МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

А.С. САФРОНОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РОСТА

2-е издание

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 080500.62 «Бизнес-информатика»

САМАРА
Издательство СГАУ
2015

УДК 334
ББК 65.9я7
С218

Рецензенты: д-р экон. наук, проф. М. Г. С о р о к и н а,
канд. экон. наук, доц. Д. А. Д е р б и л о в

Сафронов А.С.

С218 **Моделирование инновационного роста**: учеб. пособие / *А.С. Сафронов*. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 64 с.

ISBN 978-5-7883-1025-1

В данном пособии рассмотрен экономический и инновационный рост на макро- и микроуровнях. Представлены основные экономико-математические концепции и модели роста экономики государств и предприятий. Приводится математическая формула и алгоритм многопараметрического выбора инновационного пути развития предприятия на условиях оптимальности Парето.

Предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 080500.62 «Бизнес-информатика».

УДК 334
ББК 65.9я7

ISBN 978-5-7883-1025-1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы инновационного и экономического роста являются достаточно новыми и малоизученными понятиями современной теории. Понятия инновационного и экономического роста тесно связаны между собой, а их смысловая нагрузка в значительной степени совпадает. Во многих источниках и литературе бытует мнение, что инновационный рост является частной производной экономического роста.

Теория экономического роста – раздел экономической науки, возникший в 30-40-х годах XX в. Его предметом стало определение условий устойчивого, равновесного, сбалансированного роста. Родоначальники теории экономического роста – английский экономист Р. Харрод и американский экономист Е. Домар в своих моделях исходили из фиксированного отношения между величинами используемых в производстве труда и капитала. В этих моделях не учитывались изменения в капиталовооруженности труда и влияние технологического прогресса. Поэтому они не могли дать адекватной картины реальных процессов экономического роста в индустриально развитых странах.

В 50-60-х годах XX в. американский экономист лауреат Нобелевской премии Р. Солоу пересмотрел эту концепцию экономического роста. Солоу ввел в модель экономического роста меняющийся коэффициент капиталовооруженности труда и дополнительный параметр, характеризующий технический прогресс. Он показал, что в США на технический прогресс приходится не менее половины всего прироста физического объема производства (в расчете на одного работника).

Разработанная Солоу неоклассическая теория экономического роста доминировала в западной экономической литературе до середины 70-х годов XX в. Этой теории оппонировали авторы посткейнсианской теории экономического роста Н. Калдор, Дж. Робинсон и др. Несмотря на то, что их модели включали в себя большое число факторов экономического роста и были ближе к реалиям хозяйственной жизни, они уступали неоклассическим моделям по части определенности и четкости выводов.

Новый виток в разработке теории экономического роста пришелся на 80 – 90-е годы XX века, что позволило говорить о «новой теории роста». В ней стало учитываться влияние несовершенной конкуренции, роль возможных изменений нормы прибыли, а также научно - технический прогресс (НТП) стал рассматриваться как эндогенный, то есть порождаемый внутренними причинами фактор экономического роста. В формализованных экономико-математических работах П. Ромера и Р. Лукаса (США) выдвинута гипотеза об эндогенном характере важнейших производственно-технических нововведений, основанных на вложениях в НТП и в человеческий капитал. Согласно этой гипотезе возрастающая отдача от этих инноваций достается не только тем, кто их осуществляет, но и всему обществу.

Одним из первых экономистов, указавших еще в 1912 г. на роль инноваций в процессе экономического роста, был видный австро-американский экономист И. Шумпетер (1883-1950). Он видел в инновациях внутренний механизм изменений, а в предпринимателе-инноваторе – персонификацию этого механизма.

В отечественной экономической науке теория экономического роста начала развиваться в конце 20-х годов XX в. в связи с составлением первого пятилетнего плана. Модель Г.А. Фельдмана вывела количественную зависимость роста национального дохода от прироста производственных фондов и эффективности их использования.

Инновационным называется экономический рост, базирующийся на развитии предпринимательской инициативы в сфере рыночной, научно-технической и организационно-экономической деятельности. В содержательном плане этот тип экономического роста близок к интенсивному типу роста, поскольку оба они базируются на качественном совершенствовании факторов производства. Отличительной особенностью инновационного типа роста является четкая ориентация на снятие барьеров, накладываемых факторами спроса и распределения. Моделирование инновационного роста является актуальной задачей как для государственных руководителей, так и для менеджеров предприятий и организаций.

Объектом курса моделирования инновационного роста на макроуровне является рост экономики страны, на микроуровне – рост фирм. Предметом моделирования инновационного роста выступает целенаправленный процесс создания, апробации и внедрения моделей и методик инновационного роста.

Целью моделирования инновационного роста как экономической науки является разработка моделей и методов прогнозирования динамики основных инновационных параметров хозяйствующих субъектов на макро- и микроуровнях. В связи с этим перед моделированием инновационного роста ставятся следующие задачи: 1) организация процесса создания моделей инновационного роста; 2) организация процесса внедрения моделей инновационного роста, то есть управление сектором коммерциализации идей.

Для решения этих задач нужен новый тип специалиста – инновационный менеджер, который сможет осуществить как организацию создания новых знаний, так и их последующее внедрение в практику и коммерциализацию. Задача коммерциализации знаний должна решаться одновременно путем построения адекватной инновационной инфраструктуры и выборов приоритетов инновационного развития.

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

ТЕМА 1. Концепции теории роста и их особенности

§ 1.1. Классическая концепция роста

Классическая концепция роста возникла раньше других, в конце XIX века. Основные положения этой концепции заключаются в следующем:

- основой роста является увеличение реальных инвестиций в экономику, источником которых служат накопления субъектов хозяйствования, производителей и потребителей. Рост обеспечивается за счет максимального расширения сферы рыночных отношений и механизмов конкурентного ценообразования, являющихся основным регулятором экономики;
- роль государства должна заключаться в создании конкурентной среды, подавлении монополизма и недобросовестной конкуренции и в проведении кредитно-финансовой и банковской политики, стимулирующей приток накоплений в конструктивных формах (банковские вклады в национальной валюте и ценные бумаги). Поскольку приоритетность тех или иных форм накопления определяется реальными процентами по вкладам в этих формах, то главным инструментарием, обеспечивающим рост и стабильность, являются учетные ставки Центрального банка, валютная политика, кредитно-финансовая политика и налогообложение;
- главной функцией бюджета должно быть перераспределение доходов между потребителями с целью повышения социальной стабильности. Основу бюджетных поступлений должны составлять прямые налоги, в особенности подоходный налог. Основной статьей расхода бюджета должны быть социальные программы и выплаты определенным категориям потребителей;
- бюджетное субсидирование производства должно быть минимальным, чтобы не искажать действия конкурентных механизмов ценообразования. Бюджет должен быть бездефицитным, чтобы обеспечить стабильность национальной валюты; прямая инвестиционная деятельность государства нежелательна. Монетарная и кредитно-

финансовая политика также должны быть направлены на достижение стабильности национальной валюты в стране и на внешних рынках;

- отношения в области занятости должны определяться действием конкурентных механизмов ценообразования на рынке рабочей силы. В качестве основных факторов, определяющих спрос на рабочую силу, рассматриваются объемы производства и производительность труда. Основными факторами предложения рабочей силы являются реальные трудовые доходы потребителей и реальные ставки альтернативных доходов, в качестве которых обычно рассматриваются реальные проценты по депозитам (вкладам) и реальные дивиденды по ценным бумагам. В классической концепции полагается, что верхним пределом занятости должен выступать так называемый естественный уровень занятости, т.е. трудовые ресурсы за вычетом лиц, вынужденных менять специальность вследствие структурных изменений в экономике (структурная безработица), и лиц, кратковременно не занятых в связи со сменой работы (фрикционная безработица);
- классическая концепция полагает в основу внешнеэкономической деятельности развитие свободной международной торговли при исключении монополизма и недобросовестной конкуренции. В связи с этим основными функциями государства должны являться: поддержание стабильности национальной валюты рыночными методами валютного регулирования, поддержание режима свободной торговли с минимальными таможенными барьерами и борьба с недобросовестными формами конкуренции (монополизм, демпинг и т.д.);
- по классической концепции рост носит неравномерный, циклический характер, т.е. темпы его неодинаковы. Должны быть экономические циклы, которые будут рассмотрены далее. Рост сопровождается относительной стабильностью на основных рынках (рынок труда, капиталов, товаров и услуг, валютный и т.д.).

Классическая концепция достаточно хорошо отражала процессы, которые происходили в конце XIX и начале XX вв., но оказалась неспособной предложить конструктивные рекомендации по выходу из "Великой депрессии" в конце 20-х – начале 30-х гг. XX века в Америке.

В основе «Великой депрессии» лежало совпадение по времени циклического спада производства и экономической политики стимулирования производства потребительских товаров при неизменной политике в области занятости. На начальной стадии "Великой депрессии" была полностью дезорганизована система аккумулирования накоплений потребителей и превращения их в реальные инвестиции. В результате возникшего инвестиционного голода была разрушена кредитно-банковская система и начался сильный спад производства. Выйти из этого спада, используя классические рекомендации, было невозможно. Чтобы остановить спад, нужны были инвестиции, но в результате падения жизненного уровня потребителей резко уменьшились их накопления – основной источник инвестиций, т.е. нужны были инвестиции. Падение жизненного уровня приводило к уменьшению спроса и как следствие – к новому спаду производства по «эффекту храповика». Для выхода из создавшегося положения требовались новые концепции роста.

§ 1.2. Кейнсианская концепция роста

Разработка этой концепции и ее основных положений во многом определилась экономическими условиями, сложившимися во время и после "Великой депрессии". Основные положения кейнсианской концепции заключались в том, что главным фактором экономического роста выступает увеличение платежеспособного спроса населения на потребительские товары и услуги.

Существует и обратная связь между ростом и увеличением спроса. Увеличение производства товаров конечного потребления приводит к росту доходов лиц, занятых их производством, а также к росту спроса на товары промежуточного потребления (сырье, материалы, полуфабрикаты, необходимые для производства конечного продукта). Увеличение производства товаров промежуточного потребления вследствие роста спроса на них также приводит к росту доходов лиц, занятых их производством, и как следствие этого – общий спрос возрастал более высокими темпами, чем первоначальный рост производства. Этот эффект получил название мультипликатора Кейнса.

Наряду с мультипликаторной связью между ростом конечного потребления и спросом другим основополагающим положением кейнсианской концепции является то, что на кейнсианском участке кривой предложения цены слабо реагируют на спрос и существует однозначная связь между ростом спроса и ростом производства. В силу изложенных выше взглядов на механизмы роста экономики основной функцией государства должно быть стимулирование и создание платежеспособного спроса на товары конечного потребления.

Самый удобный путь для этого – реализация крупных инвестиционных трудоемких проектов, таких как строительство, создание инфраструктуры – строительство дорог, портов, узлов коммуникаций.

К реализации таких проектов необходимо привлекать как можно больше живого труда. Чем больше ресурсоемкость, тем большее воздействие окажет данный проект на рост производства ресурсов, а следовательно и на общий подъем ресурсопроизводящих отраслей (парадокс бережливости).

В связи с необходимостью реализации крупных инвестиционных проектов главной функцией госбюджета должна стать поддержка крупных государственных инвестиций.

В условиях спада поступление в бюджет ограничено, поэтому противоречие между ограниченностью доходов и большой потребностью в расходах должно решаться путем наращивания бюджетного дефицита, в том числе и путем денежных эмиссий. Важно, чтобы бюджетный дефицит был источником финансирования трудоемких, долгосрочных инвестиционных проектов.

В связи с допущением крупных эмиссий невозможно поддерживать стабильность финансово-банковской системы на основе чисто рыночных механизмов, поэтому необходим прямой контроль государства за использованием денег, особенно вновь эмитированных, с целью недопущения их попадания на валютный рынок и в другие сферы спекулятивной деятельности.

В области внешнеэкономической деятельности кейнсианская концепция предполагает:

- активную импортозамещающую политику;
- протекционизм по отношению к товарам, произведенным внутри страны, как путем применения рыночных методов (льготное налогообложение, субсидии), так и административными методами;
- поддержание стабильности национальной валюты с использованием административных рычагов наряду с рыночными.

В области занятости кейнсианская теория рассматривает спрос на рабочую силу как функцию от ранее созданного конечного спроса, а предложение рабочей силы – как функцию номинальных ставок заработной платы. Целью политики занятости является балансировка спроса и предложения рабочей силы при как можно более высоком уровне занятости.

Оценивая кейнсианскую концепцию в целом, надо отметить, что ее основные положения по многим пунктам диаметрально противоположны к положениям классической концепции, которая предусматривает минимальное, а кейнсианская – максимально возможное (в условиях рыночной экономики) вмешательство государства в ход экономических процессов. Классическая концепция придает основополагающее значение правильному выбору учетных банковских ставок, кейнсианская – не рассматривает эти ставки как важный фактор экономического роста. Кейнсианская концепция продемонстрировала достаточную эффективность при преодолении последствий "Великой депрессии" и послевоенном восстановлении в странах с развитой рыночной экономикой. В то же время главный ее недостаток – неявная ориентация на преимущественно экстенсивные методы развития, стал отчетливо проявляться в 60-х и, особенно, в начале 70-х гг.

Тогда, с одной стороны, постоянно и ощутимо росли цены на сырьевые ресурсы, с другой – резко увеличилось количество новых технологий, которые потенциально могли быть использованы в экономике.

§ 1.3. Монетаристская концепция роста

С конца 60-х гг. XX века обозначился интерес к новому развитию классических концепций, которые получили название неоклассических. К ним примыкает и так называемая монетаристская концепция роста, которая стала широко известна в 80-е и, особенно, в 90-е гг.

Эта концепция разрабатывалась в условиях роста экономической взаимозависимости стран и нарастания инфляционных процессов и других негативных явлений в сфере денежного обращения. Ее важнейшие положения заключаются в следующем:

- основным управляемым параметром, способным обеспечить рост, является масса денег в обращении и структура денежных агрегатов;
- важнейшей функцией государства является проведение стабилизирующей монетарной политики. В частности, в условиях инфляции – это жесткое ограничение денежной массы.

В связи с этим должен быть ограничен бюджетный дефицит, уменьшены расходы государства и, особенно, прямое бюджетное инвестирование и субсидирование производства.

Механизм роста в монетаристской концепции выглядит следующим образом: пусть в некоторой стране имеется высокая инфляция, ее финансы расстроены. После начала жесткой монетарной бюджетной политики в случае инфляции спроса рост спроса приостанавливается и устраняется основная причина инфляции.

В случае инфляции издержек вызванный ею рост цен также тормозится снижением спроса. Жесткая монетарная политика приводит к быстрой стабилизации обменного курса национальной валюты на иностранную. В условиях продолжающегося роста цен внутренние цены превышают в стране мировые, следовательно она становится привлекательным объектом для коммерческого импорта. Рост импорта при стабильности обменных курсов должен повлечь рост компенсирующего экспорта, следовательно, стимулировать рост экспортно-ориентированных производств. Развитие экспортно-ориентированных производств и увеличение импорта способствует притоку в страну иностранного капитала и, как следствие, приводит к общему технологическому развитию и экономическому росту.

Концепция предполагает максимальную либерализацию внешнеэкономической деятельности и активное участие в международном разделении труда.

Стабильность национальной валюты, достигаемая, как и в классической концепции, за счет использования преимущественно рыночных механизмов, также является важным стимулом развития внешнеэкономических связей.

§ 1.4. Рост через экономию ресурсов

Наряду с наиболее известными концепциями роста, такими как неоклассическая и классическая, кейнсианская, монетаристская, существует много других концепций. Одна из таких концепций – рост через экономию ресурсов, большой вклад в которую внесли В. Леонтьев, Л. Канторович, Ч. Купманс.

Основные положения концепции заключаются в следующем:

- источником роста должно служить уменьшение удельных затрат (затрат на единицу производимой продукции) основных производственных ресурсов. Это позволит при тех же объемах производства увеличить конечный продукт за счет сокращения промежуточного потребления ($ПП$) и поднять платежеспособность потребителей за счет сокращения себестоимости ($СС$) при неизменных ценах. Увеличивается как спрос, так и предложение, как ВНП, так и добавленная стоимость ($ДС$), а это – экономический рост:

$$СОП = ПП + ВНП; \tag{1.4.1}$$

$$Ц = СС + ДС\ . \qquad (1.4.2)$$

Экономия ресурсов может быть достигнута как путем целенаправленной технологической политики, так и стимулированием рационального использования ресурсов через цены на них. Ключевым является положение о том, что расходование ресурсов субъектами хозяйствования во многом определится этими ценами;

- важнейшими (механизмами) функциями государства, обеспечивающими рост, являются управление ценами на важнейшие ресурсы и проведение ими целевых инвестиций для технологических программ ресурсосбережения. Данная политика должна быть направлена на обеспечение достижения указанных выше целей ресурсосбережения. Она предусматривает достижение общефинансовой и бюджетной стабильности. При этом стабильные цены на основные ресурсы рассматриваются как действенная антиинфляционная мера.

ТЕМА 2. Модели экономического роста

§ 2.1. Модель Харрода – Домара

Модель роста экономики разработана Р.Ф. Харродом и Е. Домаром в 40-е годы, где основное внимание уделяется экономической стабильности и безработице. Модель включает в себя жесткие допущения, применимые только при краткосрочном анализе. Эти допущения в основном связаны с ролью инвестиций как средства накопления капитала и компонента совокупного спроса.

Подход, примененный Харродом и Домаром применительно к анализу экономического роста, состоял в том, что они предположили, что сбережения являются постоянной частью национального дохода по формуле:

$$S = sY\ , \tag{2.1.1}$$

где $0 < s < 1$,при том, что выполняется равенство:

$$S = sY = I\ , \tag{2.1.2}$$

где S – размер сбережений;

s – норма сбережений;

Y – валовый продукт;

I – инвестиции.

Исследователи исходят из зависимости текущего прироста продукции от инвестиций (I) и капиталоемкости продукции, и темп роста продукции (ΔY) определяется по формуле:

$$\Delta Y = \frac{I}{v}, \tag{2.1.3}$$

где ΔY – прирост продукции;

I – инвестиции;

v – капиталоемкость продукции ($v = \dfrac{K}{Y}$).

Общая потребность в рабочей силе исчисляется посредством коэффициента трудоемкости продукции *u* по формуле:

$$u = \frac{L}{Y}, \tag{2.1.4}$$

а дополнительную потребность в ней (ΔL) рассчитывают по формуле:

$$\Delta L = \Delta Y \cdot u. \tag{2.1.5}$$

Определив основные условия анализа и абстрагируясь от амортизации капитала, фундаментальное уравнение модели Харрода – Домара представлено в виде:

$$G = \frac{\Delta Y}{Y} \Rightarrow v \times \Delta Y = sY \Rightarrow \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{s}{v}. \tag{2.1.6}$$

Если фактический темп роста $\frac{\Delta Y}{Y}$ обозначить как G_A, то формула примет следующий вид:

$$G_A = \frac{s}{v}. \tag{2.1.7}$$

Таким образом, из фундаментального уравнения Харрода – Домара видно, что чем больше инвестиций – сбережений при данном показателе капиталоемкости v, тем выше темп роста. Отсюда можно сделать вывод о том, что темп экономического роста прямо пропорционален сбережениям – инвестициям и обратно пропорционален показателю капиталоемкости.

§ 2.2. Модель Кобба – Дугласа

Неоклассическая концепция экономического роста представлена моделью Кобба – Дугласа. В отличие от неокейнсианской, в неоклассической модели учитывается доля разных факторов производства в увеличении национального дохода, их взаимосвязь и взаимозаменяемость.

Производственная функция Кобба – Дугласа имеет вид:

$$Q = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}, \tag{2.2.1}$$

где Q – объем производства;

A, α, β – константы;

L – труд;

K – капитал.

Изокванта, соответствующая функции Кобба – Дугласа, является выпуклой.

Для величины эффективности выпуска инновационной продукции, описываемой функцией Кобба – Дугласа, справедливы соотношения:

$$\frac{Q(K,L)}{K} = \frac{AK^{\alpha} L^{\beta}}{K} = \frac{AL^{\beta}}{K^{1-\alpha}}, \qquad (2.2.2)$$

$$\frac{Q(tK,tL)}{tK} = t^{(\alpha+\beta)-1} \frac{AL^{\beta}}{K^{1-\alpha}} = t^{(\alpha+\beta)-1} \frac{Q(K,L)}{K}, \qquad (2.2.3)$$

$$\frac{Q(K,L)}{L} = \frac{AK^{\alpha} L^{\beta}}{L} = \frac{AK^{\alpha}}{L^{1-\beta}}, \qquad (2.2.4)$$

$$\frac{Q(tK,tL)}{tL} = t^{(\alpha+\beta)-1} \frac{AK^{\alpha}}{L^{1-\beta}} = t^{(\alpha+\beta)-1} \frac{Q(K,L)}{L}. \qquad (2.2.5)$$

Приведенные равенства означают, что если увеличить затраты труда и капитала в t раз, то при сумме показателей степени $\alpha + \beta = 1$ функция Кобба – Дугласа является линейно-однородной, то есть она демонстрирует постоянную отдачу при изменении масштабов производства. Если сумма показателей степени $\alpha + \beta > 1$, то функция отражает возрастающую отдачу, а если $\alpha + \beta < 1$, то убывающую.

Предельная производительность капитала, предельная производительность труда и предельная норма замены труда капиталом для функции Кобба-Дугласа соответственно равны:

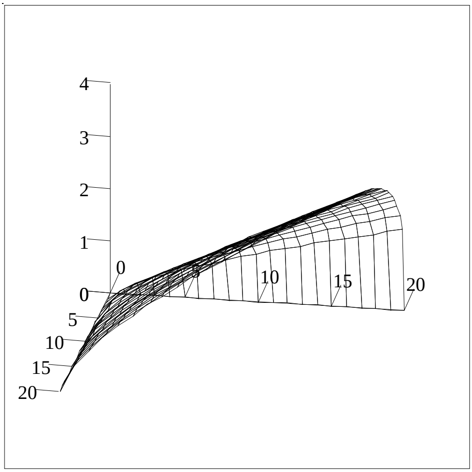
$$\frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha \frac{Q}{K}, \quad \frac{\partial Q}{\partial L} = \beta \frac{Q}{L}, \quad R_{K,L} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial L}}{\frac{\partial Q}{\partial K}} = \frac{\beta K}{\alpha L}. \qquad (2.2.6)$$

Для эластичности $\sigma_{K,L}$ предельной нормы замещения труда капиталом справедливо соотношение:

$$\sigma_{K,L} = \frac{d \ln \frac{K}{L}}{d \ln R_{K,L}} = \frac{\frac{L}{K} d(\frac{K}{L})}{\frac{\alpha L}{\beta K} d(\frac{\beta K}{\alpha L})} = 1, \qquad (2.2.7)$$

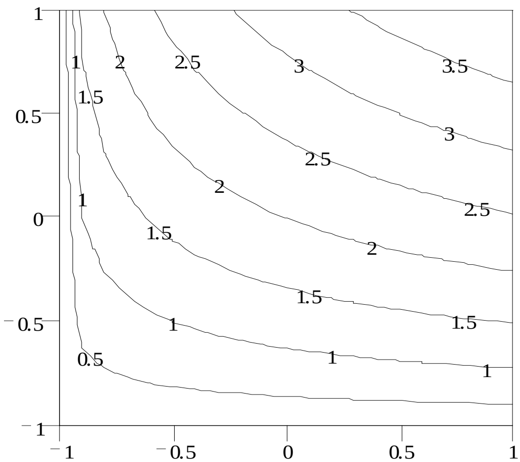
то есть для функции Кобба – Дугласа эластичность предельной нормы замещения труда капиталом постоянна и равна единице. Это важнейшее свойство функции Кобба – Дугласа.

Графическое исследование функции инновационного роста, выраженной в виде функции Кобба – Дугласа, представлено ниже. Данный график характерен для функций роста, где основную долю в производстве инновационной продукции занимает ручной труд при значительно меньшей доле капитала (рис.1, 2).



Z

Рис. 1. График функции инновационного роста модели Кобба – Дугласа



Z

Рис. 2. Линии уровня функции инновационного роста модели Кобба – Дугласа

§ 2.3. Модель Солоу

Модель Солоу состоит из технических коэффициентов и уравнений, характеризующих экономическую динамику:

$$Y = C + I \Leftrightarrow \frac{Y}{L} = \frac{C}{L} + \frac{I}{L} \Leftrightarrow sY = S = I = \Delta K\,, \tag{2.3.1}$$

где Y – объем совокупного дохода (выпуска) принимается как сумма фондов потребления C накопления I;

ΔK – прирост капитального фонда;

$\dfrac{\Delta K}{K}$ – темп роста капитального фонда.

Выпуск продукции, приходящийся на одного работника, определяется по следующей формуле:

$$f(k) = \frac{Y}{L}\,, \tag{2.3.2}$$

где $f(k)$ – выпуск на работника определяется отношением совокупного дохода к численности работников:

$$f(k) = \frac{C}{L}, \tag{2.3.3}$$

где $\dfrac{C}{L}$ – потребление на работника равно отношению фонда потребления к численности работников.

Сбережения, приходящиеся на одного работника, рассчитываются по следующей формуле:

$$sf(k) = \frac{S}{L} = \frac{I}{L}\,. \tag{2.3.4}$$

Капитал на работника (k) определяется отношением капитала к численности работников:

$$k = \frac{K}{L}\,. \tag{2.3.5}$$

Прирост капиталовооруженности (Δk) определяется отношением прироста капитала к общей численности работников:

$$\Delta k = \frac{\Delta K}{L + \Delta L}\,. \tag{2.3.6}$$

Если:

K и L растут одинаково, то $\Delta k = 0$;

K растет медленнее L, то $\Delta k < 0$;

K растет быстрее L, то выполняется равенство

$$\Delta k > 0 \Rightarrow \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta L}{L}. \tag{2.3.7}$$

Учитывая, что $\frac{\Delta L}{L} = n$, уравнение (2.3.7) можно записать в виде:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta K}{K} - n. \tag{2.3.8}$$

$\frac{\Delta L}{L} = n$ – темп роста численности работников.

Умножив обе части уравнения (2.3.8) на $k = \frac{K}{L}$, получим

$$k\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta K}{K} \cdot \frac{K}{L} - n \cdot \frac{K}{L}. \tag{2.3.9}$$

После сокращения (2.3.9) получим:

$$\Delta k = \frac{\Delta K}{L} - n \cdot k \Rightarrow \frac{\Delta K}{L} = \Delta k + n \cdot k. \tag{2.3.10}$$

Так как $\Delta K = sY \Rightarrow \frac{\Delta K}{L} = s\frac{Y}{L}$; $\frac{Y}{L} = f(k) \Rightarrow \frac{\Delta K}{L} = sf(k)$.

Таким образом, уравнение (2.3.9) можно переписать в виде:

$$\Delta k = sf(k) - nk. \tag{2.3.11}$$

Уравнение (2.3.11) представляет собой фундаментальное уравнение неоклассического роста.

Формулировка закона устойчивого роста по Солоу: если коэффициент капиталоемкости продукции ($K : Y = v$) равен отношению нормы сбережений s к темпу роста числа занятых n, то экономика развивается по траектории устойчивого роста

$$\left(\frac{K}{Y} = \frac{s}{n}\right).$$

ТЕМА 3. Теория инновационного роста

§ 3.1. Новые подходы в теории инновационного роста

В 40 – 60-е годы XX века в рамках неоклассических подходов к построению моделей роста сложилось представление о том, что наряду с основными производственными факторами – трудом и капиталом – важную роль играет технологический прогресс, трактуемый как третий обобщенный производственный фактор.

В новых теоретических моделях инновационного роста предпринята попытка обосновать эндогенную (т.е. присущую самой системе) природу технологических изменений, индуцирующих рост. Данные изменения трактуются как результат проведения исследований и разработок хозяйствующими субъектами, стремящимися максимизировать свою прибыль на достаточно большом отрезке времени. Принципиальная особенность этих моделей заключается в том, что их производственная функция содержит в той или иной форме новую переменную – человеческий капитал, характеризующую объем научных знаний и практического опыта, накопленных в процессе обучения и непосредственно производственной деятельности.

Анализ уравнений инновационной динамики на равновесной траектории роста, для которой уровень потребления, новые знания, выпуск продукции и затраты капитала увеличиваются по экспоненте с постоянной скоростью, позволил П. Ромеру сделать вывод, что темп инновационного роста находится в прямой зависимости от величины человеческого капитала.

Сфера НИОКР влияет на экономику не только непосредственно через новые прикладные идеи и разработки. Само ее существование является необходимым, но не достаточным условием инновационного роста, поскольку обеспечивает накопление человеческого капитала. Таким образом, модель подчеркивает двойственную природу научного знания – его воздействие на производство и сферу услуг, и внутреннюю ценность.

На основании построенной модели П. Ромер делает вывод, что страны с большим накопленным объемом человеческого капитала будут иметь более высокие темпы развития. Следовательно, расширение международной торговли способствует повышению темпов роста, поскольку обмен продукцией раздвигает границы экономической системы и ведет, таким образом, к увеличению суммарного человеческого капитала.

Исследователи из Великобритании и Канады Ф. Агийон и П. Хоувитт предложили модель эндогенного роста, в основу которой положена идея одного из влиятельных экономистов XX в. Й. Шумпетера о механизме созидательного разрушения. Средняя скорость роста в этой модели также возрастает с увеличением размеров моделируемой системы.

Ряд выводов о роли международной торговли на современном этапе технологического развития получили Дж. Гроссман и Е. Хэлпман. Их модель учитывает возможность перелива капиталов для финансирования НИОКР и предсказывает при определенных условиях формирование транснациональных корпораций по мере приближения к равновесной траектории.

Теоретические выводы из представленных моделей роста с эндогенным технологическим прогрессом находят подтверждение во многих тенденциях мирового развития, связанных с углублением процессов глобализации.

В середине 90-х годов XX века 18% затрат на НИОКР в США и 14% в Великобритании обеспечивались за счет иностранного капитала. Наряду с осуществлением крупных программ международного научного сотрудничества этому способствует и интенсивное развитие новых организационных форм технологической кооперации на корпоративном уровне, в частности международных стратегических альянсов.

Вместе с тем выявлены уязвимые места новой теории, особенно в связи с «эффектом масштаба», который не подтверждается эмпирическими данными на страновом уровне. Это касается предсказываемой в указанных моделях зависимости темпов роста от количества специалистов, занятых в сфере НИОКР.

В течение 1999 г. появился ряд новых исследований, посвященных построению моделей роста с эндогенным технологическим прогрессом, где “эффект масштаба” в явном виде не присутствует. А. Юнг предложил альтернативную модель, в которой размеры рынка и уровень затрат на НИОКР могут влиять не только на темпы инновационного роста, но и на функцию полезности нововведений для среднего потребителя.

Используя идею А. Юнга, П. Хоувитт модифицировал разработанную им ранее совместно с Ф. Агийоном эндогенную модель роста, в которой при увеличении численности населения и величины затрат на НИОКР существует равновесная траектория с постоянным темпом повышения производительности труда. П. Сегерстрем добился исключения эффекта масштаба за счет предположения о том, что с появлением ключевых для развития каких-либо отраслей идей (лежащих в основе базисных нововведений) обнаружить новые и сопоставимые с ними по силе экономического влияния научно-технические идеи становится все труднее. Тем самым нивелируется допускавшаяся ранее простая линейная зависимость между затратами человеческого капитала и конечными результатами.

Т. Эйчер и С. Турновски сформулировали условия, при которых возможен сбалансированный рост без эффекта масштаба. На основе анализа построена комбинированная модель эндогенного роста, ключевую роль в которой играют производственные характеристики технологической системы.

§ 3.2. Механизмы инновационного развития

Универсальными механизмами инновационного развития являются:

• развитие венчурных механизмов освоения нововведений;

• создание благоприятных условий для частных капиталовложений в сферу НИОКР и освоение новых технологий;

• выравнивание (в сторону повышения) инновационного потенциала регионов и территорий путем активизации имеющихся у них научно-технических ресурсов;

• более широкое использование возможностей технологических трансфертов в национальном и международном масштабах.

Венчурный механизм организации инновационного процесса играет значимую роль в развитии высокотехнологичных отраслей экономики, связанных с использованием микропроцессорной техники, персональных компьютеров, генной инженерии. Эффективность венчурных инвестиций обусловлена сочетанием новых инновационных проектов, отработанных методов управления и материальных стимулов для основных субъектов инновационного процесса (ученых, изобретателей, инвесторов, менеджеров). Для успешного развития венчурного бизнеса необходимы особые налоговые льготы, стимулирующие высокорисковые среднесрочные и долгосрочные инвестиции (от 2 до 10 лет).

Необходимость финансовой поддержки научных исследований, разработок и инноваций не вызывает возражений на всех уровнях управления, однако в силу неизбежных бюджетных ограничений и многообразия целей социально-экономического развития любой хозяйствующий субъект вынужден постоянно решать проблему выбора объекта для финансирования.

Приоритеты прямого государственного финансирования отдаются тем направлениям, которые не могут поддерживаться частным сектором из-за высокой степени неконтролируемого риска и коммерческой неопределенности или больших по объему и трудноокупаемых затрат. Государство берет на себя прямое финансирование НИОКР в областях, где оно является основным заказчиком высокотехнологичной продукции (например, в области военной техники), или там, где существует явная угроза национальным производителям в результате обострения международной конкуренции.

В большинстве других случаев государство делает упор на *стимулирование частных капиталовложений*.

Механизмы косвенного налогового стимулирования приобретают все большую популярность. К числу специальных налоговых льгот, широко используемых в развитых странах с целью стимулирования инновационной деятельности, можно отнести:

• возможность полного списания текущих некапитальных затрат на исследования и разработки при определении размера налогооблагаемой базы;

• возможность переноса сроков списания затрат на НИОКР из налогооблагаемой базы на наиболее благоприятный для предприятия период, что особенно выгодно вновь создаваемым инновационным фирмам и тем предприятиям, которые не имеют в данный момент достаточной прибыли, чтобы воспользоваться в полном объеме установленными налоговыми льготами;

• ускоренная амортизация оборудования и зданий, используемых для проведения НИОКР;

• предоставление налогового кредита, позволяющего промышленным фирмам уменьшать уже начисленный налог на прибыль на величину, равную определенному проценту от произведенных расходов на НИОКР и/или проценту от их прироста за определенный период.

Существенным резервом для расширения возможностей инновационного роста в масштабах государства является *выравнивание инновационного потенциала регионов* и территорий путем активизации имеющихся у них и не используемых в полном объеме научно-технических ресурсов.

В мировой практике апробирован ряд организационно-экономических мер, способствующих региональному инновационному развитию:

- осуществление специальных целевых программ на общегосударственном, региональном и местном уровнях;
- прямые государственные субсидии и целевые ассигнования региональных (местных) органов власти;
- налоговые льготы, направленные на стимулирование регионального инновационного развития;
- формирование научных (технологических, инновационных) парков;
- создание инкубаторов малого инновационного бизнеса;
- образование под эгидой государства и местных органов исполнительной власти центров по передаче технологий из госсектора в промышленность;
- организация управленческого консультирования предпринимателей и другие меры.

Мощным рычагом инновационного развития могут стать *технологические трансферты*, т.е. передача акционированным промышленным предприятиям и предпринимателям новых технологических разработок, созданных в госсекторе или при финансовой поддержке государства. *Технологический трансферт* - это такая форма организации научно-технической кооперации между промышленными компаниями разных стран, при которой участвующие стороны отвечают следующим требованиям:

- вносят свой вклад в получение новых научных и технологических знаний в рамках выбранной для сотрудничества области или совершают обмен имеющимися у них технологиями;
- разделяют между собой все выгоды от подобного сотрудничества и пользуются правом контроля за его осуществлением;
- сохраняют полную самостоятельность и независимость, получая от партнеров только то, в чем испытывают острую потребность.

§ 3.3. Инновационная модель развития экономики

Рассмотрим экономику в целом и процессы, обеспечивающие рост государств, которые развиваются по инновационной модели. На рис. 3 представлена схема инновационного развития экономики.

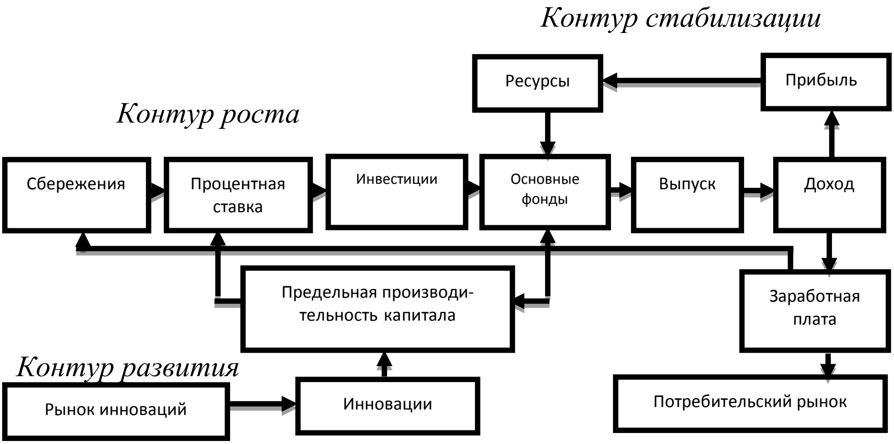


Рис. 3. Схема инновационного развития экономики

В момент перехода от депрессии к оживлению на рынке появляется большое число разнообразных нововведений:

- товаров;
- услуг;
- технологий;
- ресурсов;
- иных рынков сбыта.

Их появление можно объяснить тремя причинами:

- предпринимательская активность направлена на поиск новых ориентиров развития, так как прежние цели уже достигнуты;
- старые производства, ранее подавлявшие конкурентов, не могут этого делать, так как сами находятся в тяжелом положении;
- низкий, по отношению к общей прибыльности производства в период депрессии, риск нововведений.

Часть инноваций, которая усваивается успешно, становится рыночным ориентиром для предпринимателей и вызывает настоящую волну подъема - сначала в отраслях, сопряженных с инновационными, а затем и во всей экономике. Кроме прямого влияния на сопряженные отрасли со стороны спроса на производственные ресурсы, инновации могут способствовать их подъему благодаря проникновению новых технических решений в эти отрасли. Таким образом, инновации, определяя направление развития, увеличивают емкость рынка сначала для факторов производства (инвестиционных товаров, труда и капитала), а затем и для всего выпуска.

ТЕМА 4. Моделирование структурных факторов инновационного роста экономики

§ 4.1. Структурно-темповые соотношения

Для измерения экономического роста используется индекс роста:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i \cdot q_i}, \qquad (4.1.1)$$

где y_i – количество блага вида *i* (продукта или услуги) в анализируемом (текущем, отчетном) периоде;

A_i – количество данного блага в базовом периоде;

q_i – цены-соизмерители.

В качестве q_i могут выступать цены базового периода, цены отчетного периода, цены некоторого другого периода или условные расчетные цены.

Структурные изменения оцениваются коэффициентом общего структурного сдвига:

$$m = \sum_{i \in G} \left(P_i - d_i \right), \qquad (4.1.2)$$

где G – множество индексов *i* таких, что $P_i > d_i$.

При этом:

$P_i = \dfrac{y_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot q_i}$ – доля *i*-го блага в составе исследуемой инновационной отрасли в текущем периоде;

$d_i = \dfrac{A_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i \cdot q_i}$ – доля *i*-го блага в базовом периоде.

Выражение для доли P_i можно записать следующим образом:

$$P_i = \frac{y_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot q_i} = \frac{y_i}{A_i} \cdot \frac{A_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i \cdot q_i} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot q_i} = \frac{h_i \cdot d_i}{\lambda}. \quad (4.1.3)$$

Таким образом, справедливо следующее равенство:

$$\lambda P_i = h_i d_i \, . \quad (4.1.4)$$

Правую часть уравнения, то есть $h_i \cdot d_i$, следует понимать как сжатие частного индекса роста h_i, причем d_i – коэффициент сжатия: $0 \le d_i \le 1$.

Левая часть выражения соответствует вкладу *i*-го компонента в общий индекс роста.

Кроме того,

$$\lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda P_i = \lambda \sum_{i=1}^{n} P_i = \sum_{i=1}^{n} d_i \cdot h_i. \quad (4.1.5)$$

Для индексов $i \in G$ таких, что $P_i > d_i$, будет

$$P_i - d_i = \frac{d_i \cdot h_i}{\lambda} - d_i = \frac{d_i \cdot h_i}{\lambda} - \frac{d_i \cdot \lambda}{\lambda} = \frac{d_i \cdot t_i}{\lambda}, \quad (4.1.6)$$

где $t_i = h_i - \lambda$, причем $h_i > \lambda$, то есть $t_i > 0$.

Тогда запишем выражение:

$$m = \sum_{i \in G} \left(P_i - d_i \right) = \sum_{i \in G} \frac{d_i \cdot t_i}{\lambda}. \quad (4.1.7)$$

$M2$ представляет собой часть индекса роста λ, обеспечивающую общий прирост увеличивающихся долей, равный *m*. Поэтому $M2$ назван структурным опережением.

Общий темп роста вводится по формуле

$$N = \lambda - 1, \quad (4.1.8)$$

где N – темп роста.

Частный *i*-й темп роста N_i имеет вид:

$$N_i = h_i - 1. \quad (4.1.9)$$

Структурные сдвиги, в том числе и связанные с инновациями, могут быть существенными и в составе промежуточного продукта – деталей, заготовок, узлов и агрегатов. Это оправдывает рассмотрение долевой структуры полного состава выпуска.

Во-вторых, основой для исследования структурной динамики может быть конечная продукция, то есть такая, которая не поступает в дальнейшую обработку.

§ 4.2. Классификация характерных режимов структурной динамики

Рассмотрим величину – структурную эластичность выпуска:

$$E = \frac{N1}{N2}. \tag{4.2.1}$$

Пороговые значения показателя структурной эластичности позволяют отделять друг от друга базовые режимы структурной динамики. При осуществлении конкретного режима индексы роста и общего структурного сдвига находятся во вполне определенном соответствии.

Первый режим структурной динамики, или режим вытеснения. В этом случае новая структура выпуска вытесняет прежнюю, но оба компонента темпа роста положительные: $N2 \geq 0$ и $N1 \geq 0$.

$$0 \leq E < 1. \tag{4.2.2}$$

Условие (4.2.2) дает следующую пару взаимных ограничений на индексы m и λ. Прежде всего $\lambda \geq 1$. Далее, если λ известен, то m должен удовлетворять неравенствам:

$$\frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) < m \leq 1 - \frac{1}{\lambda}. \tag{4.2.3}$$

Если же известен индекс m, то для λ будет соответствовать:

$$\frac{1}{1-m} \leq \lambda < \frac{1}{1-2m}. \tag{4.2.4}$$

Особо выделим вариант, когда $E = 0$. Имеем $N1 = 0$ или $\lambda(1-m) = 1$. Индексы λ и m связаны таким образом, что общий темп роста N определяется одним только реконструктивным компонентом $N2$, то есть $N = N2$.

Второй режим, или режим компенсирующего замещения. Рост на основе структурных изменений перекрывает и компенсирует спад по позициям с уменьшающимися долями. То есть, $N1 + N2 = N \geq 0$, $N1 \leq 0$ и $N2 \geq 0$. Кроме того, по абсолютной величине $N2$ превосходит составляющую $N1$. При данном режиме осуществляется прямая реконструкция состава выпуска, что характерно для инновационно ориентированной экономики. Примером может служить экономическая динамика индустриально развитых государств на протяжении XX в. Для этих стран в расчете на столетие был характерен выраженный экономический рост. В то же время новая номенклатура продукции практически полностью заменила имеющуюся на начало века. Таким образом, в структурной динамике здесь превалировал именно режим компенсирующего замещения.

Установим количественные ограничения, связанные со вторым режимом структурной динамики. Из условий $N \geq 0$ и $N1 \leq 0$ вытекает, что $0 > E \geq -1$. Это дает пару взаимных условий:

$$\frac{1}{1-m} > \lambda \geq 1 \tag{4.2.5}$$

и
$$1 \geq m > 1 - \frac{1}{\lambda}. \tag{4.2.6}$$

Особо следует выделить вариант, когда $E = -1$, то есть $\lambda(1-m) - 1 = -\lambda m$ или $\lambda{=}1$. В этом случае m может принимать любые значения из интервала своего определения: $1 \geq m \geq 0$.

При осуществлении этого варианта структурной динамики факторы производства расходуются в основном на изменение структуры выпуска и их недостает для того, чтобы обеспечить рост экономики. Простое воспроизводство стоимости сочетается с расширенной структурно-инновационной динамикой.

Третий режим называется режимом некомпенсирующего замещения. Здесь $E < -1$ или $N < 0$. Рост на основе структурных изменений не в состоянии перекрыть спад на основе инерционного компонента. Рецессия подобного рода порождается радикальной структурной перестройкой хозяйства, когда издержки структурных изменений влекут за собой отток ресурсов от процессов роста и простого воспроизводства. При условии $E < -1$ коэффициент m может принимать любые значения из интервала своего определения. Данный момент следует отметить особо. Чтобы обеспечить существенную структурную перестройку выпуска, необходимо идти на риск экономического спада, ибо только этот режим допускает действительно существенные структурные изменения. Особенно это касается случая, когда существенный структурный сдвиг необходимо реализовать за короткий период времени.

Четвертый режим структурной динамики, или режим деструкции. Имеем $E < -1$ и $N < 0$. Экономика разрушается, не выдержав давления структурной перестройки.

§ 4.3. Условия инновационного роста экономики

Вариант инновационного коридора совмещает значимые структурные изменения и существенный экономический рост. Этот вариант определяется отбрасыванием неприемлемых режимов развития. Так, необходимо отбросить спад и деструкцию, то есть 3-й и 4-й режимы, поскольку для институционально оформившегося хозяйства они неприемлемы в принципе. Также надо отбросить режим, при котором инерционный рост превышает рост на основе структурных изменений, то есть нулевой режим, так как он не согласуется с инновационным развитием экономики. Таким образом, инновационный коридор экономической динамики состоит из ее первого и второго режимов и количественно выражается условием $-1 \le E \le 1$.

Имеет место разложение функции $(1+t)^{-1}$ в степенной ряд:

$$(1+t)^{-1} = 1 - t + t^2 - t^3 + t^4 - \dots \qquad (4.3.1)$$

Поэтому, пренебрегая нелинейными членами такого разложения (что возможно при $N \le 0{,}1$, то есть при $N \le 10\%$), имеем:

$$\lambda^{-1} = (1+N)^{-1} \approx 1 - N\,. \qquad (4.3.2)$$

Тогда коэффициент E будет иметь вид:

$$E = \frac{\lambda(1-m)-1}{\lambda \cdot m} = \frac{1-m}{m} - \frac{1}{\lambda \cdot m} = \frac{1-m}{m} - \frac{1}{(1+N)\cdot m} \approx$$

$$\approx \frac{1-m}{m} - \frac{1-N}{m} = \frac{N-m}{m} = \frac{N}{m} - 1. \qquad (4.3.3)$$

Условие инновационного коридора: $-1 \le E \le 1$ превращается в следующее:

$$-1 \le \frac{N}{m} - 1 \le 1 \qquad (4.3.4)$$

или

$$m \ge \frac{1}{2} N \ge 0\,. \qquad (4.3.5)$$

Мировая практика показывает, что для растущей экономики желателен темп роста не менее, чем $N \approx 6\%$ в год. Следовательно, годовая интенсивность структурных сдвигов должна приблизительно составлять величину:

$$m \approx \frac{1}{2} \cdot 6{,}0\% = 3{,}0\%\,. \qquad (4.3.6)$$

Компонент $N1$ проинтерпретирован и как инерционная составляющая общего темпа роста N, и как составляющая структурного запаздывания, то есть

$$N1 = \sum_{i \in \overline{G}_1} N_i \cdot d_i + \sum_{i \in \overline{G}_2} N_i \cdot d_i + \sum_{i \in G} N \cdot d_i \ . \tag{4.3.7}$$

В составе компонента $N1$ слагаемое $d \cdot N = \sum_{i \in G} d_i \cdot N$, где $d = \sum_{i \in G} d_i$, затруднительно интерпретировать как компонент запаздывания. А именно, без составляющей $d \cdot N$ было бы невозможно реализовать структурное опережение $N2$. Поэтому желательно устранить компонент $d \cdot N$ из состава величины $N1$. Но если от $N1$ отбросить $d \cdot N$, то будем иметь:

$$\begin{aligned} \overline{E} &= \frac{N1 - d \cdot N}{N2} = \frac{\lambda(1-m) - 1 - d \cdot N}{\lambda \cdot m} = \frac{\lambda - \lambda \cdot m - 1 - (\lambda - 1) \cdot d}{\lambda \cdot m} = \\ &= \frac{\lambda - \lambda m - 1 - \lambda \cdot d + d}{\lambda \cdot m} = \frac{\lambda(1 - d - m) - (1 - d)}{\lambda \cdot m} = \frac{\lambda(\overline{d} - m) - \overline{d}}{\lambda \cdot m} = \\ &= \frac{\lambda(1 - \overline{m}) - 1}{\lambda \cdot \overline{m}}. \end{aligned} \tag{4.3.8}$$

ИННОВАЦИОННЫЙ РОСТ НА МИКРОУРОВНЕ

ТЕМА 5. Модель роста Марриса

§ 5.1. Функция роста спроса и предложения

Выделяя определяющие факторы спроса, Маррис отмечал, что фирмы являются многопродуктовыми и создание новых продуктов является главным фактором роста корпораций. Когда новый товар вводится на рынок, последующие результаты Маррис относил к двум классам. В первом классе продажи начинаются с нуля и увеличиваются из-за попыток покупателей освоить товар, а также маркетинговых усилий продвижения товара на рынке. Впоследствии уровень продаж стабилизируется, а затем продажи начинают падать и товар снимается с продажи. Этот случай представлен на рис. 4 в виде кривой А. В другом классе продажи товара быстро возрастают, полностью удовлетворяя нужды потребителя. Товар занимает значительную долю рынка и входит в производственную программу фирмы. На рис. 4 такой класс представлен в виде кривой В.

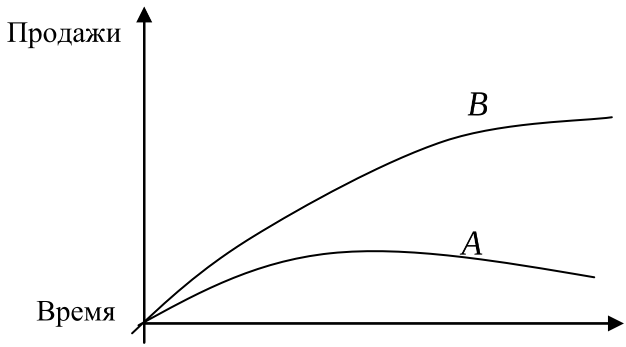


Рис. 4. Результаты продаж во времени

Чтобы темп роста продаж превышал темп роста рынка, фирме следует производить все большую политику по диверсификации. Таким образом, можно записать:

$$g_D = f_1(d), \qquad (5.1.1)$$

где g_D – рост спроса;

d – темп успешной диверсификации.

Функция $f_1(d)$ отражает скорость роста рынков, в которые фирма диверсифицируется.

Рассмотрим функцию роста предложения. Если источником инвестиций фирмы является нераспределенная прибыль, коэффициент реинвестирования, определяемый как отношение нераспределенной к общей прибыли, обозначить через r, прибыль через Π, а новые инвестиции через I, то получим:

$$I = r\Pi, \tag{5.1.2}$$

а рост предложения соответственно

$$g_S = \frac{I}{K} = r\frac{\Pi}{K} = rp, \tag{5.1.3}$$

где K – используемый капитал;

p – отдача на капитал.

В случае выпуска новых акций и использования инструментов внешних заимствований функция роста предложения ресурсов имеет вид:

$$g_S = \frac{I}{K} = \alpha\frac{\Pi}{K} = \alpha p, \tag{5.1.4}$$

где α – величина новых инвестиций в расчете на единицу прибыли.

Рост предложения ресурсов является линейной функцией отдачи на капитал.

§ 5.2. Функция стоимости расширения

Существуют значительные затраты, связанные с расширением посредством диверсификации, которые приводят к уменьшению отдачи на капитал фирмы. Справедлива зависимость:

$$d = f_2\left(\frac{1}{p}\right). \tag{5.2.2}$$

По определению отдача на капитал:

$$p = \frac{\Pi}{K} = \frac{\Pi}{K}\frac{Q}{Q} = \frac{m}{v}, \tag{5.2.3}$$

где Q – выпуск;

m – маржа прибыли;

v – капиталоемкость.

Таким образом, функцию стоимости расширения можно записать в виде:

$$d = f_2(\frac{1}{m}v). \tag{5.2.4}$$

Маррис полагал, что при прочих равных условиях успешная диверсификация и отдача на капитал связаны обратной зависимостью. Росту путем успешной диверсификации способствуют три фактора:

- высокие расходы на рекламу;
- высокие затраты на создание и совершенствование продукта;
- низкие цены.

§ 5.3. Полная модель

Полная модель Марриса объединяет функции роста спроса и предложения, а также функцию расширения и имеет вид:

$$\begin{cases} g_D = f_1(d) \\ g_S = \alpha p \\ d = f_2(\frac{1}{p}) = f_2(\frac{1}{m}v) \\ g_S = g_D. \end{cases} \tag{5.3.1}$$

Подставив третье уравнение системы в первое уравнение, получим:

$$g_D = f_1\left[f_2(\frac{1}{p}) \right]. \tag{5.3.2}$$

Из уравнения (4.3.2) видно, что рост спроса является обратной функцией отдачи на капитал, так как ускорение роста спроса вследствие диверсификации требует уменьшения маржи прибыли либо приводит к росту капиталоемкости.

Графически модель Марриса представлена на рис. 5.

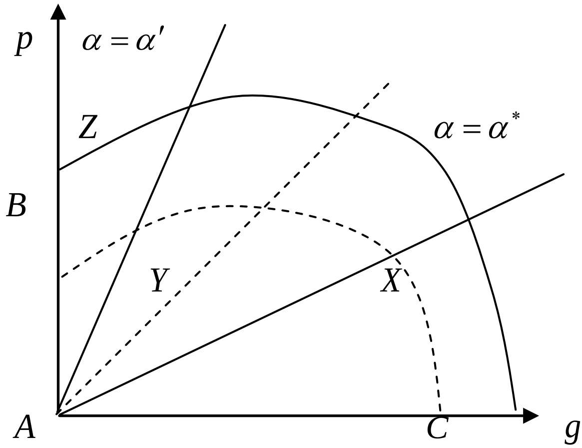


Рис. 5. Графическая модель Марриса

ТЕМА 6. Инновационный сектор экономики в модели межотраслевого баланса

§ 6.1. Моделирование роста производства инновационной продукции

Межотраслевой баланс в инновационной экономике – это метод анализа взаимосвязей между различными секторами инновационной системы.

Предположим, что экономическую систему можно представить в виде взаимосвязанных между собой инновационных отраслей, производящих определенные товары и услуги. При производстве инновационных товаров и услуг в каждом секторе расходуются ресурсы в виде сырья, рабочей силы, оборудования, которые производятся как в других секторах инновационного хозяйства, так и в данном секторе. Это означает, что каждый инновационный сектор экономики выступает в системе межотраслевых связей одновременно производителем и потребителем.

Цель балансового анализа – определить сколько продукции должен произвести каждый инновационный сектор экономики для того, чтобы удовлетворить все потребности экономической системы в его продукции.

Рассмотрим упрощенную модель межотраслевого баланса инновационной системы, состоящую из трех секторов – A, B, C. В качестве единицы измерения инновационных товаров и услуг каждого сектора выберем их стоимость. Предположим, что вся инновационная продукция сектора A составляет 200 денежных единиц, из них 50 единиц потребляется внутри самого сектора, 40 ед. – в секторе B и 110 ед. – в секторе C. Продукция сектора B составляет 250 ед., из которых 70 ед. потребляется в секторе A, 30 ед. – внутри самого сектора B, 150 ед. – в секторе C. В секторе C производится 300 ед., из которых 80 ед. потребляется в секторе A, 180 ед. – в промышленности, 40 ед. – внутри сектора C. Эти данные сведены в таблицу межотраслевого баланса инновационных секторов экономики (табл.1).

Таблица 1. **Модель межотраслевого баланса производства и потребления инновационной продукции**

	A	B	C	Общий выпуск
A	50	40	110	200
B	70	30	150	250
C	80	180	40	300
Затраты	200	250	300	

Если обозначить через $B = \left\{ b_{i,j} \right\}, i, j = 1..n$ матрицу, элемент которой $b_{i,j}$ – это количество товаров и услуг *i*-го сектора экономики, потребляемого в *j*-м секторе, то в замкнутой экономической системе баланс между совокупным выпуском инновационной продукции и затратами каждого сектора можно записать равенствами:

$$\sum_{j=1}^{n} b_{k,j} = \sum_{i=1}^{n} b_{i,k}, \; k = 1, 2, ..., n. \tag{6.1.1}$$

Матрица $B = \left\{ b_{i,j} \right\}, i, j = 1..n$ называется матрицей межотраслевого баланса в закрытой инновационной системе.

Рассмотрим открытую систему межотраслевых инновационных связей, в которой вся произведенная продукция разделяется на две части: одна часть продукции идет на потребление в производящих инновационную продукцию секторах, а другая часть потребляется вне сферы материального производства – в секторе конечного спроса.

Обозначим:

x_i – объем выпуска *i*-го сектора;

$b_{i,j}$ – объем инновационных товаров и услуг *i*-го сектора, потребляемых в *j*-м секторе;

y_i – конечный продукт *i*-го сектора экономики;

$a_{i,j} = \dfrac{b_{i,j}}{x_j}$ – количество продукции *i*-го сектора экономики, которое расходуется при производстве одной единицы продукции *j*-го сектора.

Межотраслевой баланс – равенство объема выпуска каждого производящего инновационного сектора суммарному объему его продукции, потребляемой производственными секторами и сектором конечного спроса. С учетом приведенных обозначений имеем соотношения баланса:

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} b_{i,j} + y_i, i = 1, 2, .., n. \tag{6.1.2}$$

Соотношения баланса, записанные через коэффициенты прямых затрат, имеют вид:

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} a_{i,j} x_j + y_i, i = 1, 2, .., n \tag{6.1.3}$$

или

$$x_i - \sum_{j=1}^{n} a_{i,j} x_j = y_i, i = 1,2,.., n. \tag{6.1.4}$$

Последние равенства описывают технологию производства инновационной продукции и экономические связи между инновационными отраслями экономики.

Если обозначить вектор выпуска инновационной продукции через X, вектор спроса через Y, а структурную матрицу инновационной экономики – матрицу, элементами которой являются коэффициенты прямых затрат $a_{i,j}$, – через A, то соотношение баланса в матричной форме будет иметь вид:

$$(E - A)X = Y. \tag{6.1.5}$$

Задачей межотраслевого баланса является поиск при заданной структурной матрице экономической системы в условиях баланса совокупного выпуска, необходимого для удовлетворения заданного спроса.

Таким образом, требуется решить систему линейных уравнений $(E - A)X = Y$ относительно неизвестного вектора X при заданной матрице инновационной системы $E - A$ и правой части Y.

Приведем решение для этой системы:

$$X = (E - A)^{-1} Y, \tag{6.1.6}$$

$$D = (E - A)^{-1} = \{D_{i,j}\}. \tag{6.1.7}$$

Матрица D – матрица полных затрат.

В инновационной системе с заданной структурной матрицей A спрос всегда удовлетворяется, если для любого вектора спроса Y существует вектор выпуска:

$$X = (E - A)^{-1} Y, \tag{6.1.8}$$

все компоненты которого неотрицательны. Если сумма элементов столбцов структурной матрицы A не превышает единицы и хотя бы одна из этих сумм строго меньше единицы, то элементы $d_{i,j}$ матрицы $(E - A)^{-1}$ неотрицательны.

§ 6.2. Моделирование роста цен на инновационную продукцию

Цены на инновационную продукцию в открытой модели межотраслевых связей определяются из системы уравнений, каждое из которых устанавливает, что цена единицы продукции производящего сектора должна быть равна совокупным издержкам производства в расчете на единицу выпущенной в этом секторе продукции. В издержки входит не только плата за ресурсы, приобретенные в данном инновационном секторе, но и добавленная стоимость.

Обозначим:

v_i – суммарные платежи i-го сектора за одну единицу произведенной i-м сектором продукции;

p_j – цена единицы продукции j-го сектора;

$b_{i,j}$ – объем инновационных товаров и услуг i-го сектора, потребляемых при производстве продукции в j-м секторе.

Тогда $x_i p_i = \sum_{j=1}^{n} b_{j,i} p_j + v_i x_i$, но поскольку $b_{i,j} = a_{i,j} x_i$, то

$x_i p_i = \sum_{j=1}^{n} a_{i,j} x_i p_j + v_i x_i$.

Разделив на ненулевые x_i, получим для искомых цен систему уравнений:

$$\begin{cases} (1-a_{11})p_1 - a_{21}p_2 - \ldots - \ldots a_{n1}p_n = v_1, \\ -a_{12}p_1 + (1-a_{22})p_2 - \ldots - a_{n2}p_n = v_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ -a_{1n}p_1 - a_{2n}p_2 - \ldots + (1-a_{nn})p_n = v_n. \end{cases} \tag{6.2.1}$$

В матричной форме система уравнений для цен на инновационную продукцию имеет вид:

$$(E-A)^T P = V \,, \tag{6.2.2}$$

где A – структурная матрица инновационной экономики;

V – заданный вектор платежей;

P – искомый вектор цен.

Тогда цены на инновационную продукцию P можно найти по формуле:

$$P = ((E - A)^T)^{-1} V . \qquad (6.2.3)$$

Аналитическое выражение цены P через платежи V имеет вид:

$$\begin{cases} p_1 = d_{11}v_1 + d_{21}v_2 + ... + d_{n1}v_n, \\ p_2 = d_{12}v_1 + d_{22}v_2 + ... + d_{n2}v_n, \\ .... \\ p_n = d_{1n}v_1 + d_{2n}v_2 + ... + d_{nn}v_n. \end{cases} \qquad (6.2.4)$$

Из приведенных равенств видно, что элемент $d_{i,j}$ матрицы $(E - A)^{-1}$ показывает, как изменится цена на инновационный продукт p_i единицы продукции *i*-го сектора при изменении на единицу платежа v_j в *j*-м секторе.

Поскольку $X^T V = X^T (E - A)^T P = ((E - A)X)^T = Y^T P$, то для рассмотренной модели межотраслевого баланса справедливо тождество:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i v_i = \sum_{i=1}^{n} y_i p_i . \qquad (6.2.5)$$

§ 6.3. Модель экспорта – импорта инновационной продукции

Рассмотрим открытую систему межотраслевых связей на государственном уровне. Если экономика государства перестает быть самообеспечивающейся и государство начинает импортировать и экспортировать инновационную продукцию производственных секторов, в то время как сектор конечного спроса потребляет то же количество продукции инновационных секторов, то устанавливается новый баланс между затратами и выпуском. Структурная матрица экономики, а следовательно и матрица $(E - A)^{-1}$, остаются прежними, изменяется конечный спрос. К величине платежей в сектор конечного спроса каждого сектора нужно добавить объем экспорта и вычесть из него объем импорта:

$$y_k = y_k^{/} + e_k ,\ k = 1,2,...,n. \qquad (6.3.1)$$

Здесь y_k – неизменившийся заданный конечный спрос на продукцию k-го сектора;

$y_k^/$ – объем конечного продукта k-го сектора при наличии экспорта – импорта;

e_k – объем экспорта $e_k > 0$ или импорта $e_k < 0$ продукции k-го сектора.

Таким образом, в таблице межотраслевого баланса столбец сектора конечного спроса разбивается на три столбца: столбец заданного конечного спроса, столбец экспорта – импорта и столбец конечного продукта, причем каждый элемент последнего из этих трех столбцов равен сумме соответствующих чисел в предыдущих двух (табл.2).

Таблица 2. **Модель роста экспорта – импорта инновационной продукции**

	Конечный спрос	Экспорт - импорт	Конечный продукт
A	60	-20	60-20
B	100	40	100+40
C	80	0	80+0

Выпуск X вычисляется по формуле:

$$X = (E - A)^{-1} Y^/ , \qquad (6.3.2)$$

где $Y^/ = Y + EI$;

Y – неизменившийся конечный спрос на инновационную продукцию;

EI – экспорт – импорт;

A – структурная матрица экономики.

Вычислив вектор выпуска X, можно найти по формуле $b_{i,j} = a_{i,j} x_j$ элементы $b_{i,j}$ матрицы нового межотраслевого баланса B.

ТЕМА 7. Автономные системы инновационного роста на плоскости

§ 7.1. Понятие автономной системы инновационного роста: фазовая плоскость, фазовые кривые

Система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих инновационный рост, называется автономной, если независимая переменная не входит явно в систему. В теории автономных систем принято обозначать независимую переменную буквой t, а искомое решение $x(t)$.

Автономная система инновационного роста n- го порядка, записанная в нормальной форме, имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = f(x), \tag{7.1.1}$$

где для x справедливо:

$$x = x(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \dots\dots \\ x_n(t) \end{pmatrix}, \quad \frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{dx_1}{dt} \\ \dots\dots \\ \frac{dx_n}{dt} \end{pmatrix}, \tag{7.1.2}$$

$$f(x) = \begin{pmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ \dots\dots \\ f_n(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots\dots\dots\dots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{pmatrix}. \tag{7.1.3}$$

Название автономная система оправдано тем, что решение само управляет своим изменением, поскольку производная $\frac{dx}{dt}$ зависит только от x. Автономные системы инновационного роста называются также динамическими системами инновационного роста.

Любая нормальная система инновационного роста может быть преобразована в автономную: если $\dfrac{dx}{dt} = f(t,x)$, то обозначив $x_{n+1} = t,$ можем записать автономную систему:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = f(x_{n+1}, x), \\ \dfrac{dx_{n+1}}{dt} = 1. \end{cases} \tag{7.1.4}$$

Ограничимся случаем при $n = 2$ и будем полагать, что правая часть системы инновационного роста $f(x)$ непрерывно дифференцируема в области роста $G \subset R^2$, то есть заведомо справедлива теорема о существовании решения. В дальнейшем рассматриваем автономные системы второго порядка:

$$\begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = f_1(x_1, x_2), \\ \dfrac{dx_2}{dt} = f_2(x_1, x_2). \end{cases} \tag{7.1.5}$$

Пусть $x_1 = \varphi_1(t)$, $x_2 = \varphi_2(t)$ - решение автономной системы второго порядка. Тогда уравнения

$$\begin{cases} x_1 = \phi_1(t), \\ x_2 = \phi_2(t) \end{cases} \tag{7.1.6}$$

задают в параметрической форме кривую инновационного роста на плоскости x_1, x_2. Эта кривая называется фазовой кривой инновационного роста, или фазовой траекторией системы.

Плоскость, на которой расположены фазовые траектории, называется фазовой плоскостью автономной системы.

Интегральные кривые роста рассматриваемой системы изображаются в трехмерном пространстве переменных x_1, x_2, t. Если $x_1 = \varphi_1(t)$, $x_2 = \varphi_2(t)$ – решение системы, то интегральная кривая роста задается в параметрической форме уравнениями:

$$\begin{cases} x_1 = \varphi_1(t), \\ x_2 = \varphi_2(t), \\ t = t, \end{cases} \tag{7.1.7}$$

а фазовая траектория роста – не что иное, как проекция интегральной кривой роста на фазовую плоскость (рис.6).

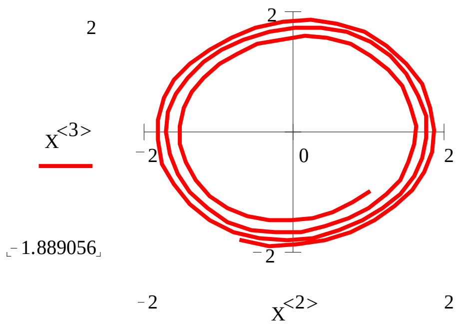


Рис. 6. Фазовая траектория модели инновационного роста

§ 7.2. Точки покоя линейной автономной системы инновационного роста

Для фазовых траекторий инновационного роста автономной системы $x' = f(x)$ с непрерывно дифференцируемой правой частью $f(x)$ справедливы следующие утверждения:

- если существует такая точка a, что $f(a) = 0$, то $x(t) \equiv a$, $-\infty < t < \infty$ является решением автономной системы инновационного роста, то есть соответствующая фазовая траектория роста – точка;
- две фазовые кривые роста либо не имеют общих точек, либо совпадают;
- фазовая траектория роста, отличная от точки, есть гладкая кривая;
- всякая фазовая кривая роста принадлежит к одному из трех типов – гладкая кривая без самопересечений, замкнутая гладкая кривая (цикл), точка;

- если фазовая кривая роста, отвечающая решению $x(t)=\varphi(t)$, есть гладкая замкнутая кривая, то это решение есть периодическая функция роста.

Точка a, в которой правая часть системы обращается в нуль, $f(a)=0$, называется положением равновесия системы. Положение равновесия системы инновационного роста называют также точкой покоя автономной системы.

Точка покоя a называется устойчивой, если:

- существует такое $\Delta>0$, что для $|x_0-a|<\Delta$ решение задачи с начальным условием $x(0)=x_0$ существует при $0\le t<\infty$;
- для всякого $\varepsilon>0$ существует такое $\delta(\varepsilon)>0$, что если $|x_0-a|\le\delta$ и $x(0)=x_0$, то $|x(t)-a|\le\varepsilon$ при всех $0\le t\le\infty$.

Устойчивая точка покоя называется асимптотически устойчивой, если $\lim\limits_{t\to\infty}x(t)=a$ при достаточно малых $|x_0-a|$.

Линейная автономная система инновационного роста

$$\begin{cases} x_1' = a_{11}x_1 + a_{12}x_2, \\ x_2' = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \end{cases} \qquad (7.2.1)$$

имеет единственную точку покоя: точку (0,0) – $x_1(t)\equiv 0,\ x_2(t)\equiv 0$, $-\infty\le t<\infty$.

При этом характер точки покоя – ее устойчивость, асимптотическую устойчивость, неустойчивость можно установить по значениям собственных чисел матрицы системы инновационного роста.

А именно, пусть λ_1,λ_2 - собственные значения матрицы

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \qquad (7.2.2)$$

исследуемой системы инновационного роста, тогда:

- если λ_1,λ_2 – действительные отрицательные числа, то точка покоя устойчива и называется устойчивым узлом;

- если λ_1, λ_2 – действительные положительные числа, то точка покоя неустойчива и называется неустойчивым узлом;
- если λ_1, λ_2 – действительные числа, имеющие разные знаки, то точка покоя неустойчива и называется седлом;
- если λ_1, λ_2 – комплексные числа, то точка покоя устойчива;
- если $\lambda_1 = \lambda_2 \neq 0$ – действительные числа, то точка покоя – узел специального вида, называемый диактрическим;
- если $\lambda_1 = 0, \lambda_2 \neq 0$, то существует прямая, проходящая через начало координат, все точки которой являются точками покоя;
- если $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$, то все точки плоскости являются точками покоя.

§ 7.3. Векторное поле автономной системы инновационного роста

Если в каждой точке области инновационного роста $G \subset R^n$ задан n- мерный вектор $F(X)$, $X \in G \subset R^n$, то говорят, что в области роста G задано векторное поле.

Запишем автономную систему инновационного роста второго порядка:

$$\begin{cases} x' = f_1(x, y), \\ y' = f_2(x, y) \end{cases} \tag{7.3.1}$$

в векторной форме:

$$X' = F(X), \tag{7.3.2}$$

где выполняются равенства:

$$X = (x, y), \tag{7.3.3}$$

$$F(X) = (f_1(x, y), f_2(x, y)). \tag{7.3.4}$$

Автономная система инновационного роста $X' = F(X)$ полностью определяется заданием векторного поля $F(X)$. Действительно, в каждой точке $X_0 = (x_0, y_0)$ гладкой фазовой инновационной кривой

$x = x(t)$, $y = y(t)$ существует касательный вектор $(x'(t_0), y'(t_0))$, равный вектору $F(X_0) = (f_1(x,y), f_2(x,y))$. Иными словами, векторное поле $F(X)$ автономной системы инновационного роста задает в каждой точке направление касательной к фазовой кривой системы, проходящей через эту точку.

Точки векторного поля, в которых вектор $F(X)$ нулевой, называют особыми точками векторного поля.

Ниже представлен фрагмент векторного поля линейной инновационной системы для фазовой траектории роста (рис.7), рассмотренной в § 5.1.

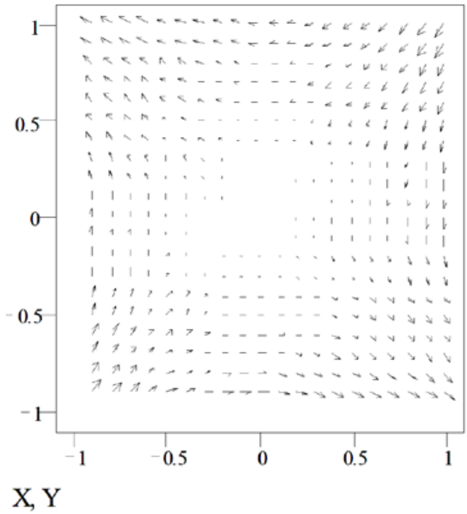


Рис. 7. Векторное поле линейной инновационной системы фазовой траектории роста

§ 7.4. Устойчивые решения, предельные циклы, фазовые портреты нелинейных систем инновационного роста

Рассмотрим автономную систему инновационного роста второго порядка:

$$\begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = f_1(x_1, x_2), \\ \dfrac{dx_2}{dt} = f_2(x_1, x_2). \end{cases} \qquad (7.4.1)$$

Пусть $x_1 = \varphi_1(t)$, $x_2 = \varphi_2(t)$ или в векторной форме $\varphi(t) = (\varphi_1(t), \varphi_2(t))$ – некоторое решение модели инновационного роста.

Решение $\varphi(t)$ называется устойчивым, если:

- существует такое $\Delta > 0$, что для $|x_0 - \varphi(0)| < \Delta$ при $0 \le t \le \infty$ существует решение $x(t)$ с начальным условием $x(0) = x_0$;
- для всякого $\varepsilon > 0$ можно указать такое $\delta(\varepsilon) > 0$, что если $|x(0) - \varphi(0)| \le \delta$, то $|x(t) - \varphi(t)| \le \varepsilon$ при всех $0 \le t \le \infty$.

Устойчивое решение инновационной системы $\varphi(t)$ называется асимптотически устойчивым, если $\lim\limits_{t\to\infty}|x(t) - \varphi(t)| = 0$ при достаточно малых $|x(0) - \varphi(0)|$.

Если фазовая траектория инновационного роста $x_1 = \varphi_1(t)$, $x_2 = \varphi_2(t)$ – замкнутая гладкая кривая γ, в некоторой окрестности которой нет других замкнутых траекторий, то она является предельным циклом. Все траектории инновационного роста, которые начинаются достаточно близко от γ, спиралевидно приближаются к ней либо при $t \to +\infty$, либо при $t \to -\infty$.

Предельные циклы инновационного роста бывают трех типов:

- устойчивые – близкие траектории при $t \to +\infty$ «навиваются» на цикл;
- неустойчивые - близкие траектории при $t \to +\infty$ «уходят» от цикла;
- полуустойчивые – траектории роста, лежащие по одну сторону от цикла, «навиваются» на него при $t \to +\infty$, а лежащие по другую сторону – «отходят» от цикла.

ТЕМА 8. Инновационные модели слияний и поглощений фирм

§ 8.1. Модель Вольтерра – Лотка

В динамике инновационного роста фирм есть много примеров, когда изменение численности фирм, осуществляющих инновационную деятельность, носит колебательный характер. Одной из самых известных моделей изменения количества инновационных фирм при проведении ими сделок по слиянию и поглощению является модель Вольтерра – Лотка.

Рассмотрим модель взаимодействия инновационных фирм в условиях отсутствия конкуренции между ними, предварительно разделив их на две условные группы.

Фирмы «хищники» – организации, которые поглощают конкурентов, тем самым наращивая свой инновационный потенциал.

Фирмы «жертвы» – поглощаемые фирмами «хищниками» организации, передающие все свои инновационные разработки и проектную документацию для пользования поглощающих структур.

Пусть x_1 – количество фирм «жертв», а x_2 – количество фирм «хищников». Предположим, что относительный прирост фирм «жертв» равен:

$$\frac{x_1'}{x_1} = a - bx_2, \quad a, b > 0, \tag{8.1.1}$$

где a – скорость роста фирм «жертв» в отсутствие фирм «хищников»;

bx_2 – количество фирм «жертв», поглощаемых фирмами «хищниками».

Увеличение числа фирм «хищников» зависит от количества фирм «жертв», при отсутствии фирм «жертв» $x_1 = 0$ относительная скорость изменения количества фирм «хищников» равна:

$$\frac{x_2'}{x_2} = -c, \quad c > 0. \tag{8.1.2}$$

Наличие фирм «жертв» $x_1 > 0$ компенсирует снижение количества фирм «хищников»:

$$\frac{x_2'}{x_2} = -c + dx_1, \quad d > 0. \tag{8.1.3}$$

Таким образом, инновационная модель Вольтерра – Лотка имеет вид:

$$\begin{cases} x_1' = (a - bx_2)x_1, \\ x_2' = (-c + dx_1)x_2, \end{cases} \qquad (8.1.4)$$

где $a, b, c, d > 0$.

Графически процесс слияний и поглощений выглядит следующим образом (рис.8, 9):

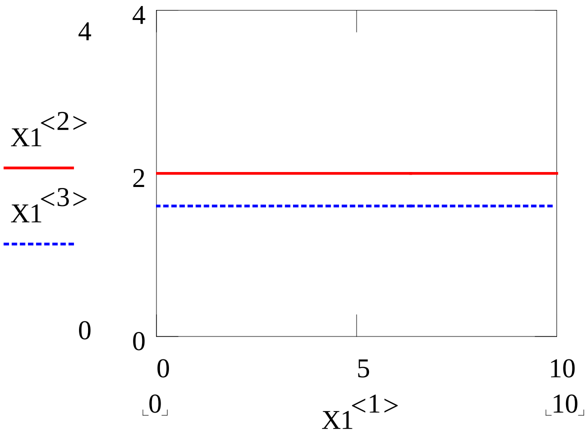


Рис. 8. Стационарное состояние модели роста фирм Вольтерра – Лотка при слияниях и поглощениях

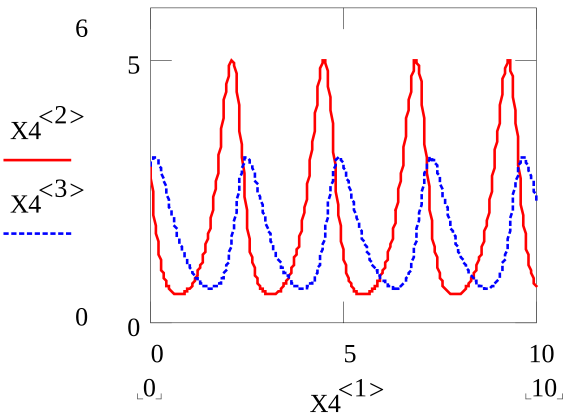


Рис. 9. Динамическое состояние модели роста фирм Вольтерра – Лотка при слияниях и поглощениях

Процесс слияний и поглощений и наращивание инновационного потенциала фирм имеет колебательный характер во времени. При заданном начальном соотношении количества фирм «хищников» и фирм «жертв» их количество растет, а когда число фирм «хищников» становится равным числу фирм «жертв», то последние не успевают восстанавливаться и их количество убывает. Уменьшение количества фирм «жертв» до уровня:

$$x_1 = \frac{c}{d} \tag{8.1.5}$$

вызывает снижение количества фирм «хищников».

Сокращение количества фирм «хищников» и фирм «жертв» происходит до тех пор, пока число фирм «хищников» не достигнет величины, равной

$$x_2 = \frac{a}{b}. \tag{8.1.6}$$

С этого момента начинается рост фирм «жертв», а через некоторое время начинается рост фирм «хищников». На графике четко видна цикличность процесса слияния и поглощения, причем количество фирм «хищников» и фирм «жертв» колеблется возле величин $x_1 = \frac{c}{d}$ и $x_2 = \frac{a}{b}$. Периодичность процесса видна на фазовой плоскости: фазовая кривая $(x_1(t), x_2(t))$ – замкнутая линия.

Самая левая точка этой кривой $x_2 = \frac{a}{b}$ – это точка, в которой число фирм «жертв» достигает наименьшего значения, самая правая точка – точка максимального количества фирм «жертв». Между этими точками количество фирм «хищников» сначала убывает до нижней фазовой точки кривой $x_1 = \frac{c}{d}$, где достигает своего наименьшего значения, а затем растет до верхней точки фазовой кривой.

Фазовая плоскость представлена на графике (рис.10).

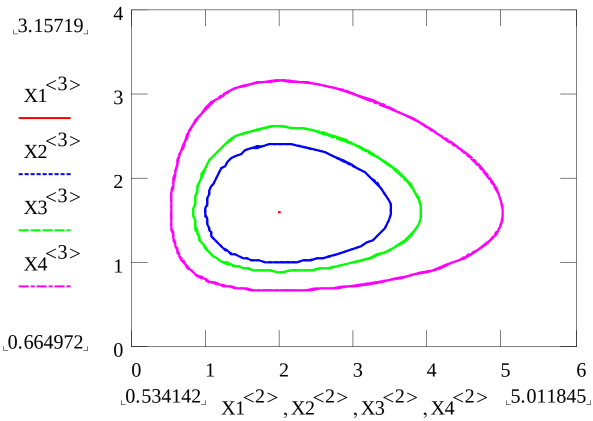


Рис. 10. Фазовая плоскость модели роста Вольтерра – Лотка при слияниях и поглощениях

На языке дифференциальных уравнений это означает, что система инновационного роста имеет стационарное состояние $x_1' = 0,\ x_2' = 0$, которое достигается в точке $\left[\dfrac{c}{d}, \dfrac{a}{b}\right]$. Если система инновационного роста в начальный момент времени находится в стационарном состоянии, то решения $x_1(t)$ и $x_2(t)$ не будут изменяться во времени, останутся постоянными.

Всякое другое начальное состояние приводит к периодическому колебанию решений. Неэллиптичность формы траектории, охватывающей центр, отражает негармонический характер колебаний.

§ 8.2. Модель Вольтерра – Лотка с логистической поправкой

Рассмотрим фирмы, которые осуществляют инновационную деятельность в одной сфере народного хозяйства, то есть являются конкурентами по отношению друг к другу.

При описании подобных взаимодействий фирм применяется модель инновационного роста фирм с логистической поправкой. Логистическая поправка к модели имеет важное экономическое значение, так как описывает макроэкономическое окружение модели, включая в себя поведение конкурентов, рыночную конъюнктуру, поведение потребителей, сезонность спроса и предложения на инновационную продукцию и др.

Модель Вольтерра – Лотка с логистической поправкой имеет вид:

$$x_1' = (a - bx_2)x_1 - \alpha x_1^2,$$
$$x_2' = (-c + dx_1)x_2 - \alpha x_2^2. \qquad (8.2.1)$$

В этом случае поведение решений в окрестности стационарной точки меняется в зависимости от величины и знака логистической поправки α .

Ниже на графике (рис.11,12) представлены динамическое состояние инновационной системы и ее фазовый портрет на плоскости.

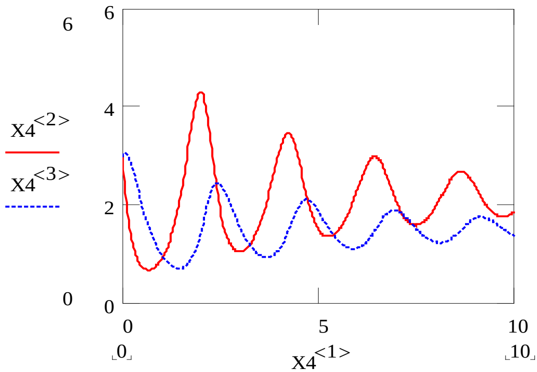


Рис. 11. Динамическое состояние модели инновационного роста фирм модели Вольтерра – Лотка с учетом логистической поправки

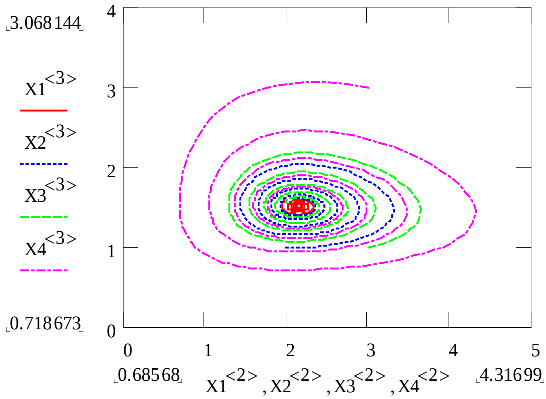


Рис. 12. Фазовый портрет модели инновационного роста фирм модели Вольтерра – Лотка с учетом логистической поправки

Из приведенных ниже графиков следует, что стационарная точка превращается в устойчивый фокус, а решение – в затухающие колебания. При любом начальном состоянии через некоторое время состояние системы инновационного роста становится близким к стационарному и стремится к нему при $t \to \infty$.

§ 8.3. Модель Холлинга – Тэннера

На примере модели Вольтерра – Лотка и модели Вольтерра – Лотка с логистической поправкой было продемонстрировано одно из основных свойств центров – они легко разрушаются даже при самых малых изменениях в правой части.

Большинство моделей является идеализацией действительности: в них внимание сосредоточено на некоторых основных переменных и соотношениях между ними. Поэтому устойчивость моделей относительно малых возмущений чрезвычайно важна в приложениях. Модели, не чувствительные к малым возмущениям, называются грубыми.

Модель Вольтерра – Лотка неустойчива относительно возмущений, поскольку ее стационарное состояние – центр.

Существует другой вид моделей инновационного роста, в которых возникают незатухающие колебания, – это модели, имеющие на фазовых портретах предельные циклы. Такая модель применяется в системах конкурентной среды – это модель Холлинга – Тэннера.

Скорость роста количества фирм «жертв» $x_1^{/}$ в этой модели равна сумме трех величин:

- скорости роста в отсутствие фирм «хищников» $-rx_1$;

- влияния конкуренции между фирмами «хищниками» за поглощения и слияния с фирмами «жертвами» при ограниченном количестве последних $-rx_1 \dfrac{x_1}{K}$;

- влияния фирм «хищников» $-wx_2 \dfrac{x_1}{D + x_1}$ в предположении, что у фирм «хищников» пропадает интерес к поглощениям и слияниям с конкурентами в случае их насыщения.

Скорость роста количества фирм «хищников» $x_2^{/}$ строится также, как и в модели Вольтерра – Лотка, в предположении, что фирмы «жертвы» встречаются редко. Если для поддержания активного состояния одной фирмы «хищника» требуется J число фирм «жертв», то количество фирм «жертв», равных x_1, сможет обеспечить активность $\frac{x_1}{J}$ фирм «хищников». Модель роста численности фирм «хищников», в которой их число не может превысить эту критическую величину, имеет вид:

$$x_2' = x_2(s - \frac{sJ}{x_1}x_2). \qquad (8.3.1)$$

Таким образом, модель Холлинга – Тэннера имеет следующий вид:

$$\begin{cases} x_1' = r(1 - \frac{x_1}{K})x_1 - wx_2\frac{x_1}{D + x_1}, \\ x_2' = s(1 - \frac{J}{x_1})x_2, \end{cases} \qquad (8.3.2)$$

где $r, s, K, D, J > 0$.

При $s < \frac{r}{K} \cdot \frac{K - D - 2}{1 + D}$ на фазовом портрете системы будет устойчивый предельный цикл.

ТЕМА 9. Многокритериальная модель выбора оптимальной модели инновационного развития

§ 9.1. Постановка задачи многокритериального выбора

Управления, принадлежащие множеству Парето, являются несравнимыми по векторному критерию. Единственность решения может быть обеспечена с помощью принципа гарантированного результата (максимина), согласно которому оптимальным считается управление u_0 из множества $\tilde{U}$, которое доставляет наилучшее значение наихудшему критерию:

$$\boldsymbol{u_0 = \arg\max_{u \in \tilde{U}} \min_{k \in K} R_k\left[u\right]}\cdot \tag{9.1.1}$$

Задачу многокритериального выбора представим в форме минимакса; при этом нормализованные критерии $\bar{\bar{R}}_k\left[u\right] = 1 - \bar{R}_k\left[u\right]$ минимизируются (нормализация осуществляется по формуле $\bar{R}_k\left[u\right] = \dfrac{R_k\left[u\right]}{R_k^*}, k \in K$, где R_k^* – максимальное значение k-го критерия), что соответствует максимизации исходных критериев, а принцип минимакса записывается в форме

$$\bar{\bar{R}}\left[u_0\right] = \min_{u \in \tilde{U}} \max_{k \in K} \bar{\bar{R}}_k\left[u\right]\cdot \tag{9.1.2}$$

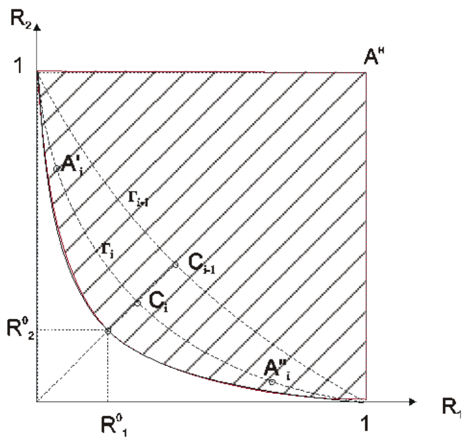


Рис. 13. Формирование гипербол, аппроксимирующих множество Парето

Для выбора управления u_0 необходимо определить K векторов управления, обеспечивающих такие сочетания критериев, при которых значения (K-1) критериев фиксированы, а один критерий достигает минимума. Далее определяются коэффициенты аппроксимирующей поверхности $Г$ (рис. 13), после чего вычисляются координаты центра C аппроксимирующей поверхности. Сочетание критериев в центре аппроксимирующей поверхности и соответствующий вектор управления представляют собой приближенное решение многокритериальной задачи. Уточнение приближенного решения выполняется с помощью итерационной процедуры.

§ 9.2. Метод выбора управления на графе Парето-оптимальных управлений

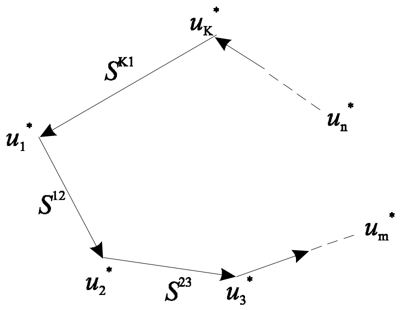
При этом многокритериальный выбор предусматривает сопоставление вершин графа по критерию Ω^m, являющемуся количественной характеристикой относительной предпочтительности управления u_m^* по сравнению с другими Парето-оптимальными управлениями:

$$\Omega^m = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq m}}^{K} S^{jm} = (K-1)\sum_{j=1}^{K} \bar{R}_j\left[u_m^*\right] - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq m}}^{K} \bar{R}_m\left[u_j^*\right] - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq m}}^{K}\sum_{\substack{i=1 \\ i\neq m}}^{K} \bar{R}_i\left[u_j^*\right], \qquad (9.2.1)$$

где S^{nm} (рис. 14) представляет собой векторную характеристику перехода от управления u_n^* к управлению u_m^* – при $S^{nm}>0$, управление u_m^* является более предпочтительным по векторному критерию, чем управление u_n^*.

Параметр Ω^m может использоваться в качестве интегрального критерия выбора компромиссного управления из множества Парето:

$$u_0 = \arg\max_{m\in K} \Omega^m\left[u\right]\cdot \qquad (9.2.2)$$



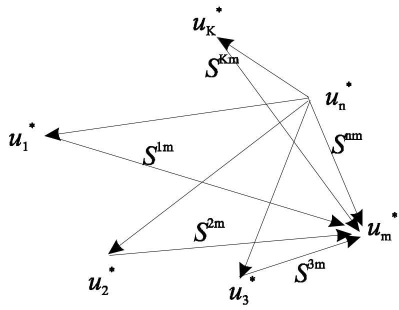


Рис. 14. Граф управлений (а) и циклические подграфы (б)

Управление u_0 является компромиссным в том смысле, что при переходе к нему от других управлений относительные приросты критериев максимально превышают относительные потери критериев.

§ 9.3. Алгоритм выбора пути инновационного развития

Шаг 1. Определение моделей инновационного развития с оптимальными критериями их эффективности.

Формирование набора X_k^*, $k = 1,...,K$ моделей инновационного роста, оптимизирующих каждый из критериев эффективности. Расчет значений критериев оптимизации $f_1(X), f_2(X),..., f_n(X)$ для каждой модели $X_k, k \in K$, полученной в результате расчета оптимальных критериев без учета остальных критериев оптимизации.

Выделение моделей инновационного роста $\{X_1, X_2,..., X_n \in X_k\}$, которым соответствует максимальное либо минимальное значение соответствующего критерия оптимизации:

$$
\begin{gathered}
X_1\left\{f_1^{\max}(X), f_2^1(X),..., f_n^1(X)\right\}, \\
X_2\left\{f_1^2(X), f_2^{\min}(X),..., f_n^2(X)\right\}, \\
\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\
X_n\left\{f_1^n(X), f_2^n(X),..., f_n^{\max}(X)\right\},
\end{gathered}
\tag{9.3.1}
$$

где

$$f_1^{\max}(X) = \max\left\{f_1^k(X)\right\},\ k = \overline{1..K},$$
$$f_2^{\min}(X) = \min\left\{f_2^k(X)\right\},\ k = \overline{1..K},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$f_n^{\max}(X) = \max\left\{f_n^k(X)\right\},\ k = \overline{1..K}.$$

Шаг 2. Производится нормализация критериев. Исходя из того, что критерии оптимизации $\left\{f_1^k(X),\ f_2^k(X), \ldots,\ f_n^k(X)\right\}$ имеют различную размерность и экономический смысл, необходимо произвести их нормализацию:

$$\overline{f_k(X)} = \frac{f_k(X) - f_k^{\min}}{f(X)_k^{\max} - f_k^{\min}}, k \in 1..n, \qquad (9.3.2)$$

где $f_k(X)$ – текущее значение критерия для k - той структуры;

$\overline{f_k(X)}$ – нормализованное значение k-го критерия;

$f(X)_k^{\min}$ – минимальное значение k-го критерия, полученное в результате решения однокритериальной задачи оптимизации без учета остальных критериев;

$f(X)_k^{\max}$ – максимальное значение k-го критерия, полученное в результате решения однокритериальной задачи оптимизации без учета остальных критериев.

Шаг 3. Определим параметр $h_k^{i,j}$ по формуле:

$$h_k^{i,j} = \frac{f_j(X) - f_i(X)}{f_1^{\max}(X) - f_1^{\min}(X)} + \frac{f_j(X) - f_i(X)}{f_2^{\max}(X) - f_2^{\min}(X)} + \ldots + \frac{f_j(X) - fi(X)}{f_n^{\max}(X) - f_n^{\min}(X)}, \qquad (9.3.3)$$

где $h_k^{i,j}$ – параметр, отражающий долю прироста (потерь) k-го критерия относительно отклонения его максимального значения от минимального при переходе от модели инновационного роста i к модели j.

Шаг 4. Построение графа, где вершинам соответствуют модели, оптимальные по каждому критерию оптимизации. Ребра графа представляют собой управление, по которому осуществляется переход от модели j к модели i.

Определяются веса дуг графа как алгебраическая сумма относительных приростов (потерь) критериев системы при переходе от управления j к управлению i:

$$S_k^{j,i} = \sum_{k=1}^{K} h_k^{j,i}, \ \mathrm{i, j} \in 1..4\,. \tag{9.3.4}$$

Шаг 5. Нахождение параметра Ω_k. Вершины графа моделей инновационного роста характеризуются значениями параметров

$$\Omega_k = \sum_{k=1}^{4} S_k^{i,j}, \quad m \in 1..4 \cdot \tag{9.3.5}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виханский О.С. Стратегическое управление. М.: Юнити, 2003.

2. Гераськин М.И. Инновационный менеджмент в современной экономике: учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2005.

3. Гераськин М.И. Инновационный менеджмент наукоемких технологий [Электронный ресурс]: учеб. пособие (10 Мб). Самара: Центр новых информационных технологий СГАУ, 2006.

4. Гераськин М.И., Сафронов А.С. Принципы и алгоритм формирования организационных структур корпораций // Изв. Самар. науч. центра РАН. Самара, 2006.

5. Инновационный менеджмент: учеб для вузов / под ред. С.Д. Ильенковой. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2003.

6. Мэскон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Наука, 1988.

7. Плис А.И., Сливина Н.А. MATHCAD: математический практикум для экономистов и инженеров. М.: Финансы и статистика, 1999.

8. Райченко А.В. Общий менеджмент. М.: Инфра-М, 2005.

9. Созинов В.А. Исследование систем управления: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭиС, 2004.

10. Харрари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.

Учебное издание

Сафронов Андрей Сергеевич

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РОСТА

Учебное пособие

Редактор Н.С. Куприянова
Доверстка Е.С. Кочеулова

Подписано в печать 23.04.2015. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 4,0.
Тираж 150 экз. Заказ . Арт. - 24/2015.

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С. П. Королева
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во СГАУ. 443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ДЛЯ ЗАМЕТОК