому, что возможной оказывается как ситуация $C_{PL} > C_{Fa}$, так и ситуация $C_{PL} < C_{Fa}$, а вероятность совпадения ожидаемого и фактического потребления, которая напрямую зависит от соотношения предложения и спроса, становится пренебрежимо малой. При этом меняется содержательный смысл величин C_{PL} и C_{Fa} . При воздействии случайных факторов C_{PL} выражает намерения бизнеса по удовлетворению потребления, а C_{Fa} выражает фактически достигаемое потребление, которое постепенно накапливается, но может как не достичь C_{PL} , так и превзойти его. В результате элемент 3 приобретает вид, показанный на рис. 5.4.

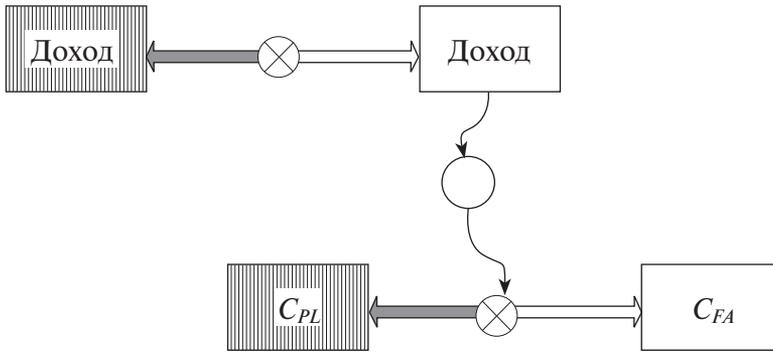


Рис. 5.4. Элемент 3 – случайная функция времени

Теперь обратимся 1-му и 2-му элементам, т.е. к расчету рисков. Возможность ситуации $C_{PL} > C_{Fa}$ означает наличие риска завышения, а возможность ситуации $C_{PL} < C_{Fa}$ – риска занижения. Соотношение рисков завышения и занижения оказывает влияние на намерения бизнеса в следующий момент. На рис. 5.5 предполагается, что блок «Oven» (печь) вычисляет риски, соизмеряет их и через конвертор (изображен пустым кружком) направляет в блок C_{PL} . Блок «Oven» позволяет накапливать статистические данные о реализациях с течением времени значений C_{Fa} и осуществлять другие описанные выше вычислительные процедуры, необходимые для расчета риска завышения и риска занижения. Таким об-

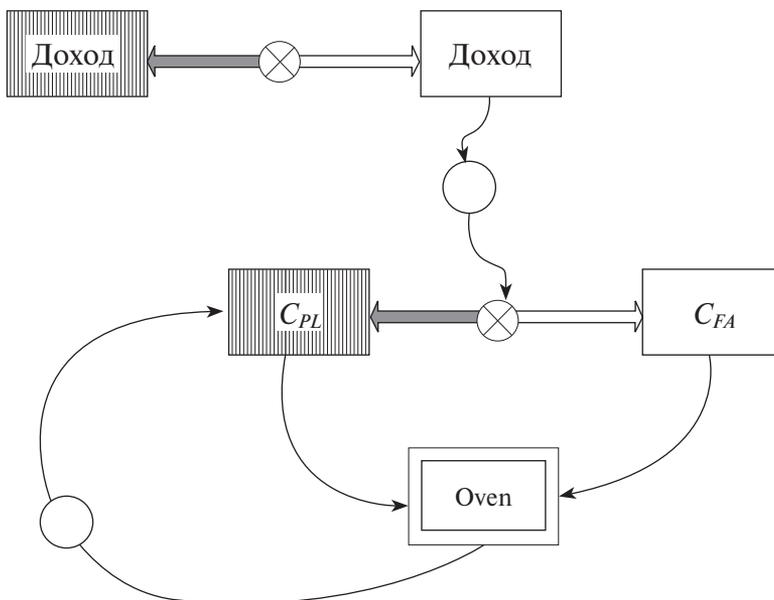


Рис. 5.5. Элемент 1 и элемент 2 – риск завышения и риск занижения

разом, элемент 1 и элемент 2 имеют аналогичный вид, показанный на рис. 5.5.

Важное значение приобретает организация потоков. В частности, горизонт прогнозирования, например год, должен быть разделен на более короткие периоды (например, месяцы) и в блоке «Oven» информация должна накапливаться, обрабатываться и передаваться в каждый короткий период.

Численный пример для программной реализации рассмотренных элементов диагностической системы представлен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Численный пример

Время	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Доход	5	7	3	1	7	11	9	8	9	7	6
CPL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	111
CFa	105	93	103	101	93	111	99	108	91	107	117
Oven	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11	–

В таблице 5.1:

время – дискретная, нарастающая величина;

доход – величина, которая случайным образом изменяется в каждый момент времени;

C_{PL} – изменяется в каждый 10-й момент времени на величину, рассчитываемую в блоке *Oven*;

$C_{Fa} = C_{PL} + \text{Доход}$ с вероятностью 0,6 и $C_{Fa} = C_{PL} - \text{Доход}$ с вероятностью 0,4;

Oven – рассчитывается каждый 10-ый момент как разность всех положительных и отрицательных приростов, т.е.:

$$Oven = (5 + 3 + 1 + 11 + 8 + 7) - (7 + 7 + 1 + 9) = 11.$$

«Ithink» позволяет визуализировать процесс, например показывать графики изменения во времени положительных отклонений C_{Fa} от C_{PL} .

Рассмотренные элементы реализованы в «Ithink» (см. рис. 5.6).

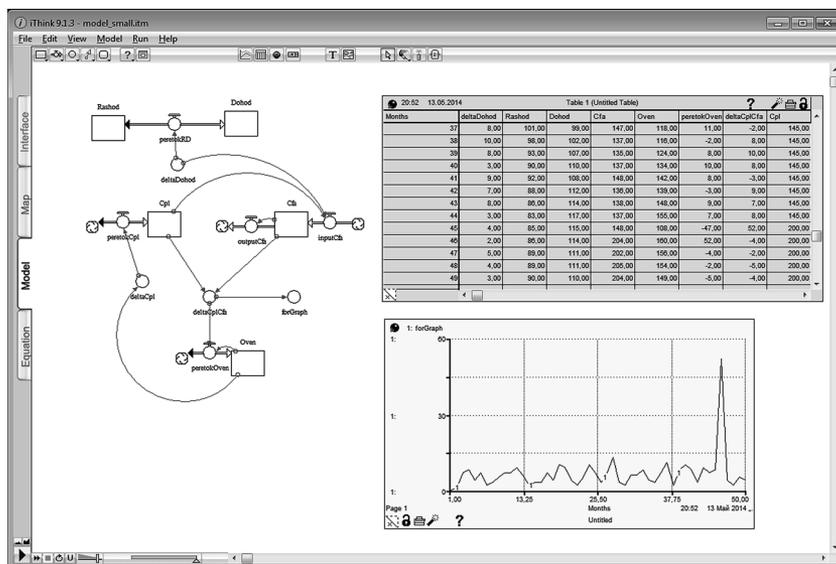


Рис. 5.6. Скриншот результата работы имитационной модели расчета риска завышения и риска занижения, реализованной в «Ithink»

На рис. 5.6 рассматривается 100 моментов времени. В таблице вверху справа на рис. 5.6 показан фрагмент реализаций величин, обозначенных в левой части рисунка. Этот скриншот иллюстрирует не только работоспособность элементов, но и возможности визуализации результатов работы средствами «Ithink».

В данном примере способ расчета рисков основан на том, что рассматривается дискретное время $t = 1, 2, 3, \dots, T$, где T – горизонт прогнозирования, выделяются промежуточные моменты времени в пределах горизонта прогнозирования T_1, T_2, T_3, \dots, T . Риски рассчитываются для промежутков времени $[T_i, T_{i+1}]$ между следующими друг за другом выделенными моментами времени на основе реализаций случайных величин в течение этого промежутка. Другой способ состоит в том, что риск рассчитывается для скользящего промежутка времени. Кроме того, поскольку речь идет о диагностике, а не о планировании и принятии решений, то вместо рисков могут рассматриваться и издержки завышения и занижения. Издержки, в отличие от рисков, относятся не к промежуткам, а к моментам времени $t = 1, 2, 3, \dots, T$.

5.2.3. Диагностическая ИС идентификации проблем экономики региона

Мы рассмотрим регион в качестве примера, на котором мы попробуем продемонстрировать содержание основных этапов создания диагностической ИС. Применительно к региону задачи, сформулированные в параграфе 5.2.1, приобретают конкретное содержание и в некоторых случаях распадутся на ряд более частных задач. Среди них – выявление специфики региональных экономических систем сравнительно с государственными.

В общих чертах основное отличие региона от государства состоит в том, что регион (как и отрасль) имеет меньше возможностей для регулирования, в частности, отсутствуют возможности эмиссии денег и таможенного регулирования, ограничены возможности налогового регулирования. Вместе с тем между регионом и государством есть много обще-

го. Важно то, что для диагностики экономики на государственном уровне достаточно детально разработано и широко применяется финансовое программирование (ФП). ФП (см. параграф 5.1.1 в [3]) основано на классической макроэкономической теории, но отличается от теории примерно так же, как медицина от биологии. Теория дает основной понятийный аппарат и модельное описание наблюдаемых в экономике процессов, а ФП представляет собой переложение теории применительно к практическим потребностям сбора и обработки информации, толкованию информации, а также приемам выработки рекомендаций правительству и монетарным органам государства.

ФП основано на комплексе соответствующих друг другу счетов. Основные элементы финансового программирования показаны на рис. 5.7. Каждый сектор экономики отражается в соответствующих счетах:

– реальный сектор экономики – в системе национальных счетов (СНС);

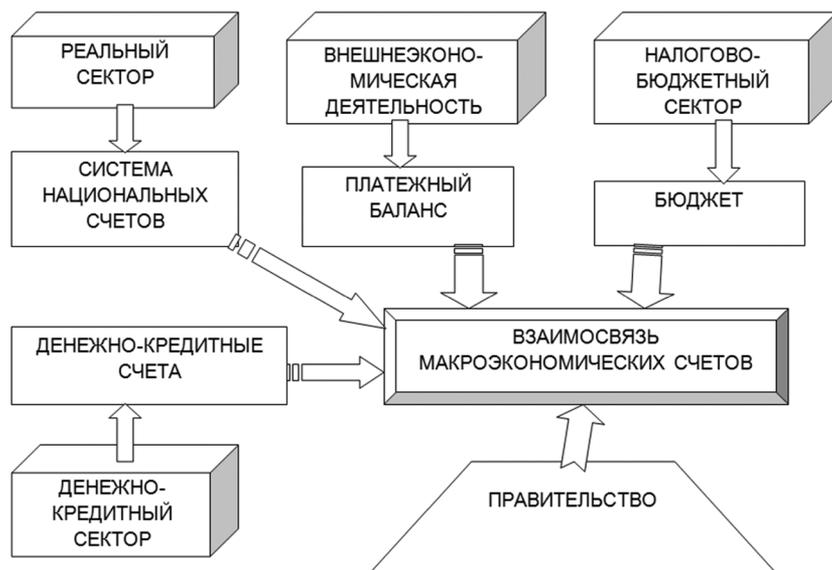


Рис. 5.7. Основные элементы финансового программирования

- внешнеэкономическая деятельность – в платежном балансе;
- налогово-бюджетный сектор – в бюджете;
- денежно-кредитный сектор – в денежно-кредитных счетах;
- правительство – во взаимосвязи макроэкономических счетов.

СНС является системой бухгалтерского учета, которая дает возможность обрабатывать макроэкономические данные и использовать их для макроэкономического анализа.

СНС¹ является базой для организации непрерывного потока информации. В СНС используются следующие основные показатели:

C – конечное потребление;

I – валовой объем инвестиций, включая изменения товарно-материальных запасов;

A – внутренний совокупный спрос ($A = C + I$);

X – экспорт товаров и нефакторных услуг;

M – импорт товаров и нефакторных услуг;

Y_t – чистый факторный доход из-за рубежа;

TRt – чистые перечисления из-за рубежа;

S – валовой объем национальных сбережений.

При этом:

$GDP = C + I + (X - M) = A + (X - M)$ – валовой внутренний продукт (ВВП);

$GNI = GDP + Y_t = C + I + (X - M + Y_t) = A + (X - M + Y_t)$ – валовой национальный доход;

$GNDI = GNI + TRt$ – валовой национальный располагаемый доход;

$CAB = GNDI - A$ – сальдо текущих операций.

Так как по определению: $GNDI - C = S$, то $GNDI - C = I + X - M + Y_t + TRt = S$. Отсюда: $S - I = X - M + Y_t + TRt = CAB$.

¹ «Система национальных счетов», издана Комиссией европейских сообществ, Международным валютным фондом, Организацией экономического сотрудничества и развития, ООН и Всемирным банком в 1993. Предыдущий вариант СНС был опубликован в 1968 г.: United Nations, Statistical Office, «A System of National Accounts», Studies in Methods, Series F, Number 2, Revision 3 (New York; United Nations, 1968).

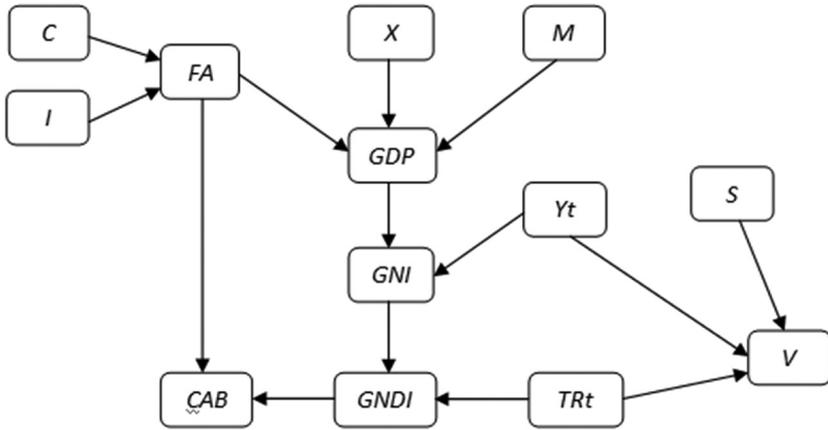


Рис. 5.8. Ориентированный граф финансовых потоков в соответствии с системой национальных счетов

Далее мы воспользуемся СНС для построения графа финансовых потоков региона. При этом важно еще раз подчеркнуть, что речь идет о потоках не между субъектами хозяйственной деятельности, а между классами капитала.

Рассмотренную выше систему национального счетоводства можно представить в виде ориентированного графа, показанного на рис. 5.8. На основе данного графа может быть разработана имитационная модель движения финансовых потоков в реальном секторе региона. При этом граф на рис. 4.3 не учитывает наличие рисков завышения и занижения ни одного из участников. Он также не учитывает и влияние рисков на финансовые потоки. Вместе с тем доказанные во 2-й главе теоремы, основанные на учете рисков завышения и занижения, показывают, какие проблемы возникают в экономике и подлежат идентификации. Сразу отметим, что при создании реальной ИС необходимо кроме реального сектора рассматривать также и финансовый сектор и объединить модели секторов в целостную систему.

Примечание: Для полноты картины следует отметить, что существуют подходы, которые в той или иной мере могут быть применимы для классификации рассматриваемых проблем раз-

личных экономических систем. Например, PEST-анализ¹ (иногда обозначают как STEP) является маркетинговым инструментом, предназначенный для выявления политических (Political), экономических (Economic), социальных (Social) и технологических (Technological) аспектов внешней среды, которые влияют на бизнес. SWOT-анализ² является методом стратегического планирования, заключающиеся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные), Weaknesses (слабые), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Есть и некоторые другие подходы (см. Лексин В.Н., Швецов А.И. Государство и регионы, теория и практика государственного регулирования регионального развития. – М.: 1997; Шнипер Р.И. Регион. Диагностика и прогнозирование. – Новосибирск, 1996), но все эти подходы не адаптированы для регионального уровня, не обеспечены источниками информации, имеют значительные методические пробелы и, что самое главное, игнорируют риски завышения и занижения и их роль в возникновении проблем в экономике.

При рассмотрении региона следствия теорем требуют конкретизации и детализации. Специфика региона в том, что проблемы региональной экономики в основном связаны с диспропорциями платежеспособного спроса и валового регионального продукта (ВРП). Риски бизнеса в регионе, в частности, упущенные поступления и нерациональные расходы имеют денежное выражение. Риски администрации региона распространяются на социальное развитие, развитие инфраструктуры и сбалансированность бюджета. При этом администрация региона для снижения рисков должна прогнозировать поведение, что позволит применять упреждающие меры в рамках своей компетенции.

Рассмотрим базовые механизмы макроэкономики, действующие в реальном секторе экономики, которые можно распространить на уровень региона. Эти механизмы иллюстрирует рис. 5.9.

Стремление бизнеса максимизировать прибыль заставляет интенсифицировать труд наемных работников, миними-

¹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/PEST>

² <http://ru.wikipedia.org/wiki/SWOT>



Рис. 5.9. Базовые макроэкономические механизмы в реальном секторе

зировать оплату труда, а также повышать цены на товары и услуги (блок I). Все эти меры приводят к порождению ситуации, в которой $PL > FA$ (блок III). Действительно, рост объемов и совокупной стоимости произведенного продукта сочетается со сдерживанием оплаты труда, которая и является покупательной способностью. В этом и состоит открытый Марксом механизм порождения относительного перепроизводства.

В этом же направлении действует механизм, состоящий в том, что рост прибыли, как правило, приводит к росту доли инвестиций в прибыли (блок II). Это, в свою очередь, ведет к росту объема инвестиций, уменьшению потребления и уменьшению платежеспособного спроса FA , т.е. к той же ситуации: $PL > FA$.

Следствием этих механизмов является существование вероятности возникновения относительного перепроизводства, диспропорций, замораживания средств, вложенных в невостребованный продукт.

ВВП за вычетом замороженной доли является эффективным ВВП, который мы обозначим ВВП' (соответственно ВОП за вычетом замороженной доли является эффективным ВОП и обозначается ВОП'). Отличие ВВП от ВВП' (а также ВОП от ВОП') отражает отличие инвестиций от сбережений. При этом ВВП' – ВВП (равное разности ВОП' – ВОП) являются сбережениями «в чулках», не идущими на инвестиции.

В противоположном направлении действуют меры профсоюзов, направленные на повышение оплаты труда, меры монетарных органов по стабилизации экономики (блок IV), а также борьба профсоюзов за рост заработной платы (блок V). Все это элементы механизма роста FA и, следовательно, повышения вероятности возникновения ситуации $FA > PL$ (блок VI).

Риск занижения (блок VIII) – это риск потери прибыли, доходов, доли на рынке. Стремление бизнеса минимизировать риски (в меру осознания бизнес-сообществом существования этих рисков) приводит в действие механизм формирования равновесия рисков (блок IX).

Обратимся к математической модели этого механизма. Риск завышения и риск занижения бизнеса зависит от валового регионального продукта (ВРП), который является аналогом валового внутреннего продукта (ВВП). ВВП – это совокупная стоимость всего объема произведенных на территории страны конечных товаров и услуг в течение года¹.

Валовой общественный продукт (ВОП)² (как для страны, так и для региона) отличается от ВВП тем, что учитывает материальные затраты. Согласно Кейнсу механизм формирования макроэкономического равновесия основан на том,

¹ ВВП может быть рассчитан тремя способами: а) как сумма добавленной стоимости по каждой отрасли национальной экономики (ВВП по производству); б) как сумма всех доходов, полученных от производства продукции в данном году (ВВП по доходам); в) как сумма всех расходов внутри страны на покупку всего объема производства товаров и услуг за год (ВВП по расходам).

² ВОП – это стоимость всех товаров и услуг, произведенных в экономике. Использование ВОП связано с проблемой двойного счета. Например, стоимость зерна может учитываться дважды: сначала при его использовании в производстве хлеба, а затем – в виде стоимости хлеба.

что ожидаемый интегральным производителем (бизнесом в целом) ВОП при авансировании капитала (обозначим PL) отличается от фактического значения ВОП к концу этого периода (обозначим FA). Причина отличия PL от FA в неопределенности. Существует много принципиально неустрашимых источников неопределенности, одним из которых является занятость (обозначим A).

Неопределенность создает для бизнеса двоякий риск: риск завышения состоит в потенциальной возможности произвести продукт, который может оказаться невостребованным, а риск занижения состоит в потенциальной возможности не удовлетворить спрос и упустить прибыль. Для расчета рисков необходимо использовать разложение ВОП на составляющие: $ВОП = R + D + E$, где: R – текущие материальные затраты¹, включая амортизацию; D – оплата труда; E – прибыль. Отсюда: $E = ВОП - R - D$ и $\frac{E}{ВОП} = 1 - \frac{R + D}{ВОП}$. При этом $\frac{E}{ВОП}$ – прибыль на единицу ВОП, а $\frac{R + D}{ВОП}$ – затраты на единицу ВОП. Поскольку PL – детерминированная величина, а FA – случайная величина, то есть вероятность, что PL окажется больше FA и возникнут издержки завышения в размере $\frac{R + D}{PL} \times (PL - FA)$. Есть также вероятность, что PL окажется меньше FA и возникнут издержки занижения в размере: $\frac{E}{PL} \times (FA - PL)$.

Принцип, согласно которому макроэкономическое равновесие устанавливается вследствие стремления бизнеса минимизировать свой риск, приводит к формулировке Эволюционно-симулятивной модели реального сектора экономики (5.6) – (5.10):

$$Fa = r(A), \quad (5.6)$$

¹ В течение всего последующего изложения вместо ВОП можно использовать ВВП или ВРП, исключив материальные затраты R . При этом все прочие выводы останутся без изменений. При исключении R снимается проблема двойного счета.

$$F_1 = M \left\{ \frac{R + D}{PL} \times (PL - FA) \right\}, \quad (5.7)$$

$$F_2 = M \left\{ \frac{E}{PL} \times (FA - PL) \right\}, \quad (5.8)$$

$$\Phi(PL, Fa, F_1, F_2) = \begin{cases} F_1, & PL \geq FA \\ F_2, & PL < FA \end{cases} \quad (5.9)$$

$$\min_{PL} \left\{ \min_i \left\{ M \left\{ \Phi(PL, FA, F_1, F_2) \right\} \right\} \right\}, \quad (5.10)$$

где M – знак математического ожидания.

Как мы уже отмечали, при идентификации и прогнозировании экономических проблем региона не возникает задачи поиска оптимального ВОП, т.е. PL может не удовлетворять условию (5.10). Принимая инвестиционные решения, бизнес ориентируется на экспертные оценки ожидаемого размера ВОП.

Экономические проблемы, которые могут ожидать регион, можно идентифицировать и прогнозировать на основе расчета рисков F_1 и F_2 и их влияния на динамику финансовых потоков, исходя из сопоставления экспертной оценки PL с реальным платежеспособным спросом FA . Для этого необходимо конкретизировать содержание зависимости спроса FA от занятости A , представленное соотношением (5.6). Эта зависимость определяется совокупным действием базовых макроэкономических механизмов, которые иллюстрирует рис. 5.9. Следующий параграф посвятим рассмотрению этих механизмов.

5.2.4. Имитационная модель идентификации проблем региона

Для общности формулировок мы рассмотрим способ расчета рисков применительно к промежуткам дискретного времени $t = 1, 2, 3, \dots, T$ между выделенными моментами T_1, T_2, T_3, \dots, T . Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что для использования этого способа расчета рисков препятствием может стать недостаток статистических данных, краткость горизонта прогнозирования, быстрые изменения конъюн-

ктуры. Поэтому наибольшее практическое значение имеет использование не рисков, а издержек завышения и занижения. Формально это достигается путем сужения интервала $[T_i, T_{i+1}]$ до момента t (при этом выбранные моменты T_1, T_2, T_3, \dots, T совпадают с моментами дискретного времени $t = 1, 2, 3, \dots, T$). Поэтому формулировки для издержек оказываются частным случаем формулировок для рисков. Если вместо выделенных моментов T_1, T_2, T_3, \dots, T рассматривать скользящий интервал, то все рассматриваемые ниже формулировки также останутся в силе с той только разницей, что в формулах расчета рисков изменяются пределы суммирования.

Введем следующие обозначения:

f_1, \dots, f_9 – независимые случайные величины;

p_1, \dots, p_{13} – условно-постоянные величины;

$f_{1,t}, \dots, f_{9,t}$ – реализация случайной величины в момент t ;

$p_{1,t}, \dots, p_{15,t}$ – значение соответствующей условно-постоянной величины в момент t ;

f_1 – прибыль, всего по региону, млрд руб.;

f_2 – трудоспособное население региона, чел.;

f_3 – безработица (отношения числа безработных к численности трудоспособного населения) в регионе, %;

f_4 – средняя по региону зарплата, млрд руб.;

f_5 – совокупные материальные затраты, млрд руб.;

f_6 – экспорт, млрд руб.;

f_7 – импорт, млрд руб.;

f_8 – акцизы, млрд руб.;

f_9 – другие поступления, млрд руб.;

$p_1, \dots, p_4, p_{14}, p_{15}$ – вспомогательные показатели, доли ед.;

p_5 – инвестиции/прибыль, иначе говоря, отношение объема инвестиций к сумме прибыли и заработной платы, т.е. доля инвестиций (накоплений) в добавленной стоимости (другое название «Склонность к инвестициям»)¹. Высокий уровень склонности к инвестициям свидетельствует о высоком уровне цен, доли ед. Наиболее полно комплексное действие базовых макроэкономических механизмов проявляется в зависимости ВВП от исходного показателя p_5 . Увеличение

¹ Данный показатель дополняет до 1 «Склонность к потреблению».

p_5 порождает две разнонаправленных цепочки следствий. С одной стороны, рост инвестиций означает сокращение потребления, сокращение спроса и под его давлением сокращение производства. Действительно, с увеличением p_5 уменьшаются FA (повышается вероятность ситуации $PL > FA$), что, в свою очередь, влечет уменьшение PL . С другой стороны, увеличение p_5 одновременно приводит к уменьшению удельного риска завышения $\frac{(c+q)}{PL}$ и росту удельного риска занижения $\frac{i}{PL}$, что стимулирует увеличение PL ;

p_6 – налоги на прибыль, иначе говоря, налоговые отчисления и обязательные отчисления в фонды от прибыли, %;

p_7 – налоги на зарплату, т.е. налоговые отчисления и обязательные отчисления в фонды от зарплаты, %;

p_8 – налоги на основные фонды (недвижимость), %;

p_9 – налог на добавленную стоимость, %;

p_{10} – госзаказ/налоги, иначе говоря, отношение госзаказа к сумме налоговых поступлений в бюджет (другое название «Склонность к инвестициям», %;

p_{11} – базовый валовой региональный продукт (ВРП), млрд руб.;

p_{12} – число оборотов капитала, разы;

p_{13} – наиболее вероятный объем спроса, млрд руб.;

PL – ожидаемый валовой региональный продукт (ВРП), млрд руб.

Соотношения:

$$z_t = f_{2t} \times \left(1 - \frac{f_{3t}}{100}\right) \times f_{4t} - \text{зарплата};$$

$$q_t = f_{5t} - \text{материальные затраты};$$

$$x_t = (f_{6t} \times p_{3t} - f_{7t}) - \text{сальдо экспорта-импорта};$$

$$h_t = f_{1t} * p_1 + z_t - \text{добавленная стоимость};$$

$$i_t = (h_t \times p_{5t} \times p_{2t}) \times p_{3t} - \text{инвестиции (накопления)};$$

$$c_t = h_t - i_t - \text{потребление};$$

$$u_t = \left(\frac{f_{1t} \times p_{6t} + z_t \times p_{7t} + q_t \times p_{8t} + h_t \times p_{9t}}{100} + f_{8t} + f_{9t} \right) - \text{поступления в бюджет};$$

$$g_t = u_t \times \frac{p_{10t} \times p_{15t}}{100} - \text{государственный заказ};$$

$$Fa_{1t} = c_t + x_t \times p_{4t} + g_t - \text{совокупный платежеспособный спрос};$$

$$Fa_{2t} = Fa_{1t} - q_t - \text{платежеспособный спрос без госзаказа};$$

$$F_{1T_i} = \left(\sum_{PL_{T_i} > Fa_{1t}; t=T_{i-1}, \dots, T_i} \left(\frac{c_t + q_t}{PL_{T_i}} \right) \times (PL_{T_i} - Fa_{1t}) \right) - \text{риск завышения};$$

$$F_{2T_i} = \sum_{Fa_{2t} > PL_{T_i}; t=T_{i-1}, \dots, T_i} \left(\frac{i_t}{PL_{T_i}} \right) \times (Fa_{2t} - PL_{T_i}) - \text{риск занижения};$$

$$3 / 3_{T_i} = \frac{F_{1T_i}}{F_{2T_i}} - \text{соотношение рисков.}$$

Обратные связи

Обратные связи выражаются зависимостями показателей $p_1, p_2, p_3, p_4, p_{14}$ и p_{15} ($= p_{10}$) от $3/3$. «Ithink» позволяет задавать зависимости в табличной или графической форме, что в данном случае удобно. Данные зависимости отражают влияние отношения рисков завышения и занижения на:

- прибыль (f_1);
- долю инвестиций в прибыли (p_5);
- объем инвестиций (i);
- платежеспособный спрос без госзаказа (Fa_2 через сальдо экспорта-импорта x);
- экспертную оценку ВВП (PL);
- долю налоговых сборов, которую государство расходует на госзаказ (p_{10}). Придадим этим зависимостям конкретный вид, имея ввиду, что при адаптации модели к конкретным условиям они могут уточняться:

$$p_{1t} = \begin{cases} 0,9, & \text{если } 3/3_{T_i} > 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \\ 1, & \text{если } 0,8 \leq 3/3_{T_i} > 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1}, \\ 1,2, & \text{если } 3/3_{T_i} < 0,8 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \end{cases}$$

$$p_{2t} = \begin{cases} 0,5, & \text{если } 3 / 3_{T_i} > 2 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \\ 0,8, & \text{если } 3 / 3_{T_i} > 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \\ 1, & \text{если } 0,8 \leq 3 / 3_{T_i} \leq 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1}, \\ 1,1, & \text{если } 3 / 3_{T_i} < 0,8 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \\ 1,3, & \text{если } 3 / 3_{T_i} < 0,5 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \end{cases}$$

$$p_{3t} = \begin{cases} 0,9^{3/3}, & \text{если } 3 / 3_{T_i} > 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \\ 1, & \text{если } 0,8 \leq 3 / 3_{T_i} \leq 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1}, \\ 1,2^{\frac{1}{3/3}}, & \text{если } 3 / 3_{T_i} < 0,8 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \end{cases}$$

$$p_{4t} = \begin{cases} 0,9^{3/3}, & \text{если } 3 / 3_{T_i} > 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \\ 1, & \text{если } 0,8 \leq 3 / 3_{T_i} \leq 1,3 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1}, \\ 1,2^{\frac{1}{3/3}}, & \text{если } 3 / 3_{T_i} < 0,8 \text{ и } T_i \leq t < T_{i+1} \end{cases}$$

$$p_{14t} = 1 + 0,1 * 3/3,$$

$$p_{15t} = 0,9 + 0,3 * 3/3,$$

$$PL_{T+1} := PL_{T+1} * p_{14}.$$

Расчетные показатели

Зависимости расчетных показателей от времени должны визуализироваться:

$$r_1 = PL - \text{совокупный спрос};$$

$$r_2 = r_1 + i - \text{ВВП};$$

$$r_3 = r_2 + q - \text{ВОП};$$

$$r_4 = \left(\frac{r_2 - p_{11}}{p_{11}} \right) + 1 - \text{индекс производства};$$

$$r_5 = \frac{(r_2 - p_{11})}{p_{12}} + 1 - \text{эмиссия};$$

$$r_6 = \frac{r_2 \times PL}{p_{11}} - \text{ВВП' (эффективный ВВП);}$$

$$r_7 = \frac{r_3 \times PL}{p_{11}} - \text{ВОП' (эффективный ВОП);}$$

$$r_8 = \frac{u - f_9}{r_6} - \text{доля налогов в ВВП';}$$

$$r_9 = \frac{u - f_9}{r_7} - \text{доля налогов в ВОП'.$$

Граф диагностической системы региона и направления расширения функциональности системы за счет увеличения списка идентифицируемых проблем

В составе СНС имеются показатели, которые используются в качестве ориентиров при принятии решений бизнесом и населением и где необходимо оценивать риски завышения и занижения. Такие показатели имеют контрагентов и интересантов, которые показаны в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Показатели, контрагенты и интересанты

Показатель	Контрагент	Интересанты
Спрос	Потребление	Бизнес, Администрация региона
Накопление	Сбережения	Население, Администрация региона
Импорт	Экспорт	Бизнес, Население, Администрация региона

Исходной информацией для расчетов являются:

- законы распределения вероятностей значений факторов f_1, \dots, f_9 ;
- численные значения исходных показателей p_1, \dots, p_{15} ;
- экспертная оценка PL ;
- зависимости $p_1, p_2, p_3, p_4, p_{14}$ и p_{15} от $3/3$, которые могут быть в аналитической, табличной или графической форме.

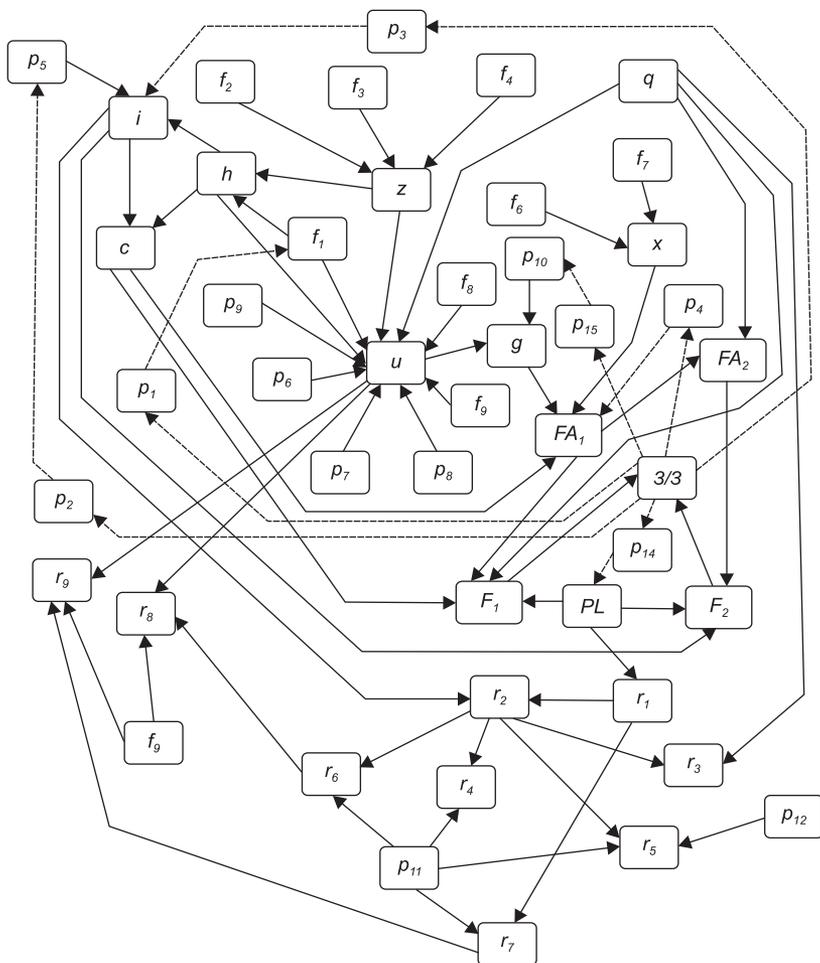


Рис. 5.10. Граф зависимостей. Обратные связи показаны пунктиром

5.2.5. Программная реализация и перспективы расширения функциональности ИС

В имитационной модели идентификации проблем региона, описанной в предыдущем параграфе, риски завышения и занижения относятся к промежутку времени $[T_i, T_{i+1}]$, в

рассматриваемом горизонте прогнозирования, и рассчитываются по формулам $F_{1T_i} = \left(\sum_{PL_{T_i} > Fa_{1t}; t=T_{i-1}, \dots, T_i} \left(\frac{c_t + q_t}{PL_{T_i}} \right) \times (PL_{T_i} - Fa_{1t}) \right)$ и $F_{2T_i} = \sum_{Fa_{2t} > PL_{T_i}; t=T_{i-1}, \dots, T_i} \left(\frac{i_t}{PL_{T_i}} \right) \times (Fa_{2t} - PL_{T_i})$ соответственно.

При сокращении интервала $[T_i, T_{i+1}]$ до момента дискретного времени t риски превращаются в издержки завышения и занижения и рассчитываются по формулам $F_{1t} = \left(\frac{c_t + q_t}{PL_t} \right) \times (PL_t - Fa_t)$ и $F_{2t} = \left(\frac{i_t}{PL_t} \right) \times (Fa_{2t} - PL_t)$ соответственно. Это имеет преимущества при малом количестве статистических данных, недостаточной длительности горизонта прогнозирования или слабой зависимости настоящего от сравнительно отдаленной предьстории. В дальнейших экспериментах использовались издержки завышения и занижения.

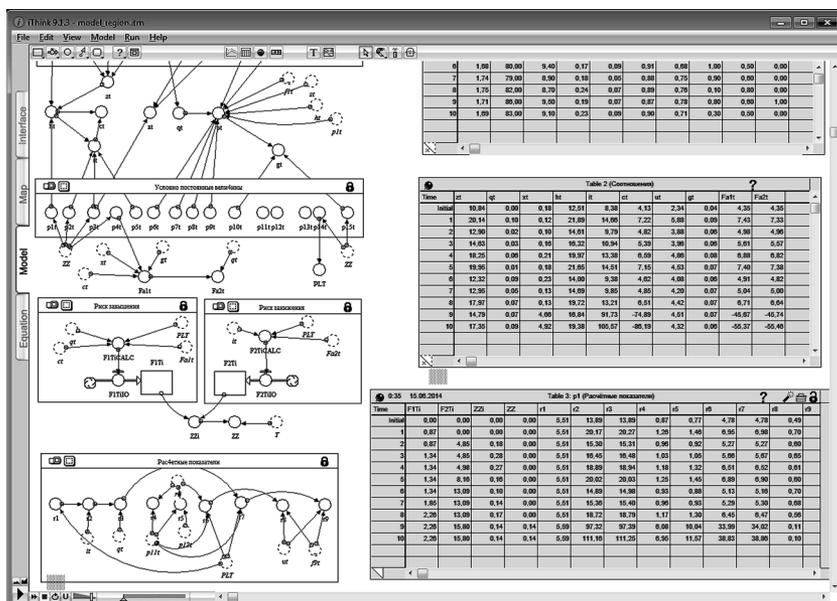


Рис. 5.11. Скриншот имитационной модели, описанной в параграфе 4.2.4, реализованной в Ithik

Имитационная модель, с учетом отмеченного изменения, программно реализована в Ithink. Это иллюстрирует скриншот, показанный на рис. 5.11. При отладке названной имитационной модели, реализованной в Ithink, делались сопоставимые расчеты с помощью электронной таблицы Excel. Это иллюстрирует скриншот на рис. 5.12.

Вместе с тем использование Excel для практических расчетов нецелесообразно, так как в значительной своей части они оказываются ручными и поэтому очень трудоемким. Кроме того, Ithink предоставляет удобный интерфейс для визуализации процессов.

Имитационная модель позволяет продемонстрировать некоторые возможности предлагаемой технологии для идентификации проблем экономической системы. Для этого мы рассмотрим и сопоставим следующие сценарии.

– Сценарий 1: Полностью учитываются все взаимозависимости имитационной модели, описанной в § 5.2.4. Факторы f_1, \dots, f_9 не имеют явно выраженного тренда изменений во времени.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data structure:

	Initial	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=10	t=11
f1	1.67	1.71	1.75	1.73	1.7	1.69	1.69	1.71	1.72	1.71	1.70	1.69
f2	79	84	89	86	83	84	85	86,00	87,00	87,50	88,00	84,00
f3	8,5	9	9,5	9,05	8,6	9	9,4	9,10	8,80	9,05	9,30	9,35
f4	0,15	0,2	0,25	0,21	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,24	0,25	0,21
f5	0	0,05	0,1	0,06	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,03	0,01	0,05
f6	0,85	0,88	0,91	0,89	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,88	0,85	0,88
f7	0,67	0,73	0,79	0,78	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,68	0,67	0,68
f8	0	0,5	1	0,75	0,5	0,6	0,7	0,55	0,40	0,35	0,30	0,65
f9	0,01	0,51	1	0,85	0,7	0,5	0,3	0,60	0,90	0,65	0,40	0,45
zt	10,84	15,29	20,14	16,43	12,9	13,8	14,63	16,42	18,25	19,1	19,95	15,99
qt	0	0,05	0,1	0,06	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,03	0,01	0,05
xt	0,18	0,15	0,12	0,164	0,154	0,158	0,164	0,169	0,169	0,169	0,164	0,169
ht	12,51	17	21,89	18,5	14,94	15,8	16,66	18,47	20,31	21,15	21,99	18,02
R	8,384	11,39	14,66	20,99	16,62	17,6	18,54	20,55	22,61	23,54	24,48	20,65
ct	4,129	5,609	7,222	2,09	1,69	1,78	1,88	2,083	2,29	2,39	2,482	2,034
ut	2,023	3,629	5,279	4,423	3,541	3,55	3,569	3,964	4,362	4,172	3,982	3,85
vt	3,763	6,75	9,819	7,472	5,983	6	6,03	6,697	7,37	7,048	6,728	5,505
wt	8,072	12,46	17,06	16,175	15,098	5,07	5,066	5,553	6,027	5,611	5,162	5,401
xt	0	1,707	2,222	2,222	2,222	2,22	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222
yt	0	0	3,517	3,517	3,517	3,52	3,517	3,517	3,517	3,517	3,517	3,517
zt	1	1	0,632	0,632	0,632	0,63	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632
P1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
P2	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
P3	1	1	1	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
P4	1	1	1	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
P5	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
P6	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
P7	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P9	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
P10	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
P11	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
P12	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
P13	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51	12,51
P14	1,1	1,1	1,1	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
P15	1,2	1,2	1,2	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
P16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
P17	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
P18	1,384	1,572	1,777	2,118	1,87	1,99	1,99	2,116	2,294	2,302	2,361	2,085
P19	1,683	2,017	2,381	2,988	2,547	2,65	2,76	2,984	3,212	3,315	3,42	2,928
P20	19,05	21,63	24,45	28,17	24,87	25,7	26,47	28,14	29,85	30,62	31,4	27,72
P21	19,05	21,67	24,53	28,22	24,89	25,7	26,49	28,17	29,9	30,65	31,41	27,72
P22	0,106	0,144	0,175	0,127	0,114	0,12	0,124	0,12	0,116	0,115	0,114	0,123
P23	0,106	0,144	0,174	0,127	0,114	0,12	0,123	0,119	0,116	0,115	0,114	0,122

Рис. 5.12. Скриншот реализации имитационной модели, описанной в параграфе 5.2.4, в Excel

– Сценарий 2: Отличается от сценария 1 тем, что отключены обратные связи, т.е. зависимости показателей $p_1, p_2, p_3, p_4, p_{14}, p_{15}$ от Z/Z .

– Сценарий 3: Отличается от сценария 1 тем, что изменено значение PL .

– Сценарий 4: Отличается от сценария 1 тем, что фактор f_1 (прибыль) имеет возрастающий тренд.

– Сценарий 5: Отличается от сценария 4 тем, что факторы f_4 (зарплата) и f_6 (экспорт) имеют возрастающие тренды.

В табл. 5.3, 5.4, 5.5 и 5.6 показаны колебания издержек завышения (F_1), издержек занижения (F_2), ожидаемого объема поставок (PL), ВВП' (r_6) и индекса производства (r_4) для сопоставляемых сценариев для начальных одиннадцати моментов времени. В табл. 5.3 сопоставляются 1-й и 2-й сценарии.

Так как в этих сценариях отсутствуют тренды у факторов f_1, \dots, f_9 , то колебания всех величин в табл. 5.3 следует рассматривать как валотильность. Из табл. 5.3 видно, что когда

Таблица 5.3

Изменение с течением времени показателей региона при 1-м и 2-м сценариях

Время, t	Издержки завышения, F_1		Издержки занижения, F_2		План, PL		ВВП', r_6		Индекс производства, r_4	
	Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1,7	0	0	0	13,76	12,51	21,63	16,34	1,57	1,31
2	2,22	1,67	0	0	13,76	12,51	24,45	18,69	1,78	1,49
3	2,22	2,18	3,52	0	13,3	12,51	28,22	21,25	2,12	1,7
4	2,22	2,18	3,52	3,42	13,3	12,51	24,92	19,29	1,87	1,54
5	2,22	2,18	3,52	3,72	13,3	12,51	25,72	17,43	1,93	1,39
6	2,22	3,02	3,52	3,72	13,3	12,51	26,52	17,88	1,99	1,43
7	2,22	3,77	3,52	3,72	13,3	12,51	28,19	18,33	2,12	1,47
8	2,22	4,42	3,52	3,72	13,3	12,51	29,91	19,27	2,25	1,54
9	2,22	4,55	3,52	3,72	13,3	12,51	30,69	20,24	2,31	1,62
10	2,22	4,55	3,52	4,71	13,3	12,51	31,47	20,68	2,37	1,65
11	2,22	4,55	3,52	5,73	13,3	12,51	27,78	21,12	2,09	1,69

учитывается влияние издержек (1-й сценарий), происходит быстрая стабилизация издержек завышения (F_1) на уровне 2,22, издержек занижения (F_2) на уровне 3,52 и намечаемый объем поставок на уровне 13,3. В отличие от этого при 2-м сценарии, который эквивалентен обычному имитационному моделированию (влияние издержек завышения и занижения не учитывается), потенциальный размер этих издержек неограниченно возрастает, а объем поставок стабильно удерживается на постоянном, но более низком уровне 12,51.

На рис. 5.13 по данным табл. 5.3 построены графики ВВП' для 1-го и 2-го сценариев, но с учетом расширенного временного интервала $t = 1, \dots, 20$. При сценарии 1 ВВП' в среднем выше, чем при сценарии 2 на 40%. Валотильность ВВП' (среднее квадратическое отклонение) при сценарии 1 составляет 2,94, а при 2-м – 1,33.

Основной вывод, который можно сделать из сравнения 1-го и 2-го сценариев состоит в том, что учет издержек или рисков завышения и занижения при моделировании экономических систем имеет принципиальное значение. Различия результатов

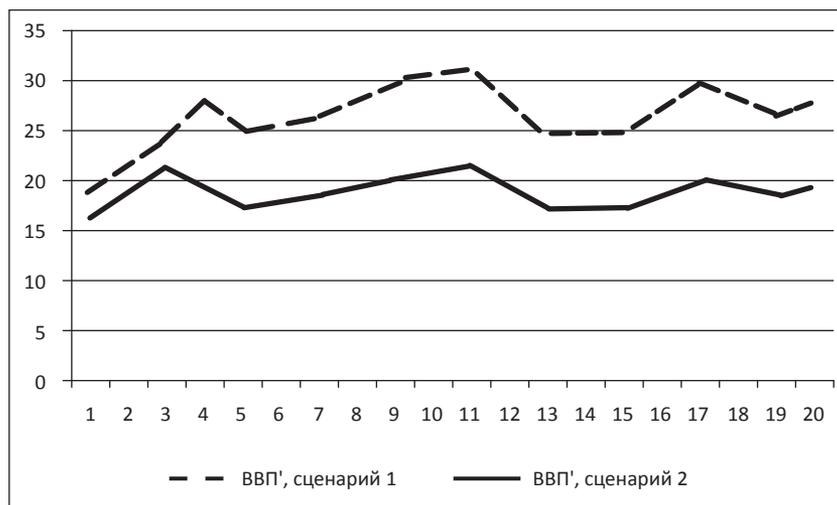


Рис. 5.13. Колебания ВВП' при учете влияния издержек (сценарий 1) и без учета (сценарий 2)

моделирования настолько существенны, что модели, которые не учитывают издержки и риски завышения и занижения, следует признать очень грубыми или вовсе неадекватными.

Обратимся теперь к 3-му сценарию, который отличается от 1-го тем, что изменено *PL*, т.е. планы (намерения) бизнеса по объемам производства. На бизнес (или других интересантов) может оказывать влияние правительство, масированная реклама, специально подобранная «доброжелателями» информация или дезинформация. Что будет, если «угovorить» бизнес увеличить совокупные объемы поставок на рынки региона с 12,51 млрд руб. до 13,51 млрд руб. При этом мы имеем ввиду не фактическое увеличение, а только намерение или планы увеличения. Ответ на этот вопрос дает 3-й сценарий. В табл. 5.4 приведены сопоставимые данные для 1-го и 3-го сценариев.

По данным табл. 5.4 на рис. 5.14 построено графическое изображение издержек завышения и занижения для 1-го и 3-го сценариев. Из рисунка наглядно видно, что с помощью

Таблица 5.4

**Изменение с течением времени показателей региона
(сценарии 1 и 3)**

Время, <i>t</i>	Издержки завышения, F_1		Издержки занижения, F_2		План, PL		ВВП, r_6		Индекс производства, r_4	
	Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий	
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
1	1,7	0	0	0	13,76	14,86	21,63	21,59	1,57	1,45
2	2,22	1,88	0	0	13,76	14,86	24,45	24,38	1,78	1,64
3	2,22	2,78	3,52	0	13,3	14,86	28,22	27,42	2,12	1,85
4	2,22	2,78	3,52	2,17	13,3	15,24	24,92	26,1	1,87	1,71
5	2,22	2,95	3,52	2,17	13,3	15,35	25,72	21,15	1,93	1,38
6	2,22	3,25	3,52	2,17	13,3	15,53	26,52	21,87	1,99	1,41
7	2,22	3,25	3,52	2,18	13,3	15,52	28,19	22,24	2,12	1,43
8	2,22	3,25	3,52	2,44	13,3	15,31	29,91	22,65	2,25	1,48
9	2,22	3,25	3,52	3,61	13,3	14,73	30,69	25,87	2,31	1,76
10	2,22	3,29	3,52	3,61	13,3	14,74	31,47	26,43	2,37	1,79
11	2,22	3,37	3,52	3,61	13,3	14,77	27,78	27,04	2,09	1,83

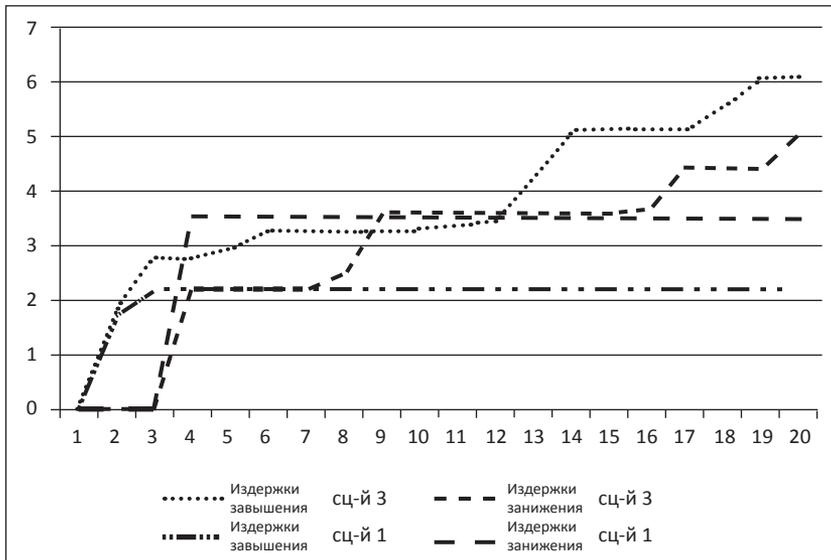


Рис. 5.14. При сценарии 1 риски стабилизируются, а при сценарии 3, связанном с намерением увеличить поставки, — неуклонно возрастают

одной только агитации можно легко поменять ситуацию в экономике: вместо стабилизации издержек (а, значит, и рисов), они начинают неуклонно возрастать. Большие значения издержек или рисков завышения и занижения, даже если они примерно равны между собой, означают, что цена любой ошибки неуклонно возрастает. При этом устойчивая позиция по планам поставок сменяется хаотическими метаниями в зависимости от того или иного сочетания факторов. Это наглядно видно на рис. 5.15. При этом среднее значение ВВП' в сценарии 3 составляет 26,621 млрд руб., в то время как при сценарии 1 среднее значение ВВП' 23,99 млрд руб., т.е. примерно на 11% больше. Это иллюстрирует рис. 5.16. Увеличивается также и СКО с 6,37 до 6,81.

Основной вывод, который можно сделать из сопоставления 1-го и 3-го сценариев, состоит в том, что учет издержек (или рисков) завышения и занижения открывает принципиальную возможность исследовать влияние намерений интересантов на процессы в экономике.

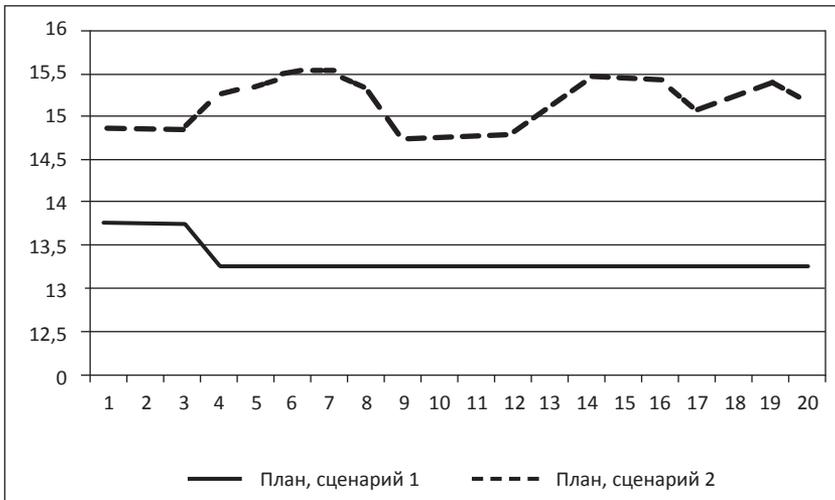


Рис. 5.15. Колебания намерений бизнеса (планов) в зависимости от колебаний факторов при учете издержек (сценарий 1) и без учета (сценарий 2)

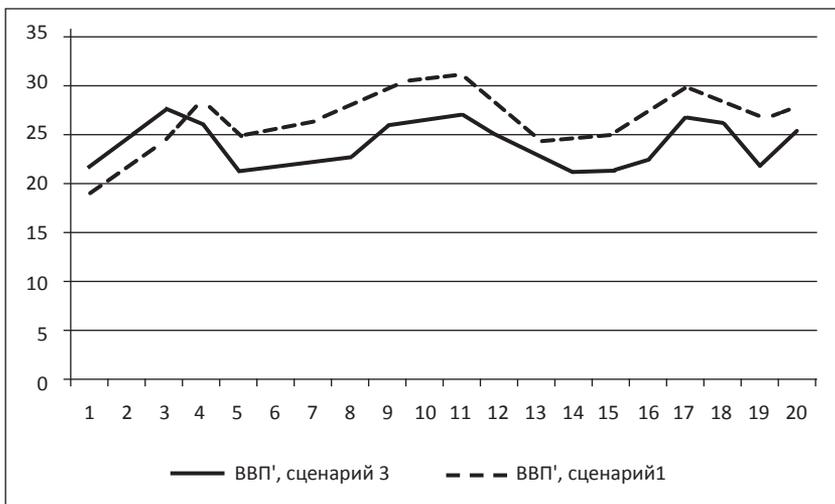


Рис. 5.16. Колебания ВВП' при учете влияния издержек (сценарий 1) и без учета (сценарий 3)

Намерения, даже если они кажутся умеренными, могут сильно, иногда кардинально, менять ситуацию. Другие экономико-математические методы не позволяют решать подобных задач.

Обратимся к 4-му и 5-му сценариям. Отличие 4-го сценария от 1-го только в том, что прибыль (фактор f_1) возрастает от минимального значения до достаточно значительного уровня. Сравнительные данные по результатам 4-го и 1-го сценариев представлены в табл. 5.5. Из данных табл. 5.5 видно, в 4-м сценарии издержки завышения и занижения пересекаются: в моменты 7 и 8 издержки завышения 4,37 млрд руб. больше издержек занижения (2,81 и 3,46 млрд руб.), а в 10-й и 11-й моменты, наоборот: издержки занижения возрастают до величины 6,44 млрд руб., а издержки завышения остаются на уровне 4,6 млрд руб. Эти колебания сами по себе не создают достаточных стимулов для изменения намерений и ВВП'. Вывод состоит в том, что тренд прибыли, в тех пределах которые нами рассматриваются в 4-м сценарии, мало существенен.

Таблица 5.5

**Изменение с течением времени показателей региона
при 1-ом и 4-ом сценариях**

Время, t	Издержки завышения, F_1		Издержки занижения, F_2		План, PL		ВВП', r_6		Индекс производства, r_4	
	Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий	
	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
1	1,7	0	0	0	13,76	13,76	21,63	18,68	1,57	1,36
2	2,22	1,79	0	0	13,76	13,76	24,45	21,27	1,78	1,55
3	2,22	2,53	3,52	0	13,3	13,76	28,22	24,09	2,12	1,75
4	2,22	2,53	3,52	2,81	13,3	13,64	24,92	21,67	1,87	1,59
5	2,22	2,58	3,52	2,81	13,3	13,66	25,72	19,73	1,93	1,44
6	2,22	3,55	3,52	2,81	13,3	14,09	26,52	21,28	1,99	1,51
7	2,22	4,37	3,52	2,81	13,3	14,46	28,19	19,57	2,12	1,35
8	2,22	4,37	3,52	3,46	13,3	14,09	29,91	22,88	2,25	1,62
9	2,22	4,6	3,52	3,46	13,3	14,17	30,69	20,58	2,31	1,45
10	2,22	4,6	3,52	6,44	13,3	13,4	31,47	29,72	2,37	2,22
11	2,22	4,6	3,52	6,44	13,3	13,4	27,78	30,5	2,09	2,28

Таблица 5.6

**Изменение с течением времени показателей региона
при 4-ом и 5-ом сценариях**

Время, t	Издержки завышения, F_1		Издержки занижения, F_2		План, PL		ВВП', r_6		Индекс про- изводства, r_4	
	Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий		Сценарий	
	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
1	0	0	0	0	13,76	13,76	12,93	18,68	0,94	1,36
2	0,56	1,79	0	0	13,76	13,76	13,62	21,27	0,99	1,55
3	1,31	2,53	0	0	13,76	13,76	14,37	24,09	1,04	1,75
4	2,11	2,53	0	2,81	13,76	13,64	15,01	21,67	1,09	1,59
5	3,09	2,58	0	2,81	13,76	13,66	15,61	19,73	1,13	1,44
6	4,24	3,55	0	2,81	13,76	14,09	15,97	21,28	1,16	1,51
7	5,46	4,37	0	2,81	13,76	14,46	16,32	19,57	1,19	1,35
8	6,73	4,37	0	3,46	13,76	14,09	17,13	22,88	1,24	1,62
9	7,99	4,6	0	3,46	13,76	14,17	17,96	20,58	1,31	1,45
10	9,15	4,6	0	6,44	13,76	13,4	18,68	29,72	1,36	2,22
11	10,37	4,6	0	6,44	13,76	13,4	19,39	30,5	1,41	2,28

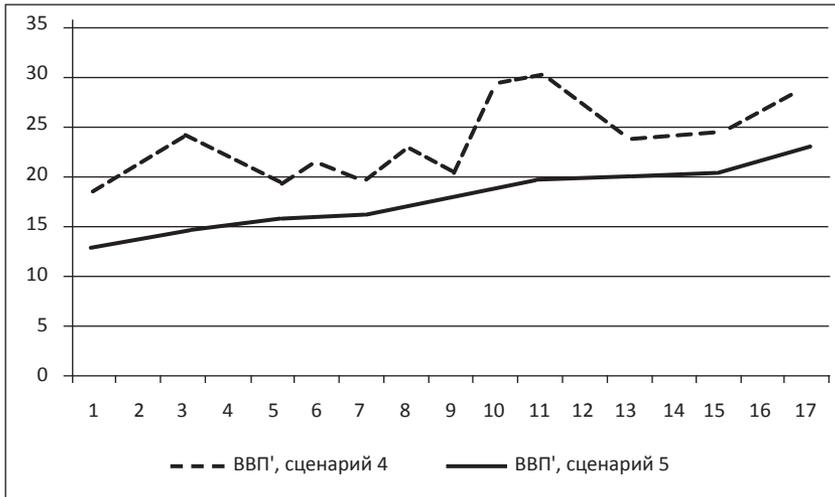


Рис. 5.17. Колебания ВВП' при учете возрастающего тренда зарплаты и экспорта (сценарий 5) и без учета (сценарий 4)

В 5-ом сценарии кроме возрастающего тренда прибыли имеется также возрастающий тренд роста зарплаты (фактор f_4) и экспорта (фактор f_6). Сравнительные данные по результатам 4-го и 5-го сценариев представлены в табл. 5.6.

При 5-ом сценарии издержки занижения обнуляются, что стимулирует снижение планов и ВВП'. При этом происходит стабилизация ВВП', что наглядно иллюстрирует рис. 5.17.

Наиболее очевидные направления расширения функциональности системы состоят в том, чтобы учесть финансовый сектор экономики и разработать диалоговые процедуры для диагностики следующих проблем:

- монополизация;
- диспропорции при перетоке капитала;
- нарушение равенства среднего уровня доходности с учетом риска;
- рост валотильности и тенденция к «разносу»;
- обслуживание бизнесом не всех категорий покупателей;
- проблемы, порождаемые законами микроэкономики;
- проблемы, порождаемые законами макроэкономики и др.

Выполнение экспериментальных исследований позволит выявить возможности модели и надежность диагностирования. При этом должны быть разработаны рекомендации по ведению диалога для максимального извлечения полезной информации. В частности, возможно выявление оптимального поведения интересантов, при котором уравниваются риски завышения и занижения, и исследование последствий оптимального поведения.

5.3. Государственное регулирование товарных рынков сельскохозяйственной продукции

В данном параграфе мы рассмотрим Эволюционно-симулятивную модель рынка сельхозпродукции на примере рынка зерна. Эта модель достаточно полно и детально учитывает меры государственного регулирования рынка и может стать основой для создания ИС принятия решений по государственному регулированию рынков. Основное внимание мы

уделяем вопросам учета в рамках модели разнообразных мер государственного регулирования, а также проверке модели в вычислительных экспериментах.

5.3.1. Требования к ИС и допущения при моделировании

ИС должна:

1. Настраиваться для управления различными товарными рынками (зерна, мяса, молока, сахара, овощей или масличных культур) с разными уровнями конкурентности: конкурентного, олигополистического, монополистического.

2. Позволять прогнозировать реакцию производителя на меры государственного регулирования (таможенного, нетарифного, налогового, ценового, антимонопольного, а также путем: субсидий, субвенций закупочных и товарных интервенций) и на изменение основных внешних (погода, политическая ситуация, чрезвычайные ситуации) факторов.

3. Отображать основные механизмы формирования рыночного равновесия, в частности, равновесие спроса и предложения, равновесие рисков хозяйствующих субъектов, влияние монополизации, законодательства и др.

При разработке ЭСМ мы исходим из того, что рынки сельскохозяйственной продукции мы рассматриваем как конкурентные, считая, что отдельный продавец или покупатель не имеет возможности влиять на ценообразование¹.

В этих условиях цены определяются в результате установления равновесия между спросом и предложением. Продукты, произведенные внутри страны разными производителями и завезенные по импорту, считаем свободно замещаемыми, как и продавцами, так и покупателями. Иначе говоря, потребители и импортеры не проводят различия между товарами в зависимости от производителя или страны происхождения.

Несельскохозяйственная продукция не моделируется и рассматривается как экзогенный показатель.

¹ Сиптиц С.О. Проектирование эффективных механизмов государственного регулирования аграрных рынков методами математического моделирования. – М.: ВИАПИ, 2004.

Объемы экспорта и импорта:

– задаются экзогенно в том случае, если они определяются квотами;

– объемы внешней торговли определяются эндогенно, но с учетом субсидированного экспорта, если таковой имеется;

– внешняя торговля определяется как остаток при использовании внутреннего предложения.

Переменные по определенному продукту охватывают все сорта. Например, переменные по пшенице охватывает все виды этой культуры, включая твердые сорта.

Экономика предполагается открытой, у которой значительная доля товаров и услуг продается и покупается на открытом рынке.

Предполагается наличие субституции¹. В частности, возможность для потребителя заменить данный товар некоторым другим в ситуации, когда повышается его цена².

5.3.2. Структурные составляющие модели и ее функциональные возможности

Обратимся к формулировке ЭСМ в варианте (2.4) – (2.8), (2.11), (2.12). Векторы \bar{f} и \bar{p} составляют исходную информацию; величины PL , Z/Z , P^0 , вектор расчетных показателей r_k , $k = 1, \dots, K$ и их прямые и обратные функциональные зависимости – выходную (результатирующую) информацию.

Входящим в модель величинам придается следующий содержательный смысл:

¹ Субститут – товар, спрос на который меняется в противоположном направлении со спросом на некий другой товар, цена которого изменилась. Например, если цена хлеба растет, приводя к падению спроса на него, а в то же самое время растет спрос на макароны, о последних говорят как о товаре – заместителе хлеба. Оксфордский толковый бизнес-словарь. – М.: Прогресс-академия, 1995.

² Ивлева Е.В. Моделирование рынков товаров, связанных отношением несовершенной субституции, на примере российского рынка мяса. Магистерская диссертация. – М.: ВШЭ, 2003; Карлова Н.А. Влияние внутренней и внешней экономической политики на агропродовольственный сектор России. Автореферат дисс. – М.: Институт экономики переходного периода, 2005.

Fa_1 – спрос;

Fa_2 – предложение;

$\Psi_1(PL, Fa_1)$ – риск завышения, является риском производителя не реализовать намеченный (плановый) объем по намеченной (планируемой) цене.

$\Psi_2(PL, Fa_2)$ – риск занижения может иметь различный смысл: при моделировании поведения производителя – это риск производителя установить план PL меньше своих производственных возможностей и в результате упустить прибыль; при моделировании игры производителя и потребителя – это риск потребителя не получить товар в объеме Fa_2 , а получить его в меньшем объеме PL и необходимость заменить недостающий объем более дорогостоящим товаром.

Имитационная модель спроса: ρ_1

Спрос:

t – время;

i – категория покупателей;

I – количество категорий покупателей;

A_i – количество покупателей категории i ;

B_i – доход покупателя категории i ;

C_i – доля дохода покупателя категории i , затрачиваемая на данный товар;

Gz – государственные закупки;

Ex – экспорт;

d – доля рынка, которую занимает производитель;

Pi – внутренняя цена или цена производителя;

Po – внешняя цена, или средняя рыночная цена, или цена заменяющего товара;

$B_i(0)$ – доход покупателя категории i в базовом году.

$$B_i(t + 1) = B_i(t) * g^i, \quad (5.11)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{If } d = 1 \text{ then} \\ \quad X=Po: Y=Pi \\ \text{Else} \\ \quad X=Pi: Y=PiR \\ \text{End if} \end{array} \right\} \quad (5.12)$$

$P_i R$ – собственная цена конкретной категории производителей;

g – темп роста реальных доходов;

If $P_i < C_m$ Then $P_i = C_m$

C_m – минимальная закупочная цена;

$$Fa_1 = \left(\sum_{i=1}^I A_i * B_i * C_i + Gz - Ex \right) * d * \left(\frac{X}{Y} \right) * (1 + NaID), \quad (5.13)$$

$$Fa_1 = Fa_1/Y - \text{спрос в натуральных единицах.} \quad (5.14)$$

Имитационная модель предложения: ρ_2

Модель предложения базируется на построении производственной функции¹, которая дает общий вид зависимости предложения от основных факторов производства. «Факторы производства: ресурсы, необходимые для производства народнохозяйственных товаров. Это земля (включая все природные ресурсы), труд (включая всю работу и способности людей), капитал (включая все деньги, активы, оборудование, сырье и т.д.) и предпринимательские способности (включая умение организовывать и управлять, а также изобретательность, готовность рисковать). Каждый из этих факторов имеет цену, а именно: арендная плата за землю,

¹ Производственная функция – функция, позволяющая определить максимально возможный объем выпуска продукции при различных сочетаниях и количествах ресурсов. Производственная функция Кобба–Дугласа связывает выпуск Y с величиной производственных фондов (капитала) K и затратами живого труда L в виде произведения степеней: $Y = qK^\alpha L^{1-\alpha}$. Функция Кобба–Дугласа подверглась обобщению в различных аспектах. Отображение эффекта масштаба производства и влияния технического прогресса. С этой целью были применены модификации указанной производственной функции: сумма показателей степеней необязательно равна единице; вводится особый множитель технического прогресса в виде функции реального времени t , обычно – в форме e^{vt} (e – основание натуральных логарифмов, v – константа, характеризующая темп развития). В результате получается динамическая (точнее – кинематическая) производственная функция следующего вида: $P = qL^\alpha K^\beta e^{vt}$. Математика и кибернетика в экономике. – М.: Экономика, 1975. – С. 456.

заработная плата за труд, процент за капитал, прибыль за предпринимательство».¹

$$K = k_1 + k_2 + k_3 + (k_4 + Gz - Ti), \quad (5.15)$$

где k_1 – основной капитал (основные фонды);

k_2 – ТЭР;

k_3 – оборотный капитал (товарная наличность + наличность + дебиторская задолженность);

k_4 – запасы;

$$Pd = qL^\alpha K^\beta e^{\nu t} - \text{объем производства}; \quad (5.16)$$

q – параметр настройки;

L – труд;

α – параметр настройки;

K – капитал;

β – параметр настройки;

e – основание натурального логарифма;

ν – темп развития;

If d=1 then

$$X=Po: Y=Pi$$

Else

$$X=Pi: Y=PiR$$

End if

где Im – импорт;

Ti – товарная интервенция;

$$Im = CIm - Tax^z, \quad (5.17)$$

где CIm – цена внешнеторговой сделки;

Tax – пошлина;

z – параметр настройки;

$$\textit{If } Pi < Cm \textit{ Then } Pi = Cm \quad (5.18)$$

Cm – минимальная закупочная цена;

z, z_1 – параметры настройки;

$$Fa_2 = (Pd + Im + Ti - Ex + Ch \times z_1) * d * \left(\frac{X}{Y}\right) - \text{предложение}; \quad (5.19)$$

$$Fa_2 = Fa_2 / Y - \text{предложение в натуральных единицах}. \quad (5.20)$$

¹ Оксфордский толковый бизнес-словарь. – М.: Прогресс-академия, 1995.

Имитационная модель издержек завышения: ρ_3

$$L = L * PL / PL_b : kl = (k_1 + k_2 + k_3) * PL / PL_b \quad (5.21)$$

$$L_v = L * (1 + NalW) + k_1 * (Ao + NalOF)$$

$$S = \frac{L_v + (k_2 + k_3 + k_4) * (1 + NalO) + Nal}{PL} \quad (5.22)$$

$$S = S + (Y - S) * NalP + \frac{((Y - S) * PL + L) * NalNDS}{PL} \quad \text{— себе-}$$

стоимость с учетом налогов;

Ao – ставка амортизационных отчислений;

Nal – налоговая нагрузка;

Ch – чувствительность производителя к риску;

$NalOF$ – ставка налога на основные фонды;

$NalO$ – ставка налога на оборотные средства;

$NalW$ – ставка налога на зарплату (или доходы);

$NalNDS$ – ставка НДС;

$NalP$ – налог на прибыль;

$NalD$ – налог на потребителей (акцизы и др.).

$$F_1 = S * kv * (PL - Fa_1) * \left(\frac{NalD}{NalD - b} \right) \quad (5.23)$$

$$\Psi_1(PL, Fa_1) = F_1 * \left(\frac{Tax - b}{Tax} \right) * \left(\frac{Ch}{Ch - b} \right) * \left(\frac{Ex - b}{Ex} \right) *$$

$$* \left(\frac{Im}{Im - b} \right) * \left(\frac{Gz - b}{Gz} \right) * \left(\frac{Ti}{Ti - b} \right) \quad \text{— издержки от превыше-} \quad (5.24)$$

нием планом спроса;

kv – доля потерь при хранении невостребованного товара.

Имитационная модель издержек занижения: ρ_4

Поведение производителя:

If $d = 1$ *then*

$X = Po$: $Y = Pi - Po$ – внешняя цена, Pi – внутренняя цена;

Else

$X = Pi$: $Y = PiR - PiR$ – цена у конкурентов;

End if

$\Psi_2(PL.Fa_2) = (Y - S)*(Fa_2 - PL)*kr$, – недоиспользование мощностей.

Игра производителя и потребителя:

$$kr = \left(\frac{Tax}{Tax - b}\right) * \left(\frac{Ch - b}{Ch}\right) * \left(\frac{Ex}{Ex - b}\right) * \left(\frac{Im - b}{Im}\right) * \left(\frac{Gz}{Gz - b}\right) * \left(\frac{Ti - b}{Ti}\right) \quad (5.25)$$

$$kr = kr * \left(\frac{NalD - b}{NalD}\right)$$

If $d=100$ then

$X = Po$: $Y = Pi$

Else

$$X = Pi$$

$$Y = PiR \quad (5.26)$$

End if

$\Psi_2(PL.Fa_2) = (X - Y)*(Fa_2 - PL)$ – потери потребителя.

Расчетные показатели: $\rho_{4k}, k = 1, \dots, 5$

$$r_1 = PL * S + Im - \text{емкость рынка} = \text{производство} = \text{потребление}; \quad (5.27)$$

$r_2 = (Y - S) * PL$ – прибыль производителя;

$r_3 = Y * PL$ – доход производителя;

$$r_4 = L * NalW + k_1 * (Ao + NalOF) +$$

$$+ (k_2 + k_3 + k_4) * NalO + Nal + PL * NalD$$

$$r_4 = r_4 + Im * Tax + Ex * Ch + (Y - S) * PL * NalP + ((Y - S) * PL + L) * NalNDS \quad (5.28)$$

– поступления в бюджет;

$$r_5 = PL/r_4 - \text{объем производства на единицу затрат из бюджета.} \quad (5.29)$$

К алгоритмам необходимы следующие пояснения:

(5.11) – Рост дохода (B) в период $t + 1$ сравнительно с t , g – темп роста реальных доходов.

(5.12) – Если производитель является чистым монополистом ($d = 100$), то $X = Po$ – внешняя цена, $Y = Pi$ –

внутренняя цена. Если же имеется конкуренция ($d < 100$), $X = Pi$ – цена на внутреннем рынке, $Y = Pir$ – собственная цена производителя (см. (5.30)).

- (5.13) – Спрос на внутреннем рынке складывается из спроса основных потребителей $\left(\sum_{i=1}^I A_i * B_i * C_i\right)$ и государственных закупок (Gz), d определяет долю рынка, которую занимает производитель. Отношение $\left(\frac{X}{Y}\right)$ корректирует объем спроса в соответствии с соотношением цен. При этом, если производитель является чистым монополистом ($d = 100$), то $\left(\frac{X}{Y}\right) = \left(\frac{Po}{Pi}\right) = \left(\frac{\text{Внешняя цена}}{\text{Внутренняя цена}}\right)$. Если же ($d < 100$) то $\left(\frac{X}{Y}\right) = \left(\frac{Pi}{PiR}\right) = \left(\frac{\text{Внутренняя цена}}{\text{Собственная цена}}\right)$. Налог на потребление (NalD) уменьшает спрос.
- (5.14) – Преобразование спроса в денежном выражении в спрос в натуральном выражении.
- (5.15) – Капитал, вложенный в производство, складывается из основного капитала (k_1), вложений в ТЭР (k_2), оборотного капитала (k_3), вложений в запасы (k_4). Государственные закупки (Gz) увеличивают запас, а товарные инвестиции (Ti) его уменьшают.
- (5.16) – Объем производства (Pd) выражается производственной функцией, где L – трудозатраты, K – капитал, e – основание натурального алгоритма, q – уровень производства на единицу затрат; α – эластичность труда; β – эластичность капитала; ν – темп развития; t – время;
- (5.17) – Импорт выражается стоимостью (ожидаемой) сделки (Clm), уменьшенной из-за ввозной пошлины (Tax).
- (5.18) – Ограничение на размер закупочной цены.
- (5.19) – Предложение на внутреннем рынке складывается из объема производства (Pd), импорта (Im) и товарных интервенций (Ti). Объем предложения (производства) уменьшается за счет части товара, продаваемо-

- го на экспорт (Ex). Экспортная пошлина (Ch) снижает размер экспорта (z_1).
- (5.20) – Преобразование предложения в денежном выражении в предложение в натуральном выражении.
- (5.21) – Трудозатраты и оборотный капитал увеличиваются или уменьшаются в соответствии с соотношением объемов производства (PL – емкость рынка = объем производства = спрос) в базовый период (PL_b) и в плановый период (PL).
- (5.22) – Удельные затраты (себестоимость) (S) определяются как отношение совокупных затрат (числитель) к объему товара, поставленного на рынок. Совокупные затраты складываются из трудозатрат (L), увеличенных на размер налога на зарплату ($NalW$), амортизационных отчислений (Ao) и налогов на основные фонды ($NalOF$), начисляемых на основной капитал (k_1), оборотного капитала, затрат на ТЭР и на формирование и содержание запасов, увеличенное на величину налогов на переменный капитал ($NalO$), а также прочих налоговых отчислений (Nal). Удельные затраты увеличиваются, кроме того, на величину налога на прибыль $((Y - S) * NalP)$ и на величину НДС $\frac{((Y - S) * PL + L) * NalNDS}{PL}$, где $(Y - S) * PL$ – масса прибыли, $(Y - S) * PL + L$ – добавленная стоимость, $NalNDS$ – ставка НДС). Затраты производителя уменьшаются пропорционально занимаемой им доле на рынке.
- (5.23) – Издержки завышения для производителей выражаются долей (kv) удельных затрат (S) на невостребованную продукцию ($PL - Fa_1$). Увеличение налога на потребление $NalD$ сравнительно с базовым уровнем $NalD_b$ субъективно увеличивает риск завышения для производителя.
- (5.24) – Увеличение импортной пошлины (Tax) относительно базового уровня увеличивает, а увеличение экспортной пошлины (Ch) относительно базового уровня уменьшает риск завышения. Увеличение

экспорта (Ex) снижает, а увеличение импорта (Im) увеличивает риск завышения. Государственные закупки (Gz) снижают, а товарные интервенции (Ti) – увеличивают риск завышения.

- (5.25) – Изменение пошлин, экспорта, импорта, госзакупок и интервенций, а также налогов на потребление относительно базового уровня влияют на риск занижения обратным образом в сравнении с риском завышения (см. (5.23) и (5.24)).
- (5.26) – Если $OI = 0$ (поведение производителя) и производитель является полным монополистом ($d = 100$) издержки занижения производителя составляют $(Y - S) * (Fa_2 - PL) = (Pi - S) * (Fa_2 - PL)$ и выражают упущенную прибыль на внутреннем рынке. Если производитель не является полным монополистом ($d < 100$), то он может иметь собственную цену PiR , отличную от цены на внутреннем рынке Pi , и его издержки в этом случае также выражают упущенную прибыль и равны $(Y - S) * (Fa_2 - PL) = (PiR - S) * (Fa_2 - PL)$. Если же $OI = 1$ (игра производителя и покупателя) и производитель является полным монополистом ($d = 100$) то издержки покупателя $(X - Y) * (Fa_2 - PL) = (Po - Pi) * (Fa_2 - PL)$ выражаются в необходимости покупать более дорогой товар на внешнем рынке ($Po > Pi$). Если при этом ($d < 100$), то издержки покупателя $(X - Y) * (Fa_2 - PL) = (Pi - PiR) * (Fa_2 - PL)$ выражаются в необходимости покупать товар на внутреннем рынке по цене Pi , которая больше, чем собственная цена данного производителя PiR . Если $d < 100$, то должно выполняться условие $Pi > PiR$. Если $d = 100$, то должно выполняться условие $Po > Pi$.
- (5.27) – Совокупные затраты, включая затраты на импорт.
- (5.28) – Налоговые отчисления в бюджет (налог на зарплату ($L * NalW$), амортизационные отчисления и налог на основные фонды ($(k1 * (Ao + NalOF))$), налог на оборотный капитал ($(k2 + k3 + k4) * NalO$), прочие поступления в бюджет (Nal), налог на потребление

$(PL * NalD)$, импортные пошлины $(Im * Tax)$, экспортные пошлины $(Ex * Ch)$, налог на прибыль $((Y - S) * PL * NalP)$, НДС $((Y - S) * PL + L) * NalNDS$.

(5.29) – Производство на единицу затрат.

5.3.3. Вычислительные эксперименты

Рассмотренная модель товарных рынков сельскохозяйственной продукции реализована в Equilibrium и с ее помощью выполнено достаточно много вычислительных экспериментов, которые в целом показали адекватность модели. Для иллюстрации мы приведем несколько примеров.

Для исследования состояния рынка необходимо при заданных исходных данных выполнить диалоговую процедуру:

Расчет → Прямой/Обратный → Прямой расчет ...

Для исследования влияния той или иной отдельно взятой меры госрегулирования при прочих равных условиях необходимо построить зависимости результирующих показателей: PL , «Завышение/Занижение», «Надежность», r_1, \dots, r_5 от соответствующего параметра: $Tax, Im, Ex, Gz, Ti, Nal, Ao, Cm, d, k1, k2, k3, k4, z$. Для этого следует выполнить диалоговую процедуру:

Расчет → Зависимости → ... → Прямой расчет ...

Для исследования сценария необходимо определить содержание сценария, т.е. изменение ситуации и ответные меры госрегулирования. Сценарий может иметь один, два или более шагов. На каждом шаге вводятся изменения входной информации и выполняются исследования влияния отдельно взятых мер государственного регулирования. Изменения исходных данных на последующем этапе могут учитывать результаты расчетов на предыдущих этапах.

Примеры вычислительных экспериментов показаны в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Вычислительные эксперименты

Диалоговая процедура	Результаты
Влияние ввозной пошлины на макроэкономические показатели рынка зерна (поведение производителя) <i>Расчет</i> → <i>Зависимости</i> → <i>Фактор или показатель</i> → <i>Ввозная пошлина</i> → <i>Оптимум (П)</i>	С ростом ввозной пошлины емкость рынка закономерно возрастает (т.к. защищается отечественного товаропроизводителя), затем возрастание становится медленнее.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Зав/Зан(П)</i>	Быстрое и сильное изменение показателя от 100 (рынок неустойчив по активности производителя) до 0 (рынок неустойчив по активности потребителя).
<i>Ввозная пошлина</i> = 11 → <i>Расчет</i> → <i>Прямой/Обратный</i> → <i>Прямой расчет Зав/Зан(П)</i> = 100	Неустойчивость по активности производителя. Риски не пересекаются — чем меньше производство, тем лучше (импорт забивает внутреннего производителя)
<i>Ввозная пошлина</i> = 43 → <i>Расчет</i> → <i>Прямой/Обратный</i> → <i>Прямой расчет Зав/Зан(П)</i> = 0,07	Неустойчивость по активности потребителя. По-видимому оптимальная ввозная пошлина около 13%.
<i>Расчет</i> → <i>Зависимости</i> → <i>Фактор или показатель</i> → <i>Ввозная пошлина</i> → <i>Минимальное значение</i> = 13 → <i>Максимальное значение</i> = 17 → <i>Количество точек</i> = 25 → <i>Зав/Зан(П)</i>	Малейшее уменьшение ставки ниже 13 приводит к скачкообразному росту показателя Зав/Зан(П). Для исследования влияния ввозной пошлины на другие показатели выполним расчет:
<i>Ввозная пошлина</i> = 23 → <i>Расчет</i> → <i>Зависимости</i> → <i>Фактор или показатель</i> → <i>Ввозная пошлина</i> → <i>Оптимум (П)</i> ; <i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Надежность(П)</i>	Надежность незначительно падает.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Затраты</i>	Затраты растут так же, как и емкость рынка, но абсолютные значения незначительны.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Прибыль</i>	Прибыль растет так же, как и емкость рынка, но абсолютные значения существенны.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Доход</i>	Доходы растут почти так же, как и прибыль.

Диалоговая процедура	Результаты
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Поступления в бюджет</i>	Поступления в бюджет растут вместе с доходами.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Объем производства на единицу затрат</i>	Объем производства на единицу падает пренебрежимо мало.
НЕТАРИФНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ЗЕРНОВОГО РЫНКА С ПОМОЩЬЮ ТАМОЖЕННЫХ ВВОЗНЫХ И ЭКСПОРТНЫХ ПОШЛИН. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕТОРГОВОЙ ИМПОРТНОЙ СДЕЛКИ НА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫНКА ЗЕРНА (ПОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ)	
<i>Цена внешнеторговой сделки (импорт), min = 3</i> → <i>Базовый объем импорта = 5</i> → <i>Расчет</i> → <i>Зависимости</i> → <i>Фактор или показатель</i> → <i>Цена внешнеторговой сделки (импорт), max</i> → <i>Минимум = 6,5</i> → <i>Максимум = 17</i> → <i>Оптимум (П)</i>	С ростом импорта емкость рынка возрастает за счет объема поставок. При этом возрастание сильно зашумлено. Вместе с тем при этом увеличивается риск завышения и уменьшается риск занижения, т.е. снижается стимул для производства. В целом объем падает.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Зав/Зан(П)</i>	Показатель равномерно возрастает
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Надежность(П)</i>	Показатель равномерно возрастает.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Затраты</i>	Показатель равномерно падает. Все остальные показатели падают, а объем производства на единицу затрат возрастает.
Влияние экспорта на макроэкономические показатели	Показатель равномерно возрастает (поведение производителя)
<i>Расчет</i> → <i>Зависимости</i> → <i>Фактор или показатель</i> → <i>Цена внешнеторговой сделки (импорт), max</i> → <i>Минимум = 0,15</i> → <i>Максимум = 11</i> → <i>Количество точек = 25</i> → <i>Оптимум (П)</i>	Емкость рынка сначала возрастает быстро, затем медленно. (При этом, если не учитывать изменения рисков, то емкость падает).
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Зав/Зан(П)</i>	Показатель вначале быстро, а затем медленно падает.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Надежность(П)</i>	Надежность на небольшом отрезке падает, а затем колеблется в пределах погрешности.
<i>Сервис</i> → <i>Тренд</i> → <i>Затраты(П)</i>	Затраты вначале быстро возрастают, а затем колеблются в пределах погрешности. Прибыль, доход и поступления в бюджет – подобные кризисы. Объем производства на единицу – падает.

Продолжение табл. 5.7

Диалоговая процедура	Результаты
<p>Экспорт = 50 → Базовый объем экспорта = 50 → Влияние пошлины на экспорт = 53 → Расчет → За- висимости → Фактор или показатель → Экспорт → За- Минимальное значение = 25 → Максимальное значе- ние=75 → Количество точек =25 → Оптимум (П)</p> <p>Сервис → Тренд → Зав/Зан(П)</p>	<p>Оптимум достигает максимума примерно при 43.</p> <p>Показатель падает. Надежность – подвержена большим колебаниям, но имеет минимум. Затраты – имеют явно выраженный максимум. Прибыль – кривая подобна затратам. Доход производителя – кривая подобна затратам. Поступления в бюджет возрастают. Объем производства на единицу затрат линейно падает.</p>
<p>ЗАКУПОЧНЫЕ ИНТЕРВЕНЦИИ. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАКАЗ (ИГРА ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ)</p> <p>Экспорт = 50 → Базовый объем экспорта = 50 → Влияние пошлины на экспорт = 53 → Расчет → Зависимости → Фактор или показатель → Государственные закупки, тах → Минимальное значение = 150 → Максимальное значение=350 →Количество точек =25 → Оптимум (П)</p>	<p>ПРОИЗВОДИТЕЛЯ</p> <p>Емкость почти линейно возрастает. Зав/Зан(П) – медленно падает. Надежность – возрастает. Затраты – возрастают. Прибыль – кривая подобна затратам. Доход производителя – кривая подобна затратам. Поступления в бюджет – возрастают. Объем производства на единицу затрат – возрастает. При отсутствии влияния рисков: емкость линейно возрастает. При учете только рисков: емкость тоже линейно возрастает.</p>
<p>ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАКАЗ (ПОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ)</p> <p>О1 = 0 → Расчет → Зависимости → Фактор или показатель → Государственные закупки, тах → Ми- нимальное значение = 150 → Максимальное значе- ние=350 →Количество точек =25 → Оптимум (П)</p>	<p>ПОТРЕБИТЕЛЯ</p> <p>Все те же закономерности, что и при игре покупателя и потребителя.</p>
<p>ТОВАРНЫЕ ИНТЕРВЕНЦИИ</p> <p>Товарная интервенция = 50 → Базовый размер товарной интервенции = 50 → Расчет → Зави- симости → Фактор или показатель → Товарная интервенция → Минимум = 25 → Максимум = 75 → Оптимум (П)</p>	<p>Емкость падает (вследствие изменения соотношения рисков) – возрастает. Зав/Зан(П) – возрастает. Надежность – возрастает. Затраты – падают. Прибыль – падает. Доход производителя – падает. Поступления в бюджет – падают. Объем производства на единицу затрат – падает. При отсутствии влияния рисков: емкость линейно возрастает. При учете только рисков: емкость тоже линейно возрастает.</p>

Глава 6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

В данной главе мы рассматриваем ИТ, основанные на теории РСП и нацеленные на создание ИС в экономике. При этом мы ограничиваемся научно-методическими вопросами. Чтобы создать реальную ИС необходимо пройти путь от научного исследования до бизнес-проекта и практической реализации. Это дело органов государственного управления и инновационного бизнеса. Теория РСП открывает для этого очень заманчивые перспективы. Она способна зажечь и увлечь так, как она зажигает и увлекает авторов этой книги.

Масштаб инновационных проектов может быть от минимального, ориентированного на конкретного, может быть единственного в своем роде пользователя, скажем, небольшую фирму, и вплоть до отраслевых, региональных или федеральных программ. Например, фирму могут заинтересовать информационные технологии маркетингового планирования, производственного планирования или нормирования. Государственные органы могут быть заинтересованы в управлении потоками капитала, подключении рыночного механизма, бюджетировании комплексных программ. Те и другие задачи в разных наборах могут заинтересовать компании, специализирующиеся на аналитических исследованиях, прогнозировании, оказании консультативных услуг. Большие возможности имеются в области создания учебных интерактивных программ и обучающих игр. Все эти вопросы с большей или меньшей полнотой мы обсуждаем в данной главе.

Задумывая бизнес-проект, нужно проявить творческий подход. Идеи, которые мы упоминаем в данной главе, ни в коем случае не следует рассматривать как исчерпывающий

перечень. Дело не только в том, что высказанные идеи могут быть дополнены новыми. Каждая рассматриваемая в данном параграфе идея в процессе ее реализации может быть в той или иной степени модифицирована, дополнена и превращена в собственную идею инициатора проекта. Например, модель предоставления скидок промоутерам (см. § 6.1.2) или модели нормирования запасов (§ 1.2.2 и § 1.2.3 в [4]) реализованы в модуле Equilibrium инструментальной системы Decision и демонстрируют не только принципиальную возможность расчета скидки и норм запасов в интерактивном режиме, но также большую гибкость, адапционность и эффективность предлагаемых подходов. Вместе с тем, если кто-то возьмется за создание конкретной информационной системы, например, системы нормирования запасов в конкретной компании, то инициатору этого проекта необходимо будет учесть все особенности этой самой компании: технологию и организацию производства, специфику складирования, особенности доставки, систему экономических отношений внутри компании и др. С учетом всего этого модель нормирования должна быть модифицирована. Затем, при программной реализации модели, необходимо будет учесть способы сбора данных, обмена информацией с уже действующими в компании базами данных, выбрать подходящие варианты визуализации информации. В результате возникнет авторский продукт инициатора бизнес-проекта.

Говоря о возможностях, нужно, наверное, хотя бы пару слов сказать и о трудностях. Без трудностей не обходится ни одно доброе дело. Один великий древний мусульманский мудрец сказал: легкий путь только тот, что ведет в ад. Создание ИС относится к сфере инновационного бизнеса и, одновременно, рисковому бизнесу. Вероятность успешно завершить инновационное начинание меньше, чем у обычного бизнес-начинания. Зато успех хотя бы одного инновационного проекта может многократно перекрыть все расходы, включая неудачи. Кроме того, в рисковом бизнесе присутствует огромное число откровенно авантюрных начинаний, которые неожиданно находят избыточное финансирование. Это наблюдается наряду с тем, что реально интересные идеи не

находят поддержки, даже если их инициаторы имеют непре-рекаемый авторитет и раскрученный бренд. Приведем только один, но очень яркий пример. Анатолия Сагалевича называют подводным Гагариным. Он провел триста часов в глубине океана у обломков знаменитого «Титаника». Его фраза «Любовь – это полет», сказанная другу, режиссеру Джеймсу Кэмерону, определила сюжет оscarоносного фильма. Ему принадлежит немислимое количество подводных рекордов. Он стал первопроходцем, который установил российский флаг на Северном полюсе. Спустившись к обломкам подводной лодки «Курск» после страшной трагедии, он нашел доказательства того, что катастрофа случилась не из-за столкновения. Анатолий Сагалевич ученый-океанолог, Герой Российской Федерации, единственный российский гидронавт, удостоенный премии «Подводный «Оскар». При всем этом в передаче «Наедине со всеми» от 11.06.2014 он признался, что не может получить финансирование на осуществление уникального кругосветного плавания в размере, равном стоимости одного футболиста¹.

Более мы не будем касаться финансовых или организационных проблем, а будем обсуждать научные заделы, имеющиеся для инновационных бизнес-проектов.

6.1. Диверсификация производства, предоставление скидок промоутерам, инвестиционный потенциал региона

6.1.1. Диверсификация производства

Диверсификация производства, как правило, преследует несколько целей: расширить ассортимент продукции, изменить вид продукции, повысить эффективность производства, получить экономическую выгоду, предотвратить банкротство.

В отрасли информатизации и связи в области инноваций, а также при управлении деятельностью технопарков

¹ <http://www.1tv.ru/prj/inprivate/vypusk/31991>

диверсификация в значительной степени становится сферой государственного регулирования, так как совпадает с распределением государственных инвестиций, дотаций и грантов в производство тех или иных товаров и услуг.

Диверсификацию принято делить на 2 типа: связанную и несвязанную. Связанная диверсификация представляет собой новую область деятельности компании, связанную с существующими областями бизнеса (например, в производстве, маркетинге, материальном снабжении или технологии). Несвязанная диверсификация – это новая область деятельности, не имеющая очевидных связей с существующими сферами бизнеса.

Связанная диверсификация, в свою очередь, делится на вертикальную и горизонтальную. Вертикальная означает производство продуктов и услуг на предыдущей или следующей ступени производственного процесса (производственная цепочка, цепочка создания добавленной стоимости). При вертикальной диверсификации производитель готовой продукции начинает либо производить для неё комплектующие (назад по цепочке), например, производитель компьютеров начинает сам производить и продавать ЖК-матрицы, либо выходит на рынок продукции или услуг ещё более высокой глубины переработки (вперед по цепочке), например, производитель процессоров начинает производить компьютеры.

Горизонтальная диверсификация означает начало производства продуктов на той же ступени производственной цепочки. Например, производитель компьютеров начинает производить телевизоры. Новый продукт или услуга могут выпускаться под уже имеющимся брендом, либо под новым брендом.

При этом возникает несколько нерешенных взаимосвязанных методических проблем, которые особенно существенны в отрасли информатизации и связи. В частности, для эффективного управления диверсификацией, с одной стороны, необходимо иметь возможность прогнозировать жизненный цикл товаров и связанные с этим финансовые потоки и, с другой стороны, оптимально распределять инвестиционные

вложения на производство разных товаров. Существующие методы прогнозирования жизненного цикла товаров и услуг, в том числе ожидаемых объемов продаж, прибыли и затрат, не позволяют в должной степени учитывать коммерческие риски и поэтому имеют большие погрешности. Причем, прогнозирование объемов продаж и цен в отрасли информатизации и связи имеет свою специфику. При высоких погрешностях становится невозможным распределение вложений в производство различных товаров, т.е. в оптимизацию диверсификации производства.

Вне зависимости от причин и способов диверсификации, она в конечном итоге связана с необходимостью принятия решений о том какую номенклатуру товаров и услуг следует поставлять на рынок, в каких объемах и по каким ценам, чтобы обеспечить максимальную прибыль. Эффективность диверсификации в конечном итоге определяется жизненными циклами товаров и услуг. Принятие решений о диверсификации подразумевает анализ секторов рынка и оптимизацию распределения средств на производство товаров и услуг.

Обратимся к формулировке ЭСМ в варианте (2.4) – (2.8), (2.11), (2.12) и конкретизируем ее применительно к задаче маркетингового планирования¹, с помощью которой можно строить прогностические зависимости прибыли от цены, затрат от цены и объемов продаж от цены. Для конкретизации модели необходимо раскрыть содержимое имитационных моделей: $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_{5k}$. При этом мы исходим из предположения, что покупатели достаточно хорошо оценивают качество товара и при прочих равных условиях склонны к покупке тем больше, чем ниже цена товара. Перечень факторов дан в табл. 6.1.

¹ Подробное рассмотрение подобной модели дано в главе 3 в [3]. Описание способов учета в рамках модели реакции покупателей на изменение цены (слабая, умеренная, паническая), насыщение рынка, срок службы товара и др. дано в статье: Касперская Н.И. Эволюционно-симулятивная модель принятия решения по продвижению программного обеспечения на международные рынки // Управленческий учет. – 2010. – № 10.

Таблица 6.1

Факторы

Обозначение	Название	Размерность
f_1	Размер 1-й целевой аудитории отрасли	Шт.
f_2	Размер 2-й целевой аудитории отрасли	Шт.
f_3	Размер 3-й целевой аудитории отрасли	Шт.
f_4	Доход члена 1-й целевой аудитории	Тыс.руб./мес.
f_5	Доход члена 2-й целевой аудитории	Тыс.руб./мес.
f_6	Доход члена 3-й целевой аудитории	Тыс.руб./мес.
f_7	Доля рынка, занятая конкурентами	%
f_8	Склонность к покупке	%
f_9	Цена аналогичного товара у конкурентов	Руб.
f_{10}	Объем продаж вне рынка (по договорам)	Шт.
f_{11}	Сравнительное (с конкурентами) качество товара фирмы	Доли ед.
f_{12}	Условно постоянные затраты фирмы на данный товар или услугу в отрасли	Тыс. руб./мес.

Перечень исходных показателей (условно-постоянных величин), дан в табл. 6.2. Перечень расчетных показателей приведен в табл. 6.3.

Таблица 6.2

Исходные показатели

Обозначение	Название	Размерность
p_1	Цена единицы товара или услуги	Руб.
p_2	Переменные расходы на 1 ед. товара или услуги	Руб.
p_3	Осведомленность целевой аудитории о товаре или услуге (бренд)	%
p_4	Ставка налога на прибыль	%
p_5	Налоги в себестоимости	%

Таблица 6.3

Расчетные показатели

Обозначение	Название	Размерность
r_1	Прибыль	Тыс. руб.
r_2	Затраты	Тыс. руб.
r_3	Объем продаж	Шт.
r_4	Емкость рынка	Шт.
r_5	Налоговые отчисления в бюджет	Тыс. руб.
r_6	Отчисления от прибыли	Тыс. руб.
r_7	Отчисления от себестоимости	Тыс. руб.

Имитационная модель ρ_1 :

$a = (f_1 * f_4 + f_2 * f_5 + f_3 * f_6) * 1000$ – объем денежных средств у целевой аудитории

$b = a * (1 - f_7 / 100) * (f_8 / 100) * (p_3 / 100)$ – доля фирмы с учетом конкуренции, склонности к покупке и осведомленности о товаре;

$c = b * f_{11} * f_9 / p_1$ – учет качества товара или услуги информатизации или связи с учетом соотношения цен (чем меньше цена в сравнении с конкурентом, тем больше покупок) и склонности к покупке;

$Fa_1 = c / p_1 + f_{10}$ – спрос на товар или услугу информатизации и связи с учетом возможных продаж вне рынка.

Имитационная модель ρ_2 :

$Fa_2 = c / p_1$ – спрос на товар или услугу информатизации и связи без учета возможных продаж вне рынка.

Имитационная модель ρ_3 расчета издержек завышения Ψ_1 :

$a_1 = ((f_{12} * 1000 / PL) + p_2) * (1 + p_5 / 100)$ – себестоимость единицы товара или услуги, увеличенная на размер налогов в себестоимости.

$\Psi_1(PL, Fa_1) = (PL - Fa_1) * a_1$ – потери на производство нереализованного товара или услуги.

Имитационная модель ρ_4 расчета издержек занижения Ψ_2 :

$a_1 = ((f_{12} * 1000 / PL) + p_2) * (1 + p_5 / 100)$;

$b_1 = (p_1 - a_1)$ – прибыль на единицу товара или услуги;

$b_1 = (p_1 - a_1) * (1 - p_4 / 100)$ – уменьшение прибыли на величину налога на прибыль;

$\Psi_2(PL, Fa_2) = (Fa_2 - PL) * b_1$ – прибыль, упущенная вследствие неудовлетворенного спроса.

Имитационные модели ρ_{5k} , $k = 1, \dots, 7$ для расчета r_1, \dots, r_7 :

$a_2 = f_{12} * 1000$ – условно-постоянные затраты;

$b_2 = p_1$ – цена;

$c_2 = (a_2 / PL) + b_2$ – себестоимость единицы товара или услуги связи и информатизации;

$d = f_7 / 100$ – доля конкурента;

$e = p_4 / 100$; $f = p_5 / 100$ – ставка налога на прибыль;

$g = PL * (p_1 - c) * e / 1000$ – отчисления от прибыли;

$h = PL * c * f / 1000$ – ставка отчислений от себестоимости;

$r_1 = ((p_1 - c * (1 + f)) * PL / 1000)$ – прибыль;

$$\begin{aligned}
r_1 &= r_1 * (1 - e) - \text{чистая прибыль}; \\
r_2 &= c * (1 + f) * PL / 1000 - \text{затраты}; \\
r_3 &= PL - \text{объем продаж}; \\
r_4 &= PL / (1 - d) - \text{емкость рынка}; \\
r_5 &= g + h - \text{отчисления в бюджет}; \\
r_6 &= g - \text{отчисления в бюджет от прибыли}; \\
r_7 &= h - \text{отчисления в бюджет от себестоимости}.
\end{aligned}$$

Для дальнейшего важно, что модель содержит в качестве исходного показателя p_1 цену единицы товара или услуги, а в качестве расчетных показателей r_1 , r_2 и r_3 прибыль, затраты и объем продаж соответственно. Это значит, что если модель реализована в Equilibrium, то с помощью диалоговой процедуры:

Расчет → *Зависимости* → *Фактор или показатель* → *Цена за единицу товара или услуги* → ... → *Прибыль* →...

можно построить зависимость прибыли от цены, затрат от цены, объема продаж от цены и других расчетных показателей. Причем эти зависимости взаимно согласованы, так что каждому уровню затрат r_1 ставится в соответствие прибыль r_2 , объем реализации r_3 и цена p_1 . Чтобы увидеть все эти зависимости, представленные в табличной форме, следует выполнить диалоговую процедуру:

Сервис → *Открыть лист* → *Таблицы*

Таблица имеет следующий вид:

Таблица 6.4

Форма представления построенных в диалоге зависимостей

Номер варианта, i	Цена, $p_{1,i}$	Прибыль, $r_{1,i}$	Затраты, $r_{2,i}$	Объем продаж, $r_{3,i}$...
1					
...					
I					

Таким образом, мы имеем набор четверок: $(r_{1,i}, r_{2,i}, r_{3,i}, p_{1,i})$, $i = 1, \dots, I$. Каждую их этих четверок можно рассматривать как возможный на планируемый период вариант затрат, прибыли, объема продаж и цены.

Пусть j – номер товара или услуги. Для любого планового периода для каждого товара или услуги j мы можем рассчитать указанные варианты. Следовательно, мы имеем наборы:

$$(r_{1,i,j}, r_{2,i,j}, r_{3,i,j}, p_{1,i,j}), i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J.$$

Назовем четверку $(r_{1,i,j}, r_{2,i,j}, r_{3,i,j}, p_{1,i,j})$ мероприятием, имея ввиду, что она выражает один из допустимых вариантов решения вопроса о том, какой продукт, в каком объеме, при каких затратах производить и по какой цене продавать. Таким образом, каждое мероприятие содержит четыре параметра и помечается двумя индексами: i и j .

Оптимальный план диверсификации производства, который при заданном уровне совокупных затрат V обеспечит максимум прибыли, удовлетворяет условиям следующей задачи булевого программирования:

$$\sum_{i=1}^I \alpha_{i,j} \leq 1, j = 1, \dots, J, \quad (6.1)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J r_{1,i,j} \alpha_{i,j} \leq V, \quad (6.2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J r_{2,i,j} \alpha_{i,j} \rightarrow \max, \quad (6.3)$$

где $\alpha_{i,j}$ – булева переменная.

В совокупности модели (2.4) – (2.8), (2.11), (2.12) и (6.1) – (6.3) при последовательном их решении позволяют составить оптимальный план диверсификации для предприятия.

Каждый товар или услуга проходит цикл со следующими основными этапами: начало производства, максимум выпуска, свертывание производства. Разные товары или услуги в разные периоды времени достигают максимума по прибыли, как это иллюстрирует рис. 6.1. Диверсификация производства должна быть такой, чтобы к времени, когда максимум производства одних продуктов находится в начале или на стадии свертывания, другие продукты достигали бы максимума (рис. 6.1). Предлагаемый подход позволяет достаточно быстро получать оптимальное решение задачи диверсификации.

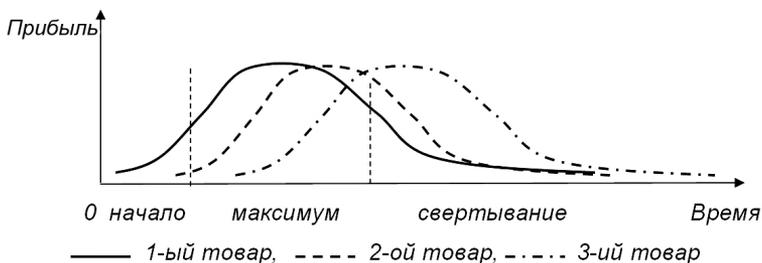


Рис. 6.1. Жизненный цикл товара. Для 1-го товара показаны этапы

При этом может возникнуть необходимость в дополнительных к (6.1) видах логических связей, а именно в импликации:

$$\alpha_{i',j'} > \alpha_{i'',j''}, \quad (6.4)$$

где штрихи при индексах означают, что логической связью соединяются разные мероприятия по производству разных продуктов.

Содержательный смысл задачи горизонтальной диверсификации поясняет рис. 6.2.

В левой части рис. 6.2 показана зависимость прибыли от затрат на производство и реализацию товара или услуги «А», а в правой части — аналогичная зависимость для товара или услуги «Б». Из графиков зависимостей видно, что затраты в объеме V_A на товар или услугу «А» принесут прибыль в объеме P_A , а затраты в объеме V_B на товар или услугу «Б» —

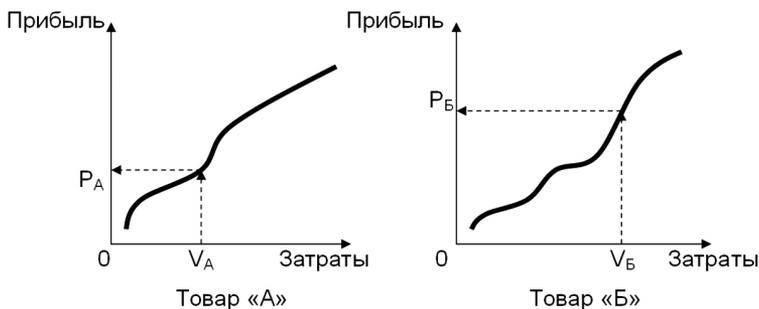


Рис. 6.2. Графики зависимостей прибыли и затрат при производстве разных товаров

прибыль в объеме P_B . Размеры затрат V_A и V_B могут быть различны, но сумма $V_A + V_B$ ограничена некоторой величиной W . С учетом этого ограничения необходимо найти такие V_A и V_B , чтобы суммарная прибыль $P_A + P_B$ была бы максимальна.

Учитывая, что имеется соответствующая ЭСМ и ее программная реализация в среде модуля Equilibrium инструментальной системы Decision, можно считать, что для получения зависимости прибыли P_A от затрат V_A для товара или услуги «А» (или любого другого) необходимо выполнить процедуру «Зависимости» в меню «Расчет» модуля «Equilibrium».

6.1.2. Предоставление скидок промоутерам

Предприятия торговли предоставляют покупателям скидки на цены с целью сделать покупателей не случайными, а постоянными, т.е. промоутерами. Предполагается, что про-

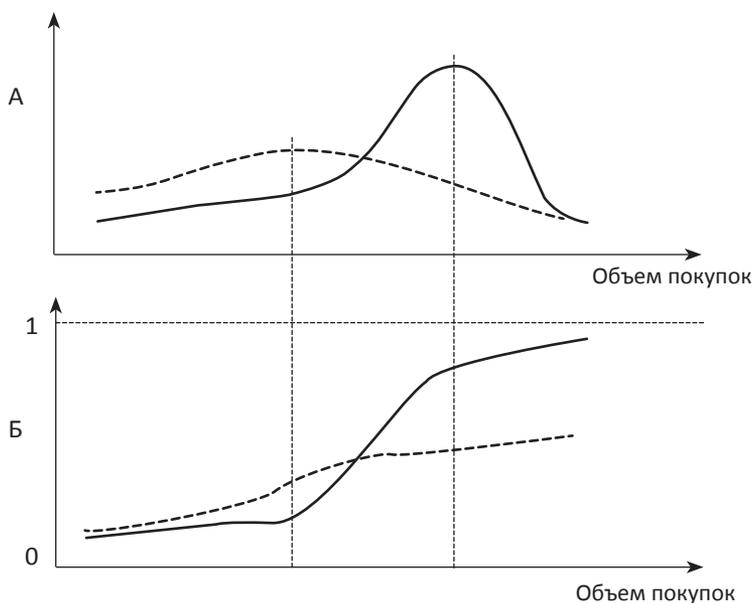


Рис. 6.3. *А* – плотность вероятностей, *Б* – законы распределения вероятностей покупок, совершаемых промоутерами (непрерывная кривая) и случайными покупателями (пунктирная)

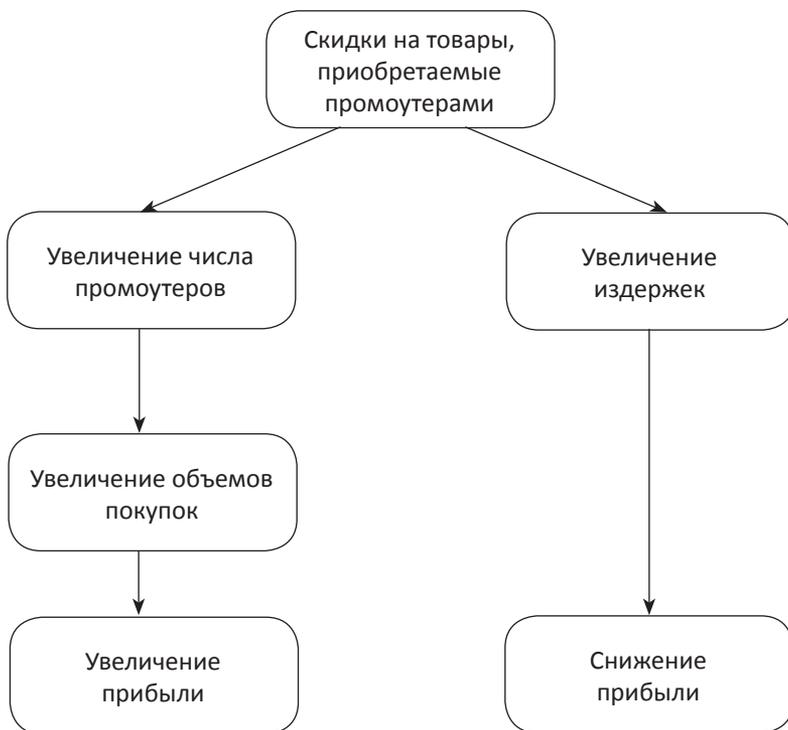


Рис. 6.4. Двойкий характер следствий скидок, предоставляемых промоутерам

моутер не только чаще посещает магазин, но и покупает больше товаров. Это показано на рис. 6.3.

Из рисунка видно, что плотность закона распределения вероятности покупок, делаемых случайными покупателями (пунктирная линия), имеет примерно симметричный вид и слабо выраженный максимум, а плотность закона распределения вероятностей покупок промоутеров (сплошная линия) имеет сильно смещенный вправо пик. Увеличение числа промоутеров за счет случайных покупателей имеет двойкие последствия, которые иллюстрирует рис. 6.4.

В связи с этим возникает нетривиальная с математической точки зрения и имеющая большое практическое значе-

ние задача поиска оптимального размера торговой скидки, предоставляемой промоутерам.

Обратимся к эволюционно-симулятивной модели предоставления торговых скидок промоутерам в варианте (2.4) – (2.8), (2.11), (2.12).

Введем следующие обозначения:

- f_1 – число потенциальных клиентов магазина;
- f_2 – вероятность, что случайный клиент посетит магазин;
- f_3 – средний объем покупки случайного покупателя (шт.);
- f_4 – средняя цена одной штуки купленного товара;
- f_5 – вероятность, что промоутер посетит магазин;
- f_6 – средний объем покупки промоутера;
- f_7 – себестоимость одной штуки товара;
- k – процент скидки на товар, предоставляемый промоутеру;

v – вероятность, что случайный клиент станет промоутером.

В первом приближении можно считать, что количество промоутеров линейно зависит от размера предоставляемой скидки, как это иллюстрирует рис. 6.5.

График на рис. 6.5 отражает некоторые существенные особенности зависимости доли промоутеров от размера предоставляемых скидок:

– во-первых, и в случае отсутствия всяких скидок существует некоторая доля $v_1\%$ промоутеров, например, из числа

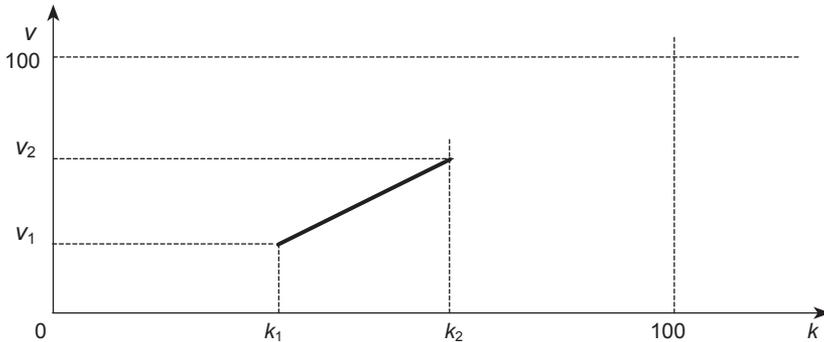


Рис. 6.5. Зависимость доли промоутеров v в общем числе потенциальных клиентов от размера предоставляемой скидки k

потенциальных клиентов, живущих в непосредственной близости от торговой организации;

– во-вторых, слишком маленькие скидки практически не оказывают влияния на клиентов, иначе говоря, скидка менее чем на $k_1\%$ не делает клиента промоутером;

– в-третьих, существует предел $k_2\%$, выше которого скидки заведомо нецелесообразны;

– в-четвертых, как бы велики не были скидки, доля промоутеров количество привлекаемых промоутеров ограничено величиной $v_2\%$.

В линейном приближении зависимость доли промоутеров v от размера скидки k имеет вид: $v = (p_1 + p_2 * k) / 100$, где p_1 и p_2 константы.

При наличии статистической информации p_1 и p_2 могут быть найдены как коэффициенты линейной регрессии. Другой способ получения значений этих коэффициентов – экспертные оценки. Имея обозначенные величины, мы можем рассчитать:

$f_1 * v$ – количество промоутеров;

$f_1 * (1 - v)$ – количество случайных покупателей.

$f_1 * (1 - v) * f_2 * f_3$ – объем покупок, сделанных случайными покупателями.

$f_1 * v * f_5 * f_6$ – объем покупок, сделанных промоутерами.

Общий объем покупок:

$$Fa = f_1 * (1 - v) * f_2 * f_3 + f_1 * v * f_5 * f_6 \quad (6.5)$$

Пусть PL – искомый оптимальный объем покупок. Тогда можно рассчитать издержки завышения $\Psi_1(PL, Fa)$ и издержки занижения $\Psi_2(PL, Fa)$. При этом $\Psi_1(PL, Fa)$ выражает затраты на скидки тем покупателям, которые получив скидки не стали приобретать больше товаров, т.е. фактически не стали промоутерами:

$$\Psi_1(PL, Fa) = (k / 100) * (PL - Fa) * f_4 * v, \text{ если } PL > Fa \quad (6.6)$$

$\Psi_2(PL, Fa)$ выражает упущенную прибыль от недостатка покупок. При этом:

$$\Psi_2(PL, Fa) = (f_4 - f_7) * (Fa - PL), \text{ если } PL < Fa \quad (6.7)$$

Добавим условие оптимальности:

$$\min_{PL} \left\{ \max_{i \in \{1;2\}} \left\{ M \left\{ \Psi_i (PL, Fa) \right\} \right\} \right\}. \quad (6.8)$$

Мы получили эволюционно-симулятивную модель (6.5) – (6.8). Ее решением является величина объема продаж PL . Зная PL , можно найти значения расчетных показателей:

R_1 – прибыль от покупок, совершаемых промоутерами;

R_2 – затраты на скидки промоутерам;

R_3 – общую прибыль.

Названные величины могут быть рассчитаны по формулам:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= (f_4 - f_7) * PL * v \\ R_2 &= (k / 100) * PL * f_4 * v \\ R_3 &= (f_4 - f_7) * PL - R_2 \end{aligned} \right\} \quad (6.9)$$

Поскольку при каждом заданном уровне скидок k мы можем, при прочих равных условиях, решить Эволюционно-симулятивную модель и найти значения расчетных показателей, то, следовательно, нами алгоритмически задана вектор функция, которую обозначим:

$$(R_1, R_2, R_3) = ЭСМ(k). \quad (6.10)$$

Задача поиска оптимального уровня скидок, доставляющего максимум совокупной прибыли имеет вид (6.5) – (6.11),

$$\text{где } R_3 \rightarrow \max. \quad (6.11)$$

Модель (6.5) – (6.11) реализована в Equilibrium и с ее помощью выполнена серия вычислительных экспериментов.

Способы получения исходной информации о факторах и показателях указаны в табл. 6.5. Подобные данные могут быть собраны для любой торговой организации, начиная с мелкой торговой точки и кончая крупной сетевой компанией.

В табл. 6.6 приведены данные, характерные для крупного продовольственного магазина. Особенность ситуации, в которой работает магазин, состоит в том, что промоутеры существенно больше покупают и существенно чаще посещают магазин. Именно в этой ситуации скидки к цене, предоставляемые промоутерам, особенно эффективны.

Способы получения исходной информации

Обозначение	Название	Источник исходной информации
f_1	Число потенциальных клиентов	Данные о посещениях торгующей организации и численности населения по категориям в регионе
f_2	Вероятность, что случайный клиент посетит магазин	Специальные статистические опросы покупателей или экспертные оценки
f_3	Средний объем покупки случайного клиента (шт)	Статистические данные о покупках
f_4	Средняя цена одной штуки купленного товара	
f_5	Вероятность, что промоутер посетит магазин	Специальные статистические опросы покупателей или экспертные оценки
f_6	Средний объем покупки промоутера	Статистические данные о покупках
f_7	Себестоимость одной штуки товара	Обработка данных бухгалтерской отчетности
p_1	1-й коэффициент регрессии	Обработка статистических данных, специального обследования и расчет коэффициентов линейной регрессии или экспертные оценки
p_2	2-й коэффициент регрессии	
k	Процент скидки на товар, предоставляемый промоутеру	Оптимальное значение этого показателя устанавливается в режиме диалога с Decision

Как видно из табл. 6.6 вероятность что случайный клиент посетит магазин, лежит в пределах от 0,1 до 0,3, в то время как вероятность, что промоутер посетит магазин – в пределах от 0,5 до 0,7. Объем покупок у случайного клиента в пределах от 1 до 5 шт., а у промоутера – в пределах от 5 до 25 шт. Кроме того, зависимость вероятности превращения случайного клиента в промоутера в данном магазине также достаточно высока и, как следует из данных табл. 6.6, имеет вид: $v = (p_1 + p_2 * k) / 100 = (2 + 7 * k) / 100$. Иначе говоря, каждый процент скидки приносит 7% промоутеров.

Таблица 6.6

Исходная информация для среднего по размерам продовольственного магазина

Обозначение	Название	Размерность	min	max
$f1$	Число потенциальных клиентов	Чел.	1000	3000
$f2$	Вероятность, что случайный клиент посетит магазин	Доли ед.	0,1	0,3
$f3$	Средний объем покупки случайного клиента (шт)	Шт.	1	5
$f4$	Средняя цена одной штуки купленного товара	Руб.	150	350
$f5$	Вероятность, что промоутер посетит магазин	Доли ед.	0,5	0,7
$f6$	Средний объем покупки промоутера	Шт.	5	25
$f7$	Себестоимость одной штуки товара	Руб.	90	130
$p1$	1-й коэффициент регрессии	Доли ед.	2	
$p2$	2-й коэффициент регрессии	Доли ед.	7	
k	Процент скидки на товар, предоставляемый промоутеру	%	3	

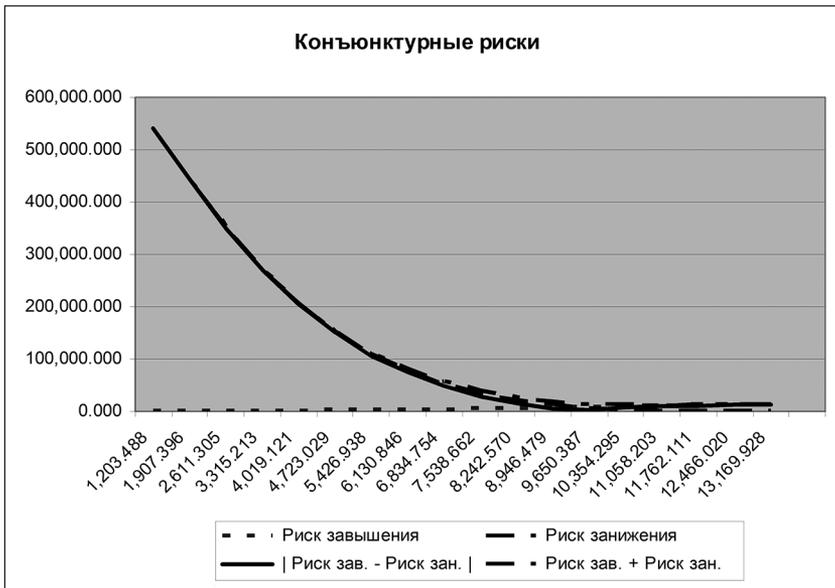


Рис. 6.6. Риски торгового предприятия при скидке промоутерам $k = 3\%$. Риск занижения пренебрежимо мал

Введем данные табл. 6.6 в Equilibrium, и выполним диалоговую процедуру:

Расчет → Прямой/Обратный → Прямой расчет → ...

Результаты показаны на рис. 6.6 и 6.7. «Оптимум» под заголовком «ПЛАН» выражает ожидаемый объем продаж. Показатель «Завышение / Занижение» характеризует, во сколько раз риск отступления от заданной ставки $k = 3\%$ в сторону увеличения меньше, чем риск такого же отступления в сторону уменьшения.

Значение показателя: *Завышение / Занижение* = 0,19 говорит о том, что ставка $k = 3\%$ сильно занижена. При этом затраты на скидки промоутерам в 16 тыс.руб. пренебрежимо

РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАСЧЕТА			
	ПЛАН	Размерность	Значение
4	Оптимум	Шт.	9,298.43
5	Завышение/Занижение	Доли ед.	0.19
6	Надежность по завышению	Доли ед.	0.06
7	Надежность по занижению	Доли ед.	0.06
НОРМАТИВ			
9	Оптимум	Шт.	11,058.20
10	Завышение/Занижение	Доли ед.	0.92
11	Надежность по завышению	Доли ед.	0.01
12	Надежность по занижению	Доли ед.	0.01
Расчетные показатели			
15	Название	Размерн.	
16	Прибыль от покупок промоутеров	Тыс р.	299.41
17	Затраты на скидки промоутерам	Тыс р.	16.04
18	Общая прибыль	Тыс р.	1,285.74

Рис. 6.7. Фрагмент Формы 1 с результатами оптимизационного расчета при скидке промоутерам $k = 3\%$



Рис. 6.8. Риски торгового предприятия при скидке промоутерам $k = 25\%$

малы. Если положить $k = 25\%$ и вновь выполнить оптимизационный расчет, то графики рисков будут иметь вид, показанный на рис. 6.8, а показатели примут значения, показанные на рис. 6.9.

Из сопоставления рис. 6.6 и 6.8 видно, что при скидке 25% графики рисков становятся почти симметричными. Из сопоставления рис. 6.7 и 6.9 можно видеть, что объем продаж увеличился примерно с 9 тыс. до 33 тыс. шт., однако общая прибыль упала с 1285 тыс. руб. до 981 тыс. руб. На то, что ставка в 25% явно завышена указывает значение показателя «Завышение/Занижение» = 1,4. Как видим, это значение превосходит единицу. Затраты на скидки промоутерам становятся весьма значительными — 3695 тыс. руб.

Выполненные расчеты показывают, что значение в 3% существенно занижено, а значение в 25% — существенно завышено. Чтобы найти оптимальное значение ставки, доставляющее максимум совокупной прибыли, т.е. удов-

ПЛАН		Размерность	Значение
Оптимум		Шт.	33,401.78
Завышение/Занижение		Доли ед.	1.40
Надежность по завышению		Доли ед.	0.39
Надежность по занижению		Доли ед.	0.39
НОРМАТИВ			0.00
Оптимум		Шт.	31,005.84
Завышение/Занижение		Доли ед.	1.01
Надежность по завышению		Доли ед.	0.44
Надежность по занижению		Доли ед.	0.44
Расчетные показатели			
Название		Размерн.	
Прибыль от покупок промоутеров		Тыс р.	8,276.96
Затраты на скидки промоутерам		Тыс р.	3,695.07
Общая прибыль		Тыс р.	981.18

Рис. 6.9. Результаты оптимизационного расчета при скидке промоутерам $k = 25\%$

летворяющее условию (6.11), необходимо построить зависимость совокупной прибыли от уровня снижения цен промоутерам.

Equilibrium позволяет это сделать в автоматизированном режиме с помощью диалоговой процедуры:

Расчет → *Зависимость* → *Фактор или показатель* → *Процент скидки* → *Минимальное значение* → 1,5 → *Максимальное значение* → 25 → *Количество точек* → 10 → *Общая прибыль* → *Кубический* → *Нет*

В результате система автоматически строит график, показанный на рис. 6.10. Из графика видно, что оптимальной является ставка $k \approx 13,250\%$. Чтобы найти ожидаемую при-

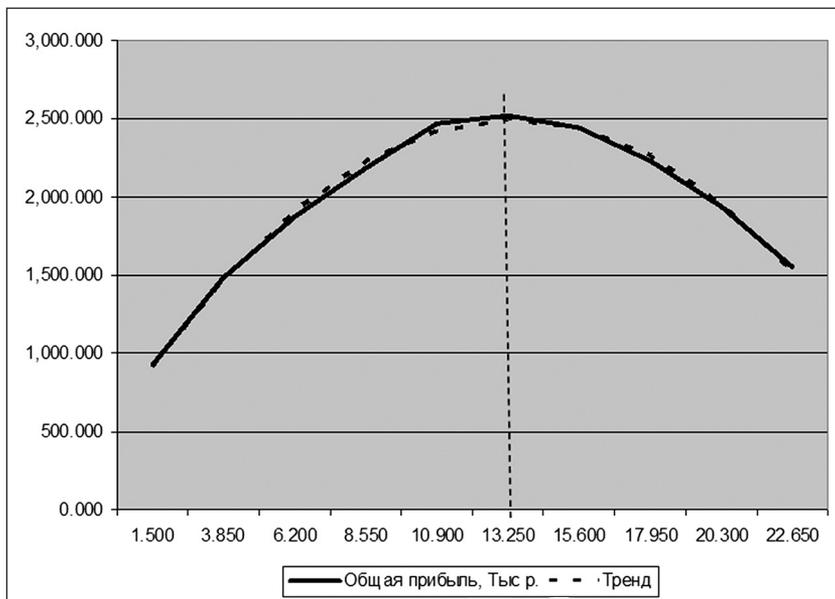


Рис. 6.10. Зависимость совокупной прибыли от уровня скидки промоутерам

быль и другие показатели, необходимо ввести полученное оптимальное значение и выполнить прямой оптимизационный расчет.

6.1.3. Прогнозирование инвестиционного потенциала региона и воспроизводство населения

Правительством РФ поставлена задача существенно улучшить инвестиционный климат страны. По данным МЭРТ на 2010 год 71% иностранных компаний считают главным препятствием для инвестиций коррупцию, 66% – административные барьеры, 56% – избирательное толкование и применение законов, 51% – непрозрачность и противоречивость законодательства, 29% – конфликт между государством и бизнесом. Из макроэкономических факторов, препятствующих инвестициям в российскую экономику, можно назвать высокий уровень инфляции. В условиях высоких

цен на нефть стимулы для реформ существенно ослабевают. В долгосрочной перспективе региональные инвестиционные программы должны способствовать снижению социально-экономической дифференциации регионов.

Для прогнозирования инвестиционного потенциала региона может быть использована Эволюционно-симулятивная модель (5.6) – (5.10), подробно рассмотренная в § 5.2.3 и § 5.2.4. Будучи реализована в Equilibrium, эта модель позволяет в диалоговом режиме исследовать состояние реального сектора в регионе, прогнозировать инвестиционный спрос. В модели присутствуют факторы f_2 – трудоспособное население региона, f_3 – безработица (отношения числа безработных к численности трудоспособного населения) в регионе, f_4 – средняя по региону зарплата.

Для прогнозирования этих факторов важное значение имеет воспроизводство населения. Мы рассмотрим вариант модели воспроизводства населения, который можно реализовать в Excel и удобно использовать для целей прогнозирования. В частности, модель позволяет получить численность населения по половозрастным группам в виде динамических рядов.

Эти данные, в свою очередь, дают возможность использовать интегральные показатели региона, прогнозируемые с помощью ЭСМ, описанной в § 5.2.3, а именно: ВВП, эмиссию и занятость, относя их на душу населения, на одного работающего, что дает представление о социальной значимости прогнозируемой динамики экономики региона.

Данная ЭСМ позволяет строить зависимости прогнозируемых инвестиций от занятости, а модель воспроизводства населения региона позволяет сопоставлять инвестиции со структурой народонаселения. В целом, таким образом ЭСМ и модель воспроизводства народонаселения образуют комплекс для анализа и прогнозирования социально-экономической динамики региона.

Обратимся теперь непосредственно к модели воспроизводства населения. Введем следующие обозначения:

t – годы;

X_{1t} – число девочек в году t (до 16 лет);

Y_{1t} — число мальчиков в году t (до 16 лет);
 X_{2t} — число девушек в году t (от 16 до 25 лет);
 Y_{2t} — число юношей в году t (от 16 до 25 лет);
 X_{3t} — число молодых женщин в году t (от 25 до 40 лет);
 Y_{3t} — число молодых мужчин в году t (от 25 до 40 лет);
 X_{4t} — число женщин в году t (от 40 до 60 лет);
 Y_{4t} — число мужчин в году t (от 40 до 60 лет);
 X_{5t} — число пожилых женщин в году t (старше 60 лет);
 Y_{5t} — число пожилых мужчин в году t (старше 60 лет);
 m_2 — вероятность, что девушка родит девочку в текущем году;
 m_3 — вероятность, что молодая женщина родит девочку в текущем году;
 m_4 — вероятность, что женщина родит девочку в текущем году;
 d_2 — вероятность, что девушка родит мальчика в текущем году;
 d_3 — вероятность, что молодая женщина родит мальчика в текущем году;
 d_4 — вероятность, что женщина родит мальчика в текущем году;
 $P_{i,t}$ — вероятность перехода из группы i в группу $i + 1$ для женщин;
 $P_{i,t} = V_{i,t} / X_{it}$, где $V_{i,t}$ — количество женщин предельного возраста в группе i (т.е. соответственно девочек 16 лет или девушек 25 лет, молодых женщин 40 лет или женщин 60 лет) в момент t ;
 $Q_{i,t}$ — вероятность перехода из группы i в группу $i + 1$ для мужчин;
 $Q_{i,t} = W_{i,t} / Y_{it}$, где $W_{i,t}$ — количество мужчин предельного возраста в группе i (т.е., соответственно, мальчиков 16 лет, юношей 25 лет, молодых мужчин 40 лет или мужчин 60 лет);
 R_i — вероятность приезда в регион людей категории i ;
 Z_i — вероятность выезда из регион людей категории i ;
 S_i — вероятность смерти людей категории i .
 Z_i вычисляются как отношение количества приехавших, или выехавших или умерших людей категории i в текущем году к общему количеству людей этой категории. Например,

$Z_3 = K/X_{3t}$, где K – число молодых женщин, выехавших из региона в году t , а X_{3t} – общее количество молодых женщин в регионе в том же году.

С учетом введенных обозначений мы можем записать систему рекуррентных уравнений, позволяющих итерационно вычислять по периодам количество людей в каждой половозрастной группе. В частности, количество девочек до 16 лет в период $t + 1$, т.е. X_{1t+1} , равно количеству девочек до 16 лет в период t , плюс количество девочек, рожденных девушками в предыдущий период, выражаемое величиной $X_{2t} * m_2$, плюс количество девочек, рожденных молодыми женщинами, выражаемое величиной $X_{3t} * m_3$, плюс количество девочек, рожденных женщинами, выражаемое величиной $X_{4t} * m_4$, плюс количество приехавших девочек $X_{1t} * R_1$ в период t , минус количество девочек, ставших девушками, выражаемое величиной $X_{1t} * P_1$, минус количество девочек, выехавших из региона, выражаемое величиной $X_{1t} * Z_1$, минус количество девочек, умерших в период t , выражаемое величиной $X_{1t} * S_1$. Таким образом, мы имеем уравнение:

$$X_{1t+1} = X_{1t} + X_{2t} * m_2 + X_{3t} * m_3 + X_{4t} * m_4 + X_{1t} * (R_1 - P_1 - Z_1 - S_1).$$

Аналогичным образом составлены и другие рекуррентные уравнения. В целом, модель воспроизводства населения представляется следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} X_{1t+1} &= X_{1t} + X_{2t} * m_2 + X_{3t} * m_3 + X_{4t} * m_4 + \\ &+ X_{1t} * (R_1 - P_1 - Z_1 - S_1) \\ Y_{1t+1} &= Y_{1t} + X_{2t} * d_2 + X_{3t} * d_3 + X_{4t} * d_4 + \\ &+ Y_{1t} * (R_1 - Q_1 - Z_1 - S_1) \\ X_{2t+1} &= X_{2t} + X_{2t} * (R_2 - P_2 - Z_2 - S_2) \\ Y_{2t+1} &= Y_{2t} + Y_{2t} * (R_2 - Q_2 - Z_2 - S_2) \\ X_{3t+1} &= X_{3t} + X_{3t} * (R_3 - P_3 - Z_3 - S_3) \\ Y_{3t+1} &= Y_{3t} + Y_{3t} * (R_3 - Q_3 - Z_3 - S_3) \\ X_{4t+1} &= X_{4t} + X_{4t} * (R_4 - P_4 - Z_4 - S_4) \\ Y_{4t+1} &= Y_{4t} + Y_{4t} * (R_4 - Q_4 - Z_4 - S_4) \\ X_{5t+1} &= X_{5t} + X_{5t} * (R_5 - Z_5 - S_5) \\ Y_{5t+1} &= Y_{5t} + Y_{5t} * (R_5 - Z_5 - S_5) \end{aligned} \right\} (6.12)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Время	t	=	1	2	3	4	5	6	7
2	Девочки до 16 лет	$X(1,t)$	=	50	53.22	56.03814	58.507	60.67232	62.5739	64.24638
3	Мальчики до 16 лет	$Y(1,t)$	=	55	58.32	61.21839	63.75027	65.96357	67.90007	69.59586
4	Девушки от 16 до 25 лет	$X(2,t)$	=	60	60.54	61.08486	61.63462	62.18934	62.74904	63.31378
5	Юноши от 16 до 25 лет	$Y(2,t)$	=	57	57.513	58.03062	58.55289	59.07987	59.61159	60.14809
6	Молодые женщины от 25 до 40 лет	$X(3,t)$	=	53	52.841	52.68248	52.52443	52.36686	52.20976	52.05313
7	Молодые мужчины от 25 до 40 лет	$Y(3,t)$	=	52	52.364	52.73055	53.09966	53.47136	53.84566	54.22258
8	Женщины от 40 до 60 лет	$X(4,t)$	=	45	44.955	44.91005	44.86513	44.82027	44.77545	44.73067
9	Мужчины от 40 до 60 лет	$Y(4,t)$	=	42	42.378	42.7594	43.14424	43.53253	43.92433	44.31985
10	Пожилые женщины старше 60 лет	$X(5,t)$	=	37	36.667	36.337	36.00996	35.68587	35.3647	35.04642
11	Пожилые мужчины старше 60 лет	$Y(5,t)$	=	33	32.703	32.40867	32.11699	31.82794	31.54149	31.25762
12										
13	Вероятность перехода из гр.1 в гр.2 для женщин	$P(1,t)$	=	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14	Вероятность перехода из гр.2 в гр.3 для женщин	$P(2,t)$	=	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
15	Вероятность перехода из гр.3 в гр.4 для женщин	$P(3,t)$	=	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16	Вероятность перехода из гр.4 в гр.5 для женщин	$P(4,t)$	=	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
17										
18	Вероятность перехода из гр.1 в гр.2 для мужчин	$Q(1,t)$	=	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
19	Вероятность перехода из гр.2 в гр.3 для мужчин	$Q(2,t)$	=	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
20	Вероятность перехода из гр.3 в гр.4 для мужчин	$Q(3,t)$	=	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21	Вероятность перехода из гр.4 в гр.5 для мужчин	$Q(4,t)$	=	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
22										
23	Вероятность, что девушка родит девочку	$m(2,t)$	=	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
24	Вероятность, что молодая женщина родит девочку	$m(3,t)$	=	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
25	Вероятность, что женщина родит девочку	$m(4,t)$	=	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
26	Вероятность, что девушка родит мальчика	$d(2,t)$	=	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
27	Вероятность, что молодая женщина родит мальчика	$d(3,t)$	=	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
28	Вероятность, что женщина родит мальчика	$d(4,t)$	=	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
29										
30	Вероятность приезда в регион человека до 16 лет	$R(1,t)$	=	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
31	Вероятность приезда в регион человека от 16 до 25 лет	$R(2,t)$	=	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
32	Вероятность приезда в регион человека от 25 до 40 лет	$R(3,t)$	=	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
33	Вероятность приезда в регион человека от 40 до 60 лет	$R(4,t)$	=	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
34	Вероятность приезда в регион человека старше 60 лет	$R(5,t)$	=	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
35										
36	Вероятность выезда из региона человека до 16 лет	$Z(1,t)$	=	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
37	Вероятность выезда из региона человека от 16 до 25 лет	$Z(2,t)$	=	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051
38	Вероятность выезда из региона человека от 25 до 40 лет	$Z(3,t)$	=	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
39	Вероятность выезда из региона человека от 40 до 60 лет	$Z(4,t)$	=	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
40	Вероятность выезда из региона человека старше 60 лет	$Z(5,t)$	=	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
41										
42	Вероятность смерти человека до 16 лет	$S(1,t)$	=	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
43	Вероятность смерти человека от 16 до 25 лет	$S(2,t)$	=	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
44	Вероятность смерти человека от 25 до 40 лет	$S(3,t)$	=	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
45	Вероятность смерти человека от 40 до 60 лет	$S(4,t)$	=	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
46	Вероятность смерти человека, старше 60 лет	$S(5,t)$	=	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Рис. 6.11. Таблица Excel с моделью воспроизводства населения

Смысл любой их формул, входящих в (6.12), нетрудно восстановить исходя из принятых обозначений. Данная модель может быть, при необходимости, уточнена путем выделения более мелких половозрастных групп. Наименьшая половозрастная группа включает людей одного года рождения.

Программно модель воспроизводства населения реализована в среде Excel в виде электронной таблицы (рис. 6.11). Необходимо обратить внимание на некоторые особенности записи модели, которые дают возможность удобно исследовать динамику воспроизводства населения под действием

различных мер государственного регулирования. В столбце «А» даны названия переменных, а в столбце «В» — их обозначения. В столбец «С» вводятся все исходные данные о половозрастной структуре населения, коэффициентах рождаемости, смертности и миграции.

В 1-й строке по порядку указаны моменты времени (годы). В столбец «D» в строки 2–11 введены формулы модели (6.12). В частности, на рис. 6.11 видно, в клетку «D2» введена рекуррентная формула расчета количества девочек до 16 лет. В столбец «D» в строки 13–46 вводятся функции тождественного равенства. Например, на позицию «D13» вводится функция «=C13». Далее производится копирование области «D13:D46» на область «D13:L46». Это значит, что мы предполагаем что коэффициенты рождаемости, смертности и миграции будут неизменными в течение 10 лет.

Чтобы прогнозировать динамику народонаселения на ближайшие 10 лет достаточно скопировать область «D2:D11» на область «D3:L11». На рис. 6.11 в области «D2:I11» мы видим динамику структуры населения на 7 лет.

Данная модель чрезвычайно удобна для прогнозирования динамики народонаселения и исследования сценариев. Предположим, например, что в регионе намереваются стимулировать рождаемость. Ожидается, что намечаемые меры приведут к увеличению рождаемости у девушек и молодых женщин на 2%. Чтобы увидеть последствия, достаточно позиции «C23», «C24», «C26» и «C27» увеличить на 0,02. Все остальные расчеты мгновенно будут выполнены автоматически. Результат показан на рис. 6.12. Сопоставляя данные рис. 6.11 и рис. 6.12, можно видеть, как меры стимулирования повлияют на динамику структуры народонаселения.

Модель позволяет исследовать разнообразные гипотезы, в частности, гипотезы о влиянии на динамику народонаселения: миграции различных групп населения, рождаемости и смертности в разные периоды времени.

Вместе с тем, как уже отмечалось, модель воспроизводства населения образует с Эволюционно-симулятивной мо-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Время	t =	7	2	3	4	5	6	7
2	Девочки до 16 лет	$X(1, \eta) =$	50	53.22	56.03814	58.507	60.67232	62.5739	64.24638
3	Мальчики до 16 лет	$Y(1, \eta) =$	55	58.32	61.21839	63.75027	65.96357	67.90007	69.59586
4	Девушки от 16 до 25 лет	$X(2, \eta) =$	60	60.54	61.08486	61.63462	62.18934	62.74904	63.31378
5	Юноши от 16 до 25 лет	$Y(2, \eta) =$	57	57.513	58.03062	58.55289	59.07987	59.61159	60.14809
6	Молодые женщины от 25 до 40 лет	$X(3, \eta) =$	53	52.841	52.68248	52.52443	52.36686	52.20976	52.05313
7	Молодые мужчины от 25 до 40 лет	$Y(3, \eta) =$	52	52.364	52.3055	53.09966	53.47136	53.84566	54.22258
8	Женщины от 40 до 60 лет	$X(4, \eta) =$	45	44.955	44.91005	44.86513	44.82027	44.77545	44.73067
9	Мужчины от 40 до 60 лет	$Y(4, \eta) =$	42	42.378	42.7594	43.14424	43.53253	43.92433	44.31985
10	Пожилые женщины старше 60 лет	$X(5, \eta) =$	37	36.667	36.337	36.00996	35.68587	35.3647	35.04642
11	Пожилые мужчины старше 60 лет	$Y(5, \eta) =$	33	32.703	32.40867	32.11699	31.82794	31.54149	31.25762
12									
13	Вероятность перехода из гр.1 в гр.2 для женщин	$P(1, \eta) =$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14	Вероятность перехода из гр.2 в гр.3 для женщин	$P(2, \eta) =$	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
15	Вероятность перехода из гр.3 в гр.4 для женщин	$P(3, \eta) =$	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
16	Вероятность перехода из гр.4 в гр.5 для женщин	$P(4, \eta) =$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
17									
18	Вероятность перехода из гр.1 в гр.2 для мужчин	$Q(1, \eta) =$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
19	Вероятность перехода из гр.2 в гр.3 для мужчин	$Q(2, \eta) =$	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
20	Вероятность перехода из гр.3 в гр.4 для мужчин	$Q(3, \eta) =$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
21	Вероятность перехода из гр.4 в гр.5 для мужчин	$Q(4, \eta) =$	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
22									
23	Вероятность, что девушка родит девочку	$m(2, \eta) =$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
24	Вероятность, что молодая женщина родит девочку	$m(3, \eta) =$	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
25	Вероятность, что женщина родит девочку	$m(4, \eta) =$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
26	Вероятность, что девушка родит мальчика	$n(2, \eta) =$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
27	Вероятность, что молодая женщина родит мальчика	$n(3, \eta) =$	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
28	Вероятность, что женщина родит мальчика	$n(4, \eta) =$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
29									
30	Вероятность приезда в регион человека до 16 лет	$R(1, \eta) =$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
31	Вероятность приезда в регион человека от 16 до 25 лет	$R(2, \eta) =$	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
32	Вероятность приезда в регион человека от 25 до 40 лет	$R(3, \eta) =$	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
33	Вероятность приезда в регион человека от 40 до 60 лет	$R(4, \eta) =$	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
34	Вероятность приезда в регион человека старше 60 лет	$R(5, \eta) =$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
35									
36	Вероятность выезда из региона человека до 16 лет	$Z(1, \eta) =$	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
37	Вероятность выезда из региона человека от 16 до 25 лет	$Z(2, \eta) =$	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051
38	Вероятность выезда из региона человека от 25 до 40 лет	$Z(3, \eta) =$	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
39	Вероятность выезда из региона человека от 40 до 60 лет	$Z(4, \eta) =$	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
40	Вероятность выезда из региона человека старше 60 лет	$Z(5, \eta) =$	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
41									
42	Вероятность смерти человека до 16 лет	$S(1, \eta) =$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
43	Вероятность смерти человека от 16 до 25 лет	$S(2, \eta) =$	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
44	Вероятность смерти человека от 25 до 40 лет	$S(3, \eta) =$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
45	Вероятность смерти человека от 40 до 60 лет	$S(4, \eta) =$	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
46	Вероятность смерти человека, старше 60 лет	$S(5, \eta) =$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Рис. 6.12. Изменение динамики структуры народонаселения под действием мер стимулирования рождаемости

делью реального сектора экономики, описанной в § 5.2.4¹, комплекс. В этой связи необходимо отметить следующее. Средняя по региону зарплата f_4 , как отмечалось, присутствует в качестве одного из факторов, а в качестве результирующих показателей присутствуют: совокупный спрос ($r_1 = PL$); ВВП ($r_2 = r_1 + i$) и ВОП ($r_3 = r_2 + q$).

¹ Чтобы получить полную формулировку эволюционно-симулятивной модели к имитационным моделям финансовых потоков рисков, описанным в § 5.2.4, необходимо добавить критерий оптимальности 2.8.

Заработная плата равна сумме заработных плат всего работоспособного населения, т. е. к мужчинам и женщинам трудоспособного возраста, количество которых выражается в каждый период времени t суммой: $V_t = X_{2t} + Y_{2t} + X_{3t} + Y_{3t} + X_{4t} + Y_{4t}$. Отношение f_4 / V_t выражает среднюю заработную плату одного работающего. Общая численность населения выражается величиной:

$$W_t = X_{1t} + Y_{1t} + X_{2t} + Y_{2t} + X_{3t} + Y_{3t} + X_{4t} + Y_{4t} + X_{5t} + Y_{5t}$$

ВОП и ВВП на душу населения в период t выражаются величинами ВОП / W_t и ВВП / W_t соответственно.

ВОП и ВВП на одного работающего в период t выражаются величинами ВОП / V_t и ВВП / V_t .

Если занятость выражается в процентах, то $V_t * (3 / 100)$ — выражает количество работающих, а $V_t * ((100 - 3) / 100)$ — количество безработных. С помощью модели диагностики проблем региона, описанной в § 5.2.4, могут разрабатываться прогнозы величин ВОП, ВВП, а также занятости и исследоваться сценарии для разных периодов времени t , в частности, при разных прогнозах заработной платы f_4 . Модель (6.12), в свою очередь, позволяет прогнозировать половозрастной состав населения, т.е. величины X_{it} и Y_{it} , $i = 1, \dots, 5$. Кроме того, модель (6.12) имеет важное значение для планирования социально-экономических программ в регионе.

6.2. Экономическое обоснование инвестиционных проектов

Под инвестициями принято понимать использование капитала в основном в 2-х направлениях:

— реальные инвестиции (real investment) — это вложения в материальные активы (основные фонды с длительными сроками амортизации; товарно-материальные запасы; суммарные вложения в производственные фонды, включая земельные участки);

— финансовые инвестиции (portfolio investment или financial investment) — это инвестиции в ценные бумаги (акции, векселя, облигации и др.).

Инвесторы (физические и юридические лица) помещают свои средства в указанные активы в расчете на доход, прирост капитала, рост стоимости активов. В деловой практике все приведенные прилагательные к слову investment часто опускаются для сокращения и это слово может означать любое из вышеуказанных направлений использования капитала.

Инвестиции – один из наиболее древних и наиболее широко распространенных видов деятельности. Для разработки экономических обоснований инвестиционных проектов сформировались международные требования и стандарты, которые сформулированы в методике ЮНИДО. Российские требования и стандарты сформулированы в официальном издании: «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования», утвержденными Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госкомпромом России (№ 7–12/47 31 марта 1994 г. (М.: Информэлектро, 1994). Они подтверждают названные общепринятые международные стандарты для разработки инвестиционных проектов, сформулированные в ЮНИДО. Имеются детальные и всесторонние исследования, посвященные экономическому обоснованию инвестиционных проектов¹.

Тем не менее, есть как минимум 3 проблемы, способы решения которых требуют дальнейшего совершенствования:

- обеспечение надежности и приемлемой погрешности интегральных показателей проектов;
- оптимизация структуры проекта (компоновка мероприятий² в составе проекта);

¹ Виленский П.Л., Лифшиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика: Учеб. пособие. – М.: Дело, 2008.

² Под мероприятием понимается относительно обособленная часть проекта, которая требует затрат ресурсов, приносит количественно измеримый эффект и логически связана с другими частями проекта. При этом мероприятия могут быть альтернативными, взаимно дополнительными или иметь иные логические связи, обусловленные техническими, технологическими или организационными особенностями проекта.

– оценка внешних эффектов реализации проектов¹.

Эти проблемы мы анализируем в данном параграфе. Вместе с тем мы стараемся увязать все вопросы обоснования инвестиционных проектов (российские и международные стандарты, математические модели, программное обеспечение) в комплекс, который может играть роль методических рекомендаций при разработке экономических обоснований инвестиционных проектов.

6.2.1. Методические принципы разработки экономических обоснований инвестиционных проектов и интегральные показатели проектов

Создание и реализация инвестиционного проекта включает 7 следующих этапов (стадий):

- формирование идеи (замысла) инвестиционного проекта (Opportunity Study);
- исследование инвестиционных возможностей (Pre-feasibility Study);
- разработка ТЭО проекта (Feasibility Study);
- подготовка контрактной документации;
- подготовка проектной документации;
- строительные, монтажные и наладочные работы;
- эксплуатация и мониторинг экономических показателей.

Первые три из этих стадий в совокупности образуют экономическое обоснование инвестиционного проекта. На стадии формирования идеи (Opportunity Study) допустимой считается погрешность до 30%, а затраты на осуществление этой стадии обычно составляют от 0,2 до 1,0% стоимости проекта.

На стадии исследования инвестиционных возможностей (Pre-feasibility Study) допустимая погрешность снижается до 20%, а затраты возрастают до 0,25 до 3,0% стоимости проекта.

¹ Влияние проекта на смежный бизнес, а также социальное и государственное значение проектов являются различными проявлениями внешних эффектов. Под внешним эффектом принято понимать экономические последствия деловой активности, которые не отражаются в балансах, поскольку не являются следствием деловых сделок. См. Оксфордский толковый бизнес-словарь. – М.: Прогресс-Академия, 1995.

После осуществления названных двух стадий принимается решение о финансировании проекта и о разработке ТЭО (Feasibility Study). На стадии ТЭО расчеты делаются с допустимой погрешностью до 10%, а затраты на ее осуществление составляют от 0,2 до 1,0% стоимости проекта.

В целом, таким образом, затраты на все 3 стадии экономического обоснования инвестиционного проекта составляют от 0,65 до 5,0% стоимости проекта, причем 80% из этих затрат составляют затраты на первые две стадии: Opportunity Study и Pre-feasibility Study.

Принципы оценки эффективности инвестиционных проектов состоят в следующем:

- моделирование потоков продукции, ресурсов и денежных средств;

- учет результатов анализа рынка (предпроектный маркетинг), финансового состояния предприятия, претендующего на реализацию проекта, степени доверия к руководителям проекта, влияния реализации проекта на окружающую природную среду;

- определение эффекта посредством сопоставления предстоящих интегральных результатов и затрат с требуемой нормой дохода на капитал и др. показателями;

- приведение предстоящих разновременных доходов и расходов к условиям их соизмеримости по экономической ценности в начальном периоде (дисконтирование);

- учет влияния инфляции, задержек платежей и других факторов на ценность используемых денежных средств;

- учет неопределенности и рисков, связанных с осуществлением проекта;

- оптимизация принимаемых решений.

Основными интегральными показателями любого инвестиционного проекта являются:

- CASH FLOW (CF);

- NET PRESENT VALUE (NPV);

- INTERNAL RATE OF RETURN (IRR);

- CASH OUTFLOW (CO);

- PAYBACK PERIOD (PB);

- ФИНАНСОВЫЙ ПРОФИЛЬ ПРОЕКТА;

– РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ, SIMPL RATE OF RETURN (SRR).

Показатель CASH FLOW (CF) означает финансовый итог деятельности за определенный период времени в виде разности между суммой поступлений и суммой расходов капитала. Поступления всегда суммируют полностью, а расходы – с учетом либо без учета первоначальных инвестиций. При подсчете CF учитываются все виды выплат и поступлений, включая бартер (в денежном эквиваленте). Все расчеты ведутся в какой-либо одной валюте.

CF отличается от прибыли тем, что при его подсчете капиталовложения учитываются полностью в тот год, когда они сделаны, а не постепенно в виде амортизационных отчислений. Прибыль характеризует только деятельность, связанную с выпуском продукции, а CF все виды поступлений и расходов (включая сдачу в аренду, продажу имущества и др.). В периоды, когда выплаты (вложения) превышают поступления CF может иметь отрицательные значения (Negative cash flow).

Сущность показателя, CF видна из сопоставления вариантов перевода и трактовки этого термина, опубликованных в литературе:

- движение денежной наличности, движение ликвидности¹;
- поток наличности²;
- денежный поток, поток денежной наличности³.

Показатель NET PRESENT VALUE (NPV) представляет собой сумму дисконтированных финансовых итогов за все периоды (например, годы) осуществления проекта, считая от даты начала инвестиций.

¹ Оксфордский толковый бизнес-словарь. – М.: Прогресс-Академия, 1995.

² Самуэльсон П.А., Нордхаус В.Д. Экономика. Издание 15-ое. – М.: Бинум-КноРус, 1999; Словарь современной экономической теории. – М.: ИНФРА-М, 1997; Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утверждено Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госпромом России (№ 7–12/47 31 марта 1994 г.

³ Словарь современной экономической теории. – М.: ИНФРА-М, 1997.

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t / (1 + r)^t,$$

где CF_t — финансовый итог (Cash flow) периода (года) t , r — ставка дисконтирования (в долях единицы), n — длительность жизни (горизонт) проекта¹. NPV характеризует общий экономический эффект от инвестиционного проекта, его общий абсолютный результат.

Показатель INTERNAL RATE OF RETURN (IRR) представляет собой поверочный дисконт r , при котором $NPV = 0$. Иначе говоря, IRR — это такое значение r , что:

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t / (1 + r)^t = 0.$$

Сравнивая IRR со средней ставкой банковского процента на срочный вклад можно видеть целесообразность либо нецелесообразность вложений. Если IRR больше средней ставки банковского процента на срочный вклад, то разность между этими величинами показывает, в какой мере вложение средств в данный проект более эффективно, чем их помещение на срочный вклад в коммерческий банк под проценты. Для IRR существует множество названий:

- внутренний коэффициент возврата на вложения²;
- коэффициент дисконта денежных средств³;
- внутренняя норма прибыли⁴;
- норма прибыли дисконтированного потока денежных средств;
- внутренняя ставка дохода⁵;

¹ Длительность проекта — количество периодов (обычно, лет), на которые рассчитывается проект.

² Самуэльсон П.А., Нордхаус В.Д. Экономика. Издание 15-ое. — М.: Бином-Кно-Рус, 1999.

³ Там же.

⁴ Словарь современной экономической теории. — М.: ИНФРА-М, 1997.

⁵ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утверждено Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госпромом России (№ 7–12/47 31 марта 1994 г.

- внутренняя норма доходности¹;
- внутренняя норма рентабельности².

Показатель CASH OUTFLOW (CO) выражает максимальный долг, т.е.:

$$CO = \min_q \left\{ \sum_{t=1}^q CF_t / (1+r)^t \right\}.$$

Показатель PAYBACK PERIOD (PB) – это период времени, за который отдача на капитал достигает суммы инвестиций, иначе говоря, это такое k , при котором

$$\sum_{t=1}^k CF_t / (1+r)^t = 0.$$

Показатель PB наиболее близок по своему содержанию к традиционному для нашей экономики показателю «Срок окупаемости». Разница состоит в том, что при подсчете PB учитывают все первоначальные инвестиции и эксплуатационные расходы, а при подсчете «Срока окупаемости» только первоначальные расходы.

Опубликованные переводы термина PB:

- период окупаемости (капиталовложений)³;
- период окупаемости⁴;
- период окупаемости инвестиций⁵;
- срок окупаемости⁶.

Пусть $P(t)$ – прибыль в период t ; $V(t)$ – вложения собственных средств в период t ; $W(t)$ – вложения заемных

¹ Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. М.: Business Речь, Дело, 1992.

² Шерер Ф.М., Роос Д. Структура отраслевых рынков. Университетский учебник. – М.: ИНФРА-М, 1997.

³ Оксфордский толковый бизнес-словарь. – М.: Прогресс-Академия, 1995.

⁴ Словарь современной экономической теории. – М.: ИНФРА-М, 1997.

⁵ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утверждено Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госпромом России (№ 7–12/47 31 марта 1994 г.

⁶ Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. – М.: Business Речь, Дело, 1992.

средств в период t . Рентабельность капитальных вложений (Accounting or Simpl Rate of Return) в период d определяется выражением:

$$SRR = \left(\sum_{t=1}^d (P(t) - V(t)) \right) / \sum_{t=1}^d V(t).$$

Рентабельность акционерного капитала определяется:

$$SRR = \left(\sum_{t=1}^d (P(t) - W(t)) \right) / \sum_{t=1}^d W(t).$$

Если в некоторый период времени t прибыль $P(t)$ меньше вложений собственных средств $V(t)$, или заемных средств $W(t)$, то соответствующее слагаемое при подсчете рентабельности полагается равным нулю.

График, в котором по оси ординат (по горизонтали) откладывается время, а по оси абсцисс (вертикали) – дисконтированные суммарные итоги к каждому моменту времени на весь срок жизни (горизонт) инвестиционного проекта, иногда называют финансовым профилем проекта (рис. 6.13).

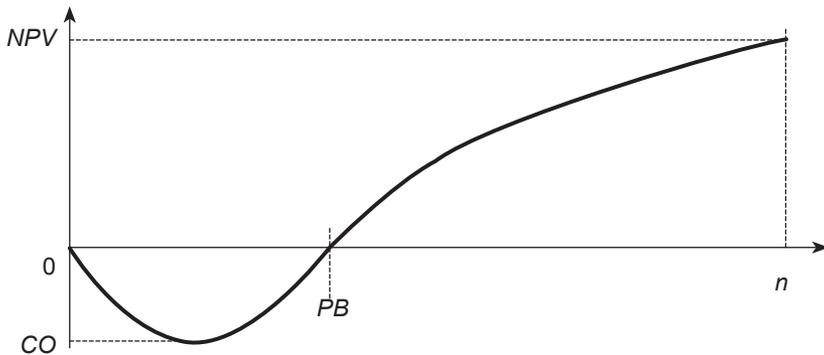


Рис. 6.13. Финансовый профиль проекта

6.2.2. Предпроектный маркетинг

Инвестиционные проекты ориентированы на производство и реализацию товаров и услуг в интересах юридических и физических лиц. Услуги являются экономическим товаром так как, с одной стороны, удовлетворяют определенные потребности людей и, с другой стороны, имеют спрос, достаточно дефицитны, чтобы иметь определенную цену.

Финансовый итог от производства и реализации экономического товара – это разность между суммой поступлений и суммой расходов по реализации проекта за определенный промежуток времени (показатель CF), который, в свою очередь, лежит в основе всех других интегральных показателей проекта.

Финансовые поступления от реализации товаров и услуг определяются ожидаемыми объемами продаж и их стоимостью, которые зависят не только от внутренних причин, таких, например, как качество оказываемого товара, но и от внешних причин: количества потенциальных покупателей, их доходов, предпочтений, условий конкуренции на рассматриваемом секторе рынка и др. Эти внешние факторы создают ситуацию неопределенности и делают погрешность в оценке интегральных показателей проекта неприемлемо большой.

Основной задачей предпроектного маркетинга является оценка ожидаемых объемов продаж и цен на товары и услуги на стадии разработки проекта когда еще не проводились пробные продажи и информация о рассматриваемом секторе рынка ограничена. Схема взаимосвязей показателей и место в ней предпроектного маркетинга иллюстрирует рис. 6.14.

Известные методы маркетинговых исследований¹ для выполнения предпроектного маркетинга применимы с существенными ограничениями, в частности:

– частично или полностью исключены пробные продажи и ввиду отсутствия проектируемого производства;

¹ Афанасьев М.П. Маркетинг: стратегия и практика фирмы. – М.: Финстатинформ, 1995; Котлер. Управление маркетингом. – М.: Наука, 1970; Электронный маркетинг. – М.: ИНФРА-М, 2003.

– ограничены возможности опросов, так как потенциальные потребители недостаточно осведомлены о намечаемых к производству товарах и услугах, способах и условиях их предоставления;

– ограничены возможности получения информации о возможной реакции конкурентов, в частности об их политике цен и о намечаемых новациях в способах продаж.

Для проведения предпроектного маркетинга в наибольшей мере подходит так называемый аналитический маркетинг, заключающийся в том, чтобы:

– во-первых, составить модель, выражающую математическую зависимость ожидаемого объема продаж от факторов, определяющих платежеспособный спрос, и цены на предлагаемую услугу;

– во-вторых, оценить факторы;

– в-третьих, выполнить расчет и проанализировать результаты.

Основной задачей предпроектного маркетинга является оценка ожидаемых объемов продаж и цен на намечаемые к производству услуги информатизации на стадии разработки проекта. Это иллюстрирует рис. 6.14.

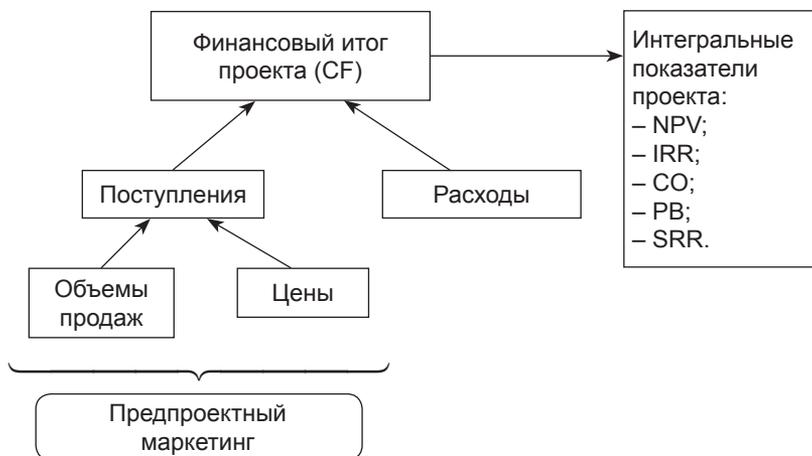


Рис. 6.14. Задачи предпроектного маркетинга

При разработке модели необходимо выделить главные факторы и отбросить второстепенное. Рекомендуется учитывать: количество потенциальных покупателей (физических и юридических лиц) на рассматриваемом секторе рынка (f_1); средний годовой доход потенциального получателя (f_2); доля дохода, которую предполагаемые клиенты будут готовы расходовать на товарную группу, к которой относится намечаемый к производству товар или услуга (f_3); доля затрат на конкретный товар или услугу в данной товарной группе (f_4); доля рынка, занятая конкурентом (f_5).

При намечаемой средней цене товара или услуги C ожидаемый объем продаж выражается формулой:

$$Fa = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 * (1 - f_5) / C.$$

Основным способом оценки факторов $f_1 \dots f_5$ являются экспертные оценки. В условиях недостаточности исходной информации, как правило, не представляется возможным оценить конкретные значения факторов, а только предельные значения: минимальное f_i^{\min} и максимальное f_i^{\max} , $i = 1, \dots, 5$. Интервал неопределенности в оценке фактора $\Delta f = f_i^{\max} - f_i^{\min}$ одновременно является выражением погрешности в оценке фактора. В частности, погрешность в оценке ожидаемого объема продаж:

$$\Delta Fa = Fa^{\max} - Fa^{\min},$$

где $Fa^{\max} = (f_1^{\max} * f_2^{\max} * f_3^{\max} * f_4^{\max} * (1 - f_5^{\min})) / C$

и $Fa^{\min} = (f_1^{\min} * f_2^{\min} * f_3^{\min} * f_4^{\min} * (1 - f_5^{\max})) / C$.

Как правило, погрешность ΔFa оказывается неприемлемо большой. Добиться существенного снижения погрешности можно, если учесть поведение поставщика товара или услуги, который ориентируется на минимизацию своих рисков. Спрос Fa можно рассматривать как случайную величину с равномерным законом распределения вероятностей на интервале $[Fa^{\min}, Fa^{\max}]$. Планируемый объем поставки товара или услуги PL в принципе может принять любое значение в пределах этого интервала. Но если окажется, что фактический спрос Fa меньше намеченного плана поставки PL , то

издержки завышения будут выражаться величиной затрат на производство невостребованной продукции $S * (PL - FA)$. При этом S – себестоимость товара или услуги. В данном случае, важное значение имеет способ расчета ожидаемой себестоимости S . Дело в том, что классическая модель калькуляции себестоимости обладает определенными недостатками. Один из лучших инструментов для совершенствования калькуляционных систем – применение ABC-подхода¹, а именно, пооперационного калькулирования себестоимости. При этом отдельная операция рассматривается как основной объект калькулирования. Операция – это событие, задача или единица работы с отдельной целью, например проектирование продукта, установки оборудования, обслуживания оборудования и распределения продукции. ABC-система подсчитывает затраты по отдельным операциям и распределяет их по объектам калькулирования себестоимости на основе операций, предпринятых для выпуска каждого продукта или услуги.

Если объем поставки окажется меньше спроса, то роль издержек занижения принимает упущенная прибыль $(C - S) * (FA - PL)$. Соответственно:

Риск завышения = $M\{S * (PL - FA), PL > FA\}$;

Риск занижения = $M\{(C - S) * (FA - PL), PL < FA\}$, где M – знак математического ожидания.

Исходя из условия:

$$\text{Риск завышения} = \text{Риск занижения}$$

можно рассчитать оптимальный по рискам план поставки по формуле²:

$$PL = Fa^{\min} + (Fa^{\max} - Fa^{\min}) * \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{S}{C - S}}}$$

При этом надежность составит:

¹ <http://tnnick.livejournal.com/7623.html>

² См. В.Е. Лихтенштейн, В.И. Павлов. Экономико-математическое моделирование. – М.:ПРИОР, 2000. – С. 185–187.

$$P^0 = P(Fa \geq PL) = 1 - \frac{PL - Fa^{\min}}{Fa^{\max} - Fa^{\min}}.$$

Величина оптимального по рискам плана поставки, найденная по приведенной выше формуле, тоже имеет погрешность, но эта погрешность на 1-2 порядка меньше ΔFa .

Формулы обладают тем достоинством, что позволяют с минимальными усилиями и затратами получить оценки ожидаемых объемов продаж, необходимые для расчетов интегральных показателей инвестиционного проекта. Но формулы обладают ограниченными возможностями исследования влияния различных факторов, определяющих условия осуществления проекта. Гораздо большие возможности для этого предоставляют реализованные в Equilibrium Эволюционно-симулятивные модели товарных рынков и рынков услуг. Подробно модель маркетингового планирования рассмотрена в главе 3 в [3]. Упрощенный вариант этой модели мы рассмотрели в § 6.1.1. Наиболее полные исследования могут выполняться с помощью специализированных моделей, таких, например, как модель рынков сельскохозяйственной продукции (см. § 5.3).

6.2.3. Оптимизация состава проекта

Проект, как правило, содержит достаточно большое число мероприятий по техническому проектированию, закупке материалов и оборудования, выполнению строительных, монтажных, наладочных работ и др. Большинство мероприятий может быть выполнено в альтернативных вариантах. В частности, для выполнения отдельных работ, как правило, могут быть привлечены различные исполнители, а среди материалов и оборудования обычно имеются многообразные варианты взаимозаменяемости. Кроме того, между мероприятиями имеются логические связи, проистекающие из технических, организационных и финансовых особенностей проекта и условий его реализации. В частности, проектные, строительные, монтажные и отладочные работы должны выполняться в определенной последовательности; материальное и фина-

совое обеспечение может осуществляться в определенном режиме. Некоторые из мероприятий являются целевыми, непосредственно обеспечивающими производство товара или услуги для конечных пользователей. Каждое из мероприятий требует определенных затрат различных ресурсов, результат осуществления мероприятия чаще всего может иметь денежное выражение.

В целом, таким образом, задача оптимизации проекта сводится к тому, чтобы из избыточного набора вариантов мероприятий, включая альтернативные, составить набор, который удовлетворяет логическим условиям, ресурсным ограничениям, и обеспечить наилучшее по выбранному критерию достижение заданных целей. В общем виде эта задача имеет формулировку (2.13) – (2.19). Мы рассмотрим содержание этих соотношений применительно к задаче компоновки инвестиционного проекта.

При разработке инвестиционного проекта в качестве мероприятий выбираются такие относительно обособленные части проекта, которые при своей реализации способны приносить прибыль. Перечень мероприятий должен быть избыточным с точки зрения имеющихся финансовых ресурсов. Каждому мероприятию присваивается номер, название и дается краткое описание. Для каждого мероприятия рассчитывается «отток» и «приток». Отток – это совокупные современные (иначе говоря, дисконтированные, или, что то же самое, приведенные к настоящему моменту времени) затраты финансовых ресурсов, необходимых для осуществления мероприятия. Отток рассчитывается по формуле:

$$\text{Отток} = \sum_{t=1}^T Z_t \left(1 + \frac{P}{100} \right)^{-t},$$

- где t – номер временного интервала (года);
 T – длительность проекта;
 Z_t – расходы на данное мероприятие, а именно: капитальные вложения без учета текущих затрат, в период t ;
 P – средняя ставка банковского процента по кредитам на срок, равный длине рассматриваемого временного интервала.

Величина P называется дисконтом, а $(1 + P/100)^{-t}$ – дисконтным множителем. При оптимизации отток играет роль ограниченного ресурса (2.14).

Приток – это совокупные современные (т.е. дисконтированные) прибыль и амортизационные отчисления, ожидаемые от осуществления мероприятия.

Приток рассчитывается по формуле:

$$\text{Приток} = \sum_{t=1}^T V_t \left(1 + \frac{P}{100}\right)^{-t},$$

где V_t – прибыль и амортизационные отчисления от мероприятия в период t .

При оптимизации приток рассматривается в роли целевого показателя (2.19).

Логические связи (2.14) – (2.18) между мероприятиями формулируются исходя из содержания мероприятий, условий их осуществления, технических и организационных требований. Способы ввода логических связей при решении задачи с помощью Combinatorics описаны в § 2.2.5.

6.2.4. Оценка внешних эффектов реализации проектов

Осуществление проекта в области ИКТ может повлечь дополнительные социальные затраты, лежащие на другие фирмы, домашние хозяйства, физических лиц и государство, либо, напротив того, привести к дополнительным выгодам для хозяйствующих субъектов, в частности, государства. Эти внешние эффекты не отражаются в балансах. Вместе с тем оценка их размера и направленности имеет важное практическое значение¹.

Внешние эффекты проекта не имеют прямого денежного выражения, так как сами по себе не являются предметом обмена. Поэтому единственно возможным способом оцен-

¹ Лауреат Нобелевской премии Р. Коуз показал, что с помощью договоров и налогов, учитывающих внешние эффекты (экстернали), можно обеспечить согласование интересов всех хозяйствующих субъектов рыночными методами.

ки внешних эффектов проекта, таких, например, как безопасность, социальные последствия, государственная значимость, влияние на другой бизнес и др. является применение экспертных оценок. Задачи экспертов:

- установить наличие внешних эффектов;
- оценить размер каждого внешнего эффекта в соответствующей шкале и его направленность;
- указать хозяйствующих субъектов, на которых эти эффекты направлены;
- предложить меры, компенсирующие потери или перераспределяющие дополнительные выгоды внешних эффектов между бизнесом, создающим внешние эффекты, и субъектами, подверженными их воздействию.

Большое разнообразие проектов и огромное разнообразие внешних эффектов делают не целесообразным устанавливать единый и универсальный способ оценки внешних эффектов, перечислять их возможное содержание и способы оценки. Методы экспертизы рассмотрены в приложениях 8 и 9 в [4].

6.2.5. Программное обеспечение

Для разработки инвестиционных проектов создан ряд компьютерных программ, в частности: COMFAR (Computer Model for Feasibility Analysis and Reporting), PROPSIN (PROject Profile Screening and Pre-appraisal INFORMATION), разработаны в UNIDO – Организации объединенных наций по промышленному развитию, а также отечественные пакеты АЛЬТ-ИНВЕСТ (фирмы «АЛЬТ», Санкт-Петербург), INVESTOR, PROJECT-EXPERT и др. Эти программы полезны не столько при разработке, сколько при оформлении технико-экономического обоснования проекта. На первых же двух стадиях (Opportunity Study и Feasibility Study) их применение затруднительно или даже нецелесообразно, так как, во-первых, все эти системы имеют ограниченную возможность учета влияния конкретных рисков. Во-вторых, все указанные продукты являются расчетными моделями, не представляя ни одного алгоритма оптимизации. В-третьих, рассмотренные продукты не имеют ни визуальных (графи-

ческих), ни аналитических средств сравнения различных проектов¹.

Все названные программы, имея ряд отличий и особенностей, по сути дела предлагают на основе весьма детализированных исходных данных рассчитывать интегральные показатели: NPV, IRR, PBP и др. При этом предполагается, что разработчик проекта, еще до принятия принципиального решения об инвестициях, на стадии отработки идеи, должен знать не только, что и как он собирается производить, где, в каком количестве продавать, но также знать организационную структуру своего производства, штаты, зарплату, командировочные расходы, намечаемые на перспективу конструкторские работы, затраты на ремонт и замену оборудования и т.п. вплоть до канцелярских расходов и командировочных расходов на весь срок жизни проекта. Очевидно, что на первых стадиях разработки экономического обоснования инвестиционного проекта (Opportunity Study и Feasibility Study) это невозможно. Другой недостаток этих подходов состоит в том, что вся информация полностью относится к инвестиционному проекту как к целому, без выделения мероприятий в составе проекта и возможности их компоновки.

Названные программные продукты можно применить только на стадии, когда идея проекта, состав намечаемых мероприятий и схема финансирования уже разработаны и не подлежат изменению, т.е. стратегические решения уже приняты.

Можно предложить способ расчета интегральных показателей инвестиционного проекта, который обеспечивает возможность компоновать мероприятия в составе проекта в режиме диалога. Этот способ иллюстрирует табл. 6.7. Предполагается, что составлен избыточный набор мероприятий. В первой строке табл. 6.7 указаны коэффициенты дисконтирования. В правых столбцах указаны суммарные и дисконтированные суммарные оттоки (О) и притоки (П) по каждому

¹ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования, утвержденными Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госкомпромом России (№ 7–12/47 31 марта 1994 г.

Таблица 6.7

Денежные потоки

Дисконтирование	0,9091	0,8264	0,7513	0,683	0,6209	0,5645	0,5132	Сумма	Дисконт. сумма
Периоды (годы) ®									
1	О	10	10	10	5			40	40
	П		1,4	7	7,875	8,75	9,625	34,65	34,65
2	О	7	5	3				15	15
	П		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	7	7
3	О	2	5	7	5	5		24	24
	П			5,6	6,475	7,35	8,225	27,65	27,65
4	О	2	3					5	5
	П		0,41	2,05	4,1	4,1	4,1	18,86	18,86
5	О	1						1	1
	П		1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	6,06	6,06
6	О	1,2	0,3					1,5	1,5
	П		1,415	1,415	1,415	1,415	1,415	8,49	8,49
7	О	0,6						0,6	0,6
	П			1,05	0,63	0,21	0,21	2,31	2,31
√ 8	О	1						1	1
	П		1,1	0,55	0,275			1,925	1,925
9	О	1	0,3	0,4				1,7	1,7
	П		1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	9,4	9,4
10	О	1,5						1,5	1,5
	П		1,65	2,2	2,2	2,2	2,2	12,65	12,65

Продолжение табл. 6.7

Дисконтирование		0,9091	0,8264	0,7513	0,683	0,6209	0,5645	0,5132	Сумма	Дисконт. сумма
Периоды (годы) ®		1	2	3	4	5	6	7		
√ 11	О	3	3	2					8	8
	П			1,472	7,36	9,2	9,2	9,2	36,432	36,432
12	О	3	2						5	5
	П			0,396	1,188	1,188	1,188	1,188	5,148	5,148
13	О	2	1						3	3
	П		0,52	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	5,72	5,72
14	О	0,5	0,5						1	1
	П		0,162	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	2,187	2,187
15	О	1,2	1,3						2,5	2,5
	П		0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	5,13	5,13
√ 16	О							1	1	1
	П							6,9998	6,9998	6,9998
17	О	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,07
	П									
18	О	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14	0,14
	П									
Валовой отток		4	3	2				1	10	10
Валовой приток			1,1	2,022	7,635	9,2	9,2	16,19	45,3568	45,3568
Cash Flow		-4	-1,9	0,022	7,635	9,2	9,2	15,19	-----+	-----
Cumulait. Cash Flow		-4	-5,9	-5,87	1,757	10,95	20,15	35,35	-	-
Net Present Value"		-3,636	-5,20	-5,19	0,024	5,737	10,93	18,73	-	-

мероприятию. В последних строках табл. 6.7 показаны интегральные показатели проекта с учетом только тех мероприятий, которые помечены символом «√». С помощью макроса можно процесс компоновки мероприятий автоматизировать следующим образом: пометка мероприятия флажком приводит к тому, что оно включает проект и участвует в расчетах интегральных показателей, а при снятии флажка – не участвует.

Таблица Excel может также использоваться для расчетов PL и P^0 на стадии предпроектного маркетинга по формулам, приведенным в § 6.2.2. Эти прикидочные расчеты возможны при сильных упрощающих предположениях:

- Fa имеет равномерный закон распределения вероятностей значений на конечном интервале;
- цена и себестоимость не зависят от объемов продаж;
- себестоимость нереализованных услуг является чистой потерей.

Все эти ограничения снимаются при применении модуля «Equilibrium» системы «Decision». «Decision» позволяет осуществлять предпроектный маркетинг в режиме диалога и, кроме того, выполнять всесторонние исследования, в том числе исследовать:

- политику цен;
- взаимодействие с конкурентами;
- влияние ситуации на рынке на результаты осуществления проекта;
- влияние мер по снижению себестоимости на эффективность проекта.

С помощью Equilibrium можно исследовать сценарии реализации проекта, в которых рассматриваются различные варианты осуществления мер, влияющих на себестоимость, качество и политику цен. Так, например, меры, увеличивающие единовременные затраты и снижающие себестоимость, возможно позволят снизить цену, что, в свою очередь, может увеличить объем продаж. В зависимости от складывающейся конъюнктуры на рассматриваемом секторе рынка это может привести к значительному, иногда многократному росту прибыли, или иметь несущественные или даже отрицательные следствия.

Оптимальная компоновка проекта из мероприятий, имеющих не только общие ресурсные ограничения, но и логические связи, может быть осуществлена с помощью модуля Combinatorics инструментальной системы Decision. Надо сказать, что в достаточно простых случаях, когда число мероприятий не превосходит 15–20 и число логических связей не превосходит 10–15 задача может быть решена вручную. Но если количество N мероприятий больше, то чтобы составить оптимальный вариант методом полного перебора, потребуется сопоставить $V = \sum_{k=1}^N C_N^k = \sum_{k=1}^N \frac{N!}{k! * (N - k)!}$ вариантов. Например, при $N = 75$ $V \approx 2 * 10^{23}$. Перебор такого количества вариантов без соответствующих математических методов невозможно осуществить не только вручную, но даже с применением самой быстродействующей современной вычислительной техники¹. Все эти ограничения снимаются при применении модуля Combinatorics системы Decision, которая позволяет осуществлять оптимизацию проектов в режиме диалога.

Существует разнообразное программное обеспечение для экспертизы внешних эффектов. Программа «БЫСТРЫЙ РЕЙТИНГ», созданная в АОЗТ «ВНЕШКОНСУЛЬТ ИНВЕСТ ЛТД», предназначена для оптимизации решений при проведении конкурсов инвестиционных проектов и тендеров, выборе направления развития при стратегическом планировании деятельности предприятия и банка. Эта программа опирается исключительно и только на экспертные оценки и по возможности пытается учесть субъективный характер мнений экспертов. Расчет рейтингов производится на основе пятибальных оценок с учетом рангов экспертов, ранжировки критериев и степени превосходства рангов. Отражая интегральную оценку варианта его рейтингом, более высокий рейтинг соответствует лучшему варианту.

Программа, названная «Метод Анализа Иерархий» (МАИ), разработана в МГТУ им. Н.Э. Баумана. В название

¹ Для перебора $2 * 10^{23}$ вариантов машине с числом операций 40 млрд/сек потребовалось бы около 100 тысяч лет.

системы вошло наименование ее основополагающего метода — Метода Анализа Иерархий, разработанного американским математиком Т. Саати для математической обработки экспертной информации. Суть метода сводится к тому, что сложные иерархически организованные объекты можно исследовать путем декомпозиции иерархии — разбиения ее на уровни и последовательного по парного сравнения элементов, содержащихся внутри одного уровня. При этом каждый элемент сравнивается со своим собратом сквозь призму элемента вышележащего уровня. Для удобства проведения процедуры сравнения Саати предложил использовать вербальные (словесные) оценки из когнитивной психологии. Математическая обработка получаемых подобным образом оценок приводит к описанию всех элементов иерархии, включая получение оценок по элементам одного уровня.

Автоматизированная Система Экспертного Оценивания (АСЭО) «ВЫБОР ПРОЕКТА» разработана в ЦЭМИ РАН. Система представляет собой методическое и программное обеспечение технологии экспертиз. Ее особенность — ориентация на работу с экспертами высокой квалификации, возможность обработки неполных данных, учета индивидуальных предпочтений эксперта.

Автоматизированная система экспертного оценивания «ПРИОРИТЕТНОСТЬ ФИНАНСИРОВАНИЯ» также разработана в ЦЭМИ и предназначена для сопровождения и повышения эффективности работы высококвалифицированных специалистов — экспертов. Обязательным элементом является при этом оценочная система, настраиваемая на конкретный объект экспертизы, которая включает набор критериев, информацию об их сравнительной весомости, о шкалах значений критериев. В то же время оценочная система необходима и для учета субъективных факторов самого эксперта.

Программа «ОЦЕНКА И ВЫБОР», разработанная Д. Абдрахимовым и А. Иоффином, предназначена для решения задач ранжирования на основе экспертных оценок. Ключевая функция программы — многокритериальная оценка степени соответствия любых объектов, в частности, внешних эффектов, комплексу предъявляемых требований и предпочтений.

Для применения этой системы необходимо разработать комплекс требований и предпочтений к мероприятиям. Использование этой системы становится целесообразным в ситуациях, когда объем информации об анализируемых объектах значительно превышает возможности человека производить прямые сопоставления, т.е. когда имеется много мероприятий и они имеют много количественных и качественных характеристик. При решении особо ответственных вопросов, программа обрабатывает мнения группы экспертов численностью до 10 человек.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ РАВНОВЕСНЫМИ СЛУЧАЙНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

7.1. Задачи и методы моделирования ОЭС

Организационно-экономические системы (ОЭС) можно определить как организованную совокупность людей и средств, осуществляющих свою деятельность в интересах определенной экономической цели. ОЭС чрезвычайно разнообразны. Это не только предприятия, учреждения, отрасли, города и регионы, но также и разнообразные их подсистемы, такие, например, как финансовая подсистема предприятия или транспортная подсистема города. При исследовании ОЭС, а также и при управлении ими возникает ряд задач, которые классифицируются на следующие основные виды:

– анализ структуры – это выявление основных элементов ОЭС и связей между ними;

– исследование устойчивости – установление того, пойдет ли ОЭС «в разнос», будет ли она подвержена неодолимым тенденциям или способна к устойчивому функционированию;

– исследование динамики – прогнозирование ожидаемых значений параметров ОЭС на определенную перспективу (в предположении, что ОЭС устойчива);

– поиск оптимальных воздействий – установление точки приложения воздействия на ОЭС, размера воздействия и направленности воздействия, так, чтобы способствовать достижению некоторых желаемых тенденций.

Методами решения этих задач являются графы (в частности, знаковые, взвешенные, функциональные и ориентированные), имитационное моделирование и Эволюционно-симулятивный метод (ЭСМ). Соответствие задач и методов показано в табл. 7.1.

Названные задачи часто могут решаться поэтапно, причем в той последовательности, в которой они перечислены выше. Решение каждой последующей задачи предполагает применение сочетания названных методов. Причем сочетание методов не является их механическим наложением, а опирается на соблюдение определенных методических принципов, учитывающих особенности методов.

В частности:

- наличие взвешенного или функционального ориентированного графа поглощает возможности, которые предоставляет наличие знакового графа, а именно: достаточно для решения как задач, связанных с анализом структуры ОЭС, так и задач по исследованию устойчивости;

- импульсный процесс может применяться только в сочетании с взвешенным или функциональным ориентированным графом и позволяет исследовать динамику;

- имитационное моделирование, с одной стороны, дополняет возможности, предоставляемые ориентирован-

Таблица 7.1

Задачи и методы моделирования ОЭС

Методы	Знаковый орграф	Взвешенный (функциональ- ный) орграф	Импульсный процесс	Имитационное моделирование	Эволюционно- симулятивный метод
Задачи					
Анализ структуры	+	+			
Исследование устойчивости	+	+			
Исследование динамики		+	+	+	
Поиск оптимальных воздействий					+

ным взвешенным или функциональным знаковым графом (в частности, позволяет учитывать, что в вершинах графа может происходить задержка сигнала во времени, накопление сигнала, распределение с соблюдением определенных логических условий), но, с другой стороны, само по себе недостаточно для анализа структуры и исследования устойчивости. Сочетание имитационного моделирования и знакового графа состоит в том, что знаковый граф представляет структуру имитационной модели, а имитационная модель раскрывает содержание взаимодействия вершин. Такое сочетание методов предоставляет возможность решать задачи анализа структуры, исследования устойчивости и исследования динамики;

– эволюционно-симулятивный метод может сочетаться как с импульсным процессом, так и с имитационным моделированием. В обоих случаях это позволяет решать задачу поиска оптимальных воздействий. Методические принципы сочетания импульсного процесса и ЭСМ основаны на том,



Рис. 7.1. Последовательность действия и взаимная обусловленность методов исследования ОЭС

что одна из вершин взвешенного или функционального ор- графа связывается с точкой приложения импульса, другая – с выражением риска завышения, третья – с выражением ри- ска занижения. Методические принципы сочетания имита- ционного моделирования и ЭСМ предусмотрены в рамках самой эволюционно-симулятивной методологии и опреде- ляют состав имитационных моделей: одна модель должна воспроизводить размер импульса, другая – риск завышения, третья – риск занижения.

Последовательность применения методов, перечислен- ных в табл. 7.1, отражает логику и технологию выполнения исследования ОЭС. Применение каждого предыдущего мето- да является необходимым условием для применения по- следующего. Это иллюстрирует рис. 7.1.

Последовательности применения методов могут быть не- полными. В частности, возможно применять знаковые гра- фы, без последующего осуществления импульсного процесса и применения ЭСМ, или применение имитационных мо- делей и ЭСМ без построения знаковых графов, или просто применение имитационных моделей.

7.2. Технология решения задач по моделированию и управлению ОЭС

Пример знакового ориентированного графа для анализа потребления электроэнергии¹ приведен на рис. 7.2. Вершины графа соответствуют выделенным элементам системы энергос- набжения (стоимость электроэнергии, состояние окружающей среды и др. – всего 7 элементов), а дуги² графа соответствуют связям между элементами. То, что граф является знаковым и ориентированным, означает, что на графе указано не только то, на какие элементы структуры влияет данный элемент, но

¹ Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложением к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – С. 162.

² Дугой называется ориентированное ребро. Ребро соединяет вер-шины графа.

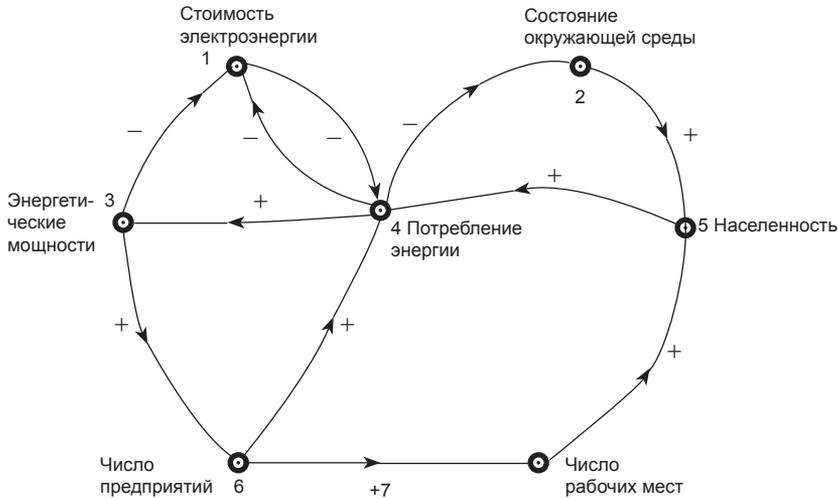


Рис. 7.2. Знаковый ориентированный граф для анализа потребления электроэнергии

также направленность этого влияния: в сторону увеличения (положительная) или уменьшения (отрицательная).

Этим исчерпывается информация о моделируемой системе, содержащаяся в знаковом ориентированном графе. Тем не менее, и этой информации оказывается достаточно для исследования устойчивости. В частности, в [5] даны доказательства следующих утверждений.

Утверждение 1. Знаковый граф, не содержащий циклов¹, импульсно устойчив² для всех простых импульсных процес-

¹ *Циклом* называется замкнутая цепь. *Цепь* – это маршрут, все ребра которого различны. *Маршрут* – это чередующаяся последовательность вершин и рёбер, в которой любые два соседних элемента инцидентны, т.е. соединяются этим ребром.

² *Импульсно устойчивая (абсолютно устойчивая) вершина* знакового, взвешенного знакового, функционального знакового орграфа для некоторого заданного импульсного процесса – это вершина, последовательность абсолютных величин импульсов в которой ограничена. *Знаковый орграф импульсно (абсолютно) устойчив* для данного импульсного процесса, если каждая его вершина является импульсно (абсолютно) устойчивой в этом импульсном процессе.

сов¹. Кроме того, для любого импульсного процесса существует конечный момент времени, после которого импульсы во всех вершинах во все последующие моменты равны 0.

Утверждение 2. Знаковый граф, содержащий лишь один цикл, импульсно устойчив для всех простых импульсных процессов.

Утверждение 3. Знаковый граф, содержащий только взаимодействующие между собой циклы², импульсно устойчив во всех простых импульсных процессах. (См. [5], стр. 283–284).

Четный цикл³ является простейшей моделью структурной неустойчивости, так как любое начальное изменение параметров в любой его вершине приводит к неограниченному росту модуля параметров вершин цикла, в то время как любое изменение параметров любой вершины нечетного цикла приведет лишь к осцилляции параметров вершин. (См. [5], стр. 282).

Из сказанного понятно, что построение знакового орграфа позволяет получить много полезной информации как о структуре ОЭС, так и об ее устойчивости. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что построение знакового орграфа является сложным творческим процессом и своеобразным искусством. Не существует четко сформулированных правил выделения вершин (элементов ОЭС) или дуг (связей в ОЭС). Критерием адекватности построенного знакового орграфа

¹ *Импульсом* в вершине в данный момент времени называется изменение параметра в этой вершине в данный момент. *Импульсным процессом* называется изменение параметров в вершинах, происходящее в результате передачи импульса по дугам. *Простой импульсный процесс* — это процесс, который начинается с внешнего импульса, поданного в одну из вершин, и не сопровождается другими внешними импульсами.

² *Взаимодействующие циклы знакового орграфа* — это циклы, имеющие хотя бы одну общую вершину или соединенные хотя бы одним мостом. *Мостом* называется ребро, удаление которого увеличивает количество компонент связности в графе. *Компонентом связности* называется подмножество вершин графа — такое, что для любых двух вершин из этого множества существует путь из одной в другую, и не существует пути из вершины этого множества в вершину не из этого множества. *Путем* на графе называется последовательность вершин, таких, что две любые последовательные вершины соединены хотя бы одной дугой.

³ *Четный цикл* — это цикл, который имеет положительное произведение знаков всех входящих в него дуг, нечетный — отрицательное.

Матрица смежности орграфа потребления электроэнергии

Вершины	$\nu(1, t)$	$\nu(2, t)$	$\nu(3, t)$	$\nu(4, t)$	$\nu(5, t)$	$\nu(6, t)$	$\nu(7, t)$
$\nu(1, t)$	0	0	0	1	0	0	0
$\nu(2, t)$	0	0	0	0	1	0	0
$\nu(3, t)$	1	0	0	0	0	1	0
$\nu(4, t)$	1	1	1	0	0	0	0
$\nu(5, t)$	0	0	0	1	0	0	0
$\nu(6, t)$	0	0	0	1	0	0	1
$\nu(7, t)$	0	0	0	0	1	0	0

является практика, иначе говоря, соответствие между выводами, которые можно сделать из анализа орграфа, и результатами натурных наблюдений.

При наличии взвешенного ориентированного орграфа можно осуществить простой импульсный процесс и с его помощью исследовать динамику. Технология осуществления простого импульсного процесса использует матрицу смежности орграфа¹.

Пусть $\nu(i, t)$ — значение вершины номер i в момент времени t ; $x(i, j)$ — коэффициенты матрицы смежности, где i — исходящая вершина, j — входящая вершина. Для орграфа, показанного на рис. 7.2, матрица смежности имеет вид, показанный в табл. 7.2. Этот граф не является взвешенным (у него вес присутствующей дуги равен 1, а отсутствующей — 0) и не имеет петель (т.е. дуг исходящих и входящих в одну и ту же вершину). У взвешенного орграфа вес дуги может выражаться любым положительным либо отрицательным числом. Более общий и вместе с тем достаточно простой пример взвешенного орграфа показан на рис. 7.3. На примере этого орграфа мы рассмотрим способы осуществления простого импульсного процесса.

¹ *Матрица смежности графа* — это квадратная матрица, в заголовках которой по вертикали и горизонтали указаны названия вершин. При ориентированном графе коэффициент матрицы равен 1, если существует ребро, соединяющее эти вершины, и 0 в противном случае. Если граф является взвешенным, то при наличии ребра коэффициент матрицы равен весу этого ребра.

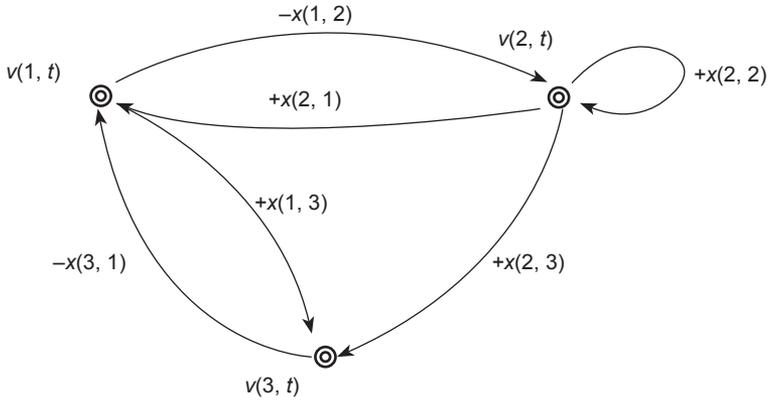


Рис. 7.3. Взвешенный оргграф с петлей

Предположим, что значения вершин в момент $t = 1$ и значения вершин и коэффициентов матрицы смежности оргграфа, показанного на рис. 7.3, представлены в табл. 7.3.

Формула осуществления импульсного процесса:

$$v(i, t + 1) = v(i, t) + \sum_{j=1}^J x(j, i) * h(i, t), i = 1, \dots, I, t = 1, 2, 3, \dots \quad (7.1)$$

где J – количество вершин графа,

$h(i, t)$ – импульс, исходящий из вершины i в момент t позволяет вычислить значение вершины в момент $t + 1$ через ее значение в момент t и величины импульсов.

Таблица 7.3

Матрица смежности в момент $t = 1$ оргграфа на рис. 7.3

Вершины	$v(1, 1) = 5$	$v(2, 1) = 15$	$v(3, 1) = 11$
$v(1, 1) = 5$	$x(1, 1) = 0$	$x(1, 2) = -0,3$	$x(1, 3) = 0,7$
$v(2, 1) = 15$	$x(2, 1) = 0,4$	$x(2, 2) = 0,3$	$x(2, 3) = 1,1$
$v(3, 1) = 11$	$x(3, 1) = -0,2$	$x(3, 2) = 0$	$x(3, 3) = 0$

Алгоритм осуществления простого импульсного процесса следующий:

1. Вначале импульсного процесса входной вершине придается приращение Δ , т.е. полагается: $v(i, t + 1) = v(i, t) + \Delta$, где i – вершина, на которую подается внешний импульс.

2. Далее рассчитываются импульсы, исходящие из вершин:

$h(i, t + 1) = v(i, t + 1) - v(i, t)$, $i = 1, \dots, I$. Импульс $h(i, t + 1)$ направляется во все вершины, в которые идет исходящее ребро.

3. Изменения в вершинах рассчитываются по формуле (1). Если $t < T$ то переходим к алгоритму 2, иначе – остановка.

Рассмотрим пример расчета импульсного процесса для графа, показанного на рис. 7.3, при значениях вершин и коэффициентов матрицы смежности, представленных в табл. 7.2.

Будем считать, что начальный импульс $\Delta = 0,9$ подается в вершину 1. Для момента времени $t = 2$:

Вычисляем импульсы: $h(1, 2) = 5,9 - 5 = 0,9$;

$h(2, 2) = h(3, 2) = 0$.

Вычисляем значения вершин:

$$v(1,2) = v(1,1) + x(1,1) * h(1,2) + x(2,1) * h(2,2) + x(3,1) * h(3,2) = 5,9 + 0 * 0,9 + 0,4 * 0 + (-0,2) * 0 = 5,9$$

$$v(2,2) = v(2,1) + x(1,2) * h(1,2) + x(2,2) * h(2,2) + x(3,2) * h(3,2) = 15 - 0,3 * 0,9 + 0,4 * 0 + 0 * 0 = 14,73$$

$$v(3,2) = v(3,1) + x(1,3) * h(1,2) + x(2,3) * h(2,2) + x(3,3) * h(3,2) = 11 + 0,7 * 0,9 + 1,1 * 0 + 0 * 0 = 11,63$$

Для момента времени $t = 3$:

Вычисляем импульсы: $p(1,3) = 5,9 - 5,9 = 0$;

$p(2,3) = 14,73 - 15 = -0,27$

$p(3,3) = 11,63 - 11 = 0,63$.

Вычисляем значения вершин:

$$v(1,3) = v(1,2) + x(1,1) * h(1,3) + x(2,1) * h(2,3) + x(3,1) * h(3,3) = 5,9 + 0 * 0 + 0,4 * -0,27 + (-0,2) * 0,63 = 5,66$$

$$v(2,3) = v(2,2) + x(1,2) * h(1,3) + x(2,2) * h(2,3) + x(3,2) * h(3,3) = 14,73 - 0,3 * 0 + 0,4 * -0,27 + 0 * 0,63 = 14,62$$

$$v(3,3) = v(3,2) + x(1,3) * h(1,3) + x(2,3) * h(2,3) + x(3,3) * h(3,3) = 11,63 + 0,7 * 0 + 1,1 * -0,27 + 0 * 0,63 = 11,33$$

и т.д. для последующих моментов времени $t = 4, 5, 6, \dots$

Алгоритм осуществления импульсного процесса при наличии знакового взвешенного орграфа может быть в общем виде записан на формализованном языке, например, на VBA. Введем обозначения:

$v(i, t)$ – значение вершины в момент t ;
 $h(i, t)$ – импульс из вершины i в момент t ;
 $x(i, j)$ – вес ребра из i в j ;
 d – размер начального импульса;
 k – номер вершины, на которую подается начальный импульс;

$i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; I = J.$

Алгоритм запишется следующим образом:

```

t = 1
For i = 1 to I
  If i <> k then
    v(i, t + 1) = v(i, t)
  Else
    v(i, t + 1) = v(i, t) + d
  End if
Next i
A:
t = t + 1
If t = T then Stop
For i = 1 to I
  h(i, t) = v(i, t) - v(i, t - 1)
Next i
For i = 1 to I
  For j = 1 to J
    v(i, t) = v(i, t) + x(j, i) * h(j, t)
  Next j
Next i
Goto A

```

(7.2)

Если орграф является функциональным¹ (а не взвешенным) знаковым, то формула (7.1) приобретает вид (7.3):

¹ Функциональный орграф отличается от взвешенного орграфа тем, что вместо весов, дугам приписываются функции, в соответствии с которыми преобразуется сигнал при передаче от вершины к вершине.

$$v(i, t + 1) = v(i, t) + \sum_{j=1}^J \theta_{i,j} (h(i, t)), i = 1, \dots, I, t = 1, 2, 3, \dots \quad (7.3)$$

где $\theta_{i,j}(\cdot)$ – функция, преобразующая импульс при его передаче от вершины i к вершине j (если ребро из i в j отсутствует, то $\theta_{i,j}(\cdot) \equiv 0$). Соответствующим образом видоизменяется алгоритм осуществления простого импульсного процесса и его программная реализация (7.2) (умножение исходящего импульса на коэффициент матрицы смежности заменяется функцией от исходящего импульса, привязанной к соответствующей дуге).

С помощью простого импульсного процесса можно исследовать динамику ОЭС, в частности, прогнозировать поведение параметров вершин на любую заданную перспективу при подаче заданного импульса в заданную вершину и при прочих равных в виде совокупности динамических рядов:

$$V(i, t), i = 1, \dots, I, t = 1, \dots, T.$$

Возможность осуществления простого импульсного процесса является необходимым условием для применения Эволюционно-симулятивного метода и решения с его помощью задачи поиска оптимального воздействия. Простой импульсный процесс можно рассматривать как разновидность равновесного случайного процесса (РСП)¹, а Эволюционно-симулятивная методология является методологией математического моделирования РСП.

ЭСМ включает структурную формулировку задачи статистической оптимизации (Эволюционно-симулятивную модель) и алгоритмы поиска ее решения (см. [3]). Для того, чтобы применить ЭСМ для решения задачи поиска оптимального воздействия на ОЭС, необходимо свести эту задачу к стандартной формулировке Эволюционно-симулятивной модели (7.4) – (7.8):

$$Fa_i = \rho_i (\bar{f}, \bar{p}) \quad (7.4)$$

¹ *Равновесный случайный процесс* – это процесс, при котором сглаженная траектория в фазовом пространстве параметров процесса формируется под воздействием разнонаправленных случайных воздействий, сила которых зависит от величины и направленности отклонения фактической траектории от сглаженной.

$$Fa_2 = \rho_2(\bar{f}, \bar{p}) \quad (7.5)$$

$$\Psi_1(PL) = \rho_3(PL, Fa_1, \bar{f}, \bar{p}), \text{ если } PL > Fa_1 \quad (7.6)$$

$$\Psi_2(PL) = \rho_4(PL, Fa_2, \bar{f}, \bar{p}), \text{ если } PL > Fa_2 \quad (7.7)$$

$$\min_{PL} \left\{ \max_{k \in \{1,2\}} \{M\{\Psi_k\}\} \right\} \quad (7.8)$$

где $\bar{f} = (f_1, \dots, f_n)$ – вектор случайных величин (факторов);
 $\bar{p} = (p_1, \dots, p_n)$ – вектор условно постоянных величин (исходных показателей);
 $\rho_i(\bar{f}, \bar{p}), i = 1, \dots, 4$ – имитационные модели;
 PL – искомая величина, характеризующая воздействие на РСП;
 Fa_1 и Fa_2 – интегральные характеристики РСП;
 $\Psi_1(PL)$ и $\Psi_2(PL)$ – издержки завышения и издержки занижения соответственно;
 M – знак математического ожидания.

Технология применения ЭСМ для решения задачи поиска оптимального воздействия на ОЭС состоит в следующем:

- выбираем вершину, на которую мы намерены подать внешний импульс. Пусть i' – номер этой вершины;
- выбираем другую вершину, значение которой мы будем рассматривать как выражение риска завышения. Пусть i'' – номер этой вершины;
- выбираем еще одну вершину, значение которой мы будем рассматривать как выражение риска занижения. Пусть i''' – номер этой вершины.

Пусть Δ – предельное значение импульса, который можно подать в вершину i' . Полагаем:

$$Fa_1 = Fa_2 = \Delta * \lambda, \quad (7.9)$$

где λ – реализация псевдослучайного числа, равномерно распределенного между 0 и 1. В качестве искомой величины оптимального воздействия мы будем искать величину $PL \in [0, \Delta]$. Таким образом, уравнение (7.9) играет роль отождествленных между собой имитационных моделей $\rho_1(\bar{f}, \bar{p})$ и $\rho_2(\bar{f}, \bar{p})$ из выражений (7.4) и (7.5) соответственно;

• в качестве издержек завышения $\Psi_1(PL)$ мы будем рассматривать значение вершины i'' в момент T , т.е. величину $v(i'', T)$, значение которой дает алгоритм (7.2). Полагаем, что:

$$\Psi_1(PL) = |v(i'', T)|, \quad (7.10)$$

Тем самым в качестве модели $\rho_3(PL, Fa_1, \bar{f}, \bar{p})$ в выражении (7.6) мы принимаем алгоритм (7.2);

• в качестве издержек занижения $\Psi_2(PL)$ мы будем рассматривать значение вершины i''' в момент T , т.е. величину $v(i''', T)$, значение которой также дает алгоритм (7.2). Будем считать, что:

$$\Psi_2(PL) = |v(i''', T) * Q|, \quad (7.11)$$

где Q – коэффициент, соразмеряющий размерности вершин i'' и i''' (например, выражая значения в рублях). Тем самым в качестве модели $\rho_4(PL, Fa_1, \bar{f}, \bar{p})$ в выражении (7.7) мы принимаем алгоритм (7.2).

Условие оптимальности (7.8) остается без изменений. В целом, таким образом, мы получили вариант применения модели (2.4) – (2.8) для решения задачи поиска оптимального воздействия на ОЭС в виде модели (7.8) – (7.11).

Знаковые, знаковые взвешенные и знаковые функциональные графы являются достаточно мощным и универсальным средством моделирования ОЭС. Тем не менее, возможны ситуации, когда технология построения графа оказывается неадекватной, точнее говоря, ограниченной в своих возможностях для отражения взаимодействий, присущих ОЭС. В таких случаях применяется имитационное моделирование, которое, как уже отмечалось, само по себе не позволяет исследовать задачи структурной устойчивости, но позволяет исследовать динамику. Методам имитационного моделирования ОЭС посвящено достаточно много работ¹.

¹ См.: <http://www.tora-centre.ru/library/reing/mslv4.htm>; <http://moemesto.ru/Dyuk/file/12481460/Ithink.pdf>; <ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/000743.pdf>; <http://masters.donntu.edu.ua/2005/kita/sroka/diss/index.htm>; <http://uecs.ru/uecs-31-312011/item/517-2011-07-14-10-30-10>; <http://www.dissercat.com/content/metody-i-modeli-imitatsionnogo-modelirovaniya-biznes-protessov-reinzhiniringa>; <http://www.tora-centre.ru/library/reing/imbkart.htm>; Цысарь М.Ф. Моделирование экономики в iThink_STELLA. – М.: Диалог МИФИ, 2009.

ЭСМ хорошо сочетается с методологией имитационного моделирования. Эволюционно-симулятивная методология определяет состав имитационных моделей, а именно моделей $\rho_i(\bar{f}, \bar{p}), i = 1, \dots, 4$ в соотношениях (2.4) – (2.8), а также требования к ним. Инструментальная система Decision (см. [3]) содержит встроенные средства для программирования моделей $\rho_i(\bar{f}, \bar{p}), i = 1, \dots, 4$ и применения ЭСМ для решения задачи поиска оптимального воздействия на ОЭС.

7.3. Модели оптимальных воздействий на ОЭС

7.3.1. Производство и потребление электроэнергии

Знаковый оргграф производства и потребления энергии представлен на рис. 7.2. Матрица смежности этого оргграфа, показанная в табл. 7.2, указывает лишь на наличие или отсутствие тех или иных дуг и, следовательно, на наличие или отсутствие взаимовлияния между элементами ОЭС. При этом, сила этого влияния остается неизвестной. Чтобы ее установить, необходимы дополнительные исследования. Так, например, из оргграфа на рис. 7.2 и из табл. 7.2 видно, что электрические мощности (вершина 3) влияют на стоимость электроэнергии (вершина 2): чем больше мощности, тем меньше стоимость. Однако, как количественно выражается это влияние, остается неизвестным. Это относится и ко всем остальным связям ОЭС, отображенным в оргграфе.

Чтобы найти количественные выражения влияния одних элементов ОЭС на другие, необходимы специальные исследования. Это могут быть статистические исследования (построение линий регрессии) если имеются соответствующие статистические данные, либо экспертные оценки, либо специальные дополнительные исследования, включающие, возможно, некоторые эксперименты.

Например, для выявления влияния энергетических мощностей на стоимость электроэнергии, как и других зависимостей оргграфа, на рис. 7.2 в наибольшей степени, по-видимому, подходит сбор и анализ статистической инфор-

мации. Поскольку электроэнергетических систем в разных городах и регионах достаточно много, то существует принципиальная возможность получения статистической информации и построения регрессионных зависимостей вида:

$$\nu(i, t) = A_{ij} + B_{ij}\nu(j, t) + C_{ij}\nu(j, t), i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J, I = J,$$

где A_{ij} , B_{ij} и C_{ij} – коэффициенты регрессии.

В таком случае знаковый орграф на рис. 7.2 превратится в функциональный.

В табл. 7.4, в отличие от табл. 7.2, коэффициенты матрицы смежности $x(i, j)$ оценены экспертно (при этом предполагается, что для значений вершин выбраны соответствующие размерности). Это делает знаковый орграф на рис. 7.2 взвешенным.

Таблица 7.4

Матрица смежности орграфа потребления электроэнергии с экспертными оценками коэффициентов смежности

Вершины	$\nu(1, t)$	$\nu(2, t)$	$\nu(3, t)$	$\nu(4, t)$	$\nu(5, t)$	$\nu(6, t)$	$\nu(7, t)$
$\nu(1, t)$	0	0	0	0,02	0	0	0
$\nu(2, t)$	0	0	0	0	0,31	0	0
$\nu(3, t)$	-0,011	0	0	0	0	0,50	0
$\nu(4, t)$	-0,37	-0,21	0,7	0	0	0	0
$\nu(5, t)$	0	0	0	0,12	0	0	0
$\nu(6, t)$	0	0	0	1,23	0	0	3,13
$\nu(7, t)$	0	0	0	0	0,51	0	0

Выберем в качестве вершины, на которую подается внешний импульс, вершину $i' = 3$ «Энергетические мощности». Величина этого импульса Δ выражает величину, на которую могут быть увеличены энергетические мощности (в предположении, что имеются соответствующие инвестиционные ресурсы). Используя алгоритм (7.2), мы можем осуществить простой импульсный процесс. Это позволит проследить, как вложения в энергетику и соответствующее увеличение мощностей со временем и при прочих равных условиях будет влиять на все основные показатели ОЭС, представленные вершинами графа: стоимость электроэнергии, состоя-

ние окружающей среды, потребление энергии, населенность, число предприятий, число рабочих мест.

Далее, мы можем поставить перед собой задачу найти оптимальный объем наращивания энергетических мощностей PL , учитывая, что это имеет как негативные последствия (ухудшение состояния окружающей среды, вершина $i'' = 2$ орграфа), так и положительные последствия (увеличение количества рабочих мест, вершина $i''' = 7$ орграфа). Для этого мы устанавливаем:

- для величины внешнего импульса Δ предельно возможное (по финансовым и техническим соображениям) значение;

- значение величины Q , позволяющей соизмерить потери окружающей среды и приобретение рабочих мест;

- длину планового периода T ;

- начальные значения вершин $\nu(i, 1)$, $i = 1, \dots, I$.

Значения этих величин для рассматриваемой нами задачи электроэнергетики представлены в табл. 7.5.

Далее мы применяем модель (7.8) – (7.11).

Таблица 7.5

Начальные условия

Предельное наращивание мощности, мВт, $\Delta =$				Min = 0	Max = 100	
Соизмерение окружающей среды и рабочих мест, ед.				$Q = 1,25$		
Длина планового периода, лет,				$T = 10$		
Стоимость электроэнергии, руб/квт.ч $\nu(1)$	Состояние окружающей среды, баллы, $\nu(2)$	Энергетические мощности, мегаватт, $\nu(3)$	Потребление энергии, мегаватт, $\nu(4)$	Населенность, тыс.чел. $\nu(5)$	Число предприятий, шт, $\nu(6)$	Число раб. мест, тыс. $\nu(7)$
33	75	11	9	1300	255	750

Надо подчеркнуть, что оценки значений коэффициентов матрицы смежности, каким бы способом они ни были получены, непременно имеют погрешности. Применение ЭСМ позволяет это учитывать и в процессе оптимизационного расчета на 1–2 порядка снижать погрешность при рас-

чете PL . Например, в табл. 7.4 вместо конкретных значений коэффициентов матрицы смежности могут быть указаны интервалы значений, либо указанные значения могут рассматриваться как математические ожидания, которые могут быть дополнены средним квадратическим отклонением (в предположении, что все величины имеют нормальный закон распределения).

При реализации модели (7.8) – (7.11) в инструментальной системе Decision каждый коэффициент матрицы смежности $x(i, j)$ (если он не равен тождественно 0) может рассматриваться в виде случайной величины (фактора). В таком случае

Исходные данные		ИССЛ	РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИОННОГО		Количество
ФАКТОРЫ И		Степень	ПЛАН	Значение	Факторов
№	Исходные показатели	азмер- ность/начени Ед.	Оптимум	Ед.	12,00
1	Величина начального импульса, min	Ед.	0,00	Завышение/Занижение	0,35
2	Величина начального импульса, max	Ед.	100,00	Надежность по завышению	0,23
3	x(1,4) (Стоимость - Потребление), min	Ед.	0,02	Надежность по занижению	0,23
4	x(1,4) (Стоимость - Потребление), max	Ед.	0,02	НОРМАТИВ	
5	x(2,5) (Окр.среда - Населенность), min	Ед.	0,30	Оптимум	Ед. 99,99
6	x(2,5) (Окр.среда - Населенность), max	Ед.	0,32	Завышение/Занижение	Доли е 0,33
7	x(3,1) (Мощность - Стоимость), min	Ед.	-0,02	Надежность по завышению	Доли е 0,00
8	x(3,1) (Мощность - Стоимость), max	Ед.	-0,01	Надежность по занижению	Доли е 0,00
9	x(3,6) (Мощность - Число предприятий), min	Ед.	0,49	Расчетных показателей	
10	x(3,6) (Мощность - Число предприятий), max	Ед.	0,51	Расчетные показатели	
11	x(4,1) (Потребление - Стоимость), min	Ед.	-0,38	Название размер.	
12	x(4,1) (Потребление - Стоимость), max	Ед.	-0,36	Оптимальный размер вне	Ед. 77,14
13	x(4,2) (Потребление - Окр.среда), min	Ед.	-0,22	<	<
14	x(4,2) (Потребление - Окр.среда), max	Ед.	-0,20	<	<
15	x(4,3) (Потребление - Мощность), min	Ед.	0,60	<	<
16	x(4,3) (Потребление - Мощность), max	Ед.	0,80	<	<
17	x(5,4) (Населенность - Потребление), min	Ед.	0,10	<	<
18	x(5,4) (Населенность - Потребление), max	Ед.	0,13	<	<
19	x(6,4) (Число предприятий - Потребление), min	Ед.	1,20	<	<
20	x(6,4) (Число предприятий - Потребление), max	Ед.	1,26	<	<
21	x(6,7) (Число предприятий - Число раб.мест), min	Ед.	3,10	<	<
22	x(6,7) (Число предприятий - Число раб.мест), max	Ед.	3,16	<	<
23	x(7,5) (Число раб.мест - Населенность), min	Ед.	0,50	<	<
24	x(7,5) (Число раб.мест - Населенность), max	Ед.	0,52	<	<
25	Номер вершины, в которую дается импульс	Ед.	3,00	<	<
26	Номер вершины - риск завышения	Ед.	2,00	<	<
27	Номер вершины - риск занижения	Ед.	7,00	<	<
28	v(1) (Стоимость электроэнергии)	Ед.	33,00	<	<
29	v(2) (Состояние окружающей среды)	Ед.	75,00	<	<
30	v(3) (Энергетические мощности)	Ед.	11,00	<	<
31	v(4) (Потребление энергии)	Ед.	9,00	<	<
32	v(5) (Населенность)	Ед.	#####	<	<

Рис. 7.4. Форма исходных данных и результатов оптимизационного расчета по модели электроэнергетики, реализованной в модуле Equilibrium инструментальной системы Decision



Рис. 7.5. Графики рисков завышения и занижения

закон распределения вероятностей любого коэффициента матрицы смежности может быть задан, кроме уже названных видов, также в виде гистограммы, массива или динамического ряда. В последнем случае в автоматизированном режиме ожидаемые значения коэффициента матрицы смежности могут прогнозироваться по тренду. Данная модель реализована в модуле Equilibrium инструментальной системы Decision. На рис. 7.4 показана таблица с введенными исходными данными и результатами оптимизационного расчета. В левой части рисунка мы видим перечень не нулевых коэффициентов матрицы смежности, которые принимают значения на заданном интервале.

Оптимальный размер импульса в вершину 3 (размер увеличения энергетических мощностей) составляет 77,14 мВт.

На рис. 7.5 показаны графики рисков завышения и занижения, которые система Decision строит в автоматическом режиме в процессе выполнения оптимизационного расчета.

Оптимальное увеличение мощности уравнивает риск недостаточного увеличения рабочих мест и риск ухудшения экологии.

В режиме диалога любые различающиеся вершины могут быть выбраны для начального импульса, а также в качестве выражения риска завышения и риска занижения. Наибольший интерес, включая уже рассмотренный нами, представляют варианты, показанные в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Варианты поиска

Вершина, на которую подается импульс (i')	Вершина, выражающая риск завышения (i'')	Вершина, выражающая риск занижения (i''')
3 – Энергетические мощности	2 – Состояние окружающей среды	7 – Число рабочих мест
3 – Энергетические мощности	5 – Населенность	1 – Стоимость электроэнергии
2 – Состояние окружающей среды	1 – Стоимость электроэнергии	5 – Населенность
4 – Потребление энергии	2 – Состояние окружающей среды	7 – Число рабочих мест
5 – Населенность	2 – Состояние окружающей среды	6 – Число предприятий

Имеется возможность в диалоге исследовать влияние любого коэффициента матрицы смежности на размер оптимального значения внешнего импульса.

Чтобы формировать программы одновременного, согласованного воздействия на разные вершины орграфа можно применить следующую технологию: ранжировать вершины по значимости и находить оптимальные размеры воздействий последовательно переходя от одной вершины к другой, по мере убывания значимости.

7.3.2. Бюджет

Блок-схема¹ бюджета предприятия, показанная на рис. 7.6, отображает направление основных денежных потоков на предприятии. Эта блок-схема сама по себе не является знако-

¹ Блок-схемой называется графическое представление определения, анализа или метода решения задачи, в котором используются символы для отображения операций, данных, потока, оборудования и т.д.

процесса и применить ЭСМ для оптимального управления, например, для установления оптимального размера запрашиваемого кредита. Остановимся на рассмотрении этих применений более подробно.

Первым необходимым шагом в этом направлении является разработка имитационной модели, описывающей динамику бюджетного процесса.

Для построения имитационной модели введем обозначения, представленные в табл. 7.7.

Таблица 7.7

Обозначения величин

Обозначение	Название	Номер блока
t	Дискретное время	—
T	Длина планового периода	—
$Ud(t)$	Запланированный уровень доходов	1
$Ur(t)$	Запланированный уровень расходов	2
$Ps(t)$	Поступления	3
$Rs(t)$	Расходы	4
$Bal(t)$	Баланс	5
Kr	Размер кредита	6
$Vk(t)$	Выплаты по кредиту	7
$Z(t)$	Задолженность	8
$Sum(t)$	Запрашиваемая сумма кредита в момент t	9
$Psk(t)$	Полная стоимость кредита	10
$MaxZ$	Максимальный уровень задолженности	12
$MaxKr$	Максимальный размер кредита	13
Pr	Процентная ставка по кредиту	14
Dz	Доля задолженности, выплачиваемая по кредиту	15
Ef	Эффективность использования кредита (процент, который приносит 1 руб. полученного кредита при его использовании)	16
Vr	Возрастание расходов при отрицательном балансе	17

Процесс протекает во времени вплоть до момента $t = T$. Кредит может выдаваться одновременно в момент $t = 1$. В таком случае $Sum(1) > 0$ и $Sum(t) = 0$ при $t > 1$. Возможно, что в кредитном договоре оговаривается поэтапное получение кредита. При этом величины $Sum(t)$ при $t > 1$ зависят от

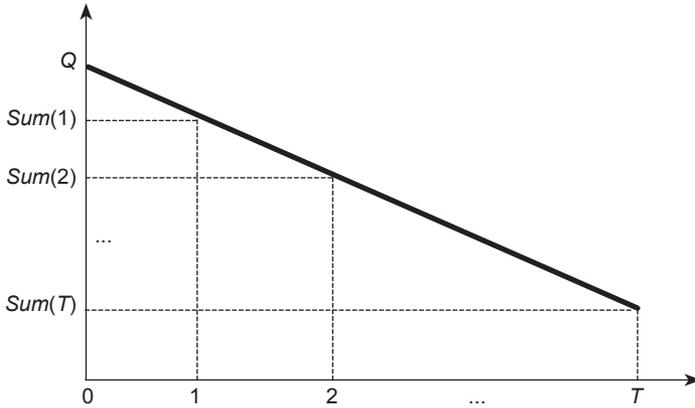


Рис. 7.7. Зависимость долей выдаваемого кредита от времени

$Sum(1)$. Предположим, что эта зависимость долей выдаваемого кредита постоянна, линейно возрастает или линейно убывает, т.е. имеет вид, показанный на рис. 7.7.

При этом, общая оговоренная сумма кредита Wk равна сумме долей, т.е.: $Wk = \sum_{t=1}^T Sum(t)$. При таких условиях, как ясно из рис. 7.7, справедлива зависимость: $Sum(t) = Q + a * t$, где $Q = Sum(1) + a$. Следовательно,

$$Sum(t) = Sum(1) + a + a * t = Sum(1) + a * (t + 1). \quad (7.12)$$

$$\begin{aligned} Wk &= \sum_{t=1}^T Sum(t) = \sum_{t=1}^T (Sum(1) + a + a * t) = \\ &= T * Sum(1) + T * a + a * \sum_{t=1}^T t \end{aligned}$$

$$Wk = T * Sum(1) + T * a + a * \frac{T * (T + 1)}{2}$$

Отсюда

$$Sum(1) = \frac{Wk}{T} - a * \left(1 + \frac{(T + 1)}{2} \right) \quad (7.13)$$

При аналогичных предположениях имеем:

$$Ud(1) = \frac{SUD}{T} - b * \left(1 + \frac{(T+1)}{2} \right), \quad (7.14)$$

где $SUD = \sum_{t=1}^T Ud(t)$ – совокупный запланированный доход за плановый период T .

$$Ur(1) = \frac{SUR}{T} - c * \left(1 + \frac{(T+1)}{2} \right), \quad (7.15)$$

где $SUR = \sum_{t=1}^T Ur(t)$, – совокупный запланированный расход за плановый период T .

Предположим, что известны следующие величины: $T, Pr, Dz, Ef, Vr, Wk, a, SUD, b, SUR, c, z(1)$. При этих предположениях возможный вариант алгоритма бюджетного процесса, соответствующий блок-схеме на рис. 6 и записанный по правилам VBA, имеет вид, показанный на рис. 7.8. Это алгоритм, с помощью которого мы можем исследовать динамику бюджетного процесса, т.е. рассчитать поступления, расходы, баланс, выплаты по кредиту и задолженность для каждого момента планового периода, т.е. величины:

$$Ps(t), Rs(t), Bal(t), Vk(t), Z(t), t = 1, \dots, T.$$

Эта информация является полезной, но ее значение не стоит переоценивать. Дело в том, что среди величин, представляющих исходную информацию, большинство может быть оценено со значительной погрешностью. В частности:

- эффективность использования кредита (Ef);
- возрастание расходов при отрицательном балансе (Vr);
- совокупный запланированный доход (SUD);
- совокупный запланированный расход (SUR)

не могут быть указаны с абсолютной точностью и надежностью. Это создает ситуацию неопределенности. В связи с этим возникает вопрос о целесообразном размере запрашиваемого кредита Wk . При назначении Wk возникает двойкий риск, а именно:

$$Sum(1) = \frac{Wk}{T} - a * \left(1 + \frac{(T+1)}{2}\right)$$

$$Ud(1) = \frac{SUd}{T} - b * \left(1 + \frac{(T+1)}{2}\right)$$

$$Ur(1) = \frac{SUR}{T} - c * \left(1 + \frac{(T+1)}{2}\right)$$

$t = 0: SumPS = 0: SumRs = 0: SumBal = 0$

A:

$t = t + 1: If t > T Goto D$

$Sum(t) = Sum(1) + a + a * (t - 1)$

$Ud(t) = Ud(1) + b + b * (t - 1)$

$Ur(t) = Ur(1) + c + c * (t - 1)$

$W = 1$

$If Z(t) > MaxZ then W = 0$

$If Sum(t) > MaxKr Z(t) then W = 0$

$Kr = Sum(t) * W$

$Ps(t) = Ud(t) + Kr * (1 + Ef/100)$ ' поступления

$Psk(t) = Kr * (1 + Pr/100)$ ' полная стоимость кредита

$Vk(t) = Z(t) * Dz/100$ ' выплаты по кредиту

$Z(t + 1) = Z(t) + Psk(t) - Vk(t)$

$Rs(t) = Ur(t) + Vk(t)$ ' расходы

$Bal(t) = Ps(t) - Rs(t)$ ' баланс

$If Bal(t) < 0 Then$

$Rs(t) = Rs(t) * (1 + Vr/100)$

$Bal(t) = Bal(t) - Rs(t) * (Vr/100)$

$End if$

$SumPS = SumPS + Ps(t)$

$SumRs = SumRs + Rs(t)$

$Sum Bal = SumBal + Bal(t)$

$Goto A$

D:

End

W = 1 – дать кредит, W = 0 – отказать.
Если задолженность Z(t) больше максимально разрешенной величины MaxZ, то кредит не выдается. Если запрашиваемая сумма Sum больше разности максимального кредита MaxKr и задолженности Z(t) – то кредит не выдается

Задолженность в момент t + 1 равна задолженности в предыдущий момент, плюс полная стоимость кредита, полученного в момент t минус выплаты по кредиту

При отрицательном балансе возникают дополнительные расходы из-за простоев, неустойки и т.д., что увеличивает баланс

Рис. 7.8. Алгоритм для исследования динамики бюджетного процесса

– риск завышения, который состоит в том, что слишком большой кредит может привести к слишком большим расходам и отрицательному балансу и

– риск занижения, который состоит в том, что недостаточный кредит может привести к недостаточным поступлениям при положительном балансе.

Чтобы получить технологию оценки оптимальной величины запрашиваемого кредита, необходимо на основе имитационной модели на рис. (7.8) построить Эволюционно-симулятивную модель (2.4) – (2.8).

Технология применения ЭСМ для решения задачи поиска оптимального размера запрашиваемого кредита состоит в следующем. Устанавливаем максимально возможный размер кредита Wk_max . Полагаем:

$$Fa_1 = Fa_2 = Wk_max * \lambda , \quad (7.16)$$

где λ – реализация псевдослучайной величины, равномерно распределенной между 0 и 1.

В качестве искомой величины оптимального воздействия мы будем искать величину $Wk = PL \in [0, Wk_max]$. Таким образом, уравнение (7.16) играет роль отождествленных между собой имитационных моделей $\rho_1(\bar{f}, \bar{p})$ и $\rho_2(\bar{f}, \bar{p})$ из выражений (7.4) и (7.5) соответственно.

В качестве издержек завышения $\Psi_1(PL)$ мы будем рассматривать величину расходов $Rs(T)$ за плановый период T , рассчитываемую с помощью алгоритма на рис. 7.8, при условии, что баланс отрицателен, т.е.:

$$\Psi_1(PL) = \begin{cases} SumRs, & \text{если } SumBal < 0 \\ 0, & \text{если } SumBal \geq 0 \end{cases} . \quad (7.17)$$

В качестве издержек занижения $\Psi_2(PL)$ мы будем рассматривать величину доходов $Ps(T)$ за плановый период T , рассчитываемую с помощью алгоритма на рис. 7.8, при условии, что баланс положителен, т.е.:

$$\Psi_2(PL) = \begin{cases} SumPs, & \text{если } SumBal > 0 \\ 0, & \text{если } SumBal \leq 0 \end{cases} . \quad (7.18)$$

ФОРМА 1: Прямой расчет			
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ			
		ФАКТОРЫ И	
№	ИСХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ	Размерность	Значение
1	Максимально возможный кредит (Wk), min	Тыс.р.	100,00
2	Максимально возможный кредит (Wk), max	Тыс.р	15 000,00
3	Эффективность использования кредита (Ef), min	%	5,00
4	Эффективность использования кредита (Ef), max	%	15,00
5	Возрастание расходов при отрицательном балансе (Vr), min	%	25,00
6	Возрастание расходов при отрицательном балансе (Vr), max	%	35,00
7	Совокупный запланированный доход (SUD), min	Тыс.р.	170,00
8	Совокупный запланированный доход (SUD), max	Тыс.р.	250,00
9	Совокупный запланированный расход (SUR), min	Тыс.р.	150,00
10	Совокупный запланированный расход (SUR), max	Тыс.р.	200,00
11	Коэффициент увеличения/снижения долей получаемого кредита (a)	доли ед	-1,00
12	Коэффициент увеличения/снижения долей планируемых доходов (b)	доли ед	1,10
13	Коэффициент увеличения/снижения долей планируемых расходов (c)	доли ед	1,30
14	Длина планового периода (T)	лет	7,00
15	Максимальный уровень задолженности (MaxZ)	Тыс.р.	75,00
16	Максимальный размер кредита (MaxKt)	Тыс.р.	1 000,00
17	Процентная ставка по кредиту (Pr)	%	15,00
18	Доля задолженности, выплачиваемая по кредиту (Dz)	%	25,00
19	Текущая задолженность (Z(t))	Тыс.р.	45,00

Рис. 7.9. Фрагмент формы с исходными данными

Тем самым, в качестве модели $\rho_3 (PL, Fa_1, \bar{f}, \bar{p})$ в выражении (7.6) мы принимаем алгоритм рис. 7.8.

Условие оптимальности (7.8) остается без изменений. В целом, таким образом, мы получили вариант применения модели (2.4) – (2.8) для решения задачи поиска оптимального размера кредита в виде модели (7.16) – (7.18), (2.8). Эта модель реализована в модуле Equilibrium инструментальной системы Deision. На рис. 7.9 показан фрагмент формы с введенными исходными данными; на рис. 7.10 – фрагмент этой же формы с результатами расчета, а на рис. 7.11 – графики рисков получателя кредита.

Основное назначение данной модели – показать работоспособность предложенной достаточно универсальной технологии моделирования разнообразных ОЭС.

РЕЗУЛЬТАТ ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАСЧЕТА				Количество:
ПЛАН		Размерность	Значение	Факторов
4	Оптimum	Тыс.р.	2 228,85	5,00
5	Завышение/Занижение	Доли ед.	2,92	Показателей
6	Надежность по повышению	Доли ед.	0,85	9,00
7	Надежность по понижению	Доли ед.	0,85	Расчетных показателей
8	НОРМАТИВ			
9	Оптimum	Тыс.р.	100,39	1,00
10	Завышение/Занижение	Доли ед.	-1,00	Знаков при расчете плана и норматива
11	Надежность по повышению	Доли ед.	1,00	2,00
12	Надежность по понижению	Доли ед.	1,00	
13	Расчетные показатели			
14	Название		Размерн.	
16	Оптимальный размер кредита	Тыс.р.	2 228,85	ИНТЕРВАЛ
17	<>	<>	<>	НЕОПРЕ-
18	<>	<>	<>	ДЕЛЕН-
19	<>	<>	<>	НОСТИ:
20	<>	<>	<>	ПЛАН
21	<>	<>	<>	от:
23	<>	<>	<>	1 803,16
24	<>	<>	<>	до:
25	<>	<>	<>	3 293,08

Рис. 7.10. Фрагмент формы с результатами оптимизационного расчета



Рис. 7.11. Графики рисков получателя кредита

Глава 8

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ САМООРГАНИЗАЦИИ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ГРУППОВОГО ПОВЕДЕНИЯ БИОЦЕНОЗОВ И МИКРООРГАНИЗМОВ

8.1. Самоорганизация и целенаправленность группового поведения биоценозов, микроорганизмов и роботов

Мы рассмотрим способ управления совокупностью роботов, основанный на том, что каждый робот по своей конструкции наделяется определенной совокупностью свойств. Благодаря этим свойствам вся совокупность роботов приобретает способность к самоорганизации и целенаправленности группового поведения. Эти свойства совокупности роботов как целого используются для управления и решения определенных задач.

Одновременно с этим, если у живой клетки или организма можно обнаружить те же свойства, которые, применительно к живому, лучше назвать не свойствами, а способностями, то совокупность живых клеток или организмов проявит также и способность к самоорганизации и целенаправленному групповому поведению.

Таким образом, предлагая способ управления совокупностью роботов, мы конструируем моделирующий механизм самоорганизации и целесообразности группового поведения, который присущ совокупностям клеток и микроорганизмов. Это же относится и к биоценозам, т.е. совокупностям животных, растений, грибов и микроорганизмов, населяющих

относительно однородное жизненное пространство (участок суши или акватории).

Благодаря свойствам самоорганизации и целенаправленного поведения совокупность роботов, живых клеток или организмов приобретает определенные черты целостности: совокупность клеток превращается в орган животного или человека; совокупность живых организмов становится биоценозом; совокупность роботов приобретает свойство управляемости. Сделать доступным для понимания и математического моделирования групповое поведение популяций живых клеток и организмов является одной из целей данного параграфа.

8.1.1. Свойства элементов совокупности

В качестве самоорганизующейся, подвижной, динамической, целенаправленной, иерархической, распределенной информационно-телекоммуникационной системы мы будем рассматривать совокупность роботов (или программно-технических комплексов), считая каждого робота элементом системы и предполагая, что связи между роботами – это информационные потоки. Напомним определения понятий, которые характеризуют объект нашего рассмотрения.

Самоорганизация – самопроизвольное, т.е. на основе алгоритмов поведения элементов (а не в результате внешних воздействий) добавление или исключение элементов и (или) связей.

Подвижная система – система, элементы которой могут перемещаться в пространстве.

Динамическая система – система, параметры которой в фазовых координатах изменяются с течением времени.

Целенаправленная система – система, функционирование которой направлено на достижение определенной цели. Если цель не вырабатывается самой системой, а поставлена извне, то она называется каузальной.

Иерархическая система – система, локальные группы элементов которой подвержены управлению со стороны какого-либо одного элемента (в предположении, что все или не-

которые элементы имеют несколько алгоритмов поведения, подчинения и принятия решений).

Распределенная система — система, для которой отношения местоположений элементов (или групп элементов) играют существенную роль с точки зрения функционирования системы и управления ею.

В настоящее время робототехника переживает период бурного прогресса. Ее влияние и возможности настолько велики, что речь идет о возникновении на наших глазах нового экономического уклада. Создание совокупностей роботов, которые были бы способны автономно решать задачи в трудно доступных или опасных для человека условиях, имеет большое практическое значение для преодоления чрезвычайных ситуаций, исследования космоса и использования новых информационных технологий вооружений.

Основные проблемы создания подобных совокупностей роботов это, с одной стороны, разработка принципов управления и самоуправления, и, с другой стороны, реализация этих принципов в виде внутренне согласованной системы требований к роботам.

Рассмотрим возможный подход к решению названных проблем. Сформулируем три принципа.

Принцип свободы адаптации: отсутствуют ограничения на адаптационное поведение отдельного робота, исходящее из какого-либо «центра», хотя «центр» может менять параметры, определяющие условия взаимодействия всех роботов одновременно.

Принцип необходимости и достаточности: робот наделяется минимально необходимым набором свойств, которые, одновременно, достаточны для обеспечения функциональной полноты совокупности роботов как целого.

Принцип саморегуляции: целенаправленность действий всей совокупности роботов и оптимальность этих действий обеспечивается саморегуляцией рыночного типа.

Эти принципы реализуются в следующей совокупности свойств, которыми мы наделим роботов по построению. Робот способен:

- 1) перемещаться и самостоятельно действовать (влиять на окружающую среду и менять правила своего поведения);
- 2) устанавливать связь (если раньше ее не было) между роботами;
- 3) восстанавливать связь (если она была, но пропала) между роботами;
- 4) устранять связь (если она есть) между роботами;
- 5) самоуничтожаться;
- 6) «подчиняться» другому роботу;
- 7) «отказываться подчиняться» другому роботу;
- 8) «приказывать» другому роботу (при этом предполагается, что «приказывающий» робот автоматически выбирает некоторую из заложенных в него технологий принятия решений);
- 9) «отказываться приказывать» другому роботу;
- 10) производить и передавать другим роботам информационный продукт, который сопоставим с информационным продуктом других роботов по признакам, имеющим количественное выражение;
- 11) воспринимать информационный продукт от других роботов и использовать его в своей деятельности;
- 12) выбирать вариант своего поведения по производству и приему информационного продукта, исходя из соотношения риска завышения (риска произвести бесполезную информацию) и риска занижения (риска не произвести полезную информацию);
- 13) получать «поощрение» (например, запас энергии, который ему предоставляется) в зависимости от количества полезной информации, которую робот произвел (за определенный промежуток времени).

Способы установления информационной связи между роботами могут быть разные, например, беспроводная радиосвязь, космическая связь и др. Большие адаптационные возможности совокупности роботов придает то, что каждый робот может выполнять функции не только передатчика и приемника, но ретранслятора для всех ближайших роботов. Если расстояние между роботами превышает дальность прямой связи, то связь может поддерживаться между роботами

через другие роботы, находящиеся между ними, передавая сообщения по цепочке¹.

Свойства 1) – 9) наделяют совокупность роботов способностью к самоорганизации, которая проявляется в преобразованиях иерархически устроенной структуры. При этом алгоритмы самоорганизации – это алгоритмы, согласно которым в тот или иной момент времени связи между роботами меняются по одному из вариантов 2) – 9)².

Благодаря свойствам 10) – 13) движение каждого робота в фазовом пространстве является равновесным случайным процессом (РСП). Движение всего коллектива роботов в фазовом пространстве также является РСП.

Благодаря свойствам 10) – 13) между роботами можно установить «рыночные» правила взаимодействия. При этом вся совокупность роботов автоматически будет действовать так, чтобы максимизировать количество производимой полезной информации.

Совокупность роботов может управляться «из центра». Параметрами управления могут служить:

- технические параметры роботов (например, предельные скорости перемещений, удельные затраты энергии и др.);
- параметры в составе алгоритмов, по которым рассчитываются риск превышения и риск занижения;
- параметры приема, обработки и передачи информации.

Параметры в составе алгоритмов расчета издержек превышения – это параметры, входящие в алгоритм расчета взве-

¹ Оригинальным способом установки ретранслятора является его доставка по воздуху. Существует специальный комплект, состоящий из бесшумного пистолета с «ретранслятором-стрелой». Он позволяет установить ретранслятор в местах, физический доступ к которым невозможен для человека. Стрела с миниатюрным ретранслятором в удароустойчивом исполнении надежно прикрепляется к поверхности из любого материала.

² Самоорганизация в отличие от развития не предполагает наличия механизма самодвижения, т.е. самопроизвольных структурных перестроек по заранее не заложенным в систему алгоритмам поведения элементов (см. [2]). При самоорганизации все возможные алгоритмы поведения каждого элемента (робота) заранее конструктивно предусмотрены.

шенной суммы затрат энергии и других ресурсов на сбор, предварительную обработку и передачу бесполезной информации; параметры алгоритма расчета издержек занижения — это параметры, входящие в алгоритм расчета ожидаемого объема неполученных роботом поощрений (например, в виде энергии), которые возникнут при отсутствии передачи роботом полезной информации.

Поскольку некоторые из этих параметров могут устанавливаться и изменяться не только при проектировании роботов, но также и путем передачи роботам «из центра» определенных команд, то управление совокупностью роботов «из центра» может быть ситуационным, учитывающим ожидаемые изменения внешних условий.

В процессе управления могут учитываться характеристики совокупности роботов как целого. Например, поскольку структура системы взаимодействующих роботов образует граф, то длина критического пути, интенсивность информационного потока пути и др. могут определять возможность или предпочтительность установления связей тем или иным способом.

В целом, управление (или самоуправление) рассматриваемой совокупностью роботов «из центра» предстает как управление равновесным случайным процессом, и заключается в том, что переводит совокупность роботов из исходной точки (или области) фазового пространства в требуемую точку (или область) фазового пространства за заданный промежуток времени (см. § 4.3). Оптимальность траектории означает, что она является допустимой по известным ограничениям и доставляет максимум (или минимум) известному критерию.

Применение рассматриваемого подхода для исследования группового поведения совокупностей объектов разной природы (живых клеток, организмов, хозяйствующих субъектов) может состоять в следующем:

- выявление наличия свойств 1) — 13) у отдельных объектов, являющегося элементами совокупностями;
- выявление наличия самоорганизации и целенаправленности группового поведения совокупности;
- исследование динамических и иных свойств группового поведения.

Надо сказать, что исследованиям взаимодействия роботов предшествовали исследования по теории автоматов. В середине прошлого века, когда робототехника еще не была достаточно развита, исследования по теории автоматов стали одной из важных составляющих кибернетики. Теория автоматов играет важную роль для теоретического изучения роста и дифференцировки живых клеток¹, самовоспроизведения, а также и чисто математических проблем (машина Тьюринга).

С середины 60-х годов прошлого века в разных странах создаются интеллектуальные, подвижные, автономные роботы, в том числе и такие, которые способны воспринимать информацию, использовать ее в своей деятельности и передавать. Робот, обладающий 1-м свойством, способный воспринимать и передавать информацию, иногда называют «агентом», а совокупность таких роботов — мультиагентной системой.

Примерно в это же время были предложены подходы для исследования коллективного поведения автоматов и игр автоматов (М.Л. Цетлин, Д.А. Поспелов, В.И. Варшавский, М.В. Мелешина и др.). В последнее время интенсивно разрабатываются методы управления совокупностями роботов². В Институте Робототехники Университета Карнеги-Меллона для координации действий в мультиробототехнических системах предложено использовать для управления коллективом роботов методы свободной рыночной экономики³.

¹ Аптер М. Кибернетика и развитие. — М.: Мир, 1970.

² Назарова А.В., Рыжова Т.П. Методы и алгоритмы управления робототехнической системой. <http://engjournal.ru/articles/251/251.pdf>

³ Распределенное мультиагентное управление робототехническими системами. <http://www.intelligent-systems.ru/app.php?shortcuts=articles&item=12>; Городецкий В.И. Открытые многоагентные системы и самоорганизация;

См.: XII всероссийское совещание по проблемам управления. Труды. ВСПУ, 2014, Россия, Москва, ИПУ РАН, 16-19 июня 2014;

D. Goldberg, V. Cicirello, M.B. Dias, R. Simmons, S. Smith, A. Stentz. Market-Based Multi-Robot Planning in a Distributed Layered Architecture. Multi-Robot Systems: From Swarms to Intelligent Automata: Proceedings from the 2003 International Workshop on Multi-Robot Systems, Kluwer Academic Publishers, Vol. 2, 2003, pp. 27-38.

Исследования по мультиагентным системам проводит НОУ ИНСТИТУТ¹, имеются работы П.О. Скобелева², А.Н. Шниперова, Е.А. Сантьева и др.³ Есть примеры взаимодействий роботов (например, включение и выключение электроприборов по телефону; игра подвижных и неподвижных роботов⁴, картографирование⁵, диагностика⁶ и др.). В известных примерах как минимум:

— не допускается возникновение и изменение управленческих иерархий, предельно упрощена или вовсе отсутствует самоорганизация;

— отсутствует возможность идентифицировать РСП коллектива роботов;

— отсутствует возможность оптимального управления (с участием человека) и самоуправления РСП коллектива роботов.

8.1.2. Термины и конструкторские идеи

Рассмотрим следующую ситуацию. Пусть имеется совокупность подвижных, активных, территориально распределенных, информационно-телекоммуникационных роботов разного назначения. Например, часть роботов может двигаться по земле, брать пробы почвы и воздуха, фотографиро-

¹ <http://www.intuit.ru/studies/courses/13833/1230/lecture/24081>

² <http://tekhnosfera.com/otkrytye-multiagentnye-sistemy-dlya-operativnoy-obrabotki-informatsii-v-protsessah-prinyatiya-resheniy>

³ Шниперов А.Н., Сантьев Е.А. Разработка системы защиты информации для гетерогентных информационных систем на основе мультиагентного подхода // Информатика и системы управления. — 2014. — № 1(39).

Миков А., Замятина Е., Панов М. Мультиагентная система защиты распределенной имитационной модели с удаленным доступом // Intelligent Engineering, 11.

<http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2012-25-2/040.pdf>

http://vestnik.mstu.edu.ru/v13_5_n42/articles/34_maslo.pdf

Картавцев К.В., Мелехова О.Н., Тимченко С.В. Модель детерминированной сети роботов. Доклады ТУСУРа, № 1 (21), часть 1, июнь 2010.

А. Голдсмит, М. Медар, М. Эффрос. Самоорганизующиеся беспроводные сети. Стэнфордский университет, Массачусеттский технологический институт, Калифорнийский технологический университет.

⁴ <http://myspongebob.ru/igry-roboty/>

⁵ <http://www.intelligent-systems.ru/app.php?shortcuts=articles&item=12>

⁶ Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики.

вать, снимать видео и ликвидировать взрывные устройства; другая часть — плавают по воде, способны брать пробы воды, фотографировать и снимать видео; третья часть — беспилотники, могут брать пробы воздуха, фотографировать, снимать видео и давать целеуказание наземным роботам.

Все роботы способны обмениваться информацией между собой и с «центром», где находится человек-оператор. Причем, не каждый робот «видит» всех остальных и «центр», а только тех, которые находятся не слишком далеко и в подходящих условиях. Роботы могут быть ретрансляторами и таким путем обмениваться информацией с теми роботами и с «центром», которых «не видят». Роботы расходуют энергию, запас которой у каждого робота ограничен.

Роботы находятся под воздействием многих случайных факторов (погода, природные явления, техногенное влияние и др.) в непредсказуемо меняющемся окружении. Перед отдельными роботами и в целом перед всем коллективом заранее не ставится никакой конкретной задачи.

Как только «центр» заинтересовался некоторым событием, о котором хотя бы однажды сообщил хотя бы один робот, оператор, находящийся в «центре», с помощью диалогового окна на мониторе компьютера, сообщает об имеющемся интересе. Тогда роботы самостоятельно, без участия «центра», начинают делать нужные перемещения, снимать нужные фото и видео, делать необходимые пробы и замеры, устанавливать между собой оптимальную структуру информационных связей, выбирать оптимальный вариант соподчинения, для того, чтобы в кратчайшие сроки предоставить в «центр» максимум интересующей его информации наилучшего качества, затрачивая при этом минимум энергии.

Рассматриваемый способ управления коллективом роботов обеспечивает именно такое поведение коллектива роботов. Если роботы конфигурировались подходящим способом, то «центр» может давать команды для действий любому роботу в пределах его технических возможностей (например, обезвредить взрывное устройство).

Кроме терминов подвижная система, динамическая система, целенаправленная система и др., которые были определены в § 8.1.1, нам потребуются еще некоторые термины, смысл которых мы постараемся уточнить.

Центр — локализованная совокупность оборудования, позволяющая человеку-оператору осуществлять информационный обмен с роботами.

Вариант поведения робота — конструктивно предусмотренная возможность осуществлять активность (двигаться, фотографировать, брать пробы, передавать информацию и др.), которая, во-первых, нацелена на решение определенной задачи (дежурить, следить за объектом, ожидать события и т.п.); во-вторых, имеет заданные вероятности интенсивностей способов действия (средняя скорость движения, частота взятия проб и др.); в-третьих, связана с ограничениями (координаты допустимых перемещений, расход энергии, пропускная способность каналов связи и др.).

Множество вариантов поведения робота — алгоритмически (но не аналитически) заданное множество, а именно, множество всех тех вариантов поведения робота, которые конструктивно допустимы для данного робота.

Плановый период — период времени, на который распространяется планирование поведения.

План поведения — вариант поведения, выбранный на предстоящий плановый период.

Наиболее дефицитный ресурс (НДР) — ресурс, необходимый для функционирования любого робота, входящего в состав коллектива, и являющийся ограниченным. Чаще всего в роли НДР выступает энергия.

Лимит НДР — право робота расходовать НДР в течение планового периода. Лимит НДР может быть меньше физически доступного НДР, например, роботу может быть запрещено расходовать более определенной доли энергии аккумуляторов в течение планового периода (чтобы сохранить запас на последующие плановые периоды), равен или быть больше (если имеется возможность подзарядки аккумуляторов или дозаправки топлива).

Индивидуальные признаки — признаки конкретного объекта или события, выделяющие его из категории подобных. Например, «пожар в жилом доме» — информация без индивидуальных признаков, а «пожар в доме по адресу ..., в квартире ...» — с индивидуальными признаками.

Информационный продукт (ИП) – информация определенной категории и структуры, с добавлением индивидуальных признаков или без них. Категория определяется совокупностью признаков события, к которому она относится (например, пожар в жилом доме, пожар в лесу, ДТП, изменение состава воздуха и др.). Обязательными элементами структуры ИП являются: категория, место, время и вид (фото, видео, символы и др.).

Покупка – получение одним роботом от другого некоторого ИП, использование этого ИП при составлении своего плана поведения и выделение за это поставщику ИП определенного количества НДР.

Продажа – передача от одного робота другому некоторого ИП по каналу связи, с тем, чтобы у него была возможность его купить.

Затраты – расход НДР робота на осуществление варианта поведения; расход НДР робота на производство определенного ИП; расход НДР робота n на поддержание связи с роботом n' .

Цена – балльная экспертная оценка ИП, назначаемая центром и нормированная для обеспечения соизмеримости с затратами.

Прибыль – разность между суммарной ценой проданных роботом ИП всем покупателям, выраженная в единицах НДР, и затрат НДР на осуществление варианта поведения.

Издержки завышения – затраты НДР, которые возникают у робота при выбранном плане поведения на получение ИП, которые оказались невостребованными.

Издержки занижения – сумма цен всех ИП, которые могли бы быть проданы в случае, если бы вариант плана поведения позволил бы произвести и продать эти ИП.

Связь – информационный обмен или физическая возможность информационного обмена между роботами или взаимодействии с центром.

Структура – совокупность элементов (роботов), функций, выполняемых ими (вариантов активности) и связей между ними.

Подчинение – планирование роботом варианта поведения с целью получения только тех ИП, которые покупает другой робот, с одновременной гарантией другого робота поддерживать с ним связь и покупать предлагаемые ИП.

Самоорганизация – самопроизвольное, т.е. на основе алгоритмов поведения роботов (а не в результате внешнего управления ими) добавление или исключение связей и вариантов подчинения.

Свойства 1) – 13), которые сформулированы в § 8.1.1, необходимо дополнить следующими общими положениями, которые можно назвать конструкторскими идеями, так как они открывают возможность конструировать работоспособные совокупности роботов со свойствами самоорганизации и целенаправленного поведения.

– Роботы производят, продают и покупают ИП по рыночным правилам.

– Варианты поведения робота зависят от лимита НДР и длины планового периода.

– Платой за проданный ИП является увеличение у продавца лимита НДР, сокращение длины планового периода и, следовательно, увеличение интенсивности работы.

– Робот находится в случайной среде, порождает РСРП и выбирает план поведения, исходя из соотношения риска завышения и риска занижения.

– ЭСМ планирования поведения робота увязывает в систему все условия и алгоритмы поведения роботов.

– Риск завышения и риск занижения выражаются в единицах НДР.

– Риск завышения – это риск затрат НДР на производство тех ИП, которые не удастся продать.

– Риск занижения – это риск не получить увеличение лимита НДР и сокращения длины планового периода при продажах ИП.

– Цена на ИП устанавливается центром в виде балльных оценок с учетом наличия либо отсутствия индивидуальных признаков события.

– Соизмеримость рисков завышения и занижения обеспечивается с помощью процедуры нормирования.

– Результат деятельности робота в течение планового периода выражается разностью цены проданных ИП и затрат на осуществление выбранного варианта поведения, т. е. прибылью.

– Каждый вариант поведения робота определяет вероятность, с которыми робот может получить разные ИП.

– Ожидаемая совокупная цена всех проданных роботом ИП, взвешенная по вероятности, определяет вероятность выбора варианта поведения при планировании поведения с помощью ЭСМ.

– Дополнительные ИП, полученные роботом (самостоятельно или от других роботов), меняют вероятности получения ИП при любом варианте поведения.

– По мере поступления ИП робот корректирует план.

– На множестве вариантов поведения робота устанавливается отношение порядка, которое используется в ЭСМ планирования поведения: доминирует тот вариант поведения, который имеет большую вероятность дать хоть какую-нибудь полезную информацию.

– Покупка роботом ИП происходит за счет прибыли.

– Робот поддерживает связи с другими роботами в течение тех или иных плановых периодов в зависимости от прибыли, которую приносят ИП, переданные по этим связям.

– Если добытая роботом информация приносит прибыль меньше определенного предела и вместе с тем ИП, поступающая от другого робота, приносит значительную прибыль, то робот «соглашается» подчиняться.

– «Подчиненный» робот ориентируется на производство только тех ИП, которые готов покупать «командующий» робот, и поддерживает с ним связь.

– Если от переданных ИП от другого робота, робот получает прибыль больше определенного предела, то он соглашается «командовать».

– «Командующий» робот не может отказаться от связи с «подчиненным» роботом и от покупки ИП у подчиненного робота.

– Соподчинение подтверждается (или отменяется) в следующем плановом периоде.

– Самоорганизация в виде установления и отмены связей, установления и отмены вариантов соподчинения устанавливается исходя из критерия максимума прибыли от проданных ИП всем коллективом роботов.

8.1.3. Эволюционно-симулятивная модель планирования поведения робота

В табл. 8.1 введены обозначения, которые необходимы для построения модели.

Таблица 8.1

Обозначения

Обозначение	Содержание
N	Номер робота
$T_{n,t}$	Длина планового периода для робота n ; t – порядковый номер планового периода.
$f(x)$	Закон распределения вероятностей случайной величины x .
x^e	Реализация случайной величины x , полученная в статистическом испытании (индекс « e » сверху справа – номер статистического испытания) с помощью имитационной модели в соответствии с законом $f(x)$.
$Y = \rho(w)$	Имитационная модель, которая позволяет получать реализации случайного вектора (или величины) Y при заданных значениях набора параметров w , влияющих на Y .
$M\{x\}$	Математическое ожидание случайной величины x .
$P(y)$	Вероятность события y .
IP_i	Информационный продукт (ИП) номер i . Номер i присваивается индивидуально и без повторений с учетом всех структурных элементов: категории, места, времени, вида и индивидуальных признаков.
$IP(i, n, n')$	ИП номер i , полученный роботом n от робота n' в течение текущего планового периода. При $n = n'$ робот получил ИП самостоятельно.
Fa_n^e	Вариант поведения робота n на плановый период.
PL_n	План поведения робота n на предстоящий плановый период.
G_n	Множество всех технически доступных вариантов поведения робота n .
$P(Fa_n^e)$	Вероятность выбора варианта поведения $Fa_n^e \in G_n$ роботом n на предстоящий плановый период.
$P_{\setminus}(Fa_n^e)$	Вероятность получить ИП номер i , роботом n , при варианте поведения Fa_n^e за плановый период на основе только той информации, которая была получена до начала планового периода t_n .
$P_i(Fa_n^e IP(i', n, n'))$	Вероятность получить ИП номер i , роботом n , при варианте поведения Fa_n^e за плановый период при наличии дополнительного ИП i' , полученного от робота n' (или самим роботом, если $n = n'$).
$D_{n,t}$	Лимит НДР для робота n на плановый период t .
$z(Fa_n^e)$	Затраты НДР на осуществление роботом n варианта поведения Fa_n^e .

Обозначение	Содержание
$f(z(Fa_n^e))$	Закон распределения затрат НДР на осуществление роботом n варианта поведения Fa_n^e .
$M\{z(Fa_n^e)\}$	Математическое ожидание затрат НДР на осуществление роботом n варианта поведения Fa_n^e .
$f_i(q)$	Закон распределения вероятностей количества q роботов, которые заинтересуются (купят) ИП номер i .
c_i^{sign}	Цена ИП i (балльная экспертная оценка), назначаемая центром при наличии необходимых индивидуальных признаков ИП.
k	Нормировочный коэффициент для цен.
$\Psi_1^e(PL_n)$	Издержки завышения плана PL_n .
$\Psi_2^e(PL_n)$	Издержки занижения плана PL_n .
$P_n(Fa_n^e)$	Вероятность, что вариант поведения Fa_n^e принесет хоть какую-нибудь полезную информацию.
$r(PL_n)$	Прибыль (расчетный показатель) при плане поведения PL_n .
$k_1, k_2, \dots, \underline{d}_i, \underline{c}_i, \underline{h}, V_n, V_n$	Параметры настройки
$S_{n,n'}$	Затраты робота n на поддержание связи с роботом n' .
Δn	Суммарная прибыль, полученная роботом n от всех ИП, добытых самостоятельно.
$P_{события}$	Вероятность наступления события.
$P_{обнаружения}$	Вероятность обнаружения роботом наступившего события.
$V_{n,n'}^{Прибыль}$	Ожидаемый суммарный прирост прибыли, которую получит робот n от всех проданных роботу n' ИП за текущий плановый период.
$V_{n,n'}^{Поступления}$	Суммарные поступления робота n от робота n' за все проданные ему ИП за этот же период.
$S_{n,n'}$	Затраты робота n на поддержание связи с роботом n' .

Обратимся к описанию Эволюционно-симулятивной модели.

а) Правила установления закона распределения вероятностей на V_jG_n . Лимит НДР ограничивает возможные варианты поведения робота n . Если некоторый вариант $Fa_n^e \in G_n$ при заданном $D_{n,t}$ недоступен, то для этого варианта полагаем $P(Fa_n^e) = 0$. Для доступных вариантов полагаем, что вероятность $P(Fa_n^e)$ пропорциональна $c_i P_i(Fa_n^e)$ и, следовательно:

$$P(Fa_n^e) = \frac{c_i P_i(Fa_n^e)}{\sum_{i=1}^I c_i P_i(Fa_n^e)}. \text{ Содержательный смысл правила состо-}$$

ит в том, что вероятность варианта поведения тем больше, чем с большей вероятностью более ценную информацию способен принести вариант поведения, среди доступных при заданном лимите НДР вариантов.

b) Правила введения отношения порядка на G_n . Упорядочиваем ИП по мере убывания цены, т. е. $c_{i+1} > c_i$. Пусть h количество наиболее ценных ИП. Очевидно, что $h \leq I$. При этом $1 - P_i(Fa_n^e)$ – вероятность не получить ИП _{i} , при варианте поведения Fa_n^e . $\prod_{i=1}^h (1 - P_i(Fa_n^e))$ – вероятность не получить никакую особенно полезную информацию при этом варианте поведения. $P_h(Fa_n^e) = \left(1 - \prod_{i=1}^h (1 - P_i(Fa_n^e))\right)$ – вероятность получить хоть какую-нибудь полезную информацию, при поведении Fa_n^e . С помощью функции $P_h(Fa_n^e)$ введем отношение порядка на G_n : если $P_h(Fa_n^e) > P_h(Fa_n^{e'})$ то полагаем $Fa_n^e \succ Fa_n^{e'}$ (где \succ – знак доминирования).

c) Правило нормирования цен. Нормировочный коэффициент k уравнивает среднюю сумму затрат на вы-

полнение варианта поведения $\frac{\sum_{\forall Fa_n} z(Fa_n) P(z(Fa_n))}{card\{G_n\}}$ и среднюю

цену произведенных при этом варианте ИП $\frac{\sum_{\forall Fa_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(Fa_n)}{card\{G_n\}}$,

т.е. $\frac{\sum_{\forall Fa_n} z(Fa_n) P(z(Fa_n))}{card\{G_n\}} = k \frac{\sum_{\forall Fa_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(Fa_n)}{card\{G_n\}}$ и $k = \frac{\sum_{\forall Fa_n} z(Fa_n) P(z(Fa_n))}{\sum_{\forall Fa_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(Fa_n)}$.

d) Издержки завышения – затраты $z(Fa_n^e)$.

e) Издержки занижения – цена всех проданных ИП $k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(Fa_n^e)$.

f) Расчетный показатель (РП) = разность цен проданных ИП и затрат на их получение: $r(PL_n) = \left(k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z^e(PL_n)\right)$.

Если $r(PL_n) > 0$, то по содержательному смыслу РП подобен прибыли, а если $r(PL_n) < 0$ – убыткам.

г) ЭСМ планирования варианта поведения робота на предстоящий плановый период:

$$\begin{aligned}
 Fa_n^e &= \rho_0(D_{n,t}) \\
 \Psi_1^e(PL_n) &= \rho_1(PL_n, Fa_n^e), PL_n > Fa_n^e \\
 \Psi_2^e(PL_n) &= \rho_2(PL_n, Fa_n^e), PL_n \leq Fa_n^e \\
 &\min_{PL \in V_n} \left\{ \max_{l \in \{1,2\}} \left\{ M \left\{ \Psi_l(PL_n) \right\} \right\} \right\} \\
 r(PL_n) &= \left(k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z(PL_n) \right),
 \end{aligned}$$

где ρ_0 – имитационная модель, позволяющая в статистических испытаниях получать реализации варианта поведения $Fa_n^e \in G_n$ при заданном $D_{n,t}$, согласно закону распределения вероятностей, установленному по правилам а); $\rho_1(e)$ – имитационная модель расчета издержек завышения по правилам д) с учетом отношения порядка на G_n , введенного по правилам б); $\rho_2(e)$ – имитационная модель, которая позволяет в статистических испытаниях получать реализацию издержек занижения по правилам е) с учетом отношения порядка на G_n , введенного по правилам б), где k – нормировочный коэффициент, рассчитанный по правилам с); расчетный показатель рассчитывается по правилам ф).

8.1.4. Способ управления самоорганизующимися подвижными, динамическими, целенаправленными, иерархическими, распределенными информационно-телекоммуникационными системами

Длина планового периода и лимит НДР

$T_{n,t+1} = k_1 T_{n,t}$; $D_{n,t+1} = k_2 D_{n,t}$, где t – номер текущего планового периода. Если $r_{n,t-1} > r_{n,t-2}$, то $k_1 < 1$ и $k_2 > 1$; если $r_{n,t-1} < r_{n,t-2}$, то $k_1 > 1$ и $k_2 < 1$, где $r_{n,t}$ – «прибыль» полученная роботом n в плановом периоде t .

Зависимость вероятности получения ИП от варианта поведения и от дополнительной информации

Вероятность получения ИП: $P_i(Fa_n^e) = P_{\text{события}} * P_{\text{обнаружения}}$, где $P_{\text{события}}$ – вероятность наступления события (например, вероятность, что на определенной, ограниченной территории возникнет пожар), $P_{\text{обнаружения}}$ – вероятность, что робот обнаружит событие (например, вероятность, что беспилотник увидит и сфотографирует пожар). $P_{\text{события}}$ – не зависит, а $P_{\text{обнаружения}}$ – напрямую зависит от варианта поведения робота Fa_n^e (чтобы обнаружить пожар, беспилотнику, как минимум, нужно летать именно над той территорией, где он происходит). Если поступила информация $IP(i, n, n')$, что событие состоялось (пожар случился), то $P_{\text{события}} = 1$ и, следовательно:

$$P_i(Fa_n^e | IP(i', n, n')) = P_{\text{события}} * P_{\text{обнаружения}} = P_{\text{обнаружения}}$$

(хотя Fa_n^e – не меняется). Алгоритмы расчета $P_i(Fa_n^e)$ и $P_i(Fa_n^e | IP(i', n, n'))$ должны учитывать отмеченную структуру информации и тот факт, что наличие дополнительной информации меняет вероятность $P_i(Fa_n^e)$ получения ИП при неизменном Fa_n^e .

Управление из центра

Управление из центра осуществляется путем установления и изменения цен c_i^{sign} и c_i на ИП соответственно, с учетом наличия либо отсутствия дополнительных признаков.

Примечание 1. Управление может быть очень гибким и ситуационным. Например, если ИП в виде фото содержит «подозрительного человека», который интересует центр, то автоматически формируются признаки именно этого человека (современные методы распознавания образов позволяют это делать) и цены c_i^{sign} на ИП с признаками (фото или видео) «подозрительного человека» будут увеличены. Это приведет к повышению количества, детальности и качества информации. Можно понизить цены некоторых ИП, чтобы снизить поток спама. Можно заранее привлечь максимальное число роботов в определенный район исходя из определенной стратегии центра

и стратегии, которую он намерен проводить. Чем сильнее изменяется «цена», тем сильнее реагирует коллектив роботов.

Примечание 2. Этот способ управления, разумеется, не исключает передачу роботам из центра команд для выполнения конкретных действий, например, удаление боеприпасов.

Принятие решений о покупке ИП и корректировке плана

Если поступил $IP(i, n, n')$ от другого робота (т.е. $n \neq n'$), который не дублирует ИП, полученный роботом n ранее или купленным у другого робота в течение текущего планового периода и приносит ожидаемую прибыль, то робот n покупает у робота n' данный ИП.

Размер ожидаемой прибыли устанавливается в процессе составления и корректировки плана поведения робота на следующий плановый период $t + 1$. План составляется путем решения ЭСМ, описанной в § 8.1.3, в начальный момент текущего планового периода t . Этот план PL_n (назовем его базовым) не учитывает той информации, которая поступит в течение текущего планового периода. Далее план корректируется по мере поступления информации. При базовом варианте вероятности реализаций вариантов поведения в соответствии

с правилом *a*) § 8.1.3 равны $P(Fa_n^e) = \frac{c_i P_i(Fa_n^e)}{\sum_{i=1}^I c_i P_i(Fa_n^e)}$. Если робот

добыл некоторый ИП $IP(i, n, n')$ сам или получил от другого робота, то вероятности меняются с $P_i(Fa_n^e)$ на $P_i(Fa_n^e | IP(i', n, n'))$. Соответственно меняются вероятности реализаций вариантов поведения на $P(Fa_n^e) = \frac{c_i^{sign} P_i(Fa_n^e | IP(i', n, n'))}{\sum_{i=1}^I c_i P_i(Fa_n^e | IP(i', n, n'))}$, отношение

порядка на G_n в соответствии с правилом *b*) § 8.1.3, а также издержки занижения в соответствии с правилом *e*) § 8.1.3. С учетом этих изменений решается ЭСМ и составляется новый вариант плана $PL_{n,i',n'}$.

Согласно *f*) § 8.1.3 прибыль рассчитывается по формуле:

$$r(PL_n) = \left(k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z^e(PL_n) \right).$$
 Для предстоящего планового периода реализации q_i^e неизвестны. Поэтому в формуле расчета прибыли q_i^e заменяется на $M\{q_i\}$. Таким образом, ожидаемая прибыль на предстоящий плановый период определяется формулой:
$$r(PL_n) = \left(k \sum_{i=1}^I c_i M\{q_i\} P_i(PL_n) - z^e(PL_n) \right).$$

Пусть $r(PL_n)$ и $r(PL_{n,i',n'})$ – ожидаемая прибыль, рассчитанная от PL_n и $PL_{n,i',n'}$ соответственно на период $t + 1$. Если $r(PL_n) < r(PL_{n,i',n'})$, то вариант плана $PL_{n,i',n'}$ далее рассматривается как базовый. При этом, если $n \neq n'$, то робот n «покупает» у робота n' ИП $_i$ за $d_i(r(PL_{n,i',n'}) - r(PL_n))$, где $-d_i$ параметр настройки модели. Если позже какой-либо робот пришлет аналогичную информацию, то она не изменит вероятностей $P_i(Fa_n^e)$ и будет проигнорирована. При $d_i < 1$ сумма всех выплат не будет превосходить суммы прибыли. Последний из полученных вариантов и принимается в качестве плана на период t_{n+1} .

Примечание. T_n может быть как достаточно длинным, так и сколь угодно коротким, например, всего лишь несколько долей секунды (в этом случае текущий план PL_n включает небольшой набор простейших действий, скажем: повернуть направо и сделать снимок). С учетом этого условие, что информация, получаемая в течение текущего планового периода, не влияет на текущий план, почти не ограничивает адаптационных способностей робота.

Принятие решений о поддержке связей

Цена, которую робот n готов заплатить роботу n' за ИП $_i$, равна $d_i(r(PL_{n,i',n'}) - r(PL_n))$. $(1 - d_i)(r(PL_{n,i',n'}) - r(PL_n))$ – ожидаемый прирост прибыли робота n от использования ИП $_i$, полученной от робота n' в предстоящем плановом периоде.

Поскольку робот n не только получает ИП от робота n' , но также передает ему ИП, то в случае, если робот n' купит ИП $_i$, у робота n , то робот n получит от робота n' выплату в размере $d_i(r(PL_{n,i'',n}) - r(PL_n))$.

Пусть:

$V_{n,n'}^{\text{Прибыль}}$ – ожидаемый суммарный прирост прибыли, которую получит робот n от всех проданных роботу n' ИП за текущий плановый период;

$V_{n,n'}^{\text{Поступления}}$ – суммарные поступления робота n от робота n' за все проданные ему ИП за этот же период;

$S_{n,n'}$ – затраты робота n на поддержание связи с роботом n' .

Если $V_{n,n'}^{\text{Прибыль}} + V_{n,n'}^{\text{Поступления}} - S_{n,n'} > 0$, то связь в следующем плановом периоде (или k_3 плановых периодов) поддерживается, иначе – прерывается.

Примечание. В конкретных условиях данный алгоритм может быть модифицирован в случае, если затраты на поддержание связи требуют существенных затрат и если в зависимости от величины этих затрат можно существенно улучшить качество, объем и скорость передачи информации.

Принятие решений о подчинении

При $n' = n$ величина $(r(PL_{n,i',n}) - r(PL_n))$ выражает «прибыль», которую роботу n приносит ИП $_i$, полученная самостоятельно. Пусть Δ_n суммарная прибыль, полученная роботом от всех ИП, добытых самостоятельно. Пусть $V_n = (V_n^{\text{Прибыль}} + V_n^{\text{Поступления}} - S_n)$ – суммарная «прибыль», полученная роботом от его связи с роботом n' . Предположим, что связь с роботом n' приносит максимальную прибыль, сравнительно с связями со всеми другими роботами. Если $\Delta_n < \underline{V}_n$ и $V_n > \bar{V}_n$, где \underline{V}_n и \bar{V}_n параметры настройки модели, то робот n «соглашается» подчиниться роботу n' . Аналогично, если робот n' получает от связи с роботом n достаточную «прибыль», то робот n' «соглашается приказывать» роботу n .

Соподчинение возможно только в том случае, если одновременно робот n «соглашается подчиняться» роботу n' , а n' «соглашается приказывать». Для робота n «подчинение» означает, что при составлении плана на следующий плановый период он учитывает только те ИП, которые «покупает» n' (т.е. в течение планового периода $t + 1$ робот полагает $c_i = 0$

для всех i , кроме тех, которые «покупал» робот n' в течение планового периода t), а для робота n' , что он не может отказаться поддерживать связь с роботом n' и покупать у него ИП течение планового периода $T_{n,t+1}$ (а не $T_{n',t+1}$) по обычным ценам, если ИП приносят прибыль, и по минимальным «твердым» ценам c_i , в противном случае.

8.1.5. Пример

Рассмотрим коллектив роботов, помощников МЧС и МВД, разбросанных на определенной территории, включающей жилые и производственные районы, лесные массивы, озера и реки. Варианты поведения роботов показаны в табл. 8.2.

Вариант поведения Fa_n^e робота n – это допустимый набор позиций из табл. 8.2. Каждый вариант поведения включает по одной позиции из всех или некоторых столбцов табл. 8.2. Например:

$$Fa_n^e = a1, b2, d5, e1, f3, g3$$

означает, что в плановом периоде, т. е. в предстоящих сутках, робот n будет двигаться на 1-й скорости, делать фотосъемки широкого формата с обычной частотой, брать пробы воздуха с повышенной точностью и увеличенным числом параметров, задачей робота будет дежурство на территории «В», при этом допустимый расход энергии составит не более 25% емкости аккумуляторов.

Множество G_n вариантов поведения робота n – это множество всех допустимых сочетаний заполненных позиций табл. 8.2, учитывающих конструктивные возможности робота. Если считать, что робот может осуществлять любые варианты активности на любой территории, то количество элементов G_n составит 246960. Классификация событий представлена в табл. 8.3.

В качестве НДР будем рассматривать электроэнергию, предполагая, что все роботы имеют аккумуляторы. Изначально для всех роботов установим длину планового периода $T_n = 24$ часа.

Таблица 8.2

Варианты поведения роботов

	Активность				Задачи	Ограничения	
	Движение	Фото	Видео	Проба		Координаты	Энергия
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>D</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
1	1-я скорость	Обычный формат	Обычное	Воздуха, обычная	Дежурить	Территория «А»	Лимит 5% емкости
2	2-я скорость	Широкий формат	Широкий формат	Воды, обычная	Следить за событием	Территория «Б»	Лимит 15% емкости
3	3-я скорость	Обычный с высокой четкостью	Обычное с высокой четкостью	Почвы, обычная	–	Территория «В»	Лимит 25% емкости
4	4-я скорость	Широкий формат с высокой четкостью	Широкий формат с высокой четкостью	Воздуха, с повышенной точностью и увеличенным числом параметров	–	Территория «Г»	Лимит 50% емкости
5	5-я скорость	Обычный формат с повышенной частотой	Обычное с увеличенной частотой кадров	Воды, с повышенной точностью и увеличенным числом параметров	–	Территория «Д»	Лимит 75% емкости
6	–	Широкий формат с повышенной частотой	Широкий формат с увеличенной частотой кадров	Почвы, с повышенной точностью и увеличенным числом параметров	–	Территория «Е»	Лимит 100% емкости

Продолжение табл. 8.2

	Активность				Задачи	Ограничения	
	Движение	Фото	Видео	Проба		Координаты	Энергия
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>D</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
7	—	Обычный с высокой четкостью с повышенной частотой	Обычное с высокой четкостью с увеличенной частотой кадров	Воздуха, обычная, с увеличенной частотой	—	Территория «Ж»	Лимит 150% емкости (с подзарядкой)
8	—	—	Широкий формат с высокой четкостью с увеличенной частотой кадров	Воды, обычная, с увеличенной частотой	—	—	—
9	—	—	—	Почвы, обычная, с увеличенной частотой	—	—	—

Таблица 8.3

Классификация событий

	Пожар	ДТП	Нарушение общественного порядка	Подозрительный объект	Чрезвычайное происшествие
	I	II	III	IV	V
1	В жилом доме	Мелкое	Воровство	Человек	Нарушение водоснабжения
2	На АЗС	Среднее, без жертв	Повреждение имущества	Группа людей	Нарушение газоснабжения
3	Лесной, площадью до 100 м ²	Столкновение более 2-х легковых машин	Драка	Автомобиль	Подтопление
4	Лесной, площадью до 500 м ²	Столкновение с участием общественного транспорта	Драка с многими участниками	Поведение на воде	–
5	Лесной, площадью более 500 м ²	ДТП с возникновением длительных пробок	–	Поведение на дороге	–
6	–	ДТП с жертвами	–	Поведение в лесу	–
7	–	ДТП с жертвами и возникновением длительных пробок	–	–	–

ИП – это событие из табл. 8.2 с указанием вида (из столбцов b , c или d) и координат (из столбца f) из табл. 8.2. Например:

$$\text{ИП}_i = \text{ИЗ}(c3, f3)$$

обозначает информацию о возможном (необязательно произошедшем) событии: подозрительный автомобиль на обычном (по формату) фото с высокой четкостью, на территории «В».

Если событие действительно произошло, то добавляются точные координаты места и времени и ИП принимает вид:

$$\text{ИП}_i = \text{ИЗ}(c3, f3)(\text{место, время}).$$

Количество I возможных ИП выражается произведением числа заполненных позиций табл. 8.3 на количество заполненных позиций в столбцах b , c , d и f табл. 8.2. Таким образом: $I = 88200$.

Каждый из 246960 вариантов поведения определяет вероятность обнаружения соответствующих событий. Например: $Fa_n^e = a1, b2, d5, e1, f3, g3$, в принципе позволяет обнаружить пожар в жилом доме (если на территории «В» есть жилые дома), или пожар на АЗС (если на этой территории «В» есть АЗС) и т.д. Увеличение лимита НДР позволяет увеличить скорость движения и частоту съемок, что повышает вероятность обнаружения события. В принципе каждый 246960 вариантов поведения определяет некоторые вероятности $P_i(Fa_n^e)$ обнаружения каждого из событий 88200. Общее количество вероятностей событий $P_i(Fa_n^e)$ составляет:

$$246960 * 88200 = 21781872000.$$

Очевидно, что невозможно осуществить сбор статистики или проведение экспертиз для получения оценок столь большого количества величин. С помощью простого алгоритма эти оценки можно получить в автоматизированном режиме на основе весьма ограниченной исходной информации, имеющейся в отчетности МЧС и МВД. Для каждой из 7-ми территорий, названных в столбце f табл. 8.2 из отчетности или экспертно можно оценить вероятность наступления каждого из 25 событий, показанных в табл. 8.3. Пусть $p_j, j = 1, \dots, 25 * 7$

оценки вероятностей событий из табл. 8.3 на территориях, показанных в столбце f табл. 8.2.

Рассмотрим простейший вариант поведения робота:

$$Fa_n^e = a1, b1, g3,$$

т. е. движение на 1-й скорости, обычное фотографирование при минимальном расходе энергии. Пусть p_b — оценка вероятности обнаружения события, в предположении, что оно случилось. Будем считать, что p_b не зависит от того, какое именно событие произошло: пожар, ДТП или что-то другое. Это предположение достаточно правдоподобно, так как оно отражает вероятность того, что событие попадет в кадр, что определяется полем зрения камеры, частотой съемки и скоростью перемещения робота.

Переход на каждую следующую повышенную скорость способен увеличить вероятность обнаружения события. Возможность поддерживать скорость зависит от технических характеристик робота, в частности, от расхода энергии в единицу времени при данной скорости, лимита НДР L_n и длительности планового периода $T_{n,t}$. Можно разработать простую процедуру расчета $K^1(a_n, L_n, T_{n,t})$, где a_n — номер позиции в столбце a в табл. 8.2.

Аналогичным образом можно разработать процедуры расчета корректирующих коэффициентов, для учета увеличения вероятности обнаружения события в связи с повышением качества фото (широкий формат, высокая четкость, частота съемок) $K^2(b_n)$, где b_n — номер позиции в столбце b в табл. 8.2, добавления различных вариантов видео $K^3(c_n)$, где c_n — номер позиции в столбце c в табл. 8.2, и взятия проб $K^4(d_n)$, где d_n — номер позиции в столбце d в табл. 8.2.

Таким образом, вероятность обнаружения события можно представить в виде: $p_b K^1(a_n, L_n, T_{n,t}) K^2(b_n) K^3(c_n) K^4(d_n)$. При этом для любого i и любого Fa_n можно рассчитать:

$$P_i(Fa_n^e) = p_j p_b K^1(a_n, L_n, T_{n,t}) K^2(b_n) K^3(c_n) K^4(d_n).$$

Расчеты по этой формуле на компьютере (выполнение циклических процедур) потребуют пренебрежимо малых затрат времени.

Не вдаваясь в дальнейшие детали, можно сказать, что существует способ расчета $P_i(Fa_n)$, который практически реализуем и не требует чрезмерно больших вычислительных мощностей. Более того, все необходимые расчеты можно выполнять с использованием только оперативной памяти компьютера.

Аналогичным образом можно показать, что существует возможность достаточно оперативно и незатратно, с вычислительной точки зрения, получать и обрабатывать информацию для выполнения всех вычислительных процедур способа, предложенного в § 8.1.4.

В исходный момент полагаем цены $c_i = 1$. Предположим, что некоторый робот заметил подозрительного человека на территории «Б». Если эта информация заинтересовала центр (оператора), то он резко (например в 5 раз) увеличивает цену $ИП = IV1(b1, f2)$, $ИП = IV1(b2, f2), \dots$, $ИП = IV1(b7, f2)$, $ИП = IV1(c1, f2), \dots$, $ИП = IV1(c8, f2)$. В результате все роботы будут стремиться на территорию «Б» (если смогут добраться) и стараться собирать всю доступную информацию о подозрительном человеке. При этом те роботы, которым удастся получить что-то полезное, будут сокращать плановые периоды, увеличивать лимит НДР и, в результате, увеличивать интенсивность своей работы.

Системы управления коллективом роботов, обеспечивающих самоорганизацию и целенаправленность поведения, могут успешно применяться во всех тех ситуациях, когда необходимо согласовывать поведение территориально разбросанных телекоммуникационных систем для решения общей задачи, а прямое управление каждой из них из центра затруднено или даже невозможно. Такие ситуации возникают в разных областях человеческой деятельности:

- военное дело;
- медицина;
- космос;
- поиск полезных ископаемых;
- преодоление ЧС;
- автоматизация;
- обучение;

- развлечения;
- разработка методов математического моделирования управления и самоуправления;
- исследование организмов, популяций и экосистем.

В частности, в военном деле, а также при преодолении ЧС, исследовании космоса и поиске полезных ископаемых, встречается сочетание таких условий, при которых участие человека опасно, не эффективно и дорого и где необходимо принимать решения на месте, которые одновременно должны быть согласованы с поведением остальных участников. В России и за рубежом (наиболее интенсивно в США) роботизированные комплексы рассматриваются как один из атрибутов военной техники будущего.

Например, поиск военизированного противника в труднодоступных лесных или горных массивах предполагает слежение на большой территории с применением различных наземных и воздушных средств наблюдения и, в случае обнаружения противника, быструю концентрацию усилий всех участников. При этом необходимо минимизировать риск для личного состава. Всем этим требованиям отвечает совокупность роботов, составляющих самоорганизующийся и целенаправленно действующий коллектив.

Применение в медицине (послеоперационный надзор) и в спортивной медицине (тренировочный процесс) может быть основано на том, чтобы сочетать предложенный способ управления и небольшие узлы с датчиками, называемыми мотами (mote), образующими беспроводную сенсорную сеть¹. С помощью таких систем можно осуществлять контроль за состоянием одного или нескольких пациентов. Предложенный способ управления беспроводными сенсорными сетями может найти применение при автоматизации зданий, промышленной автоматизации, экологическом мониторинге, спасательных операциях, охранно-пожарной сигнализации.

Вместе с тем предложенный способ может быть применен для математического моделирования организмов, в част-

¹ О беспроводных сенсорных сетях см. Институт проблем лазерных и информационных технологий (ИПМЛИТ РАН), <http://www.laser.ru/>.

ности, процессов взаимодействия клеток, их самоорганизации в живом организме. Способ может стать основой для разработки математических моделей популяций, например муравьев, и экосистем, например живых организмов в замкнутой эйкумене (озере).

Развлечения могут основываться на том, что коллективы роботов могут образовывать команды игроков, которые могут играть за человека, против природы, или против человека, или между собой. На основе этих игровых систем могут создаваться обучающие программы.

В настоящее время уже существуют по отдельности и в различных сочетаниях все технические решения, необходимые для создания самоорганизующихся целенаправленных коллективов роботов, на основе предложенного способа управления. В частности, существуют подвижные роботы, способные собирать информацию и обмениваться ею, имеются способы распознавания образов, позволяющие идентифицировать различные объекты, в частности людей, по фотографиям. Создана Эволюционно-симулятивная методология, обеспечивающая возможность разрабатывать математические модели РСП, и инструментальная система Decision, позволяющая программно реализовывать эти модели (в области исследования РСП и ЭСМ Россия имеет приоритет).

В настоящее время роботизированный комплекс, как правило, состоит из одной или нескольких дистанционно управляемых машин и системы управления. Например, недавно в России принят на вооружение робототехнический комплекс РБТК, предназначенный для разведки и стрельбы из огнеметного и стрелкового вооружения.

В ближайшей и среднесрочной перспективе можно ожидать значительного увеличения возможностей отдельных роботов, совершенствования способов информационного обмена между роботами и способов управления и самоуправления коллективов роботов, создаются сенсорные сети и мультиагентные системы.

Уже в настоящее время создаются беспроводные самоорганизующиеся (или динамические, или ad hoc) сети, которые

позволяют создавать высоконадежные и энергосберегающие системы обмена информацией.

К 2020 г. возможно создание искусственных механических устройств, обладающих гибкостью, эластичностью и чувствительностью мышц человека, но с большей силой и прочностью для элементов движителей и манипуляторов.

Разрабатываются новые методы описания объектов, которые позволят роботам воспринимать, хранить и передавать информацию об окружающей обстановке с помощью описательных, абстрактных, образных и векторных понятий, которые будут восприниматься и расшифровываться микропроцессорами систем управления роботов.

После 2030 г. ожидается повышение роли «роботов-руководителей», которые станут посредниками между военнотехническим оператором и коллективом специализированных роботов.

Уже сегодня роботы рассматриваются как интеллектуальные агенты, имеющие собственные базы данных и знаний, каналы связи для обмена информацией между собой, которая используется для решения общей задачи.

В России имеются весьма успешные и далеко продвинутые разработки в области систем управления коллективами роботов. Например, в ЦНИИ робототехники и технической кибернетики ведутся работы, нацеленные на создание:

- унифицированного информационно-управляющего комплекса автономной навигации мини-роботов на базе инерциальных, ультразвуковых и оптических сенсоров с обеспечением целеуказания по телевизионному кадру;

- унифицированной системы групповой навигации роботов;

- малогабаритного модуля обработки данных для обеспечения навигации автономного робототехнического комплекса.

Примечание. Оригинальным способом установки ретранслятора является его доставка по воздуху. Это специальный комплект, состоящий из специального бесшумного пистолета с “ретранслятором -стрелы”. Он предназначен для установки ретранслятора в местах, физический доступ к которым невозможен. Стрела с миниатюрным ретранслятором в

удароустойчивом исполнении надежно прикрепляется к поверхности из любого материала – металла, дерева, пластмассы, камня, бетона и других строительных облицовочных материалов.

Основные перспективы применения и дальнейшей разработки предложенного способа связаны с созданием реальных работоспособных систем в разных областях деятельности, выполнением научных исследований по моделированию биологических и социальных систем, а также повышением функциональных возможностей системы управления за счет придания ей способности самообучения.

8.2. Управление дорожным движением

Моделирование потоков автотранспорта по дорогам подобно моделированию потоков жидкости или газа (например, крови по сосудам, нефти или газа по трубопроводам). Подобие в том, что все эти потоки порождают равновесные случайные процессы (РСП) и поэтому могут быть представлены в виде Эволюционно-симулятивных моделей (ЭСМ).

Рассмотрим ЭСМ управления дорожным движением, переходя от простейшей ситуации (перекресток двух дорог с односторонним движением и одним светофором), до наиболее сложной (район города или город в целом).

8.2.1. Перекресток 2-х дорог с односторонним движением и одним светофором

Рассмотрим ситуацию, показанную на рис. 8.1. Введем обозначения:

f_1 – интенсивность потока по дороге «А» (количество машин в час) – случайная величина, реализации значений которой моделируются с помощью соответствующего датчика псевдослучайных чисел;

f_2 – интенсивность потока по дороге «В»;

V_A – пропускная способность дороги «А» (максимальное количество машин, которое может пропустить в час дорога «А»);

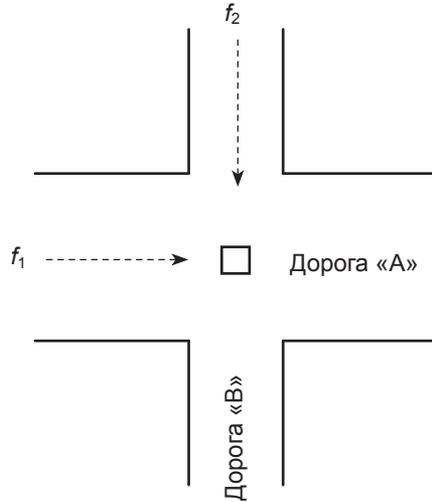


Рис. 8.1. Перекресток с односторонним движением

- V_B – пропускная способность дороги «В»;
- K – доля времени, которое горит «зеленый» для дороги «А» и «красный» для дороги «В»;
- Fa – фактическая интенсивность по дороге «А»;
- PL – нормативная интенсивность по дороге «А»;
- $F_1(PL, Fa)$ – издержки занижения;
- $F_2(PL, Fa)$ – издержки завышения;
- $K * V_A$ – пропускная способность дороги «А» когда «зеленый» горит K единиц времени;
- $(1 - K) * V_B$ – пропускная способность дороги «В» когда «красный» горит $(1 - K)$ единиц времени.

Эволюционно-симулятивная модель движения на перекрестке:

$$Fa = f_1 \quad (8.1)$$

$$F_1(PL, Fa) = Fa - PL, Fa > PL \quad (8.2)$$

$$F_2(PL, Fa) = f_2 - V_B \left(1 - \frac{PL}{V_B}\right), Fa < PL. \quad (8.3)$$

$$\min_{PL} \left\{ \max_i \left\{ M \left\{ F_i (PL, Fa) \right\} \right\} \right\}. \quad (8.4)$$

$$Q = \Psi(PL) \quad (8.5)$$

Смысл соотношений:

(8.1) – в качестве фактической интенсивности Fa рассматриваем f_1 – поток поступающих машин на дорогу «А».

(8.2) – издержки занижения выражаются возрастанием очереди на величину $Fa - PL$ по дороге «А» в случае, если пропускная способность ограничивается величиной PL , соответствующей длительности горения «зеленого» по дороге «А».

(8.3) – издержки завышения выражаются возрастанием очереди на дороге «В» при горении красного. При этом

$K = \frac{PL}{V_B}$ – длительность горения «зеленого» по дороге «А» и «красного» по дороге «В», соответствующее

PL ; $\left(1 - \frac{PL}{V_B}\right)$ – длительность горения «зеленого» по

дороге «В», $V_B \left(1 - \frac{PL}{V_B}\right)$ – пропускная способность дороги «В».

(8.4) – условие оптимальности.

(8.5) – Q – расчетные показатели, например, загрязнение окружающей среды.

Модель (8.1) – (8.5) позволяет:

– рассчитать, каким должен быть режим работы светофора, чтобы обеспечить заданный нормативный уровень потока на той или иной дороге;

– для любого режима работы светофора рассчитать потоки, очереди, загрязнение окружающей среды по каждой дороге;

– оперативно изменять режим работы светофора при изменении входного потока f_1 или f_2 ;

– исследовать последствия возможных изменений предельной пропускной способности (например, числа полос) V_A или V_B ;

– исследовать влияние режима работы светофора на очереди и загрязнения и автоматически устанавливать оптимальный режим.

8.2.2. Сложный перекресток с двусторонним движением, в котором светофорная группа имеет только 2 позиции

Обозначения:

f_1 – случайная величина, равномерно распределенная на интервале $[0,1]$;

PL – искомая оптимальная доля времени, в течение которой светофорная группа работает по 1-му варианту;

Fa – доля времени по 1-му варианту, случайная величина;

$\rho_1(e)$ – имитационная модель, учитывающая потоки по всем направлениям перекрестка, на которых горит «зеленый» при работе светофорной группы по 1-му варианту, и позволяющая в каждом статистическом испытании e получать реализацию количества машин, накапливающихся во всех направлениях с «зеленым» за 1 минуту в случае, когда длительность горения «зеленого» ограничена величиной PL (возможны варианты: накопление очереди по главной дороге или каких-то «основных» дорогах, общее загрязнение окружающей среды, средняя скорость движения на некоторых дорогах);

$\rho_2(e)$ – имитационная модель, учитывающая потоки по всем направлениям перекрестка, на которых горит «красный» при работе светофорной группы по 1-му варианту, и позволяющая в каждом статистическом испытании e получать реализацию количества машин, накапливающихся во всех направлениях с «красным» за 1 минуту в случае, когда длительность горения ограничена величиной PL (возможны такие же варианты).

Эволюционно-симулятивная модель движения на перекрестке:

$$Fa = f_1 \quad (8.6)$$

$$F_1(PL, Fa) = \rho_1(e), Fa > PL \quad (8.7)$$

$$F_1(PL, Fa) = \rho_2(e), Fa < PL \quad (8.8)$$

$$\min_{PL} \left\{ \max_i \left\{ M \left\{ F_i (PL, Fa) \right\} \right\} \right\}. \quad (8.9)$$

$$Q = \Psi(PL) \quad (8.10)$$

Смысл соотношений:

- (8.6) – считаем, что допустимые пределы включения варианта горения неограниченны (хотя, в принципе, легко учесть ограничения на длительность горения и вероятность переключения).
- (8.7) – издержки занижения – это нарастание очереди (или загрязнение окружающей среды и др.) на направлениях с «зеленым» при ограничениях на длительность горения по 1-му варианту.
- (8.8) – издержки завышения – это нарастание очереди (или загрязнение окружающей среды и др.) на направлениях с «красным» при ограничениях на длительность горения по 1-му варианту.
- (8.9) – условие оптимальности.
- (8.10) – Q – расчетные показатели, например, общее загрязнение окружающей среды, общая пропускная способность, пропускные способности по отдельным направлениям и т.п.

Модель (8.6) – (8.10) позволяет:

- рассчитать оптимальный режим переключения по разным критериям оптимальности: длина очереди на том или ином направлении, общая пропускная способность, загрязнение окружающей среды. Для каждого оптимального варианта можно автоматически рассчитывать потоки по всем направлениям;
- рассчитать, каким должен быть режим работы светофора, чтобы обеспечить заданный нормативный уровень потока по тому или иному направлению;
- оперативно изменять режим работы светофора при изменении любого потока;
- исследовать последствия возможных изменений потоков и пропускной способности при расширении полос, переключении реверсивных полос;

– автоматически (или, при желании, вручную) переключать настройки (критерии оптимизации, варианты расчетов и др.).

8.2.3. Сложный перекресток или группа взаимосвязанных перекрестков с двусторонним движением в котором светофорная группа всех перекрестков имеет большое число позиций

Обозначения:

$i = 1, \dots, I$ – номер светофора;

$\nu_i = 1, \dots, V_i$ – номер варианта включения светофора i ;

$g = \{\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_I\}$ – допустимый вариант одновременного включения светофоров. Условия допустимости определяются ПДД и утвержденными нормативами (если они есть). Иллюстрацией варианта одновременного включения светофоров является табл. 8.4.

Таблица 8.4

Вариант одновременного включения светофоров

Номер светофора, i	1	...	I
Номер варианта включения, ν_i			
1	✓		✓
...		✓	
V_i			

G – множество допустимых вариантов одновременного включения светофоров;

t_g – длительность временного интервала, в течение которого включен допустимый вариант включения светофоров g ;

$w = \{(g, t_g)_1, \dots, (g, t_g)_k\}$ – режим работы светофорной группы, который определяет последовательность допустимых вариантов одновременного включения светофоров g и длительность каждого варианта включения t_g . Т. е. предполагается, что после варианта $(g, t_g)_k$ включается вариант $(g, t_g)_{k+1}$. После того, как последний вариант заканчивается – включается первый вариант. Так работа всей светофорной группы

повторяется. Режим работы светофорной группы считается допустимым, если он не противоречит ПДД и утвержденным нормативам (если они есть);

W – множество всех допустимых режимов. На W введем отношение порядка. Для любых $w \in W$ и $w' \in W$ будем считать, что $w' \succ w$ если режим w' обеспечивает большую общую пропускную способность, чем w (или меньшее общее загрязнение окружающей среды, или меньшее время ожидания на главной дороге или нескольких других дорогах и т.п.). Это значит, что существует отображение $u: W \rightarrow R$, где R – числовая ось. Т.е., если $w' \succ w$, то $u(w') > u(w)$;

$\rho_1(e)$ – имитационная модель, которая позволяет в каждом статистическом испытании e генерировать реализацию варианта режима работы w и соответствующий ранг $u(w)$, т.е. $(w, u(w)) = \rho_1(e)$;

$\rho_2(e)$ – имитационная модель, позволяющая количественно выражать характеристику режима w , например: среднее время ожидания по направлениям а, б и с; пропускную способность по направлениям с и д; длительность проезда от п. «А» до п. «Б»;

$\rho_3(w)$ – имитационная модель, подобная, но модели $\rho_2(w)$. Предполагаем, что значения $\rho_2(w)$ и $\rho_3(w)$ соизмеримы (т.е., если $\rho_2(w)$ – длительность проезда по одному маршруту, то $\rho_3(w)$ – длительность проезда по другому маршруту; если $\rho_2(w)$ – пропускная способность по одному направлению, то $\rho_3(w)$ – пропускная способность по другому направлению и т.д.);

PL – искомый оптимальный режим переключения светофоров в районе.

Эволюционно-симулятивная модель движения в районе:

$$Fa = (w, u(w)) = \rho_1(e) \quad (8.11)$$

$$F_1(PL, Fa) = \begin{cases} \rho_2(Fa) - \rho_2(PL), \rho_2(Fa) > \rho_2(PL) \\ 0, \rho_2(Fa) < \rho_2(PL) \end{cases} \quad (8.12)$$

$$F_2(PL, Fa) = \begin{cases} \rho_3(PL) - \rho_3(Fa), \rho_3(PL) > \rho_3(Fa) \\ 0, \rho_3(PL) < \rho_3(Fa) \end{cases} \quad (8.13)$$

$$\min_{PL} \left\{ \max_i \left\{ M \left\{ F_i (PL, Fa) \right\} \right\} \right\} \quad (8.14)$$

$$Q = \Psi(PL) \quad (8.15)$$

Смысл соотношений:

- (8.11) – считаем, что допустимые режимы генерируются по некоторому случайному закону (причем этот закон можно настраивать и регулировать по любым параметрам).
- (8.12) – издержки занижения – это разность характеристики $\rho_2(w)$ режима $Fa = w$ и режима $PL = w'$.
- (8.13) – издержки завышения – это разность характеристики $\rho_3(w)$ режима $Fa = w$ и режима $PL = w'$.
- (8.14) – условие оптимальности.
- (8.15) – Q – расчетные показатели, например, загрязнение окружающей среды как в предыдущих моделях.

Модель (8.11) – (8.15) позволяет:

- находить оптимальный режим работы светофоров;
- использовать разнообразные критерии оценки режимов;
- автоматически или вручную изменять критерии оптимальности и варианты оптимизации;
- комплексно учитывать разные характеристики;
- исследовать последствия возможных изменений потоков и пропускной способности при расширении полос, переключении реверсивных полос и других изменениях.

Общие замечания

На разных перекрестках могут одновременно действовать разные модели. Области покрытия могут пересекаться. Например, модель города можно представить как совокупность районов. В каждом районе и в городе в целом может действовать модель (8.1) – (8.5), а на каких-то перекрестках – модель (8.6) – (8.10) или (8.11) – (8.15). Программно все модели можно объединить в один комплекс и снабдить большим количеством разнообразных настроек и даже средств программирования (сервисных программ для написания

имитационных моделей $\rho_1(e)$ и др.). Весь комплекс можно зашить в один чип.

8.2.4. Составление маршрутов

Обратимся теперь к формулировке задачи булевого программирования, которая позволяет формировать оптимальные варианты маршрутов. Пусть $n = 1, \dots, N$ пункты, а $m = 1, \dots, M$ транспортные средства. Пусть $\alpha_{n,n',m}$ — булева переменная, которая равна 1, если в маршруте, на котором работает транспортное средство m , существует перегон из n в n' . Если же такого перегона в маршруте нет, то $\alpha_{n,n',m} = 0$. Пусть $v_{n,n',m}$ — ограниченный ресурс, например, средние затраты (стоимость топлива плюс заработная плата, плюс накладные расходы и пр.) на транспортное средство m , отнесенные к длине перегона (n, n') , а $c_{n,n',m}$ — целевой показатель, например время, затрачиваемое m на перегон из n в n' , или объем перевозок (вместимость транспортного средства m).

Рассмотрим правила записи логических условий.

1) Если транспортное средство m может работать на перегоне (n, n') (ясно, что $n \neq n'$), то переменная $\alpha_{n,n',m}$ присутствует в списке логических связей, в противном случае она отсутствует в списке. Это логическое условие позволяет учесть самые разные ограничения. Например, если речь идет о городском транспорте, то, во-первых, не всякие пункты (остановки) являются смежными, во-вторых, не всякое транспортное средство можно пускать по данному перегону (например, из-за требований по мощности), в-третьих, некоторые перегоны заведомо нецелесообразны или даже недопустимы.

2) Чтобы набор перегонов для транспортного средства составил маршрут, необходимо чтобы эти перегоны образовывали последовательность смежных пунктов. Поэтому, если транспортное средство из пункта n_1 прибыло в пункт n_2 и далее оно может проследовать в пункт n_3 , либо в пункт n_4 , либо в пункт n_5 , то записывается логическая связь: $(\alpha_{n_1, n_2, m}) \rightarrow (\alpha_{n_2, n_3, m}, \alpha_{n_2, n_4, m}, \alpha_{n_2, n_5, m})$. Иными словами, данная ло-

гическая связь означает, что пункты n_2 и n_3 , n_2 и n_4 , n_2 и n_5 являются смежными, например, после остановки в n_2 может следовать остановка в n_3 , или в n_4 или в n_5 .

3) Если необходимо, чтобы пункт n' непременно был посещен транспортным средством m , то формулируется логическая связь: $\{\alpha_{n_1, n', m}, \dots, \alpha_{n_k, n', m}\}$, где n_1, \dots, n_k — пункты, из которых транспортное средство m может прибыть в пункт n' , т.е. смежные с n' .

4) Если для транспортного средства m из пункта n'' возможны альтернативные перегоны в смежные пункты n_1, \dots, n_k , то формулируется логическая связь $[\alpha_{n', n_1, m}, \dots, \alpha_{n', n_k, m}]$.

5) Если имеются дополнительные, необязательные, перегоны между некоторыми пунктами, на которых могут работать разные транспортные средства, то соответствующие булевы переменные рассматриваются как независимые величины.

Математическая формулировка задачи составления маршрутов такова:

$$\alpha_{n, n', m} = \begin{cases} 1, & n = \overline{1, N}, n' = \overline{1, N}, n, n', m = \overline{1, M}. \\ 0, & \end{cases}$$

$\alpha_{n_1, n_2, m} \leq \alpha_{n_3, n_4, m}$, $n_i \in Q_m, i = 1, \dots, 4, Q_m$ — допустимый маршрут для m .

$\sum_{\forall n \leftrightarrow n'} \alpha_{n, n', m} \geq 1$, где \leftrightarrow — знак смежности пунктов, n' — конечный пункт.

$\sum_{\forall n \leftarrow n'} \alpha_{n', n, m} \leq 1$, где n' пункт, из которого исходят альтернативные пути.

$$\sum_{\forall n, \forall n', \forall m} v_{n, n', m} \alpha_{n, n', m} \leq V \text{ — ресурсное ограничение.}$$

$$\sum_{\forall n, \forall n', \forall m} c_{n, n', m} \alpha_{n, n', m} \rightarrow \min$$

Технику решения задачи составления оптимальных маршрутов рассмотрим на примере городского автобуса. На рис. 8.2 показан набор пунктов. Возможные варианты маршрутов для транспортного средства 1 показаны стрелками, помеченными цифрой 1. Аналогично для транспортных средств 2 и 3. Данные о затратах средств и о затратах времени представлены в табл. 8.5.

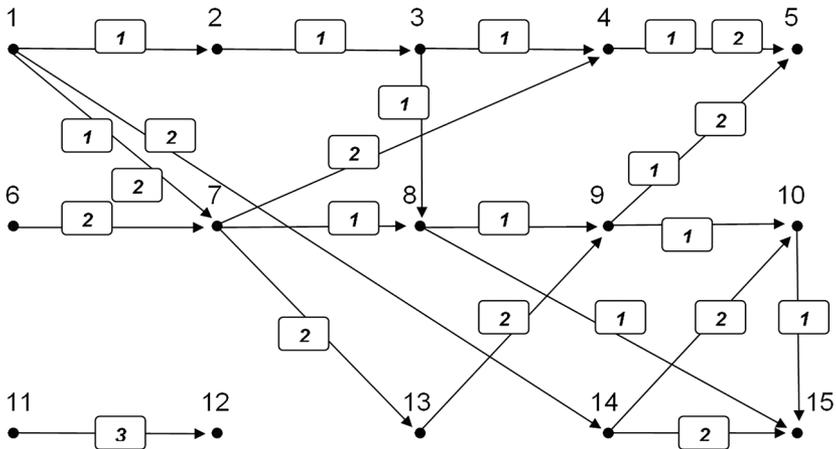


Рис. 8.2. Допустимые варианты маршрутов

Decision версия 1.0.6.0104 - Combinatorics

файл Параметры Расчет ? Введите вопрос

Англо-Русский Общий

МЕРОПРИЯТИЯ	Заплаты на путь, руб.	Время в пути на одного пассажира
1:1→2	19,5	3,6
2:1→14	31,5	3,2
1:1→7	31,2	6
2:1→7	45	3,2
1:2→3	11,7	3,6
1:3→4	23,4	4,8
1:3→8	15,6	3,6
1:4→5	19,5	3,6
2:4→5	40,5	3,2
2:6→7	27	4
2:7→4	31,5	3,2
1:7→8	31,2	6
2:7→13	31,2	6
1:8→9	27,3	6
1:8→15	23,4	4,8
1:9→5	19,5	3,6
2:9→5	49,5	5,6
1:9→10	15,6	4,8
1:10→15	11,7	3,6
3:11→12	76,5	14
2:13→9	31,5	3,2
2:14→10	40,5	4
2:14→15	36	3,2

Готово

Рис. 8.3. Лист «Данные» с названиями и параметрами путей

При этом затраты на путь рассчитываются как произведение длины пути и удельных затрат на 1 км, а время в пути на 1-го пассажира рассчитывается как отношение времени в пути на данном перегоне к вместимости транспортного средства.

Таблица 8.5

Показатели перегонов между пунктами

№ перегона	Название	Транспортное средство	Пункт отбытия	Пункт прибытия	Длина пути, км	Удельные затраты на км. пути, руб.	Затраты на путь*, руб.	Вместимость транспортного средства, чел.	Время в пути, мин.	Время в пути на 1-го пассажира**, сек.
2	1:1→2	1	1	2	0,5	39	19,5	50	3	3,6
3	2:1→14	2	1	14	0,7	45	31,5	75	4	3,2
4	1:1→7	1	1	7	0,8	39	31,2	50	5	6,0
5	2:1→7	2	1	7	1	45	45	75	4	3,2
6	1:2→3	1	2	3	0,3	39	11,7	50	3	3,6
7	1:3→4	1	3	4	0,6	39	23,4	50	4	4,8
8	1:3→8	1	3	8	0,4	39	15,6	50	3	3,6
9	1:4→5	1	4	5	0,5	39	19,5	50	3	3,6
10	2:4→5	2	4	5	0,9	45	40,5	75	4	3,2
11	2:6→7	2	6	7	0,6	45	27	75	5	4,0
12	2:7→4	2	7	4	0,7	45	31,5	75	4	3,2
13	1:7→8	1	7	8	0,8	39	31,2	50	5	6,0
14	2:7→13	2	7	13	0,8	39	31,2	50	5	6,0
15	1:8→9	1	8	9	0,7	39	27,3	50	5	6,0
16	1:8→15	1	8	15	0,6	39	23,4	50	4	4,8
17	1:9→5	1	9	5	0,5	39	19,5	50	3	3,6
18	2:9→5	2	9	5	1,1	45	49,5	75	7	5,6
19	1:9→10	1	9	10	0,4	39	15,6	50	4	4,8
20	1:10→15	1	10	15	0,3	39	11,7	50	3	3,6
21	3:11→12	3	11	12	1,5	51	76,5	30	7	14,0
22	2:13→9	2	13	9	0,7	45	31,5	75	4	3,2
23	2:14→10	2	14	10	0,9	45	40,5	75	5	4,0
24	2:14→15	2	14	15	0,8	45	36	75	4	3,2

Для поиска оптимальных вариантов маршрутов необходимо загрузить модуль Combinatorics и на лист «Данные» ввести из табл. 6.6 названия перегонов, затраты на путь и время в пути на одного пассажира. Далее затраты на путь следует выбрать в качестве ограниченного ресурса, а время в пути на одного пассажира – в качестве целевого показателя (см. рис. 8.3).

Лимит ограниченного ресурса необходимо задать в размере, большем, чем сумма всех значений целевого показателя (так как задача будет решаться на минимум).

Логические связи следует ввести в соответствии с правилами 1 – 5 и рис. 8.2.

Список содержит следующие ЛС:

- (2) → (6)
- (3) → (23)
- (3) → (24)
- (4) → (13)
- (5) → (12)
- (5) → (14)
- (11) → (12)
- (11) → (14)
- (6) → (7)
- (6) → (8)
- (12) → (10)
- (13) → (15)
- (13) → (16)
- (14) → (22)
- (7) → (9)
- (8) → (15)
- (15) → (17)
- (17) → (19)
- (8) → (16)
- (22) → (18)
- (19) → (20)
- [2,4]
- [7,8]
- [12,14]
- [15,16]

{3,5,11}
 {9,10,17,18}
 {19,23}
 {16,20,24}
 21

Диалоговое окно с фрагментом введенных ЛС показано на рис. 8.4.

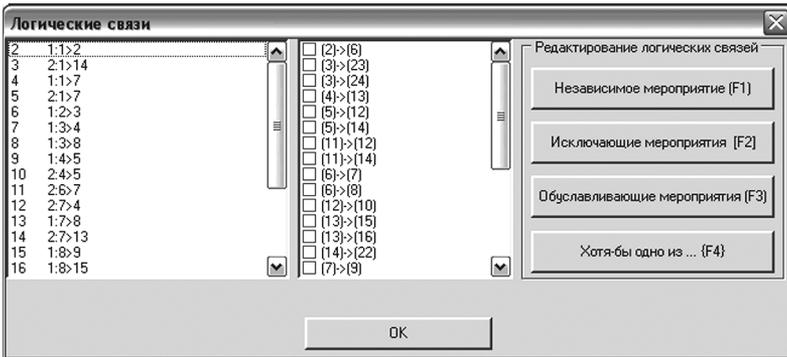


Рис. 8.4. Диалоговое окно с фрагментом логических связей, определяющих варианты допустимых маршрутов

Далее следует выполнить оптимизационный расчет на минимум. Результат показан на рис. 8.5.

№	А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К	Л	М	
1	Запрещено											
2	144,30	15,00	0,12 2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15					
3	163,80	21,60	0,13 1:1-2	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15				
4	175,50	24,00	0,14 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15				
5	192,10	26,00	0,14 1:1-2	2:1-14	1:2-3	1:3-4	1:4-5	2:14-10	2:14-15			
6	184,50	26,40	0,14 2:1-7	2:7-13	2:9-5	1:9-10	1:10-15	3:11-9	1:9-10	1:10-15		
7	191,10	28,80	0,15 1:1-2	2:1-7	1:2-3	1:3-8	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15		
8	206,70	30,00	0,15 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:9-10	1:10-15			
9	218,40	31,20	0,14 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:8-15	1:9-10			
10	220,80	32,00	0,14 2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15	3:11-12				
11	230,10	34,80	0,15 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:8-15	1:9-10	1:10-15		
12	240,30	35,60	0,15 1:1-2	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15	3:11-12			
13	252,00	38,00	0,15 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15	3:11-12			
14	258,60	39,60	0,15 1:1-7	2:1-7	1:7-8	2:7-13	1:8-15	2:9-5	1:9-10	2:13-9		
15	261,00	40,40	0,15 2:1-7	2:7-13	2:9-5	1:9-10	1:10-15	3:11-12	2:13-9			
16	267,60	42,80	0,16 1:1-2	2:1-7	1:2-3	1:3-8	2:4-5	2:7-4	1:9-10	1:10-15	3:11-12	
17	270,30	43,20	0,16 1:1-7	2:1-7	1:7-8	2:7-13	1:8-15	2:9-5	1:9-10	1:10-15	2:13-9	
18	283,20	44,00	0,16 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:9-10	1:10-15	3:11-12		
19	294,90	45,20	0,15 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:8-15	1:9-10	3:11-12		
20	300,60	48,80	0,16 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:8-15	1:9-10	1:10-15	3:11-12	
21	310,50	50,00	0,16 1:1-7	2:1-7	2:4-5	2:7-4	1:7-8	1:8-9	1:9-10	1:10-15	3:11-12	
22	323,40	52,40	0,16 1:1-7	2:1-7	1:7-8	2:7-13	2:9-5	1:9-10	1:10-15	3:11-12	2:13-9	
23	335,10	53,60	0,16 1:1-7	2:1-7	1:7-8	2:7-13	1:8-15	2:9-5	1:9-10	3:11-12	2:13-9	
24	346,80	57,20	0,16 1:1-7	2:1-7	1:7-8	2:7-13	1:8-15	2:9-5	1:9-10	1:10-15	3:11-12	2:13-9
25	350,70	58,40	0,17 1:1-7	2:1-7	1:7-8	2:7-13	1:8-9	2:9-5	1:9-10	1:10-15	3:11-12	2:13-9

Рис. 8.5. Оптимальные варианты маршрутов

Обратимся к последней строке, в которой содержится максимальное число перегонов. Оптимальные маршруты таковы:

- для транспортного средства 1: $1 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 15$;
- для транспортного средства 2: $1 \rightarrow 7 \rightarrow 13 \rightarrow 9 \rightarrow 5$;
- для транспортного средства 3: $11 \rightarrow 12$.

8.3. Давление в емкостях с упругими стенками, аналитический расчет основных характеристик РСП, компоновка мероприятий

8.3.1. Давление в емкостях с упругими стенками

Модель отражает процесс установления равновесного давления в сосуде с переменной емкостью и упругими стенками, поступление газа (или жидкости) в который, а также дросселирование носят случайный характер: давление крови; давление в трубопроводах; давление в распределительных емкостях, газохранилищах и т.п.

Данная задача может формулироваться различными способами, учитывающими особенности притока и оттока, температуру и вязкость газа (или жидкости), упругость стенок сосуда и др.

Для иллюстрации способа постановки и решения подобных задач обратимся к примеру установления давления в камере: предположим, что в камеру (от мяча) закачивается воздух (автомобильным насосом). Камера имеет прокол. Давление воздуха внутри камеры создается способностью резины к растяжению. По мере растяжения давление в камере и отверстие, через которое выходит воздух, увеличиваются. Кроме того, увеличивается и скорость истечения воздуха. Давление увеличивается до тех пор, пока не установится равновесие, иначе говоря, пока средний расход воздуха в единицу времени не уравнивается со средним количеством поступающего воздуха.

Общая формулировка задачи выглядит следующим образом:

PL – искомое равновесное давление; Fa – фактическое текущее давление. Реализацию величины Fa получают либо при натуральных экспериментах, либо в статистических испытаниях с помощью соответствующей имитационной модели. Если фактическое давление больше равновесного, т. е. если $Fa > PL$, то истечение воздуха в единицу времени больше притока; если же фактическое давление меньше равновесного, т. е. если $Fa < PL$, то приток воздуха в единицу времени больше истечения. Очевидно также, что прирост давления дает увеличение оттока и, вообще говоря, уменьшение притока и наоборот: падение давления дает прирост притока и уменьшение оттока. Исходя из сказанного, и не уменьшая общности рассмотрения, можно ввести следующие обозначения: $\Psi_1(PL, Fa)$ – мгновенный отток, $\Psi_2(PL, Fa)$ – мгновенный приток в случае, если $PL > Fa$, а $\Psi_3(PL, Fa)$ – мгновенный отток, $\Psi_4(PL, Fa)$ – мгновенный приток в случае, если $PL < Fa$. В целом:

$$\Phi_1(PL, Fa) = \left\{ \begin{array}{l} \Psi_1(PL, Fa) - \Psi_2(PL, Fa), \\ \text{если } \Psi_1(PL, Fa) > \Psi_2(PL, Fa) \\ 0, \text{ если } \Psi_1(PL, Fa) < \Psi_2(PL, Fa) \end{array} \right\}, \text{ если } PL > Fa$$

$$\Phi_2(PL, Fa) = \left\{ \begin{array}{l} \Psi_4(PL, Fa) - \Psi_3(PL, Fa), \\ \text{если } \Psi_4(PL, Fa) > \Psi_3(PL, Fa) \\ 0, \text{ если } \Psi_4(PL, Fa) < \Psi_3(PL, Fa) \end{array} \right\}, \text{ если } PL < Fa$$

При этом равновесное давление определяется условием:

$$\min_{PL} \left\{ \max_i \left\{ M(\Phi_i(PL, Fa)) \right\} \right\}$$

где M – знак математического ожидания.

Раскрытие содержания функций $\Psi_i(PL, Fa)$, $i = 1, \dots, 4$ основывается на учете физических законов и статистических данных. Часто можно ограничиться полиномиальным приближением функций $\Psi_i(PL, Fa)$, $i = 1, \dots, 4$, например полиномами 2-й степени. В этом случае:

$$\Psi_i(PL, Fa) = a + b * (PL - Fa) + c * (PL - Fa)^d,$$

$$\begin{aligned}\Psi_2(PL, Fa) &= e + f * (PL - Fa) + g * (PL - Fa)^h, \\ \Psi_3(PL, Fa) &= j + k * (Fa - PL) + l * (Fa - PL)^m, \\ \Psi_4(PL, Fa) &= n + p * (Fa - PL) + q * (Fa - PL)^r.\end{aligned}$$

Модель PUSH разработана на основе этого предположения, а также предположения, что допустимый интервал возможных давлений известен.

В частности, в рассматриваемом примере с надуваемой камерой допустимые пределы давления известны: минимальным является атмосферное давление, а максимальным — давление, при котором камера лопнет.

8.3.2. Аналитический расчет основных характеристик РСП

Если Эволюционно-симулятивная модель предельно упрощена, то основные характеристики РСП, а именно: PL , P^0 и $3/3$ можно рассчитать аналитически. Обратимся к модели (2.4) – (2.8), (2.10), (2.11) и примем следующие упрощающие предположения:

– имеется только один фактор f_i , и он имеет равномерное распределение на конечном интервале $[V, W]$;

– имитационная модель условий завышения (2.4) тождественно совпадает с фактором f_i и имитационная модель условий занижения (2.5) также совпадает с фактором f_i , таким образом: $Fa = Fa_1 = Fa_2 = f_i$;

– имитационная модель издержек завышения (2.6) линейна и имеет вид $p_1 * (PL - Fa)$, где p_1 – удельный риск завышения;

– имитационная модель издержек занижения линейна и имеет вид $p_2 * (Fa - PL)$, где p_2 – удельный риск занижения.

Обратимся к выводу формул. При принятых допущениях:

$$\text{Риск завышения} = \int_V^{PL} p_1 (PL - Fa) dFa$$

$$\text{Риск занижения} = \int_{PL}^W p_2 (Fa - PL) dFa$$

Оптимальное значение PL в соответствии с условием (2.8) определяется равенством рисков завышения и занижения:

$$\int_V^{PL} p_1 (PL - Fa) dFa = \int_{PL}^W p_2 (Fa - PL) dFa \quad (8.16)$$

Отсюда:

$$\left(p_1 * PL * Fa - p_1 \frac{Fa^2}{2} \right) \Big|_V^{PL} = \left(p_2 * \frac{Fa^2}{2} - p_2 * PL * Fa \right) \Big|_{PL}^W$$

Далее:

$$\begin{aligned} p_1 * PL^2 - p_1 \frac{PL^2}{2} - p_1 * PL * V + p_1 \frac{V^2}{2} = \\ = p_2 * \frac{W^2}{2} - p_2 * PL * W - p_2 \frac{PL^3}{2} + p_2 * PL^2. \end{aligned}$$

Если $p_1 = p_2$, то:

$$PL = \frac{W + V}{2} \quad (8.17)$$

Если же $p_1 \neq p_2$, то:

$$PL = (p_1 \cdot V - p_2 \cdot W) \pm \frac{\sqrt{p_1 \cdot p_2 \cdot (W - V)^2}}{p_1 - p_2} \quad (8.18)$$

Кроме того справедливы равенства для расчета надежности соответствующие условию (2.10):

$$P^o = P(Fa > PL) = 1 - \frac{PL - V}{W - V} \quad (8.19)$$

и для расчета показателя Завышение/Занижение, соответствующее условию (2.11):

$$3 / 3 = \frac{p_1}{p_2} \quad (8.20)$$

В табл. 8.6 приведено несколько результатов расчетов по формуле (8.18).

Обратимся теперь к модели (2.4) – (2.7), (2.9) – (2.11). Для утверждаемого показателя типа «Норматив» оптималь-

Таблица 8.6

Варианты аналитического расчета плана

№ варианта:	1	2	3
p_1	3	3	1
V	5	5	5
p_2	5	5	5
W	10	20	10
PL	7.8	13.45	8.45

ное значение PL в соответствии с (2.9) определяется условием:

$$\int_V^{PL} p_1 (PL - Fa) dFa + \int_{PL}^W p_2 (Fa - PL) dFa \rightarrow \min \quad (8.21)$$

Отсюда:

$$\left(p_1 * PL * Fa - p_1 \frac{Fa^2}{2} \right) \Big|_V^{PL} + \left(p_2 * \frac{Fa^2}{2} - p_2 * PL * Fa \right) \Big|_{PL}^W \rightarrow \min.$$

Развернув выражение слева, взяв от него производную по PL и приравняв производную к нулю, получаем:

$$(p_1 + p_2) * PL - (p_1 * V + p_2 * W) = 0.$$

Отсюда:

$$PL = \frac{p_1 * V + p_2 * W}{p_1 + p_2} \quad (8.22)$$

Примеры расчетов по формуле (8.22) даны в табл. 8.7.

Таблица 8.7

Варианты аналитического расчета норматива

№ варианта:	1-й	2-й	3-й
p_1	3	3	1
V	5	5	5
p_2	5	5	5
W	10	20	10
PL	8,125	14,3	9,1

Сравнивая представленные в табл. 8.6 и 8.7 варианты с оптимизационными расчетами в диалоге с Equilibrium, можно протестировать как формулы, так и модель.

8.3.3. Компоновка хозяйственных мероприятий

Мероприятием мы будем называть любую относительно обособленную организационно-хозяйственную совокупность действий для достижения конкретной цели, которую можно охарактеризовать набором аддитивных (допускающих сложение) показателей. Примерами мероприятий является: покупка станка, ремонт автомобиля, инвестиционный проект, организация шоу, снятие фильма, рекламная акция и т.д. Показателям, которые характеризуют мероприятия, это — затраты, дисконтированная сумма затрат за определенный период времени (отток), договорная цена, ожидаемый от мероприятия приток капитала и др.

Любой экономический, технический, строительный и иной проект состоит из набора мероприятий. На стадии обсуждения проекта для многих мероприятий могут рассматриваться альтернативные варианты. Такие варианты имеют логическую связь «Исключают друг друга ...». Возможны и другие логические связи между мероприятиями: «Если ..., то...», «Должно присутствовать хотя бы одно из ...» и «Логически независимое от других ...». Для выполнения совокупности мероприятий, которые составляют проект, имеются ресурсные ограничения, выражаемые суммой значений некоторого параметра, например, суммой затрат. Если цель проекта удастся выразить с помощью одного из показателей мероприятий, то задача проектирования сводится к формулировке (2.13) — (2.19).

С учетом этого процесс проектирования можно представить как процесс формирования набора мероприятий, расчета параметров мероприятий и составления списка логических связей между ними. Далее, чтобы оптимально скомпоновать проект, достаточно ввести данные в Combinatorics и выполнить расчет.

Поясним основные технические приемы разработки проекта на примере реконструкции нефтебазового хозяйства.

В 90-е годы на одном в нефтяных холдингов сложилась ситуация, когда оказалось много не полностью загруженных нефтебаз (НБ), а их содержание было очень дорогостоящим. Схема расположения нефтебаз изображена на рис. 8.6.

В данном случае мероприятие – это вариант передачи нагрузки с одной нефтебазы на другую, либо продажа нефтебазы, либо ее реконструкция. Некоторые нефтебазы (№ 4, № 6 и №7) могут принять дополнительную нагрузку с других нефтебаз. Возможные направления передачи нагрузки на рисунке показаны пунктирными стрелками. Некоторые нефтебазы (№ 1, № 2, № 3 и № 9) могут быть проданы. Нефтебазы № 5 и № 8 могут быть реконструированы с частич-

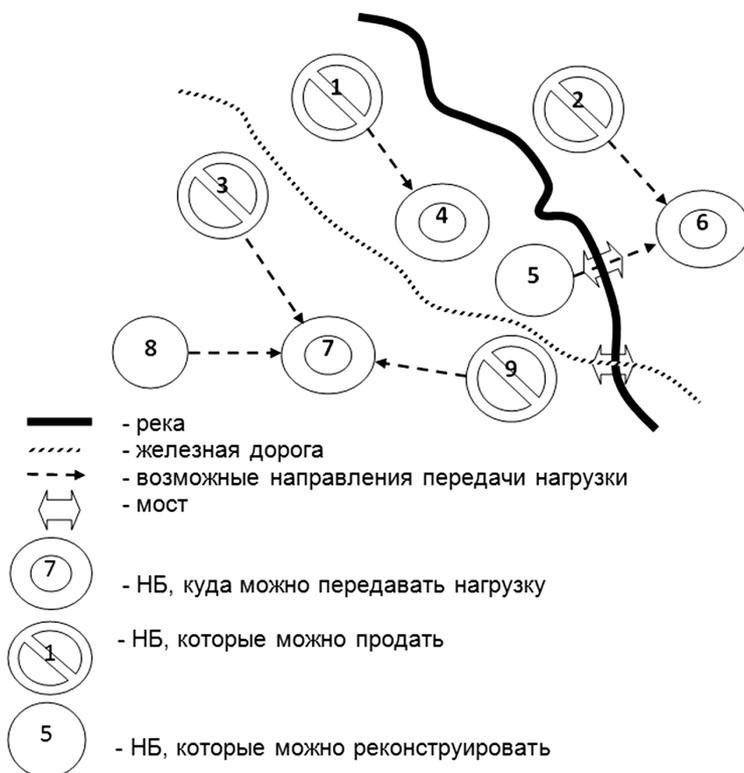


Рис. 8.6. Схема расположения нефтебаз

ной передачей нагрузки. Таким образом, мы получаем набор возможных мероприятий по передаче нагрузки с одной НБ на другую, показанный в табл. 8.8.

Таблица 8.8

Передача нагрузки между нефтебазами

№ мероприятия	Направление передачи нагрузки	Отток, млн руб.	Отток, млн руб.
2	С 1-ой на 4-ю	33	54
3	С 3-ей на 7-ю	25	37
4	С 8-ой на 7-ю	19	27
5	С 9-ой на 7-ю	27	38
6	С 5-ой на 6-ю	49	59
7	С 2-ой на 6-ю	36	49

Для каждого мероприятия рассчитаны два показателя: отток (дисконтированная сумма затрат на мероприятие) и приток (дисконтированная сумма экономии средств от осуществления мероприятия за 5 лет). При этом учитывается, что продажа, либо реконструкция НБ требуют одновременных затрат, а сокращение текущих расходов рассчитывается за достаточно длительный период.

Теперь обратимся к логическим связям. Передача нагрузки с базы № 3 по техническим условиям предпочтительнее, чем передача нагрузки с № 8 или с базы № 9. Иначе говоря, мероприятие 4 или мероприятие 5 (номера мероприятий заданы в табл. 8.8) целесообразно только в том случае, если уже *выполнено* мероприятие 3. Это выражается логическим условием (способы записи логических условий описаны в § 2.2.4):

$$(3) \rightarrow (4,5)$$

Емкость базы № 7 ограничена и если на нее передается нагрузка с базы № 3, то кроме того еще может быть передана нагрузка, либо с базы № 8, либо с базы № 9. Одновременная передача нагрузки с баз № 3, № 8 и № 9 на базу № 7 недопустима. Это значит, что мероприятия 4 и 5 взаимно друг друга исключают (альтернативны). Это выражается логическим условием:

$$[4, 5]$$

Передача нагрузки с базы № 1 на базу № 4 (мероприятие 2) или с базы № 2 на базу № 6 (мероприятие 7) могут выполняться или не выполняться только исходя из экономической целесообразности, т. е. они логически независимы:

2
7

После реконструкции НБ могут быть сданы в аренду для других целей. Сдача в аренду реконструированной НБ № 8 потребует дополнительного «оттока» в размере 11 млн руб. и принесет дополнительный «приток» в размере 21 млн руб. Сдача в аренду реконструированной НБ № 5 потребует дополнительного «оттока» в размере 7 млн руб. и принесет дополнительный «приток» в размере 12 млн руб. Таким образом, возможны еще 2 мероприятия, показанные в табл. 8.9. Мероприятие № 8 может быть осуществлено только в том случае, если нагрузка с этой нефтебазы будет передана на базу № 7, т.е. выполнено мероприятие 4. Это требование выражается логическим условием:

(4) → (8)

Таблица 8.9

Передача нагрузки между нефтебазами

№ мероприятия	Реконструкция и сдача в аренду	Отток, млн руб.	Отток, млн руб.
8	Сдача в аренду базы № 8	11	21
9	Сдача в аренду база № 5	7	12

Подобно этому мероприятие № 8 может быть осуществлено только в том случае, если нагрузка с нефтебазы № 5 будет передана на базу № 6, т. е. выполнено мероприятие 6. Это требование выражается логическим условием:

(6) → (9)

Из этого примера видно, что формирование вариантов мероприятий и логических связей между ними представляет собой единый процесс.

Ограниченным ресурсом в данном случае являются затраты, которые в сумме не должны превысить 180 млн руб.

Целью всего проекта является получение максимума притока финансовых ресурсов.

Чтобы скомпоновать проект, остается ввести данные в Combinatorics и выполнить оптимизационный расчет. Технику выполнения расчета мы кратко описали в § 2.2.5. Это иллюстрируют рис. 8.7, 8.8 и 8.9.

The screenshot shows the 'combinatorics client ru' application window. The spreadsheet has columns for 'МЕРОПРИЯТИЯ' (Activities), 'Отток' (Outflow), and 'Приток' (Inflow). The data is as follows:

МЕРОПРИЯТИЯ	Отток	Приток
С 1-ой на 4-ю	33,00	54,00
С 3-ой на 7-ю	25,00	37,00
С 8-ой на 7-ю	19,00	27,00
С 9-ой на 7-ю	27,00	38,00
С 5-ой на 6-ю	49,00	59,00
С 2-ой на 6-ю	36,00	49,00
Сдача в аренду базы № 8	11,00	21,00
Сдача в аренду базы № 5	7,00	12,00

Рис. 8.7. Мероприятия

The 'Логические связи' dialog box is shown with the following content:

- Проекты (Projects):**
 - 2: С 1-ой на 4-ю
 - 3: С 3-ой на 7-ю
 - 4: С 8-ой на 7-ю
 - 5: С 9-ой на 7-ю
 - 6: С 5-ой на 6-ю
 - 7: С 2-ой на 6-ю
 - 8: Сдача в аренду базы № 8
 - 9: Сдача в аренду базы № 5
- Логические связи (Logical Connections):**
 - (3) → (4,5)
 - (4,5)
 - 2
 - 7
 - (4) → (8)
 - (6) → (9)
- Редактирование логических связей (Editing logical connections):**
 - Независимое мероприятие (alt+1)
 - Исключающее мероприятие (alt+2)
 - Обуславливающее мероприятие (alt+3)
 - Хотя бы один из... (alt+4)
- Buttons: Удалить выделенные ЛС (Delete selected LC), Сохранить и выйти (Save and exit)

Рис. 8.8. Логические связи

combinatorics client ru [Режим совместимости] - Decision версия 1.0.6.0104

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки

Параметры Расчет Оценки База данных ?

Настраиваемые панели инструментов

A19 fx 133

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Отток	Приток	ЦП/ОР	Мероприятия		(Задача на максимум)					
2	25	37	1,48	3							
3	33	54	1,636364	2							
4	44	64	1,454545	3	4						
5	52	75	1,442308	3	5						
6	55	85	1,545455	3	4	8					
7	58	91	1,568966	2	3						
8	69	103	1,492754	2	7						
9	77	118	1,532468	2	3	4					
10	85	129	1,517647	2	3	5					
11	88	139	1,579545	2	3	4	8				
12	94	140	1,489362	2	3	7					
13	104	144	1,384615	3	4	6	8				
14	107	150	1,401869	2	3	6					
15	111	156	1,405405	3	4	6	8	9			
16	113	167	1,477876	2	3	4	7				
17	121	178	1,471074	2	3	5	7				
18	124	188	1,516129	2	3	4	7	8			
19	133	189	1,421053	2	3	4	6	9			
20	137	198	1,445255	2	3	4	6	8			
21	141	200	1,41844	2	3	5	6	9			
22	144	210	1,458333	2	3	4	6	8	9		
23	150	211	1,406667	2	3	6	7	9			
24	162	226	1,395062	2	3	4	6	7			
25	169	238	1,408284	2	3	4	6	7	9		
26	173	247	1,427746	2	3	4	6	7	8		
27	177	249	1,40678	2	3	5	6	7	9		
28	180	259	1,438889	2	3	4	6	7	8	9	

Готово

Рис. 8.9. Оптимальные варианты компоновки проекта

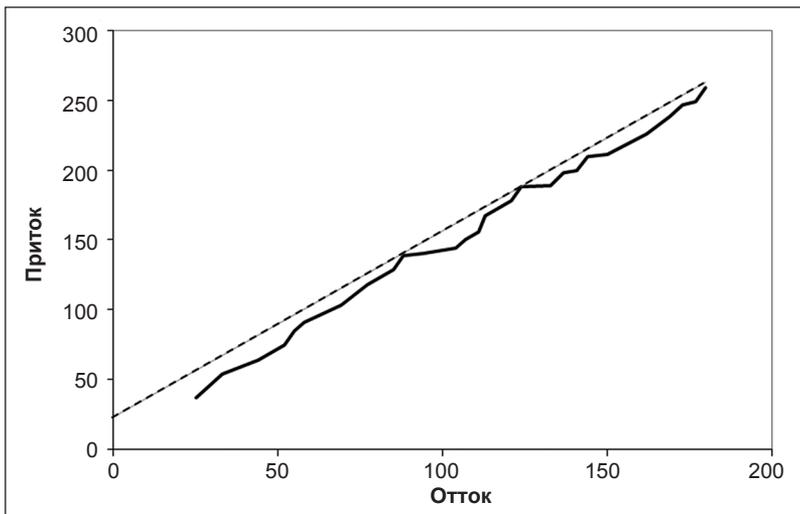


Рис. 8.10. Зависимость притока от оттока: эффективность $\approx 33\%$

На рис. 8.7 и 8.8 показаны результаты ввода мероприятий и логических связей соответственно, а на рис. 8.9 и 8.10 – результаты оптимизационного расчета.

Способ интерпретации результатов, показанных на рис. 8.9, мы рассмотрели в § 2.2.5. Данные, представленные на рис. 8.9, позволяют выбрать вариант проекта для любого уровня совокупных затрат. В последней версии системы Decision предусмотрено автоматическое построение графика зависимости целевого показателя (в данном случае, притока) от ограниченного ресурса (оттока). Эта зависимость показана на рис. 8.10. Прямая пунктирная линия соответствует 33%-ой доходности.

Глава 9

ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

9.1. Пути-дороги от научных результатов до бизнес-проектов

Инфобизнес – это искусство упаковки и продажи информации. Имеются разнообразные сайты, на которых организуются тренинги по инфобизнесу¹. Достаточно набрать в «Яндексе» слово «Инфобизнес», чтобы найти такие сайты. В частности, на сайте Андрея Парабеллума говорится, что это «... самый первый и основной источник информации об инфобизнесе в рунете»².

Сложные и простые в использовании товары и услуги

Сложность теории никак не связана со сложностью использования товаров и услуг, которые можно производить на ее основе. Теория электро-магнитного поля достаточно сложна, но включить электрическую лампочку может человек, не имеющий никакой специальной подготовки.

Сколько-нибудь масштабные продажи проще всего организовать для самых элементарных в использовании и дешевых товаров и услуг. Такие товары и услуги можно широко рекламировать и продавать только на платной основе.

Продажа таких товаров и услуг может послужить началом для инфобизнеса. В случае успеха можно постепенно переходить к более сложным товарам и услугам, вплоть до высокотехнологичных, комплексных, распределенных информационных систем.

<http://als-internet.ru/10/>

<http://star10.ru/wppage/sekrety-zarabotka-v-internete/>

<http://evolkov.ru/arhiv/310>

<http://infobusiness2.ru/>

В качестве примеров наиболее простых услуг можно назвать расчет скидок промоутерам и установление цен, маркетинговое планирование, нормирование, а в качестве наиболее сложных – информационные системы (ИС) и оказываемые с их помощью услуги по управлению перетоком капитала или диагностике экономических систем.

Вместе с тем, чтобы товар или услуга стал элементарным и удобным в использовании, его необходимо тщательно подготовить. Причем подготовка касается всех аспектов, включая способы использования покупателем, рекламы, поставки, оплаты, сопровождения и защиты.

Например, при обращении потенциального пользователя на сайт и при его готовности оплатить услугу, ему можно предоставлять возможность в режиме диалога рассчитать:

- скидку для покупателя, которую следует установить на товар в его магазине;
- цену на товар или услугу;
- норму запаса;
- ожидаемый спрос на товар или услугу;
- маркетинговый план продаж и др.

Кроме того, можно проводить учебные и деловые игры по микро- и макроэкономике и др.

Выполнение диалога должно сопровождаться подсказками, иметь «защиту от дурака», предупреждения о возможных ошибках и о том, как выйти из положения, если ошибка случилась.

Сочетание платных и бесплатных поставок

Для наукоемкой продукции сочетание платных и бесплатных поставок необходимо по ряду причин:

- во-первых, научная продукция требует подготовки потенциальных пользователей, например, с помощью игр; необходимо привлечение неплатежеспособных покупателей, прежде всего, студентов, которые в среднесрочной перспективе могут стать не только покупателями, но также посредниками и продавцами;

– во-вторых, бесплатные поставки являются одной из форм разъясняющей рекламы, в которой нуждаются новые, непривычные и незнакомые наукоемкие товары и услуги, полезность которых потенциальному пользователю непонятна, а если товар дорогой, то в интересах поставщика дать возможность пользователю на упрощенном варианте и в бесплатном режиме убедиться, что товар действительно ему нужен, потому что иначе возникнет разочарование, которое может породить антирекламу и погубить бизнес;

– в-третьих, бесплатные поставки могут стать начальным этапом общения с пользователем, например, предприятием, с которым впоследствии установятся долговременные взаимовыгодные отношения.

Бесплатные поставки должны быть четко ограничены в количестве, сроках и номенклатуре. Например, студенту можно предоставить некоторое количество бесплатных сеансов с сервером, на котором можно выполнять расчеты по модели и получать методические материалы для выполнения лабораторной работы или подготовки диплома. Подобные услуги можно предоставлять начинающим бизнесменам в области инфобизнеса, которые ориентируются на реализацию товаров и услуг, производимых на основе теории РСП.

Организация работы

Реклама, подготовка товаров и услуг к продажам, организация продаж, поддержка – все это в компетенции собственника инфобизнеса. Тут многое зависит от имеющихся у него ресурсов, личных связей и инициативы. Мы отметим только некоторые общие правила, которые могут оказаться полезными при взаимодействии с контрагентами. Опыт показывает¹, что:

– торговую марку необходимо зарегистрировать на себя (ни в коем случае не на партнера);

¹ Касперская Н.И. Экономико-математическая модель принятия решения по продвижению программного обеспечения на международные рынки // Управленческий учет. – 2010. – № 10.

- зарегистрировать товар или услугу по мадридскому соглашению;
- патентовать все, что подлежит патентованию, проверять патенты конкурентов;
- эксклюзивные договора ограничивать во времени и иметь возможность расторжения в любой момент.

При презентациях, определении целевой аудитории и подготовке товара или услуги необходимо учитывать его специфику. Большое значение имеет, в частности, какого типа модель используется: равновесная, комбинаторная или комплексная.

9.1.1. Особенности продаж товаров и услуг, основанных на равновесных моделях

Обратимся к примеру модели предоставления скидок промоутерам, рассмотренной в § 6.1.2.

Презентация равновесной модели

Продемонстрировать работу модели совершенно элементарно с помощью компьютера, планшета или даже телефона (если Equilibrium реализован в соответствующей операционной системе). Требуется выполнить всего несколько команд и можно получить рекомендацию, какую процентную скидку установить для посетителей магазина. Тут же, в диалоговом режиме, можно увидеть графики, показывающие зависимость прибыли, объема продаж и посещаемости от размера скидки. Эта демонстрация выглядит не только очень простой, но также остроумной и даже забавной. У любознательного человека может возникнуть желание поинтересоваться: Как это делается? Можно ли этому доверять? Можно ли это использовать?

Если демонстрация оказалась достаточной для того, чтобы среди слушателей нашлось хотя бы несколько, кто захотел немного углубиться в эти вопросы, то необходимо объяснить, что для практического применения следует заполнить табл. 6.6 и ввести эти данные в компьютер. В свою очередь,

чтобы заполнить таблицу можно прибегнуть к экспертным оценкам. Экспертом выступает сам демонстратор с привлечением слушателей в режиме прямого диалога. В результате презентация превращается в интерактивную игру с комментариями демонстратора.

Далее можно обрисовать разнообразные перспективы и направить презентацию в то или иное русло, в зависимости от целевой аудитории.

Целевая аудитория равновесной модели

Рассматриваемая услуга имеет как минимум 3 целевых аудитории: студенты (аспиранты, соискатели), средний и мелкий торговый бизнес, торговые сети. Студента может заинтересовать выполнение курсовой или дипломной работы и, что очень важно, участие или даже организация собственного инфобизнеса в перспективе.

Среднему и мелкому торговому бизнесу в некоторых ситуациях (конечно, не всегда) удобно воспользоваться дешевым и удобным сервисом при принятии решений о скидках и ценах. Опытный бизнесмен может сказать: я и так прекрасно знаю, какую скидку установить. В таком случае, можно обратить внимание собеседника на такие ситуации, когда его знаний и опыта будет мало, или когда его участие будет затруднительно. Это может произойти при появлении новой товарной группы (продавали продукты питания, а хотим продавать садовый инвентарь), при создании новой торговой организации (хотим открыть новый магазин), при изменениях конкурентных условий.

Торговые сети могут быть заинтересованы в создании гибкой, автоматизированной системы скидок, совмещенной с системой ценообразования, которая позволит существенно повысить эффективность бизнеса и быть важным конкурентным преимуществом. Есть люди, которые вообще не реагируют на скидки, а есть и такие, которые готовы приехать издалека и купить то, что в общем то и не очень нужно, лишь бы получить скидку. В частности, скидки могут быть разными для покупателя, который берет товар на 100 руб.

и заходит в магазин редко, и для покупателя, который заходит часто и берет на 1000 руб. Скидки могут учитывать сезон, товарную группу и т.п., вплоть до того, что каждому покупателю на чеке будет указано, какая индивидуальная скидка и за что ему предоставлена. Скидки могут быть увязаны с политикой цен и конкурентной обстановкой. Можно, например, повысить цены и компенсировать их скидками, или наоборот, снизить цены сравнительно с конкурентами и уменьшить скидки. Особые условия предоставления скидок возникают при распродажах, затоваривании, потере качества товара при хранении, с целями рекламы, на разных стадиях продаж в зависимости от «раскрутки» бренда.

При наличии информационной системы скидок и ценообразования ее упрощенные и адаптированные варианты могут поставляться и среднему бизнесу. Мелкому бизнесу можно предложить не информационную систему, а услуги по расчету скидок и цен.

Формирование списка товаров и услуг на основе равновесной модели и их подготовка к продажам

На основе модели предоставления скидок промоутерам может быть создано большое количество разных товаров и услуг, ориентированных на разные целевые аудитории, причем различные для платной и бесплатной поставки. В частности:

- программное и методическое обеспечение для лабораторных и дипломных работ студентов экономических специальностей;
- обучающие игры;
- программное и методическое обеспечение для торгового бизнеса;
- оказание услуг торговому бизнесу по установлению торговых скидок и ценообразованию;
- производство информационных систем по торговым скидкам и ценообразованию.

Студентам можно предоставить условные статистические данные и методические рекомендации, на основе которых

они смогут заполнить табл. 6.6. При этом студент может выполнить разнообразные возможности по ведению диалога, предоставляемые модулем Equilibrium.

Для обучающих игр необходимо предусмотреть сценарии и диалоговые процедуры, в которых будут в автоматизированном режиме подбираться исходные данные с учетом цен, конкуренции, затоваривания. При этом игроку будет предоставляться возможность назначить скидку (или цену, или то и другое), затем сравнить ее с оптимальной. Причем сравнение должно быть наглядным.

Малый и средний бизнес, скорее всего, будет готов уделить минимальное время и потратить минимальные средства, чтобы быстро получить рекомендацию для немедленных практических действий. Чтобы удовлетворить его потребности, сбор информации и ведение диалога необходимо максимально упростить. В частности, владелец инфобизнеса может сам собрать определенную статистическую информацию для типичных торгующих организаций и сделать сервисную программу, с помощью которой клиенту в интерактивном режиме будут задаваться простые вопросы (чем торгуем, какая посещаемость, средний размер покупки и др.). Получив ответ, эта сервисная программа сама в автоматизированном режиме представит данные в нужной форме и введет их в модель. Эта же сервисная программа должна запустить заранее подготовленные диалоговые процедуры, выдать интересующую клиента информацию в удобной форме. В целом оказание услуги будет выглядеть так: бизнесмен заходит на сайт, в течение 5-ти минут проводит простейший диалог и получает справку в виде рекомендации по скидке, а также графики зависимости прибыли, посещаемости и объемов продаж от скидки.

Если возникнет заказ от торговой сети на создание информационной системы (ИС) для расчета скидок и цен, то это потребует исследований, проектирования и программирования. Надо сказать, что ИС, способная адаптироваться к потребностям разных торговых сетей и среднего торгового бизнеса, наиболее эффективна. Владельцу инфобизнеса, поставляющему наукоемкую продукцию, при наличии малей-

шей возможности самому целесообразно финансировать исследования и разработки в этом направлении.

Подготовка товаров или услуг предполагает также решение вопросов о защите информации, защите программного обеспечения, формах продажи (кроме размещения ПО в облаке, его можно предоставлять клиентам с определенными ограничениями на количество обращений, хотя при этом всегда имеется высокая вероятность несанкционированного использования).

9.1.2. Особенности продаж товаров и услуг, основанных на комбинаторных моделях

Обратимся к примеру модели компоновки хозяйственных мероприятий, которому посвящен § 8.3.3.

Презентация комбинаторной модели

Использовать комбинаторную модель, даже простейшую, несколько сложнее, чем равновесную, рассмотренную в § 9.1.1. Тут приходится объяснить пользователю, что когда он разрабатывает проект, то сталкивается с проблемой, которую не замечает и поэтому много теряет, а именно: возможность обозреть варианты проекта; удобство формирования мероприятий внутри проекта; потерю экономической эффективности. Чтобы все это объяснить, придется хотя бы немного вникнуть в формирование мероприятий, разработку связей и расчет показателей. Придется объяснить, что все это не затрудняет, а наоборот, облегчает проектирование и позволяет лучше его контролировать. В частности, расчет затрат и результатов от отдельного мероприятия и рассмотрение альтернатив служат одним из способов улучшения контроля и выявления резервов. Эффект и простота обнаруживаются при демонстрации оптимальной компоновки в диалоге с Combinatorics.

Для того, чтобы презентация не превратилась в лабораторную работу в неподготовленной аудитории, лучше всего попытаться превратить ее в интерактивную игру со слушателем.

лями. Каждому человеку понятна следующая логическая задача: у меня есть V рублей и я хочу купить квартиру, машину и дачу. Есть варианты: купить квартиру «А», или «Б», или «В». Есть также варианты машин и дач. Если куплю квартиру «А», то нужен гарнитур «АГ1» или гарнитур «АГ2», а если квартиру «Б» – то гарнитур «БГ1», или «БГ2», или «БГ3» и т.д. Таким образом, мы имеем набор мероприятий (вариантов покупок), каждое мероприятие имеет цену и приносит определенное «удовольствие» (его можно выразить в денежном эквиваленте) и логические связи. Как получить максимум удовольствия?

Смысл этого примера в том, чтобы продемонстрировать как быстро возникает непреодолимая путаница, из которой трудно выбраться с помощью простого здравого смысла. А в диалоге с *Combinatorics* эта путаница преодолевается легко и изящно. Точно такая же непреодолимая путаница возникает при разработке инвестиционных проектов, замене оборудования, проектирования производственных площадей и т.д. На этом же примере, кстати сказать, могут быть основаны разнообразные интеллектуальные игры (см. ниже).

Вместе со слушателями нужно разобраться в том, как и почему возникают варианты мероприятий, как устанавливаются логические связи. Во всех деталях этот процесс описан на примере компоновки инвестиционного проекта в главе 2 в [3]. Там же подробно описано, как возникает «комбинаторный взрыв», который и есть причина непреодолимой путаницы при решении комбинаторных задач, и насколько успешно эту задачу решает *Combinatorics*.

Целевая аудитория комбинаторной модели

Целевая аудитория – это студенты (аспиранты, соискатели), заинтересованные в выполнении курсовых и дипломных работ, а также желающие участвовать в инфобизнесе или организовать его. Другая целевая аудитория – это бизнес, который разрабатывает какой-либо проект. Третья целевая аудитория – аналитики в области проектирования.

Формирование списка товаров и услуг на основе комбинаторной модели и их подготовка к продажам

В данном случае мы рассматриваем товары и услуги, которые могут быть созданы на основе комбинаторной модели (2.13) – (2.19). Это:

- программное и методическое обеспечение для лабораторных и дипломных работ студентов экономических и технических специальностей;

- обучающие игры;

- оказание услуг бизнесу по разработке проектов.

Как всегда, подготовка товара должна учитывать особенности целевой аудитории, а также платный или бесплатный характер поставки. Студентам можно предоставить условные данные о мероприятиях и логических связях, методические рекомендации, а также возможность ограниченного количества обращений на сайт для решения задачи в интерактивном режиме.

Деловые игры могут предоставляться в основном на платной основе как на сайте, так и в виде программного обеспечения.

Оказание услуги по проектированию должно предоставляться на платной основе при заключении договоров с заинтересованными юридическими или физическими лицами.

На основе комбинаторной модели (2.13) – (2.19) могут создаваться игры, разнообразные по тематике (благоустройство хозяйства, архитектурное проектирование, комплектация подарочных наборов и др.) и по сложности, по правилам ведения. Например, варианты формирования мероприятий и логических связей могут либо формироваться автоматически, либо с участием игрока. Возможны разные интерфейсы. Особый интерес может представлять организация пошагового ведения игры, когда игрок выбирает мероприятие из предлагаемого списка, а компьютер в ответ предлагает далее возможные варианты логических связей. При этом формируется конкретная задача, в которой игрок может выбрать набор мероприятий. Далее компьютер сообщает оптимальный набор. Игрок считается победителем, если его выбор совпал с оптимальным. Эта игра по содержательности, сложности и интересу может приблизиться к шахматам.

9.1.3. Особенности продаж товаров и услуг, основанных на комплексных моделях

Комплексными моделями мы называем модели, в которых многократно решаются равновесные задачи в сочетании с потоками на графах (управление перетоками капитала, параграф 5.1), либо в которых в определенном сочетании решаются равновесные и комбинаторные задачи (диверсификация производства, параграф 6.1; обоснование инвестиционных проектов, параграф 6.2), либо когда риски завышения и занижения используются не для поиска равновесия, а для прогнозирования потоков на графе (диагностика экономических систем, параграф 5.2) и др.

На основе комплексных моделей могут создаваться информационные системы, для чего необходимо выполнение значительного объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Это, скорее всего, выходит за рамки интересов инфобизнеса, во всяком случае, в краткосрочной, а, может быть, и среднесрочной перспективе. Вместе с тем, поскольку инфобизнес имеет достаточно высокие шансы коммерческого успеха, то именно инфобизнес может оказаться заинтересованным в финансировании создания информационных систем на основе комплексных моделей, так как производимая этими ИС информация может стать хорошим товаром для инфобизнеса.

В частности, ИС прогнозирования перетоков капитала способна производить для продажи прогнозы притоков и оттоков для регионов, отраслей, товарных и финансовых рынков, представителей бизнеса и госорганов.

Некоторые комплексные модели позволяют создавать ИС, которые могут быть доступны для среднего и даже мелкого бизнеса. В частности, на основе модели обоснования инвестиционных проектов, описанной в параграфе 6.2, можно создать программный комплекс, который будет обладать большими функциональными возможностями, чем все известные (обзор дан в параграфе 6.2.5) и будет вполне конкурентоспособен по цене.

9.2. Товары и услуги для инфобизнеса

В табл. 9.1 дан перечень основных товаров и услуг, которые могут производиться на основе моделей, предложенных в данной книге, а также в книгах [3] и [4]. Подготовка некоторых товаров не требует больших затрат средств и времени. Другие требуют значительного объема НИР и ОКР и могут стать предметами продаж только в перспективе. Для каждого товара и услуги в табл. 9.1 указаны решаемые задачи (назначение товара или услуги), целевые аудитории, а также указан источник, где модель описана. Необходимо отметить, что в процессе подготовки товара (услуги) перечень и целевые аудитории могут быть уточнены и пополнены. Приведенные в табл. 9.1 данные помогут планировать инфобизнес и составлять «продающие тексты» для конкретных товаров и услуг.

Примечание. Согласно рекомендациям специалистов «продающий текст» должен занимать не более 2-х страниц, быть написан достаточно крупным шрифтом и не слишком плотно. В тексте сначала должна быть информация о товаре (услуге), а затем о себе (производителе). О товаре нужно указать, зачем и кому он конкретно нужен. При этом желательно иметь ввиду совершенно конкретного человека (а не категорию клиентов или юрлицо). Желательно, чтобы клиент знал, чего хочет, и чтобы стало ясно, как наш товар (услуга) помогают достичь желаемого, причем лучше чем конкурирующие товары и услуги.

При ссылках на источники в табл. 9.1 приняты следующие правила (У, СПО, ПК, ОИ, ИС – см. стр. 404):

– если модель описана в данной книге, то после названия модели указывается параграф, например: «Предоставление скидок промоутерам, 6.1.2»;

– если модель описана в книге [3] или [4], то после параграфа указывается еще книга, например: «Кривая Лаффера, 4.2.2 в [3]»;

– если модель описана в виде задания для самостоятельного выполнения студентом, то указывается название задания, его номер, страницы и книга, например: «Влияние роста доходов на инфляцию. Задание 4.2, стр.331 в [3]».

Товары и услуги для инфобизнеса

Равновесные модели						
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория					
Предоставление скидок промоутерам, 4.3.2	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет скидок промоутерам, согласованных с ценами; - исследование сценариев (распродажи, ярмарки и др.); - построение графиков зависимостей прибыли от размера скидки, посещаемости от размера скидки и др. 					
	Целевые аудитории					
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	У	СПО	ПК	ОИ	ИС
	Средний торговый бизнес	+	+	+	+	
	Торговые сети	+				+
Маркетинговое планирование, глава 3 в [3]; Задание 3.1, стр. 238, 260-263 в [3]; Задание 3.2, стр. 238-239, 264-267 в [3]	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – расчет намечаемых объемов продаж (маркетинговых планов продаж) и согласованных с ними цен на товарных рынках с учетом себестоимости, налогов, насыщенности рынка, конкуренции, доли на рынке, цен на конкурирующие товары, насыщенности и др.; – исследование сценариев (ценовой маневр, увеличение доли на рынке, выход на новый рынок); – построение графиков зависимостей прибыли, объема продаж от цены, компонент себестоимости и внешних факторов и др.; – игра с конкурентам на максимум прибыли путем изменений цен и объемов поставок в ответ на аналогичные действия конкурента; – планирование оптовых закупок для последующих розничных продаж; – предпроектный маркетинг. 					

Продолжение табл. 9.1

Равновесные модели		Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория							
Название модели, источник	Целевые аудитории	Товары и услуги						ИИ	ИС
		У	СПО	ПК	ОИ	ОИ	ИИ		
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+		+			+	
	Физлица							+	
	Средний бизнес поставляющий товар на рынок		+		+				
	Крупный бизнес								+
Нормирование, глава 1 в [4]	Решаемые задачи:								
	– расчет нормы запаса материала определенного маркосортразмера для фирмы, работающей на условиях Кан-Бан с учетом поступлений на склад и запросов на поставку со склада, затрат на хранение, потерь от пролеживания материала, издержек от неуправляемого запаса;								
	– расчеты нормативов запаса на складах предприятий при разных формах организации хранения и логистики, а также экономических условиях оплаты услуг по хранению;								
	– построение зависимостей нормы запаса от цены хранения, прибыли от цены хранения, нормы запаса от внешних факторов и др.								
Целевые аудитории		Товары и услуги							
		У	СПО	ПК	ОИ	ОИ	ИИ	ИИ	ИС
Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей		+	+		+			+	
Бизнес, оказывающий услуги по хранению			+		+				+
Логистический бизнес			+		+				+
Бизнес в сфере материального производства, связанный с хранением комплектующих, полуфабрикатов или готовой продукции.			+		+				+

Равновесные модели																																					
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория																																				
<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – расчет полезной площади проектируемой гостиницы, который будет обеспечен платежеспособным спросом; – распределение влияния площадей между гостиничными номерами и офисами; – исследование влияния приезжих, затрат на гостиничные услуги, конкуренции, цен на ожидаемую доходность гостиничного бизнеса. 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Целевые аудитории</th> <th colspan="4">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ПК</th> <th>ОИ</th> <th>ИС</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проектный бизнес</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>	Целевые аудитории		Товары и услуги				У	СПО	ПК	ОИ	ИС		Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+			+		Проектный бизнес				+	+												
	Целевые аудитории		Товары и услуги																																		
	У	СПО	ПК	ОИ	ИС																																
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+			+																																
Проектный бизнес				+	+																																
<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – расчет ставок при заключении договоров лизинга воздушных судов; – исследование сценариев (влияние условий предоставления лизинга на объем лизинга, доходность лизинга, долю на рынке лизинговых услуг и др.); – построение графиков зависимости совокупной чистой прибыли от длительности контракта, величины лизингового платежа, ставки налога на прибыль и др. 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Целевые аудитории</th> <th colspan="4">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ПК</th> <th>ОИ</th> <th>ИС</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Лизингодатели</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Лизингополучатели</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Государственные и частные аналитические службы</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>	Целевые аудитории		Товары и услуги				У	СПО	ПК	ОИ	ИС		Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+		+		Лизингодатели				+	+	Лизингополучатели				+	+	Государственные и частные аналитические службы				+	+
	Целевые аудитории		Товары и услуги																																		
	У	СПО	ПК	ОИ	ИС																																
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+		+																																
Лизингодатели				+	+																																
Лизингополучатели				+	+																																
Государственные и частные аналитические службы				+	+																																
<p>Лизинг, параграф 7.11, в [4]</p>																																					

Равновесные модели																																									
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория																																								
<p>Государственное регулирование товарных рынков сельскохозяйственной продукции, 4.4</p>	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – прогноз реакции зернового рынка на меры государственного регулирования (товарные и закупочные интервенции, субсидии, субвенции, налоги, нетарифное регулирование, антимонопольное регулирование, таможенное регулирование); – исследование сценариев, возникающих на рынке зерна, при сочетании внешних факторов и мер государственного регулирования; – рекомендации по параметрам государственного регулирования; – игра «госрегулирование рынка». 																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Целевые аудитории</th> <th colspan="6">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>ИИ</th> <th>ИИ</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Физлица</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Органы государственного управления</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Государственные и частные аналитические службы</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>	Целевые аудитории	Товары и услуги						У	СПО	ОИ	ИИ	ИИ	ИС	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	+	+		Физлица					+		Органы государственного управления						+	Государственные и частные аналитические службы					
Целевые аудитории	Товары и услуги																																								
	У	СПО	ОИ	ИИ	ИИ	ИС																																			
Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	+	+																																				
Физлица					+																																				
Органы государственного управления						+																																			
Государственные и частные аналитические службы						+																																			
<p>Инфляция и рыночное равновесие, 4.2.1 в [3];</p> <p>Задание 4.2, стр.331 в [3]</p>	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – прогноз последствий изменения макроэкономического равновесия при изменениях спроса или предложения; – исследование сценариев изменения инфляции при изменениях спроса и предложения с учетом налогообложения факторов, влияющих как на спрос, так и на предложение; – исследование влияния роста доходов на инфляцию; – построение зависимостей объемов продаж и цен от роста доходов и себестоимости (у поставщиков товаров). 																																								

Равновесные модели		Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория			
Название модели, источник	Целевые аудитории	Товары и услуги		ИС	ИС
		СПО	ОИ		
Кривая Лаффера, 4.2.2 в [3]	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+		
	Органы государственного управления				+
	Государственные и частные аналитические службы				+
	Решаемые задачи: – построение зависимости поступлений в бюджет от ставки налога на прибыль, конкурентности рынка, рентабельности производителей, налоговой нагрузки, которая учитывается при расчете себестоимости; – исследование сценариев изменения налоговой базы, отчислений в бюджет, прибыли налогооблагаемых производителей от ставки налога при различных сочетаниях внешних факторов, определяющих условия работы производителей благ.				
Мгновенное, краткосрочное и долгосрочное рыночное равновесие, 4.2.3 в [3]	Целевые аудитории	Товары и услуги		ОИ	ИС
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+		
	Органы государственного управления				+
	Решаемые задачи: – прогнозирование прямого и обратного влияния увеличения предложения за счет мобилизации резервов, интенсификации производства и наращивания мощностей на равновесие на рынке; – исследование сценариев изменений рыночного равновесия в зависимости от темпов, продолжительности и сочетания влияния факторов и мер государственного регулирования.				+

Продолжение табл. 9.1

Равновесные модели						
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория					
	Целевые аудитории	Товары и услуги				
		У	СПО	ОИ	ИС	
Решаемые задачи: – исследование налога на равновесие при эластичном и не эластичном спросе; – исследование сценариев изменений рыночного равновесия в зависимости от ставок разных налогов; – расчет оптимальных налоговых ставок.	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+		
	Органы государственного управления					+
	Государственные и частные аналитические службы					+
	Целевые аудитории					
Налоги и рыночное равновесие, 4.2.4 в [3]	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	+	
	Органы государственного управления					+
	Государственные и частные аналитические службы					+
	Решаемые задачи: – исследование изменения поведения поставщиков и потребителей при насыщении сектора рынка благом; – исследование сценариев изменений рыночного равновесия в зависимости от насыщения при разных сочетаниях внешних условий; – прогнозирование последствий мер государственного регулирования в условиях разной степени насыщения.					
Насыщение, 4.2.5 и 4.2.6 в [3]	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	+	
	Органы государственного управления					+
	Государственные и частные аналитические службы					+
	Решаемые задачи: – исследование изменения поведения поставщиков и потребителей при насыщении сектора рынка благом; – исследование сценариев изменений рыночного равновесия в зависимости от насыщения при разных сочетаниях внешних условий; – прогнозирование последствий мер государственного регулирования в условиях разной степени насыщения.					

Равновесные модели						
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория	Товары и услуги				
		У	СПО	ОИ	ОИ	ИС
	Целевые аудитории	+	+	+	+	+
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей					
	Органы государственного управления					+
	Государственные и частные аналитические службы		+			+
	Решаемые задачи: – исследование зависимости эластичности спроса и предложения по цене от внешних факторов; – прогнозирование влияния мер государственного регулирования на эластичность спроса по цене на разных секторах рынка.					
Эластичность спроса и предложения по цене, 4.2.7 в [3]	Целевые аудитории	Товары и услуги				
		У	СПО	ОИ	ОИ	ИС
		+	+	+	+	+
Поведение компании на рынке в условиях олигополии и монополии, 4.2.6 в [3]	Органы государственного управления	Товары и услуги				
		У	СПО	ОИ	ОИ	ИС
		+	+	+	+	+
Решаемые задачи: – исследование поведения компании, работающей на олигопольном и монопольном рынке при разных внешних условиях и разных мерах государственного регулирования; – построение графиков зависимости прибыли, доходов, объемов продаж от цены, себестоимости и ее компонент; – прогнозирование последствий антимонопольных мер государственного на поведение компаний и их экономические показатели.	Государственные и частные аналитические службы	Товары и услуги				
		У	СПО	ОИ	ОИ	ИС
			+			

Равновесные модели																																					
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория																																				
	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>КП</th> <th>ИС</th> <th></th> </tr> </table>	Товары и услуги						У	СПО	ОИ	КП	ИС																									
Товары и услуги																																					
У	СПО	ОИ	КП	ИС																																	
	<p>Целевые аудитории</p> <p>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</p> <p>Органы государственного управления</p> <p>Государственные и частные аналитические службы</p> <p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исследование влияния доходов и налогов, которые учитываются при расчете себестоимости, на маркетинговые планы продаж, цены, прибыли; – исследование сценариев и разработка вариантов поведения фирмы при разных вариантах сочетания внешних факторов и государственного регулирования рынков. 																																				
<p>Влияние роста доходов и налогов в себестоимости на показатели фирмы.</p> <p>Задание 4.1, стр.330 в [3]</p>	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Целевые аудитории</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>КП</th> <th>ИС</th> <th></th> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – построение зависимостей объемов продаж и цен от роста доходов покупателей и изменений компонент себестоимости (у поставщиков товаров). – исследование влияния масштаба производства на показатели фирмы с учетом спроса и конкуренции; – построение зависимостей объемов продаж и прибыли в зависимости от доли затрат, цен конкурентов и др. 	Целевые аудитории						У	СПО	ОИ	КП	ИС			+	+					+		+														
Целевые аудитории																																					
У	СПО	ОИ	КП	ИС																																	
	+	+																																			
	+		+																																		
<p>Влияние роста доходов, эффектов масштаба и насыщения на результаты работы фирмы в краткосрочной перспективе.</p> <p>Задание 4.4, стр.331 в [3];</p> <p>Задание 4.5, стр.331 в [3]</p>	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Целевые аудитории</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>КП</th> <th>ИС</th> <th></th> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – построение зависимостей объемов продаж и цен от роста доходов покупателей и изменений компонент себестоимости (у поставщиков товаров). – исследование влияния масштаба производства на показатели фирмы с учетом спроса и конкуренции; – построение зависимостей объемов продаж и прибыли в зависимости от доли затрат, цен конкурентов и др. 	Целевые аудитории						У	СПО	ОИ	КП	ИС			+	+					+		+														
Целевые аудитории																																					
У	СПО	ОИ	КП	ИС																																	
	+	+																																			
	+		+																																		

Равновесные модели																
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория															
<p>Бюджет и ВВП, 5.2.1. в [3]</p>	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исследование взаимозависимостей расходов, доходов и налогов; – построение графиков зависимостей ВВП и налогов от отношения госзаказов к налогам; – построение зависимости инфляции от государственных расходов и др. 															
	<p>Целевые аудитории</p>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>	Товары и услуги				У	СПО	ОИ	ИС	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+			
	Товары и услуги															
	У	СПО	ОИ	ИС												
Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+													
<p>Органы государственного управления</p>																
<p>Государственные и частные аналитические службы</p>																
<p>Влияние государственных расходов на финансовый и реальный секторы экономики, 5.2.2. в [3]</p>	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – построение графиков зависимостей спроса и предложения от госрасходов; – построение зависимости займа у ЦБ государственных расходов; – исследование устойчивости (построение графика зависимости показателя 3/3 от госрасходов) и др. 															
	<p>Целевые аудитории</p>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>	Товары и услуги				У	СПО	ОИ	ИС	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+			
	Товары и услуги															
	У	СПО	ОИ	ИС												
Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+													
<p>Органы государственного управления</p>																
<p>Государственные и частные аналитические службы</p>																
<p>Занятость, 5.2.3. в [3]</p>	<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – построение графиков зависимостей ВВП от уровня безработицы; – построение графиков зависимостей ВВП от склонности к инвестициям; – исследование сценариев влияния мер государственного регулирования и внешних факторов на занятость. 															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>	Товары и услуги				У	СПО	ОИ	ИС				+			
Товары и услуги																
У	СПО	ОИ	ИС													
			+													
			+													

Равновесные модели						
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория				Товары и услуги	
	У	СПО	ОИ	ИС	У	СПО
<p>Прогнозирование инвестиционного потенциала региона, 4.3.3</p> <p>Импортные пошлины и экспортные субсидии, 5.2.6. в [3]</p>	Целевые аудитории				+	+
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей					
	Органы государственного управления					+
	Государственные и частные аналитические службы					+
	Решаемые задачи:					
	– прогноз ВРП и занятости в регионе с учетом конъюнктуры;					
	– прогнозирование воспроизводства населения;					
	– исследование сценариев влияния внешних факторов и мер государственного регулирования на инвестиционную/ую активность.					
	Целевые аудитории				+	+
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей					
Органы государственного управления					+	
Органы регионального управления					+	
Государственные и частные аналитические службы					+	
Решаемые задачи:						
– прогнозирование последствий субсидирования экспорта низкопроцентными займами фирмам-экспортерам или иностранным клиентам, государственным субсидиями сбыта экспортной продукции за рубежом, налоговыми льготами фирмам в зависимости от объема производимых ими на экспорт товаров и услуг.						
Целевые аудитории				+	+	
Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей						

Продолжение табл. 9.1

Равновесные модели		Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория			
Название модели, источник	Целевые аудитории	Товары и услуги			
		У	СПО	ОИ	ИС
<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исследование влияния сальдо экспорта-импорта на равновесный объем производства; – построение зависимости равновесного объема от сальдо экспорта-импорта; – построение зависимости ВВП от сальдо экспорта-импорта. 	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	
	Органы государственного управления				+
	Государственные и частные аналитические службы				
<p>Чистый экспорт и равновесный объем производства. Задание 5.5, стр.434 в [3]</p>	Целевые аудитории	Товары и услуги			
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	
	Органы государственного управления				+
<p>Решаемые задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исследование влияния превышения спроса над предложением на занятость и повышение предложения над спросом на сокращение объемов; – исследование влияния равновесного объема национального дохода на занятость; – построение графика зависимости денежной массы от процентной ставки по госзайму. 	Целевые аудитории	Товары и услуги			
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	
	Органы государственного управления				+
<p>Равновесие на рынке: сбережения-инвестиции. Задание 5.6, стр. 434 в [3]</p>	Целевые аудитории	Товары и услуги			
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	

Равновесные модели						
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория					
<p>Ликвидная ловушка. 5.2.4. в [3]; Задание 5.7, стр. 434 в [3],</p> <p>Государственное регулирование экономики. Задание 5.8, стр. 435 в [3]; Задание 5.9, стр. 435 в [3]</p>	Органы государственного управления				+	
	Государственные и частные аналитические службы				+	
	Решаемые задачи: – исследование ситуации, при которой возрастание предложения денег (по причине роста денежной базы, денежного мультипликатора, государственных расходов или государственного займа).					
		Целевые аудитории	Товары и услуги			
		Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	У	СПО	ОИ	ИС
		Органы государственного управления	+	+	+	
		Государственные и частные аналитические службы				+
		Решаемые задачи: – исследование ситуации, при которой рост импорта сочетается с таким изменением денежной массы и доли инвестиций в прибыли, при котором достигается максимум ВВП за вычетом замораживаемых средств; – исследование влияния роста государственных расходов за счет государственного долга на инфляцию и устойчивость финансового сектора экономики.				
		Целевые аудитории	Товары и услуги			
		Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	У	СПО	ОИ	ИС
	Органы государственного управления	+	+	+		
	Государственные и частные аналитические службы				+	

Продолжение табл. 9.1

Равновесные модели	
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория
<p>Договор на поставку комплектующих, Задание 3.5, стр. 242 в [3]; Расширение производства услуги, Задание 3.6, стр. 243, в [3]; Разработка товара для целевого клиента, Задание 3.7, стр. 243-244 в [3]</p>	<p>Решаемые задачи: – разработка маркетинговых планов продаж в условиях, когда товар является конкурентным для другого товара, поставляемого на рынок и план продаж оформляется договором, или когда план продаж должен учитывать расширение производства, или когда необходимо учитывать специфические особенности потенциального покупателя; – исследование сценариев составления маркетингового плана при разных сочетаниях внешних факторов.</p>
	<p>Целевые аудитории</p>
	<p>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей</p>
	<p>Фирмы, работающие на рынке</p>
	<p>Торговые фирмы</p>
	<p>Физические лица</p>
<p>Модернизация производства, Задание 3.8, стр. 244-245, 283-285 в [3]; Прогнозирование спроса на ноу-хау, Задание 3.9, стр. 246, 285-287 в [3]</p>	<p>Решаемые задачи: – разработка маркетинговых планов продаж в условиях, когда намечается модернизация производства; – разработка маркетинговых планов продаж на ноу-хау, – исследование сценариев составления маркетингового плана при разных сочетаниях внешних факторов.</p>
	<p>Целевые аудитории</p>
	<p>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей</p>
	<p>Фирмы, работающие на рынке</p>
	<p>Товары и услуги</p>
	<p>Товары и услуги</p>

Равновесные модели								
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория							
	Торговые фирмы				+			+
	Физические лица							+
<p>Прогноз удерживаемого количества акций. Задание 2.1, стр. 135 в [4]</p>	Решаемые задачи:							
	– прогнозирование количества ценных бумаг, которые целесообразно удерживать исходя из соотношения рисков невыгодной продажи и невыгодного удержания и с учетом предыдущего тренда.							
	Целевые аудитории	Товары и услуги						
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	У	СПО	ОИ	ОИ	ИС		
	Частные лица	+	+	+	+	+		
Биржевые трейдеры	+	+						
<p>Решаемые задачи:</p> <p>– расчет оптимального объема кредитования; – исследование сценариев на кредитном рынке в зависимости от сочетания внешних факторов и поведения конкурентов.</p>	Целевые аудитории	Товары и услуги						
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	СПО	ОИ	ОИ				
<p>Банковские аналитики</p> <p>Решаемые задачи:</p> <p>– Решение стратегической игры (на примере формирования режима работы системы ЭВМ).</p>	Банковские аналитики	Товары и услуги						
	Стратегические игры. 6.1 в [4]	+	+	+	+	+	+	

Продолжение табл. 9.1

Равновесные модели		Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория						
Название модели, источник	Целевые аудитории	Товары и услуги					КП	
		У	СПО	ОИ	ИИ	ИИ		
<p>Решаемые задачи: – разработка плана продаж при логистической схеме, в которой предусмотрены про- межуточные продажи в процессе перемещения товара и при наличии конкуренции.</p> <p>Доставка и реализация товара в условиях конкуренции. 6.1.3, в [4]; Задание 6.1, стр. 338 в [4]</p>	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических, инженерных и математических специальностей	+	+	+	+	+	+	
	Физические лица			+	+	+	+	
	Целевые аудитории	У	СПО	ОИ	ИИ	ИИ	КП	
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+	+	+	+	
	Торговые комивояжеры	+	+	+	+	+	+	
Физические лица						+		
<p>Решаемые задачи: – исследование сценариев управления поведением социальных групп посредством факторов, которые эти группы воспринимают как существенные характеристики ка- чества жизни.</p> <p>Косвенные методы управления поведением. 6.1.4, в [4]</p>	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и психологических специальностей	+	+	+	+	+	+	
	Региональные и федеральные государствен- ного управления	+	+	+	+	+	+	
	Целевые аудитории	У	СПО	ОИ	ИИ	ИИ	КП	
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и психологических специальностей	+	+	+	+	+	+	
	Физические лица						+	

Равновесные модели																																					
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория																																				
Комбинаторные модели																																					
<p>Решаемые задачи:</p> <p>– формирование комплексной инвестиционной программы из избыточного набора больших и малых инвестиционных проектов или мероприятий, каждое из которых характеризуется оттоком и притоком финансовых ресурсов; отдельные инвестиционные проекты или мероприятия могут представлять альтернативные варианты решения одних и тех же задач, а также иметь другие (кроме альтернативных) логические связи между собой.</p>	<p>Целевые аудитории</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>ИИ</th> <th>КП</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Товары и услуги						У	СПО	ОИ	ИИ	КП	ИС	+	+	+	+	+			+			+	+		+			+	+				+		
	Товары и услуги																																				
	У	СПО	ОИ	ИИ	КП	ИС																															
	+	+	+	+	+																																
		+			+	+																															
		+			+	+																															
			+																																		
<p>Формирование комплексной инвестиционной программы, глава 2 в [3];</p> <p>(конкретные примеры: сеть АЗС, сеть предприятий торговли и др. задания 2.1 – 2.9, стр. 160 – 167 в [3])</p>	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей																																				
	Средний и крупный бизнес																																				
	Федеральные и региональные органы власти																																				
	Физические лица																																				
<p>Решаемые задачи:</p> <p>– расстановка исполнителей по работам с учетом взаимозаменяемости, эффективности, требований обеспечить работой исполнителей и выполнить все работы</p>	<p>Целевые аудитории</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>ИИ</th> <th>КП</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table> <p>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических, инженерных и математических специальностей</p> <p>Физические лица</p>	Товары и услуги						У	СПО	ОИ	ИИ	КП		+	+	+	+	+	+																		
	Товары и услуги																																				
	У	СПО	ОИ	ИИ	КП																																
+	+	+	+	+	+																																
<p>Задача о назначениях. 3.1, в [4].</p> <p>Задание 3.1, стр.181 в [4]</p>																																					

Равновесные модели				
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория			
Расписания. 3.2, в [4]. Задание 3.2, стр. 181 в [4]	Решаемые задачи: – составление расписаний при разных вариантах ограничений.			
	Целевые аудитории			
	Товары и услуги			
Управление работами. 3.2.3, в [4]	Студенты (аспиранты, соискатели) математических и инженерных специальностей			
	Физические лица			
	Решаемые задачи: – управление работами при выполнении сложных проектов с применением системы PERT (или других подобных систем) и с учетом дополнительных условий по взаимозаменяемости и взаимной дополнителности работ и с обеспечением оптимальности по времени выполнения работ или экономической эффективности.			
Оптимальная компоновка мероприятий при наличии риска невозврата средств. 4.3 в [4]. Задание 4.1, стр. 219 в [4]	Целевые аудитории			
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей			
	Проектные организации			
Решаемые задачи: – формирование комплексной инвестиционной программы из избыточного набора больших и малых инвестиционных проектов или мероприятий, каждое из которых характеризуется оттоком и притоком финансовых ресурсов с учетом следующих условий: оттоки и притоки подвержены случайным воздействиям; доходы от инвестиционных проектов и мероприятий в совокупности с имеющимися резервами должны покрывать совокупные затраты; между инвестиционными проектами или мероприятиями могут представлять альтернативные варианты решения одних и тех же задач, а также иметь другие (кроме альтернативных) логические связи между собой.	Товары и услуги			
	У	СПО	ОИ	ИС
	+	+	+	+
	+	+	+	+

Равновесные модели		Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория						
Название модели, источник	Целевые аудитории	Товары и услуги					ИИ	
		У	СПО	ОИ	КП	ИИ		
<p>Оптимизация венчурных инвестиционных программ. 4.4 в [4]</p>	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	+	+	+				
	Проектные организации				+		+	
	Решаемые задачи: – формирование комплексных программ из избыточного набора венчурных инвестиционных проектов с учетом следующих условий: каждый проект имеет малую вероятность успеха, но успешный проект может принести большую доходность; проект может быть завершен на разных этапах, каждый из которых может иметь самостоятельное значение; имеются общие ограничения по финансированию.							
<p>Управление кредитным портфелем банка. 5.2, в [4]</p>	Целевые аудитории	Товары и услуги					ИИ	
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	У	СПО	ОИ	КП	ИИ		
	Проектные организации	+	+	+				
<p>Решаемые задачи: – формирование кредитного портфеля с учетом рисков трансформации активов.</p>	Технопарки	+	+				+	
	Целевые аудитории	Товары и услуги					ИИ	
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических специальностей	У	СПО	ОИ	КП	ИИ		
<p>Управление кредитным портфелем банка. 5.2, в [4]</p>	Проектные организации				+		+	
	Кредитные организации	+	+				+	
	Решаемые задачи: – формирование кредитного портфеля с учетом рисков трансформации активов.							

Равновесные модели																																																	
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория																																																
Составление маршрутов. 6.2.3 в [4]	<p>Решаемые задачи: – составление маршрутов городского транспорта или логистических центров с учетом вариантов движения, ограничений по трафику и др. с обеспечением оптимальности по экономической эффективности или пропускной способности,</p> <p>Целевые аудитории</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="6">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>КП</th> <th>ИИ</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Городские или региональные власти</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Транспортные сети</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Логистические центры</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Физические лица</td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td></td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>		Товары и услуги						У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей	+	+	+		+		Городские или региональные власти	+	+		+		+	Транспортные сети				+			Логистические центры				+		+	Физические лица			+			+
			Товары и услуги																																														
		У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС																																										
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей	+	+	+		+																																											
	Городские или региональные власти	+	+		+		+																																										
	Транспортные сети				+																																												
	Логистические центры				+		+																																										
Физические лица			+			+																																											
Предупреждение чрезвычайных ситуаций. 7.1 в [4]	<p>Решаемые задачи: – компоновка мероприятий по предупреждению ЧС с учетом затрат, ресурсных ограничений, ожидаемой стоимости предотвращаемого ущерба и логических связей, выделяющих взаимозаменяемость мероприятий и их технологическую увязку</p> <p>Целевые аудитории</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="6">Товары и услуги</th> </tr> <tr> <th>У</th> <th>СПО</th> <th>ОИ</th> <th>КП</th> <th>ИИ</th> <th>ИС</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей</td> <td>+</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Городские или региональные власти</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Министерство ЧС</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> <td></td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>Физические лица</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>		Товары и услуги						У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей	+	+	+		+		Городские или региональные власти	+	+		+		+	Министерство ЧС				+		+	Физические лица						+							
			Товары и услуги																																														
		У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС																																										
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей	+	+	+		+																																											
	Городские или региональные власти	+	+		+		+																																										
Министерство ЧС				+		+																																											
Физические лица						+																																											

Равновесные модели							
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория						
Формирование оптимальной по надежности системы. 7.2 в [4]	Решаемые задачи: – обеспечение максимальной надежности методом дублирования компонент (или минимальных затрат при заданном уровне надежности) с учетом логических связей, выражающих взаимозаменяемость компонент, их технологическую совместимость и взаимную дополняемость.						
	Целевые аудитории						
	У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС	
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей	+	+	+	+	+	
	Разработчики технических систем	+	+	+	+	+	
Физические лица						+	
Планирование экспериментов. 7.3 в [4]	Решаемые задачи: – планирование экспериментов, каждый из которых требует существенных затрат времени и ресурсов, увязанных общей целью, когда эффективность зависит от последовательности (пробное бурение, разработка программ освоения рынков, некоторые физические эксперименты и др.).						
	Целевые аудитории						
	У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС	
	Студенты (аспиранты, соискатели) экономических и инженерных специальностей	+	+	+	+	+	
	Разработчики технических систем	+	+	+	+	+	
Физические лица						+	
Добывающие компании				+		+	

Равновесные модели										
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория									
Комплектование набора для производства. 7.4 в [4]	Решаемые задачи: – комплектование приборов построенных по блочно-модульному принципу (например, хроматографов), мебельных гарнитуров, подарочных наборов и др. для максимальной экономической эффективности.									
	Целевые аудитории			Товары и услуги						
	У	СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС				
	+	+	+		+					
	+	+			+		+		+	
	Физические лица									
Комплексные модели										
Диверсификация производства. Параграф 4.3.1	Решаемые задачи: – разработка комплексных планов расширения ассортимента продукции, изменения вида продукции, повышения эффективности производства, получения экономической выгоды.									
	Целевые аудитории			Товары и услуги						
				СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС		
				+		+				
Оптимальная траектория в функциональном вероятностном пространстве. 6.1.5 в [4]	Аспиранты, соискатели по экономическим специальностям.			Средний и крупный бизнес						
	Решаемые задачи: – прокладка оптимальной траектории в функциональном вероятностном пространстве.									
	Целевые аудитории			Товары и услуги						
				СПО	ОИ	КП	ИИ	ИС		
			+		+					
			+							
			+							
			+							
			+							

Равновесные модели	
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория
Управление сложными системами. 6.2.4 в [4]	Решаемые задачи: – исследование сценариев поведения сложной системы при разных управляющих воздействиях.
	Целевые аудитории
	Товары и услуги
	СПО КП ИС + + + +
Управление межотраслевым бизнесом. 5.3 в [4]	Аспиранты, соискатели
	Государственные и частные аналитические службы
	Решаемые задачи: – управление бизнес-процессами, в которых, во-первых, в номенклатуре поставляемых на рынок товаров и услуг можно выделить «чистые отрасли» в том смысле, как это принято в методологии межотраслевого баланса (МОБ), во-вторых, наличие собственного производства названных товаров и услуг в составе бизнеса, в-третьих, частичное использование производимых товаров и услуг для собственных производственных нужд или для конечного потребления (сельхозпроизводители, регионы, государство).
	Товары и услуги
Управление межотраслевым бизнесом. 5.3 в [4]	Целевые аудитории
	Аспиранты, соискатели
	Средний и крупный бизнес
	Государственные и частные аналитические службы
Управление межотраслевым бизнесом. 5.3 в [4]	Товары и услуги
	СПО КП ИС + + + +
	Аспиранты, соискатели
	Средний и крупный бизнес
Управление межотраслевым бизнесом. 5.3 в [4]	Государственные и частные аналитические службы
	Товары и услуги
	СПО КП ИС + + + +
	Аспиранты, соискатели

Равновесные модели																	
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория																
<p>Монополизация и демополизация. Теорема Коуза. 5.2.9. в [3] Равновесие рынка и административно-командных структур. Задание 5.2, стр. 433 в [3]</p>	<p>Решаемые задачи: – исследование равновесия административно-командных и рыночных структур по уровню экономической эффективности при разных сочетаниях внешних условий и мер государственного регулирования.</p>																
	<p>Целевые аудитории</p>																
	<table border="1"> <tr> <td>Товары и услуги</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>СПО</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>КП</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ИС</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Товары и услуги				СПО	+	+		КП				ИС			
Товары и услуги																	
СПО	+	+															
КП																	
ИС																	
<p>Методология анализа воспроизводства и равновесия (МАВР). 5.2.5. в [3]</p>	<p>Аспиранты, соискатели</p>																
	<p>Государственные и частные аналитические службы</p>																
	<p>Решаемые задачи: – исследование взаимодействия реального и финансового секторов экономики и сценариев государственного регулирования при разных сочетаниях внешних факторов и мер государственного регулирования.</p>																
<p>Управление организационно-экономическими системами. 5.3.1</p>	<p>Целевые аудитории</p>																
	<p>Аспиранты, соискатели</p>																
	<p>Государственные и частные аналитические службы</p>																
<p>Решаемые задачи: – установление точки приложения воздействия на ОЭС, размера воздействия и направленности воздействия, так, чтобы способствовать достижению некоторых желаемых тенденций.</p>	<p>Товары и услуги</p>																
	<table border="1"> <tr> <td>Товары и услуги</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>СПО</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>КП</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ИС</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Товары и услуги				СПО	+	+		КП				ИС			
	Товары и услуги																
СПО	+	+															
КП																	
ИС																	
<p>Распределенный бизнес</p>	<p>Целевые аудитории</p>																
	<p>Аспиранты, соискатели</p>																
	<p>Государственные и частные аналитические службы</p>																
<p>Распределенный бизнес</p>	<table border="1"> <tr> <td>Товары и услуги</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>СПО</td> <td>+</td> <td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td>КП</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ИС</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Товары и услуги				СПО	+	+		КП				ИС			
	Товары и услуги																
	СПО	+	+														
КП																	
ИС																	

Равновесные модели	
Название модели, источник	Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория
Бюджетирование. 5.3.2	Решаемые задачи: – исследование динамики бюджетного процесса и выбор оптимальных управляющих воздействий (например, установление оптимального размера запрашиваемого кредита).
	Целевые аудитории
	Студенты, аспиранты, соискатели
	Мелкий и средний бизнес Крупный бизнес
Управление перетоками капитала. 4.1	Решаемые задачи: – моделирование перетоков капитала между классами капитала; – исследование сценариев движения капитала между классами капитала; – Государственное регулирование движения капитала.
	Целевые аудитории
	Аспиранты, соискатели
	Федеральные монетарные органы Отраслевые министерства Региональные органы управления Государственные и частные аналитические службы
Экономическое обоснование инвестиционных проектов. Параграф 4.4	Решаемые задачи: – разработка инвестиционных проектов в соответствии с международными стандартами и с возможностью прогнозировать финансовые потоки по отдельным товарным группам с учетом рисков и оптимальной компоновки проекта с учетом альтернативных, взаимозаменяемых и взаимно дополнительных мероприятий.

Равновесные модели		Товары, услуги, решаемые задачи, целевая аудитория							
Название модели, источник	Целевые аудитории	У	Товары и услуги				ИИ	ИС	
			СПО	ОИ	КП	ОИ			
Управление дорожным движением. Параграф 6.2	Студенты, аспиранты, соискатели	+	+	+	+	+	+	+	
	Бизнес	+	+	+	+	+	+	+	
	Кредитные организации	+	+	+	+	+	+	+	
	Государственные и частные аналитические службы	+	+	+	+	+	+	+	
	Физические лица							+	
Управление дорожным движением. Параграф 6.2	Решаемые задачи: – управление движения транспортных потоками при разных ограничениях и с оптимизацией по различным критериям.								
	Целевые аудитории							Товары и услуги КП ОИ ИС	
	Студенты, аспиранты, соискатели по техническим специальностям							+	
	Службы управления дорожным движением							+	
	Решаемые задачи: – диагностика экономических систем (отраслей, регионов, корпораций); – исследование сценариев поведения экономических систем при разных сочетаниях внешних факторов и управляющих воздействий; – прогнозирование динамики экономических систем.								Товары и услуги СПО КП ИС
Диагностика экономических систем. Параграф 4.2	Целевые аудитории							Товары и услуги СПО КП ИС	
	Аспиранты, соискатели							+	
	Федеральные монетарные органы							+	
	Отраслевые министерства							+	
	Региональные органы управления Государственные и частные аналитические службы								

В табл. 9.1 для товаров и услуг примем следующие обозначения:

– У (услуга) – возможность решения задачи путем интерактивного (диалогового) взаимодействия пользователя с сервером собственника инфобизнеса;

– СПО (сервисное программное обеспечение) – передаваемое пользователю программное обеспечение, предоставляющее возможность получения услуги путем взаимодействия с сервером;

– ПК (программный комплекс) – передаваемое пользователю программное обеспечение, предоставляющее возможность получения услуги без взаимодействия с сервером (ПК может либо загружаться на компьютер пользователя по Интернету, либо передаваться на CD как коробочный продукт);

– ОИ (обучающие игры) в виде У, СПО или ПК;

– ИИ (интеллектуальные игры) в виде У, СПО или ПК;

– ИС (информационная система) – передается пользователю, если создается по его заказу, либо создается собственником инфобизнеса для оказания услуг.

9.3. Структура учебной дисциплины: теория РСП

На рис. 9.1 условно показана связь теории РСП и практики: Эволюционно-симулятивная методология (ЭСМ) (блок I на рис. 9.1) позволяет строить математические модели РСП; модуль Equilibrium инструментальной системы Decision (блок III) дает возможность программно реализовывать эти модели; алгоритм динамического программирования для решения булевых задач (АДПБЗ) (блок II) в сочетании с ЭСМ позволяет строить комплексные модели управления РСП (блок IV); модуль Combinatorics инструментальной системы Decision (блок V) позволяет программно реализовывать модели булевого программирования.

Эти модели и программные средства составляют необходимую научно-методическую базу для создания товаров и

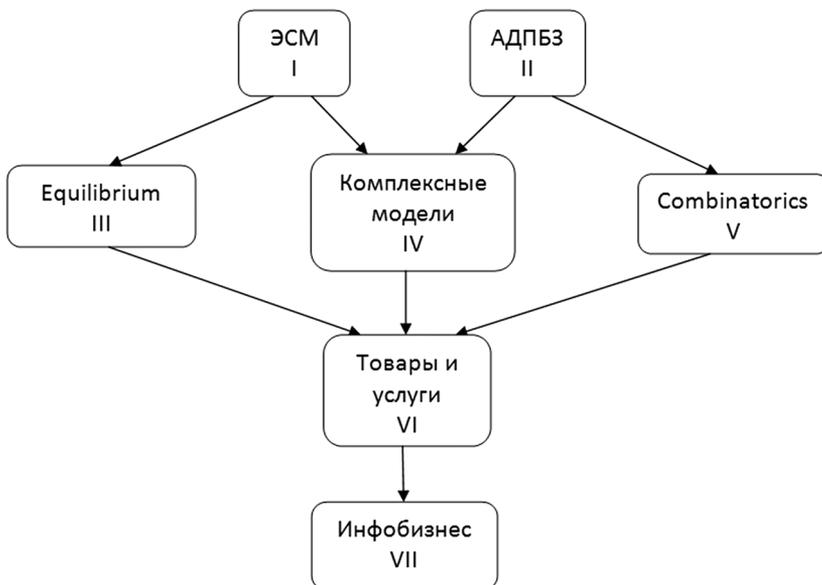


Рис. 9.1. Связь теории РСР и практики

услуг (блок VI), а также позволяют организовывать бизнес по производству реализации товаров и услуг (блок VII).

Для понимания ЭСМ необходимо:

- ознакомиться с такими понятиями, как классическая вероятность, геометрическая вероятность, статистическая вероятность, субъективная вероятность (блок 1.1 на рис. 9.2);
- знать, что такое статистические методы обработки данных, сглаживание, метод наименьших квадратов (блок 1.2 на рис. 9.2);
- знать, что такое случайная величина, случайный процесс (блок 1.3 на рис. 9.2) и т.д.

На рис. 9.2 стрелки, идущие к блоку 1.15 указывают на понятия, области знаний и методы, которые необходимы для понимания ЭСМ и которые обозначены в тех блоках, из которых исходят стрелки.

Модуль Equilibrium инструментальной системы Decision (блок 1.18 на рис. 9.2) является программной реализацией

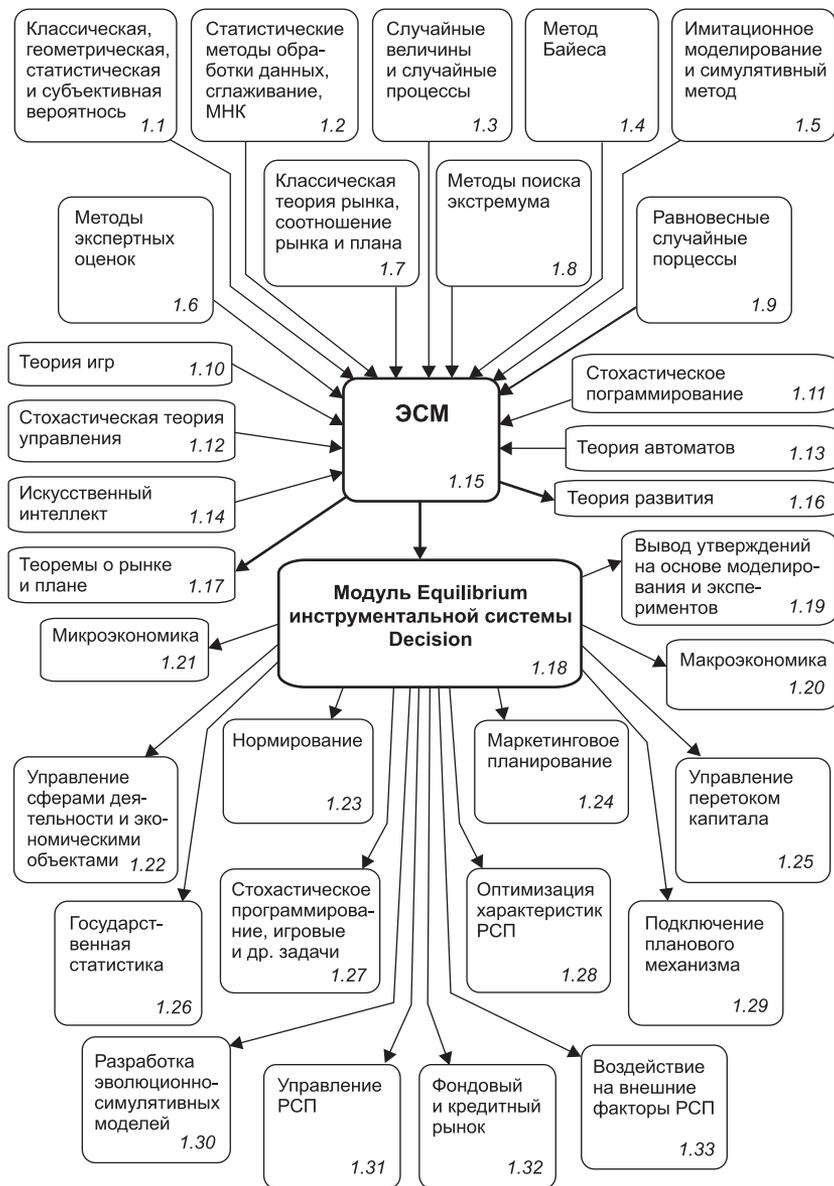


Рис. 9.2. Эволюционно-симулятивная методология: истоки и приложения

ЭСМ. Кроме того, на основе ЭСМ доказаны теоремы о рынке и плане (блок 1.17 на рис. 9.2), с помощью ЭСМ моделируются этапы развития (блок 1.16 на рис. 9.2). Исходящие из блока 1.15 стрелки указывают на научные направления, которые основаны на ЭСМ. Эти стрелки выделены жирным, чтобы показать, что эти направления могут быть достаточно широкими.

Модуль Equilibrium может использоваться:

- в микроэкономике (блок 1.21 на рис. 9.2);
- нормировании (блок 1.23 на рис. 9.2);
- управлении перетоками капитала (блок 1.25 на рис. 9.2)

и т.д.

Эволюционно-симулятивная методология синтезирует и увязывает в единую технологию изучения и моделирования РСП понятия и методы, которые показаны на рис. 9.2.

Стрелки, исходящие из блока 1.18, указывают на задачи и направления исследований, в которых может использоваться модуль Equilibrium. В табл. 9.2 для каждого блока на рис. 9.1 указан литературный источник. В этих источниках, в свою очередь, можно найти дополнительную литературу.

Таблица 9.2

Литературные источники по ЭСМ

Блок	Название	Литература (если источником является данная книга, то указывается только параграф)
1.1	Классическая, геометрическая, статистическая и субъективная вероятность	Приложение 2 в [4]
1.2	Статистические методы обработки данных, сглаживание, МНК	Приложение 2 в [4]
1.3	Случайные величины и случайные процессы	Приложение 3 в [4]
1.4	Метод Байеса	7.6 в [4]
1.5	Имитационное моделирование и симулятивный метод	Вводная глава в.[7]
1.6	Методы экспертных оценок	Приложение 9 в [4]
1.7	Классическая теория рынка, соотношение рынка и плана	Глава 1

Продолжение табл. 9.2

Блок	Название	Литература (если источником является данная книга, то указывается только параграф)
1.8	Методы поиска экстремума	Глава 1 в [7]
1.9	Равновесные случайные процессы	1.1.3
1.10	Теория игр	6.1 в [4]
1.11	Стохастическое программирование	7.5.2 в [4];
1.12	Стохастическая теория управления	Приложение 3 в [4]
1.13	Теория автоматов	3.5 в [2]
1.14	Искусственный интеллект	3.3 в [2]
1.15	ЭСМ	1.2.1; 1.2.2; [8]; глава 4 в [7]
1.16	Теория развития	[2]
1.17	Теоремы о рынке и плане	Глава 1
1.18	Модуль Equilibrium инструментальной системы Decision	1.3 в [3]
1.19	Вывод утверждений на основе моделирования и экспериментов	1,3,4; 1.3.5
1.20	Макроэкономика	11 – глава 5 в [3]
1.21	Микроэкономика	11 – глава 4 в [3]
1.22	Управление сферами деятельности и экономическими объектами	1.4.1.
1.23	Нормирование	Глава 1 в [4]
1.24	Маркетинговое планирование	Глава 3 в [3]
1.25	Управление перетоком капитала	4.1
1.26	Государственная статистика	1.4.1
1.27	Стохастическое программирование, игровые и др. задачи	7.5.2 в [4]; глава 6 в [4]; стр. 229 – 231 в [3].
1.28	Оптимизация характеристик РСП	3.2
1.29	Подключение планового механизма	1.4.2
1.30	Разработка Эволюционно-симулятивных моделей	7.9 в [4]
1.31	Управление РСП	3.3
1.32	Фондовый и кредитный рынок	Глава.2 в [4]
1.33	Воздействие на внешние факторы РСП	3.4

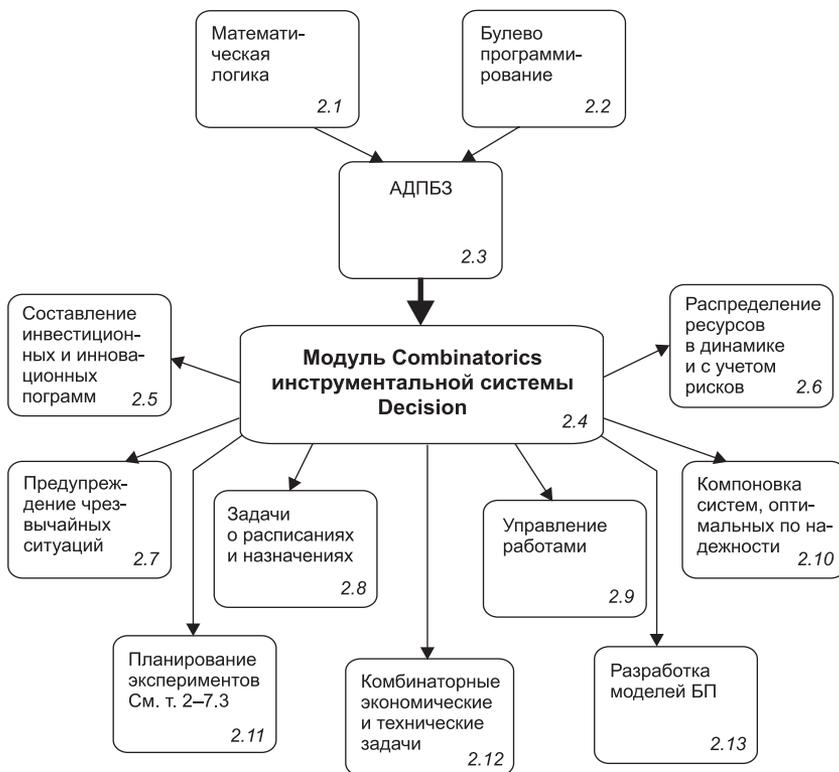


Рис. 9.3. Основные направления применения булева программирования

Таблица 9.3

Литературные источники по АДПБЗ

Блок	Название	Литература (если источником является данная книга, то указывается только параграф)
2.1	Математическая логика	1.2.1 и 1.2.2 в [3]
2.2	Булево программирование	1.2.2 в [3]; глава 3 в [7]
2.3	АДПБЗ	глава 3 в [7]
2.4	Модуль Combinatorics инструментальной системы Decision	1.2 в [3]

Продолжение табл. 9.3

Блок	Название	Литература (если источником является данная книга, то указывается только параграф)
2.5	Составление инвестиционных и инновационных программ	2.2 в [3]
2.6	Распределение ресурсов в динамике и с учетом рисков	4.3 в [4]
2.7	Предупреждение чрезвычайных ситуаций	7.1 в [4]
2.8	Задачи о расписаниях и назначениях	Глава 3 в [4]
2.9	Управление работами	Глава 3 в [4]
2.10	Компоновка систем, оптимальных по надежности	7.2 в [4]
2.11	Планирование экспериментов	7.3 в [4]
2.12	Комбинаторные экономические и технические задачи	7.3 , 7.4, 7.5.1 в [4]
2.13	Разработка моделей булевого программирования	1.2 в [3]

На рис. 9.3 показано, что математическая логика (блок 2.1) и булево программирование (блок 2.2) легли в основу для разработки алгоритма динамического программирования для решения булевых задач (АДПБЗ) (блок 2.3), который программно реализован в модуле Combinatorics инструментальной системы Decision (блок 2.4).

Стрелки, исходящие из блока 2.4, указывают на блоки, в которых названы задачи, которые могут решаться с его применением. В табл. 9.3 для каждого блока на рис. 9.3 указан литературный источник. При этом в табл. 9.3, как и в табл. 9.2, за некоторыми исключениями, мы указываем те источники, где рассматриваются вопросы моделирования или управления РСП, имея ввиду, что в них можно, при необходимости, найти дополнительную литературу.

На рис. 9.4 показано, в каком сочетании используются равновесные и комбинаторные модели, а также другие ме-

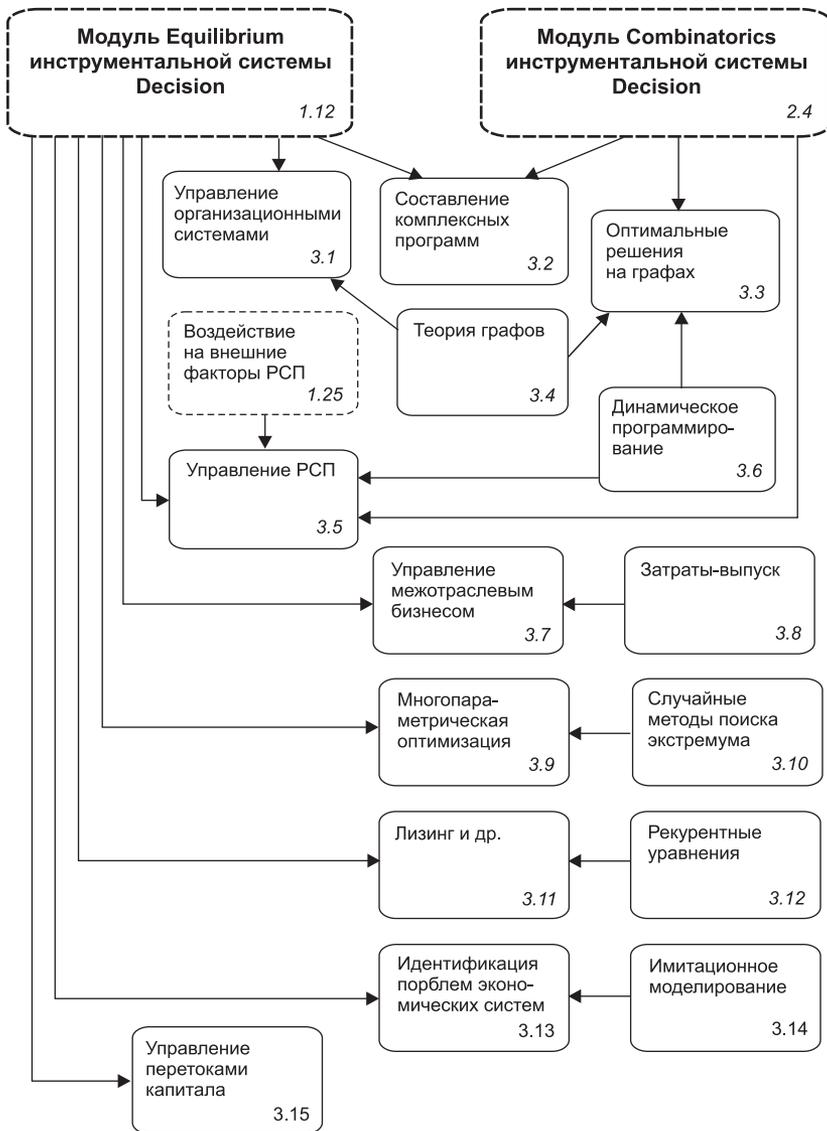


Рис. 9.4. Комплексное применение методов

тоды для решения комплексных задач, а в табл. 9.4 даны литературные источники.

Данная книга вместе с упомянутыми ранее нашими книгами достаточно полно охватывают дисциплину: Теория РСП. Это значит, что книги содержат материал, в большей или меньшей мере раскрывающий содержание каждого блока на рис. 9.2 – 9.4.

Таблица 9.4

Литературные источники по моделям

Блок	Название	Литература (если источником является данная книга, то указывается только параграф)
3.1	Управление организационными системами	Глава 5
3.2	Составление комплексных программ	Глава 2 в [3]
3.3	Оптимальные решения на графах	6.2 в [4]
3.4	Теория графов	6.2 в [4]; 20; 21
3.5	Управление РСП	3.3
3.6	Динамическое программирование	[12]
3.7	Управление межотраслевым бизнесом	5.3 в [4]
3.8	Затраты-выпуск	Глава 7 в [21]
3.9	Многопараметрическая оптимизация	7.5.3 в [4]
3.10	Случайные методы поиска экстремума	Глава 1 в [7]
3.11	Лизинг и др.	7.11 в [4]
3.12	Рекуррентные уравнения	7.11 в [4]
3.13	Диагностика экономических систем	4.2
3.14	Имитационное моделирование	[22]
3.15	Управление перетоком капитала	4.1

Заключение

Будущее любой теории связано с распространением и практическим применением знаний о явлении, которое описывает теория. Насколько успешно и динамично пойдут эти процессы, покажет время. Привилегия научного открытия в том, что явления Природы не исчезают. Подобно тому, как никогда не исчезнет тяготение, не исчезнут и равновесные случайные процессы.

Судьба теории состоит в том, что после первых робких и не всегда удачных попыток ее практического применения, наступает период довольно широкого распространения, может быть даже моды. Если в начальный период неудачи связаны в основном с недостатком опыта, то в период моды неудачи обычно связаны с неуместным применением. Потом теория переходит в разряд классики, а мода наступает на новые теории, которые дополняют и уточняют предыдущие. Прежде, чем это случится с теорией РСП, она должна помочь разрешить некоторые острые, даже критические проблемы современного исторического этапа развития социума.

Аббревиатуры

РСП – равновесный случайный процесс.

ЭСМ – Эволюционно-симулятивная методология математического моделирования РСП (или Эволюционно-симулятивный метод, или Эволюционно-симулятивная модель).

АДПБЗ – алгоритм динамического программирования для решения булевых задач.

ИС – информационная система.

ИТ – информационная технология.

Термины и обозначения

Алгоритм динамического программирования для решения булевых задач – алгоритм, позволяющий оптимально компоновать мероприятия с учетом ресурсных ограничений, логических связей и целей, реализован в модуле Combinatorics инструментальной системы Decision (2.2.4– 2.2.5).

Завышение/Занижение (3/3) – отношение угла наклона кривой *риска завышения* к углу наклона кривой *риска занижения* для одного и того же плана *PL* (2.1.3).

Инструментальная система Decision – программная реализация *Эволюционно-симулятивной методологии* (2.2.1–2.2.3) и *алгоритма динамического программирования для решения булевых задач* (АДПБЗ) (2.2.4– 2.2.5).

Надежность плана – вероятность (P^0) того, что объем спроса окажется больше плана, т. е. вероятность события $PL < Fa$ (2.1.3).

Равновесный случайный процесс (РСП) – процесс, траектория которого в фазовом пространстве определяется сочетанием случайных факторов и управляющих воздействий, направление и сила которых определяется размером и направлением отклонения фактической траектории процесса от сглаженной (2.1.3).

Риск завышения – математическое ожидание *издержек завышения* (2.1.2).

Риск занижения – математическое ожидание *издержек занижения* (2.1.2).

Эволюционно-симулятивная методология (ЭСМ) – методология математического моделирования *равновесных случайных процессов* (2.2.1).

Литература

1. *Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.* Новые подходы экономике. — М.: Финансы и статистика, 2013, 159 с. (<http://www.decision-online.ru/>).
2. *Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.* Введение в теорию развития. — М.: Финансы и статистика, 2011, 327 с.
3. *Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.* Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в микро- и макроэкономике. Практикум. — М.: Финансы и статистика, 2008, 509 с.
4. *Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.* Информационные технологии в бизнесе. Применение системы Decision в решении прикладных экономических задач. — М.: Финансы и статистика, 2009, 550 с.
5. *Росс Г.В.* Моделирование производственных и социально-экономических систем с использованием аппарата комбинаторной математики. — М.: 2001, 303 с.
6. *Росс Г.В.* Декомпозиционный алгоритм решения задачи целочисленного программирования для составления расписания. — Сборник трудов МИЭТ. — М.: МИЭТ, 1982, с. 7–9.
7. *Лихтенштейн В.Е.* Дискретность и случайность в экономико-математических задачах. — М.: Наука, 1973, 370 с. (<http://lib.mexmat.ru/books/78650>).
8. *Лихтенштейн В.Е.* Эволюционно-симулятивный метод и его применение для решения плановых и прогнозных задач. — М.: Наука, 1976, 311 с.
9. *Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.* Математическое доказательство необходимости перемен в экономике // Информатизация и связь. — 2013. — № 1. — С. 37–47 (<http://www.decision-online.ru/>).

Оглавление

Предисловие	5
Глава 1. Равновесные случайные процессы в природе и обществе	9
Глава 2. Основные элементы теории	36
2.1. Понятия	36
2.1.1. Спрос, предложение, равновесие	36
2.1.2. Риск завышения, риск занижения, равновесие рисков	41
2.1.3. Надежность, Завышение/Занижение, равновесный случайный процесс	48
2.2. Методологическая, математическая и программная реализация теории.	55
2.2.1. Эволюционно-симулятивная методология.	55
2.2.2. Эволюционно-симулятивная модель.	60
2.2.3. Инструментальная система Decision. Модуль Equilibrium	62
2.2.4. Модель булева программирования	68
2.2.5. Инструментальная система Decision. Модуль Combinatorics	74
2.3. Законы	79
2.3.1. Закон двойного риска (1-й закон).	79
2.3.2. Закон эквивалентности (2-й закон).	82
2.3.3. Закон взаимной обусловленности (3-й закон).	84
2.3.4. Правила (утверждения теории)	88
2.3.5. Аксиоматическое построение теории	92
2.4. Инструменты.	93
2.4.1. Управление экономическими объектами.	94
2.4.2. Подключение планового механизма	96
2.4.3. Составление комплексных программ	101
2.5. Цели государственного управления экономикой и социальная справедливость.	104
Глава 3. Теоремы о рынке и плане	111
3.1. Основная теорема теории равновесных случайных процессов	117
3.2. Теоремы о рынке.	121
3.3. Теоремы о плане	130

Глава 4. Способы управления равновесным случайным процессом и развитие	136
4.1. Статика и динамика	136
4.1.1. Пример 1-й – электростанция	139
4.1.2. Пример 2-й – газопровод	141
4.1.3. Пример 3-й – корабль в море	143
4.2. Способ оптимизации характеристик равновесного случайного процесса и формула изобретения.	144
4.3. Способ оптимального управления равновесным случайным процессом	146
4.3.1. Постановка задачи	146
4.3.2. Принципы решения задачи.	149
4.3.3. Алгоритм способа и формула изобретения	151
4.4. Способ выбора значений параметров внешней среды, согласованных с оптимальным управлением равновесным случайным процессом	154
4.4.1. Постановка задачи	154
4.4.2. Экспериментальные факты.	156
4.4.3. Способ выбора параметров внешней среды РСРП и формула изобретения.	161
4.5. Равновесные случайные процессы и развитие	168
Глава 5. Управление большими экономическими системами	172
5.1. Управление потоками капитала (финансовая логистика)	172
5.2. Диагностика экономических систем	183
5.2.1. Задачи и принципы построения информационной системы.	183
5.2.2. Основные элементы технологии	185
5.2.3. Диагностическая ИС идентификации проблем экономики региона.	191
5.2.4. Имитационная модель идентификации проблем региона.	199
5.2.5. Программная реализация и перспективы расширения функциональности ИС	205
5.3. Государственное регулирование товарных рынков сельскохозяйственной продукции	215
5.3.1. Требования к ИС и допущения при моделировании	216
5.3.2. Структурные составляющие модели и ее функциональные возможности	217
5.3.3. Вычислительные эксперименты	226

Глава 6. Информационные технологии в экономике	230
6.1. Диверсификация производства, предоставление скидок промоутерам, инвестиционный потенциал региона . . .	232
6.1.1. Диверсификация производства	232
6.1.2. Предоставление скидок промоутерам	240
6.1.3. Прогнозирование инвестиционного потенциала региона и воспроизводство населения.	250
6.2. Экономическое обоснование инвестиционных проектов.	257
6.2.1. Методические принципы разработки экономических обоснований инвестиционных проектов и интегральные показатели проектов	259
6.2.2. Предпроектный маркетинг	265
6.2.3. Оптимизация состава проекта.	269
6.2.4. Оценка внешних эффектов реализации проектов	271
6.2.5. Программное обеспечение	272
Глава 7. Информационные технологии управления РСР в организационно-экономических системах	280
7.1. Задачи и методы моделирования ОЭС.	280
7.2. Технология решения задач по моделированию и управлению ОЭС.	283
7.3. Модели оптимальных воздействий на ОЭС	293
7.3.1. Производство и потребление электроэнергии . .	293
7.3.2. Бюджет.	298
Глава 8. Управление роботами, моделирование самоорганизации и целенаправленного группового поведения биоценозов и микроорганизмов	307
8.1. Самоорганизация и целенаправленность группового поведения биоценозов, микроорганизмов и роботов .	307
8.1.1. Свойства элементов совокупности	308
8.1.2. Термины и конструкторские идеи.	314
8.1.3. Эволюционно-симулятивная модель планирования поведения робота.	320
8.1.4. Способ управления самоорганизующимися подвижными, динамическими, целенаправленными, иерархическими, распределенными информационно-телекоммуникационными системами	323
8.1.5. Пример.	328
8.2. Управление дорожным движением	338

8.2.1. Перекресток 2-х дорог с односторонним движением и одним светофором	338
8.2.2. Сложный перекресток с двусторонним движением, в котором светофорная группа имеет только 2 позиции	341
8.2.3. Сложный перекресток или группа взаимосвязанных перекрестков с двусторонним движением, в котором светофорная группа всех перекрестков имеет большое число позиций	343
8.2.4. Составление маршрутов	346
8.3. Давление в емкостях с упругими стенками, аналитический расчет основных характеристик РСП, компоновка мероприятий	352
8.3.1. Давление в емкостях с упругими стенками	352
8.3.2. Аналитический расчет основных характеристик РСП	354
8.3.3. Компоновка хозяйственных мероприятий	357
Глава 9. От теории к практике	364
9.1. Пути-дороги от научных результатов до бизнес-проектов	364
9.1.1. Особенности продаж товаров и услуг, основанных на равновесных моделях	367
9.1.2. Особенности продаж товаров и услуг, основанных на комбинаторных моделях	371
9.1.3. Особенности продаж товаров и услуг, основанных на комплексных моделях	374
9.2. Товары и услуги для инфобизнеса	375
9.3. Структура учебной дисциплины: Теория РСП	404
Заключение	413
Аббревиатуры	414
Термины и обозначения	414
Литература	415

Contents

Preface	7
Chapter 1. The Equilibrium Stochastic Processes in nature and society	9
Chapter 2. The basic elements of the theory	36
2.1. Concepts	36
2.1.1. Demand. Supply. Equilibrium	36
2.1.2. Risk of overstating. Risk of understating. Equilibrium of risks	41
2.1.3. Reliability. Overstating/Understating. Equilibrium Stochastic Processes	48
2.2. Methodological, mathematical and programming realisation of the theory	55
2.2.1. Evolutionary-Simulation methodology	55
2.2.2. Evolutionary-Simulation Model	60
2.2.3. Instrumental system «Decision». The unit «Equilibrium»	62
2.2.4. Model of the Boolean programming	68
2.2.5. Instrumental system «Decision». The unit «Combinatorics»	74
2.3. Laws	79
2.3.1. The law of double risk (1st law)	79
2.3.2. The equivalence law (2nd law)	82
2.3.3. The law of mutual conditionality (3rd law)	84
2.3.4. Rules (theory statements)	88
2.3.5. About axiomatic construction of the theory	92
2.4. Instruments	93
2.4.1. Management of economic objects	94
2.4.2. Connection of the planning mechanism	96
2.4.3. Drawing up of complex programs	101
2.5. The purposes of state economic management and social justice	104
Chapter 3. Theorems about the market and the plan	111
3.1. The main theorem of the theory of Equilibrium Stochastic Processes	117
3.2. Theorems on the market	121
3.3. Theorems on the plan	130

Chapter 4. Ways to control of the Equilibrium Stochastic Processes and the development	136
4.1. Statics and dynamics.	136
4.1.1. Example 1 – power plant	139
4.1.2. Example 2 – pipeline	141
4.1.3. Example 3 – ship in the sea	143
4.2. Method for optimizing the characteristics of the equilibrium stochastic process and the invention formula	144
4.3. The method of optimal control of the Equilibrium Stochastic Process.	146
4.3.1. Statement of the problem	146
4.3.2. The principles for solving the problem	149
4.3.3. The algorithm of the method and formula of the invention.	151
4.4. The method of selecting the parameters of the external environment of the ESP and the invention formula	154
4.4.1. Statement of the problem	154
4.4.2. Experimental facts	156
4.4.3. The method of selecting the parameters of the external environment of the ESP and the invention formula.	161
4.5. The Equilibrium Stochastic Processes and development	168
Chapter 5. The management of the large economic systems	172
5.1. Managing to capital flows (financial logistics)	172
5.2. Diagnostics of the economic systems.	183
5.2.1. Tasks and principles of construction of information systems	183
5.2.2. The main elements of the technology.	185
5.2.3. Diagnostic Information System for identification problems of regional economy.	191
5.2.4. Simulation model for identification problems of the region	199
5.2.5. Software implementation and prospects for expanding the functionality of the Information System	205
5.3. State regulation of commodity markets of the agricultural products	215
5.3.1. Requirements for the information system and assumptions when modeling	216
5.3.2. Structural components of the model and its functionality	217
5.3.3. Computational experiments.	226

Chapter 6. Information technology in the economy.	230
6.1. Diversification of production, discounts for promoters, investment potential of the region.	232
6.1.1. Diversification of production.	232
6.1.2. Providing discounts for promoters	240
6.1.3. Forecasting investment potential of the region and reproduction of population	250
6.2. Economic feasibility of investment projects	257
6.2.1. Methodological principles for the development of feasibility studies for investment projects and integrated indicators of projects	259
6.2.2. Marketing for investment planning.	265
6.2.3. Optimization of the composition of the project . .	269
6.2.4. Assessment of external effects for project	271
6.2.5. Software	272
Chapter 7. Information technology for management ESP in organizational-economic systems (OES).	280
7.1. Tasks and methods of modeling the OES.	280
7.2. Technology solutions for the modeling and management of OES	283
7.3. Models of optimal impacts on OES	293
7.3.1. Production and consumption of electricity	293
7.3.2. Budget	298
Chapter 8. Robot control, modeling of self-organization and the purposeful group behavior of the biocenoses and the microorganisms	307
8.1. Self-organization and the purposeful group behavior of the biocenoses and the microorganisms	307
8.1.1. The properties of the elements of the set	308
8.1.2. Terms and design ideas.	314
8.1.3. Evolutionary-simulation model of the scheduling of the robot behavior	320
8.1.4. The method of control of self-organizing agile, dynamic, goal-oriented, hierarchical, distributed information-telecommunication systems.	323
8.1.5. Example	328
8.2. Traffic management	338
8.2.1. The intersection of 2 roads with one-way traffic and one the traffic light	338
8.2.2. Complex crossroad with two-way traffic where the traffic light's group has only 2 positions	341

8.2.3. Complex crossroad or group of crossroads with two-way traffic where all traffic light's groups of all crossroad have a large number of positions . . .	343
8.2.4. Routing	346
8.3 The pressure in the tanks with elastic walls, analytical calculation of the main characteristics of ESP, layout events	352
8.3.1. The pressure in the tanks with elastic walls	352
8.3.2. Analytical calculation of the main characteristics of ESP	354
8.3.3. Layout economic activities	357
Chapter 9. From theory to practice	364
9.1. Path-the road from research results to business projects	364
9.1.1. Features sales of goods and services, based on equilibrium models.	367
9.1.2. Features sales of goods and services, based on combinatorial models	371
9.1.3. Features sales of goods and services based on complex models.	374
9.2. Goods and services for infobusiness	375
9.3. The structure of the educational discipline: Theory ESP	404
Conclusion	413
Abbreviations	414
Terms and symbols	414
Literature	415

Научное издание

Лихтенштейн Владимир Ефраимович
Росс Геннадий Викторович

**РАВНОВЕСНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ:
ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ИНФОБИЗНЕС**

Заведующая редакцией *Н.Ф. Карпычева*
Мл. редактор *Н.В. Зеленюк*
Компьютерная верстка *Е.И. Аникеевой*
Оформление *А.В. Лихачева*

ИБ № 5459

Подписано в печать 08.12.2014. Формат 60×90¹/₁₆

Гарнитура «TimesET». Печать офсетная

Усл. п. л. 26,5. Уч.-изд. л. 26,2.

Тираж 200 экз. Заказ № . «С» 116

Издательство «Финансы и статистика»

101000, Москва, ул. Покровка, 7

Телефон (495) 625-35-02, 625-47-08. Факс (495) 625-09-57

E-mail: mail@finstat.ru <http://www.finstat.ru>

" "

Konica Minolta

105066, . . . 38, . 1, . IV

∴ (495) 926-63-96, www.bukivedi.com, info@bukivedi.com