УДК 654.519.86

Методологические и методические вопросы построения системы моделей регионального инфокоммуникационного комплекса

В.С. Канев[1]

Дан обзор состояния исследований по теме и особенности экономико-математического моделирования (ЭММ) в отрасли связи. Приводятся рекомендуемые концептуальные положения и принципы системного моделирования инфокоммуникационного комплекса (ИКК) региона. Предложен эскиз функционального состава и структуры ЭММ анализа ИКК. Построено ядро системы ЭММ регионального ИКК. Выполнена композиция функционального состава и структуры комплекса ЭММ. Сформулированы подходы к моделированию конкурентного равновесия на рынке мобильной связи. Обсуждаются особенности эволюционного моделирования как наиболее адекватного. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, ядро системы моделей, принципы моделирования, структура моделей, эволюционное моделирование, конкурентное равновесие.

1. Введение

> Эстетические переживания связаны не с одними лишь цветными дисплеями, высокоразрешающими экранами или распечатками на лазерных принтерах. Они возникают тогда, когда в процессе работы открывается что-либо новое, неожиданное или когда воображение подсказывает работнику какой-нибудь эффективный приём. Это чувство лучше сравнить с настроением победителя после сложного турнира, а не с ощущением человека, приведшего в порядок захламлённую контору.
>
> Поль А. Страссман. Информация в век электроники. М.: Машиностроение, 1987 г.

1.1. Актуальность

Современная методология экономических исследований инфокоммуникационного комплекса (ИКК) региона должна включать в качестве своего важнейшего инструмента систему экономико-математических моделей (ЭММ), средств их программной реализации, периодически пополняемые банки данных, обеспечивающие многовариантные прогнозные расчёты по альтернативам управляющих воздействий на эволюционный рост услуг рынка ИКК.

Сейчас ситуация в отрасли телекоммуникаций определяется такими ключевыми факторами как: быстрым ростом сегмента мобильных телекоммуникаций, взрывным развитием услуг Интернета, практически остановившимся ростом доходов операторов традиционных

[1] Работа выполнена при поддержке гранта Фонда фундаментальных и прикладных исследований СибГУТИ.

услуг связи, снижением цен и усилием конкуренции, а также активным развитием процессов либерализации и приватизации.

Использование в научных исследованиях и бизнес-практике адекватной особенностям функционирования ИКК системы экономико-математических моделей позволит:

– лучше понимать многообразие взаимосвязей и факторов; обосновывать причинно-следственные зависимости, ответственные за определяющие тенденции эволюции отрасли;

– изучать функционирование ИКК и его подсистем, когда натурный эксперимент приводит к значительным потерям времени, а иногда и просто невозможен в силу непредсказуемости социально-экономических последствий;

– синтезировать на модельном уровне стратегии управления и оценивать целесообразность их реализации на практике;

– исследовать долгосрочные эффекты (или, что чаще – дефекты) проведения той или иной региональной экономической политики и хозяйственной бизнес-практики в отрасли ИКК.

Цель исследований и разработок состоит в создании системы адекватных реально складывающимся ситуациям на рынке инфокоммуникационных услуг (ИКУ) экономико-математических моделей мониторинга и прогнозирования долгосрочного эволюционного развития ИКК Сибири.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить задачи – выполнить следующие исследования:

1. Разработать концептуальные и методолого-методические вопросы построения системы моделей как средства системного моделирования регионального ИКК, способствующего ускорению развития и повышения эффективности его эволюционного развития.

Эти вопросы необходимо проработать на более широком методологическом фоне: современной концепции конфигурирования системы экономико-математических моделей анализа и развития ИКК в условиях его эволюционного роста преимущественно за счёт инноваций в условиях неопределённости и риска.

При разработке системы моделей будут исследованы и обобщены методологически подходы и принципы создания систем автоматизации научных исследований в других предметных областях, особенности экономических исследований ИКК, отечественный и зарубежный опыт совершенствования информационно-вычислительного обеспечения исследований на современном этапе.

2. Разработать (эскизно в 2009 году) схемы функциональных структур и логико-информационных связей системы ЭММ, методические вопросы создания функциональной и обеспечивающей частей.

Рабочая гипотеза.

Система моделей адекватна и имеет моноцентрическую структуру с главной моделью и ядром информационного обеспечения, включающей модельно-методические конструкции, обеспечивающие использование главной модели при измерениях в базисной системе показателей (прогнозная среда) и в производных системах (аналитическая среда мониторинга).

Система моделей построена по принципу композиции с последовательной детализацией вспомогательных моделей так, что каждая последующая модель в процессе расчётов конкретизирует и уточняет информацию, полученную от предшествующей модели. Решение предупредительно-прогнозных задач достигается путём многократных реализаций центральной модели по специально сгенерированному плану размещения их в факторном пространстве реализаций со свёрткой результатов в функцию отклика в виде полиномиальной регрессии.

1.2. Ожидаемые результаты

Проработка предваряющих фундаментальных методолого-методических вопросов разработки системы моделей принципиально важна и, более того, от глубины проработки этих

вопросов зависит качество и успех проработки следующих этапов разработки (функциональный состав, информационное и программное обеспечение системы ЭММ).

Система ситуационных экономико-математических моделей, составляющая ядро системы ЭММ, будет адекватна происходящим в региональном ИКК процессам и удовлетворять, по крайней мере, следующим требованиям:

– объективно отражать взаимосвязи, складывающиеся на рынке ИКУ;

– предусматривать возможность оперативного анализа изменений в отрасли производства ИКУ, выявлять причины изменения уровня производства либо потребления того или иного вида услуги, анализировать последствия данной ситуации;

– обеспечивать корректировку результатов по мере поступления новой информации;

На основе проведённых исследований и разработок в дальнейшем будет создана информационно-вычислительная среда, обеспечивающая мониторинг и вариантные экономические исследования перспектив развития ИКК региона, включающая интегрированную базу данных технико-экономической информации.

В статье приняты следующие сокращения:

БД – база данных;

ИЭиОПП – Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН;

ИКК – инфокоммуникационный комплекс;

ИКУ – инфокоммуникационные услуги;

ПС – программные средства;

СУБД – система управления базами данных;

СОФЭ – система оптимального функционирования экономики;

ЦЭМИ – Центральный экономико-математический институт РАН;

ЭММ – экономико-математические модели.

2. Состояние исследований, особенности ЭММ в отрасли связи

ЭММ как самостоятельное исследовательское направление имеет историю в 50 лет.

Лет 40 назад существовал грандиозный проект превращения экономики в естественную науку, подобно физике. Предполагалось, что можно построить общую теорию, представив её в виде некоей модельной конструкции. И такие попытки были сделаны – прежде всего, в рамках общей теории равновесия. Сегодня уже осознано, что этот проект не мог быть реализован. В рамках тех основополагающих сведений, которыми сейчас располагаем, построение таких общих моделей с содержательными выводами из них просто невозможно. Сами же теоретики общего равновесия доказали это как теорему.

Но это отнюдь не означает, что математика не играет важной роли в развитии экономической теории и хозяйственной практике. Сегодня подавляющее число работ посвящено не созданию моделей общего характера, а разработке простых моделей, в которых выявляются новые эффекты. (Модели эти просты по структуре, но не по используемому аппарату – аппарат как раз привлекается довольно богатый.). Но это сегодня.

Тогда же, на заре её становления, она считалась лженаукой и в период «наивного» развития, когда слишком горячие головы связывали её с «палочкой-выручалочкой», и в период сдержанного к ней отношения, и, наконец, в современный период – взвешенного, реального отношения к ЭММ.

Я не буду подробно останавливаться на первых этапах развития ЭММ, хотя они интересны и поучительны, но они не предмет этой статьи.

Здесь только заметим, что в драматические периоды развития почти любой науки, её теоретического фундамента находилась личность(сти), благодаря нравственным, интеллектуальным и гражданским качествам которой эта наука получала дальнейшее революционное

развитие и в конечном счёте всеобщее признание (генетика – Николай Вавилов; кибернетика – Норберт Винер).

Для ЭММ это был академик Л.В. Канторович. Леониду Витальевичу хватило не только таланта выдающегося математика и экономиста, но и интеллектуальной решимости и гражданского мужества бороться за признание своих экономико-математических теорий. Нам представляется, что никто другой не сделал так много для использования математики и, в частности, линейного программирования в экономической теории, как Л.В. Канторович.

Теперь мы — на пороге качественно иного, нового этапа. Важно также правильно понимать роль и место экономико-математического инструментария в общем фронте экономической науки и хозяйственной практики. Основатели экономико-математического направления В. С. Немчинов, В. В. Новожилов, Л. В. Канторович явили нам образцы анализа экономических проблем. Думаю, им прежде всего и надо следовать.

В настоящем материале мы остановимся лишь на некоторых методологических и методических аспектах развития экономико-математического инструментария применительно к решению проблем современной отрасли электросвязи или, как принято теперь говорить, ИКК.

3. Основные концептуальные положения и принципы системного моделирования ИКК

Мировоззренческие суждения могут возникать при внимательном историческом экскурсе. Можно выделить следующие этапы развития ЭММ:

становление направления (1939 – 1970 гг.);

1975 г. Нобелевская премия Л.В.Канторовичу;

наивно-вульгарный (1975 – 1985 гг.);

наивно-конструктивный (1975 – 1985 гг.); система ЭММ СОФЭ – ЦЭМИ (г. Москва); система ЭММ ИЭиОПП (г. Новосибирск);

сдержанный оптимизм; оторопь (1980 – 1995 гг.);

от разочарований к конструктивному реализму (1990 –).

При этом, если обозначить ключевые системы научных представлений, то налицо следующие доминирующие парадигмы:

оптимизация: оптимальный план – оптимальные цены;

теория общего равновесия: баланс спроса и предложения;

институционально-эволюционное развитие…

Сравнение теоретических базисов по самым представительным направлениям может быть таким:

Неоклассическая или ортодоксальная экономика, течение «Mainstreem»

люди стремятся к цели: потребители – получить максимальную пользу, производители – максимальную прибыль;

движение к цели – процесс предопределенный, однозначно прогнозируемый и универсальный); результат процесса – равновесный рынок – тоже однозначен;

движение к равновесному рынку происходит самопроизвольно и государственный контроль для этого не требуется и, более того, он не желателен.

Эволюционная экономика

аналогом точечных мутаций являются отдельные научно-технические инновации;

аналогом борьбы за существование является конкуренция, в результате которой происходит отбор наилучшего производителя;

во всех развивающихся системах возникает новая ценная информация;

эволюция протекает не плавно, неравномерно;

«эволюция» – это стремление к одному из возможных и выбранных стационарных состояний после катастрофы [17, 18].

За периоды разработки и внедрения ЭММ произошла естественная коррекция роли и места самих ЭММ [13]:

роль ЭММ в системе теоретических и прикладных экономических исследований расширяется с традиционного взгляда на математические модели лишь как на инструмент экономического анализа;

роль ЭММ как самостоятельного научно-прикладного направления – в выполнении функции связующего звена в триаде «экономическая теория» – «хозяйственная практика» – «экономическая политика» (см. рис. 1).

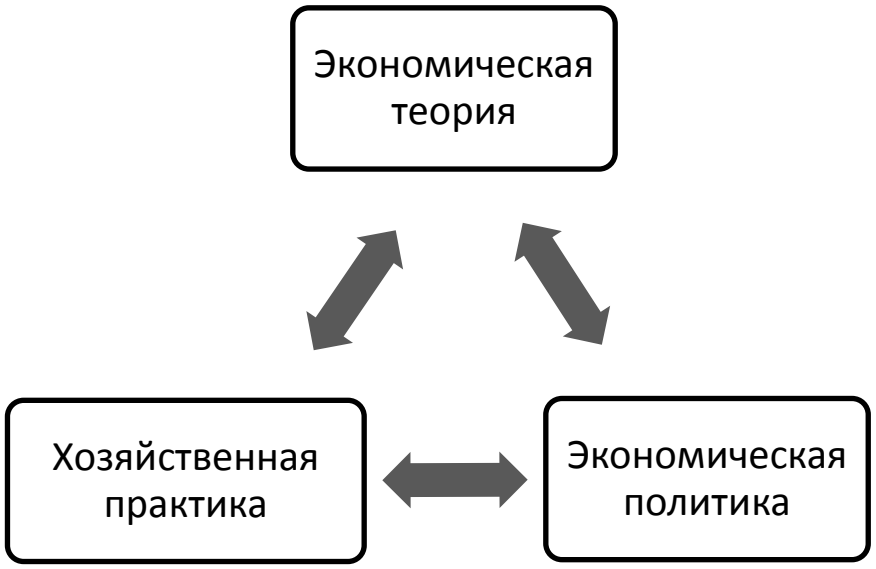

Рис. 1. ЭММ как связующее звено в триаде

Эта взаимосвязь основных компонент функционирования экономики порождает предметные области для ЭММ:

– экономическая теория;

– хозяйственная практика;

– экономические решения как результаты индивидуального или коллективного выбора.

Соответственно порождаются:

– модели теории (микро-макро-экономические модели);

– модели объектов хозяйства (подразделение, фирма, регион и т.д.) и

– модели решений.

При этом следует отметить национальные и отраслевые особенности ЭММ:

Национальные особенности ЭММ

– теоретические модели западных экономистов строятся в основном для объяснения тех или иных феноменов, поиска более или менее удовлетворительно объясняющих изменения данной переменной, факторных зависимостей;

– российская школа «математизированных» экономистов в большей степени ориентируется не на объяснение, а на предписание, иными словами, на оптимизацию конкретных решений;

– именно поэтому у отечественных «модельеров» борьба в исследовательских пируэтах в основном за адекватность ЭММ объекту, но не теории… как это принято у подавляющего большинства западных экономистов.

Отраслевые особенности ЭММ в отрасли связи и ИКУ:

– нематериальность предоставляемых услуг;

– физическое наличие объекта в момент предоставления услуги;

– своеобразие организации сбыта и продажи услуг;

– качество и ценность услуги в значительной мере зависит от субъективного её восприятия;

– жёсткая зависимость потока результатов деятельности компании от интенсивности далеко не однозначного спроса и т.д.

Понимая, что принцип гораздо важнее метода, необходимо тщательно их сформулировать и, главное, дать пояснительную аргументацию.

Мы выделяем следующие принципы системного ЭММ отрасли связи и ИКУ:

– системного подхода к изучению и моделированию экономических процессов в региональном разрезе отрасли;

– адекватного отображения инновационных, технологических и социально-экономических процессов;

– отображение эволюционного развития за счёт инновационных диффузий;

– описание обратных связей – экономических механизмов регулирования процессов в системе;

– основная часть используемых моделей должна относиться к классу процессных, но не объектных;

– гибридизация моделей из их различных классов.

По этому поводу необходима пояснительная аргументация.

Системное моделирование отрасли инфокоммуникационных услуг (ИКУ) в регионе в соответствии с экономико-математической традицией должно прежде высветить, по крайней мере, такие вопросы, как актуальную необходимость модельных отображений при анализе вариантов развития, особенности отрасли как объекта моделирования, принципы моделирования, их значимость и смысл, требования к модельному инструментарию.

У отрасли связи и инфокоммуникационных услуг как элемента единого народнохозяйственного комплекса имеются значимые особенности.

Проводимая в настоящий момент государственная политика в области информационных технологий и связи способствует созданию современной национальной телекоммуникационной инфраструктуры. Принимаются меры для ускорения роста отрасли через повышение её инвестиционной привлекательности, либерализацию рынков ИКУ, рационального развития конкуренции при активной роли государства, структурной перестройки, акционирования и приватизации предприятий.

В настоящее время можно наблюдать устойчивую тенденцию увеличения объёма услуг, предоставляемых предприятиями связи, на 30 – 40 % ежегодно. Если в 2005 году доля отрасли в валовом внутреннем продукте составляла 4,9 %, в 2006 уже – 5,1 %, то к 2010 году объём отрасли ИКУ в валовом внутреннем продукте по оптимистическим прогнозам должен со-

ставить 10 %. Это, конечно же, необходимые сигналы эволюционного, сбалансированного роста [10].

В Сибири функции отрасли реализуют несколько компаний, оказывающих инфокоммуникационные услуги. Лидирующее положение – у объединённой компании ОАО «Сибирьтелеком» – крупнейшего оператора телекоммуникационных услуг. Компания действует на территории около 5 млн. кв. км с численностью населения порядка 21 млн. человек (из них 14 713,7 тыс. – городское население). Несомненным преимуществом компании является обширная инфраструктура сетей, возможность комплексного предоставления услуг по всей территории обслуживания.

В перечень предоставляемых услуг доминирующей на рынке компании традиционно входит широкий спектр направлений с весьма не равным участием в формировании совокупной прибыли. Это и междугородная и международная (дальняя) связь, местная (городская и сельская) телефонная связь, сотовая и пейджинговая связь, IP-телефония, услуги интеллектуальных, мультисервисных сетей, Интернет, ISDN, передача данных, телематические службы, телеграфная связь, предоставление в аренду каналов связи и физических цепей, включая каналы вещания, предоставление услуг по эфирной трансляции звуковых программ, услуги по трансляции звуковых программ по сети проводного вещания и пр.

На уровне, скажем, 2006 года «Сибирьтелеком» удерживал долю на рынке телекоммуникационных услуг Сибирского региона на уровне 55 %, подотрасли междугородной, международной связи (46 %), а также местной телефонной связи (40 %). Подобная олигополия с доминирующей фирмой накладывает определённые требования на технику и технологию моделирования отрасли ИКУ в регионе.

Кроме этого, при исследовании отрасли связи и ИКУ как объектов моделирования выделяется существенный ряд их особенностей, таких как нематериальность предоставляемых услуг, физическое наличие объекта в момент предоставления услуги, своеобразие организации сбыта и продажи услуг, зависимость от интенсивности спроса и т.д.

Все эти обстоятельства определяют принципы, которым должна удовлетворять экономико-математическая модель (система моделей) и в целом модельно-измерительный комплекс для адекватного отображения инновационных, технологических и социально-экономических процессов, происходящих в отрасли ИКУ с существенной компонентой эволюционного роста [11].

Прежде всего, это принцип системного подхода к изучению и моделированию экономических процессов в региональном разрезе отрасли. Экономическая система подобна целостному живому организму. В ней протекают разнообразные взаимосвязанные процессы: технологические, обмена, потребления, демографические, социальные и т.д. Одни процессы воздействуют на другие. Поэтому все они должны быть описаны в совокупности.

Далее, в описании экономической системы – отрасли ИКУ как целого важную роль играет принцип обратной связи. Отрасль в регионе представляет собой совокупность подсистем, в которых протекают разнообразные процессы. Производственные отношения определяют структуру обратных связей, действующих в социально-экономической системе. Эти обратные связи – по сути дела экономические механизмы регулирования процессов в системе – существенно влияют на течение определяющих процессов в системе.

Отсюда следует важный вывод. Экономико-математическая модель социально-экономической системы отрасли ИКУ должна содержать описания не только процессов, протекающих в системе, но и экономических механизмов регулирования, воплощающих в себе их взаимодействие.

В системе должны быть чётко выделены и описаны регулирующие отрасль воздействия государства. Описания регулирующих воздействий государства образуют метамодель системы управления.

Особенность социально-экономической компоненты системы – отрасли ИКУ в том, что это совокупность многочисленных подсистем, управляемых разнообразными экономическими субъектами. Наблюдаются же агрегированные экономические показатели, которые яв-

ляются результатами деятельности больших групп объектов. Поэтому математическое описание должно содержать макропоказатели. Получить макроописание системы из микроописания – довольно сложная математическая проблема. Она гораздо сложнее, чем, скажем, проблема вывода феноменологических соотношений термодинамики из статистического описания термодинамической системы, решённая в физике.

Для моделей бизнес-процессов, конструируемых в исследованиях сектора связи и ИКУ характерна абсолютизация материально-вещественных и технологических аспектов организации и функционирования. В таких моделях обычно не учитывается то обстоятельство, что даже простейшие экономические системы в отрасли – сложные социально-экономические образования, функционирующие по объективным законам.

Результаты математического анализа моделей социально-экономических систем обязательно необходимо сравнивать с качественными особенностями развития систем ИКУ. Модель, не отражающая качественных основных особенностей развития системы в совокупности, не должна признаваться хорошей моделью.

Предметом изучения и моделирования являются процессы. Следовательно, основная часть используемых моделей должна относиться к классу процессных. Поскольку функциональная структура изучаемых процессов отрасли ИКУ в целом более мобильна, чем объектная, требуется формирование и отслеживание в моделях процессной структуры рассматриваемой области. Здесь возникает задача адекватного моделирования динамики этих структур.

Математическая модель процесса должна отражать с некоторой (максимально возможной) степенью подобия не только зависимости выходов объекта от его входа, но и внутреннюю структуру, показывая отличие настоящего состояния от изначально рассчитанного, нормативного при прохождении через все промежуточные состояния.

Основная направленность в конструировании адекватной системы моделей эффективного роста отрасли ИКУ видится в разработке системы гибридных специализированных динамических моделей [8], сочетающих постановку задач, скажем, теории оптимального управления и задач теории сетевого планирования и управления. Преимущество такого подхода состоит в комплексировании главных «потребительских свойств» моделей различных классов.

И, наконец, учёт в макромоделях, на больших временны́х горизонтах эффективного, сбалансированного роста в отрасли ИКУ фундаментальной неопределённости социально-технологических и экономических процессов.

Похоже, мы переживаем смену парадигм: от парадигмы оптимизации к парадигме эволюционирующей фундаментальной неопределённости и риска в теперешнем и будущих технологических укладах [1]. По-видимому, было бы опрометчиво сегодня видеть в оптимизации ключ к пониманию того, как выживают социально-технологические, да и экономические системы. Есть риск впасть в ошибку, принимая причины за следствия, и наоборот.

На этом фоне уместно сформулировать нашу позицию.

Современная методология экономических исследований инфокоммуникационного комплекса (ИКК) региона должна включать в качестве своего важнейшего инструмента систему экономико-математических моделей (ЭММ), средств их программной реализации, периодически пополняемые банки данных, обеспечивающие многовариантные прогнозные расчёты по альтернативам управляющих воздействий на эволюционный рост услуг рынка ИКК.

Графически это может выглядеть так:

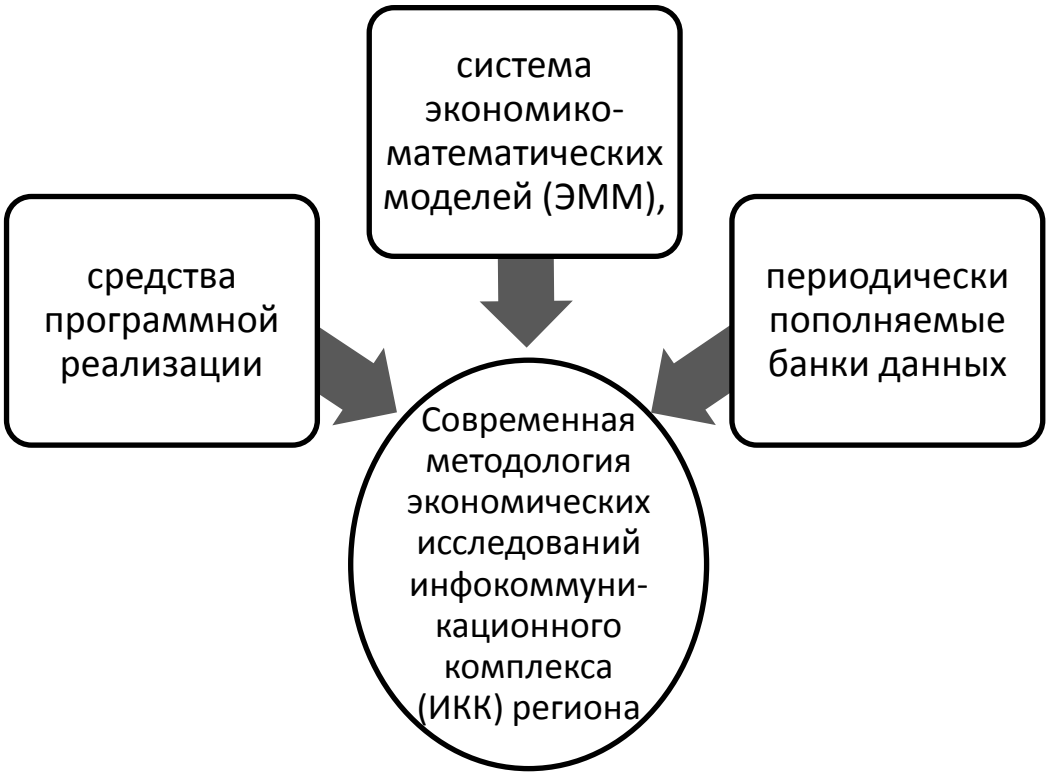

Рис. 2. Структура методологии экономических исследований ИКК

4. Эскиз функционального состава и структуры ЭММ анализа ИКК

Состояние регионального ИКК во времени будем агрегировано представлять двумя группами уравнений, описывающими динамику соответственно производства услуг связи и наращивания производственных мощностей компаний. При этом выделяются два основных типа связей: ресурсные связи и логические связи, отражающие технологическую и организационную взаимообусловленность мероприятий и комплексов работ.

В свою очередь, ресурсные связи делятся на связи между кумулятивными величинами (т.е. накопленными на данный момент времени, начиная с начального) и интенсивностями их пополнения на предыдущем периоде и связи в форме балансовых ограничений. Логически же связи описывают как традиционные сетевые ограничения в каноническом виде, так и их модификации – расширенную сетевую модель, допускающую совмещение выполнения части сопряжённых работ, задачи на сетях с возвратами, а также альтернативные сетевые связи. В основной модели из логических связей будут учитываться и более подробно обсуждаться лишь обычные сетевые ограничения.

4.1. Ядро системы ЭММ регионального ИКК

Пусть сетевая модель программы построена в каноническом виде, т.е. задан ориентированный ациклический граф без петель, тупиков и висячих вершин $\boldsymbol{\Gamma}\,[V,D]$, где $V=(1,2,\ldots)$ – множество вершин, отображающих работы, D – множество направленных дуг (i,j), отображающих связи предшествования.

Для описания состояния ИКК во времени привлечем лишь существенные переменные, их взаимосвязи и ограничения:

$x_p\,(t)$ – выпуск целевой продукции – генерация услуг связи p-вида в году t;

$y_m(t)$ – потенциал производственной мощности m-й подотрасли (объекта, работы, мероприятия программы) в году t;

$u_p(t)$ – интенсивность генерации услуг вида p в году t;
$a_{pm}(t)$ – расход ресурса типа m на производство целевой продукции вида p в году t;
$b_{pm}(t)$ – расход ресурса типа p на создание производственной мощности в отрасли m в году t;
$u_m(t)$ – интенсивность создания производственной мощности в отрасли m в году t;
$\overline{Y}_m$ – нормативный потенциал производственной мощности отрасли m;
$d_m(t)$ – расход ресурса типа m на единицу интенсивности $u(t)$ в году t;
$d_p(t)$ – расход продукта типа p на единицу интенсивности $u(t)$ в году t;
$W_p(t)$ – потребление целевой услуги типа p в году t;
$D^i(t)$ – интенсивность поступления i-го ресурса, выделяемого на выполнение программы в году t;
K_H, K_l – количество соответственно нескладируемых и складируемых ресурсов для выполнения программы;
τ_m – количество шагов от начала создания мощности до начала генерации услуг.

Динамический процесс генерации целевых услуг и синхронно развивающиеся инновационных и инвестиционных мероприятий описываются системой конечноразностных уравнений:

$$\begin{cases} x_p(t+1) = x_p(t) + \sum\limits_{m=1}^{M} a_{pm}(t)u_p(t-\tau^m) - \sum\limits_{m=1}^{M} b_{mp}(t) - W_p(t) & \text{(1а)} \\ p = 1, 2,\ldots,P;\ t = 0, 1, 2,\ldots,T-1 & \\ y_m(t+1) = y_m(t) + u_m(t)h(\bar{y}_m - y_m(t)) \prod\limits_{\Gamma_l^-} h^+(y_l(t) - \bar{y}_l) & \text{(1б)} \\ m = 1, 2,\ldots,M;\ t = 0, 1, 2,\ldots,T-1 & \end{cases}$$

$$x_p(t_o) = x_p^o;\ p = 1, 2,\ldots,P;\ y_m(t_o) = y_m^o;\ m = 1, 2,\ldots,M; \qquad (2)$$

$$h(\xi) = \begin{cases} 1, \text{если } \xi \le 0 \\ 0, \text{если } \xi > 0 \end{cases} \qquad h^+(\xi) = \begin{cases} 0, \text{если } \xi < 0 \\ 1, \text{если } \xi \ge 0 \end{cases}$$

где Γ_l^- – множество работ, непосредственно предшествующих работе l.

Поскольку управления ограничены, необходимо сформулировать соответствующие соотношения. Прежде всего заметим, что в уравнениях (1) $u = u(t)$ ($t_o < t < T$) – кусочно-непрерывные функции времени, относительно которых задается конкретная структура множеств $\boldsymbol{U(t)}$:

$$\begin{cases} \sum_{m=1}^{M} d_m^i(t)u_m(t) + \sum_{p=1}^{P} d_p^i(t)u_p(t) < D^i(t) \\ i = 1, 2, \ldots, k_H; \qquad t = 1, 2, \ldots, T \\ \sum_{m=1}^{M} \int_0^t d_m^i(\tau)u_m(\tau)d\tau + \sum_{p=1}^{P} \int_0^t d_p^i(\tau)u_p(\tau)d\tau < \int_0^t D^i(\tau)d\tau \\ i = k_H + 1, k_H + 2, \ldots, k_1; \qquad t = 1, 2, \ldots, T. \end{cases} \quad (3)$$

В качестве ресурсно-продуктовых критериев могут быть взяты такие функции:

$$J_1 = \sum_{p=1}^{P} \Psi_p W_p(T) \to \max \quad . \quad (4)$$

Максимизируется потребление целевых услуг в заключительный период реализации программы или на всём плановом горизонте:

$$J_2 = \sum_{t=1}^{T-1} \sum_{p=1}^{P} \Psi_p W_p(t) \to \max \quad . \quad (5)$$

Если же требуется максимизировать переменные состояния в заключительный период выполнения программы, например, уровень инновационной достаточности в обеспечение программных услуг, то критерий будет выглядеть таким образом:

$$J_3 = \sum_{p=1}^{P} \Psi_p x_p(T) . \quad (6)$$

Минимизация срока реализации ЦКП сводится к минимизации функционала:

$$J_4 = \sum_{m=1}^{M} \Psi_m [\bar{y}_m - y_m(T)] \cdot h(\bar{y}_m - \bar{y}_m(T)) \to \min , \quad (7)$$

где Ψ_m – коэффициенты приоритета.

В результате решения задачи (1) – (3), (7), основанной на принципе максимума Л.С. Понтрягина, мы находим оптимальное управление в смысле, скажем, (7), с учётом технологических (сетевых) ограничений на порядок выполнения мероприятий программы, а также ресурсных ограничений (3), иными словами, такой план выполнения работ и выпуска продукции по объектам программы, который не нарушает заданной очерёдности и ресурсных ограничений и минимизирует общий срок выполнения региональной программы производства услуг ИКК.

Следующим шагом в решении задачи управления и мониторинга целевой региональной программы должна стать задача отслеживания соответствия фактической и оптимальной траекторий реализации программы при квадратичном, например, критерии эффективности и ограничениях в виде уравнений состояния (1). Цель решения этой задачи – синтез закона управления, необходимого для поддержания вектора состояния в каждый момент времени на расстоянии, наиболее близком к оптимальной траектории $z(t)$, при минимальных управляющих воздействиях. Таковым может быть критерий вида

$$J\ (t) = \sum_{t=0}^{T-1} [\Delta^T (t) C \Delta(t) + u^T (t) D\, u(t)] + \Delta^T (T) C \Delta(T) \qquad (8)$$

где $\Delta(t) = (y(t) - y^*(t)) \in R, u\ (t) \in R$;

весовые матрицы ***C*** и ***D*** имеют соответствующие размеры.

Необходимо также, чтобы матрица ***D*** была симметричной положительно определенной матрицей, т.е. чтобы $u^T(t)D\ u(t)=0$, лишь только $u(t)$ достигнет нуля. Это обеспечивает вместе с условием об управляемости программы существование и единственность оптимального управления $u^*\ (t)$:

$$u^*\ (t) = -D^{-1}BX\Delta(t).$$

Здесь X – единственное положительное решение матричного уравнения Рикатти :

$$XA + A^T X - XBD^{-1}B^T X = J,$$

где A и B – матрицы соответствующих размеров, составленные из коэффициентов при переменных состояния и управляющих функций в уравнениях состояния (1).

Задача оптимального контроля при заданных структуре и траектории движения системы $z(t) = (x(1),x(2),\ldots,x(T),y(1),y(2),\ \ldots,y(T))$ заключается в отыскании управляющей последовательности $u(t)$, $t=1,2,\ldots,T$, которая минимизирует критерий $J(t)$ (8).

Таким образом, формально решение задачи мониторинга и контроля позволяет находить матрицу обратных связей с множеством собственных значений, доставляющих замкнутой системе требуемые свойства.

Преимущества описанного подхода к решению задач управления ходом реализации региональной программы сводятся к следующему [9].

Аналитическая запись модели (1) – (3), (7), учитывающая в отличие от чисто сетевой записи технологические и ресурсные ограничения программы, сходна с обычными записями моделей территориально-производственного планирования, что позволяет их совместное изучение и использование как однородных по математической структуре в единой многоуровневой системе моделей программного планирования и управления. При этом отпадает необходимость строить трудоёмкие, малоисследованные в теоретическом плане процедуры согласования (полуэмпирические) решений сетевой и линейно-программной моделей.

Далее, решением как бы обратной задачи – в переменных интенсивностях – снимается необходимость фиксировать заранее продолжительности выполнения работ на сетевой модели регионального ИКК, что существенно облегчает информационное обеспечение задач в сетевой постановке.

Кроме того, даже если эти оценки получены как базовые, в дальнейшем в моменты отслеживания состояния они требуют пересмотра в соответствии с реальными объёмами выполнения работ. Результаты этой периодически повторяющейся трудоёмкой операции часто крайне недостоверны, что существенно искажает результаты моделирования.

Построение модели управления на основе дискретного принципа максимума в корне отлично от подхода с использованием аппарата чисто сетевого планирования или иного метода математического программирования ещё и тем, что все переменные неравноправны как в самой записи модели (1) – (3), (7), так и в алгоритме её решения и интерпретации результатов. Имеется в виду преднамеренное разделение всего пространства переменных на подпространство состояний программы и подпространство управляющих воздействий, что делает более естественным содержательное обсуждение различных сторон реализации программы на стадии управления и контроля.

К тому же появляются и преимущества чисто вычислительного характера. Поскольку переменные состояния однозначно определяются из соответствующих уравнений (1) по заданным управлениям, в памяти процессора ЭВМ имеет смысл хранить только переменные,

которые выбраны в качестве управляющих воздействий. Переменные состояния при необходимости могут быть рассчитаны на каждой итерации, т.е. часть оперативной памяти процессора перекладывается на быстродействие, что для реальных многоразмерных задач в сетевой постановке может быть весьма полезным, если не решающим.

Следует заметить, что модель в форме (1) – (3), (7) обладает и определённой общностью. Некоторые постановки задач могут быть получены из неё как частный случай.

Прежде всего, может быть получена обычная сетевая постановка задачи с сопутствующим ей анализом ресурсно-временны́х характеристик. Если интенсивности $u=u(t)$ постоянны и отсутствует первая группа уравнений (1а), описывающая дифференциальные связи по кумулятивным запасам продуктов и воспроизводящим их потокам, то уравнения (1б) описывают обычные сетевые ограничения. При наличии соотношений (3), ограничений по ресурсам и функционала (7) следует каноническая сетевая модель в условиях многих ресурсов с критерием на минимум срока выполнения программы.

Более интересное обобщение модель (1) – (3), (7) даёт для частного случая постановки и решения задачи взаимодействия моделей подотраслевых комплексов и модели реализации производственной программы [9]. При этом снижаются существенные трудности по получению согласованных решений на моделях разных классов за счёт решения этой же, по сути, задачи (путём соответствующей настройки по уравнениям и выбора коэффициентов), описанной единой системой конечно-разностных уравнений.

Основные же преимущества состоят в дополнительных возможностях экономико-математического анализа итерационного процесса а) – в) и результатов решения задачи (1) – (3), (7).

Содержательно процесс перехода от итерации к итерации состоит в следующем. Поскольку для линейных систем сопряжённые уравнения не зависят от управляющих функций и переменных состояния, это позволяет независимо рассчитывать функцию $\lambda(t)$. После этого принцип максимума сводит интегральную исходную задачу к максимизации $H(\lambda,t)$ на множестве U, т.е. к серии задач математического программирования для отдельных моментов времени.

Наиболее часто допустимая область $\boldsymbol{U}$ для управлений имеет простую структуру для реальных экономических задач, а именно, ограничивается несколькими гиперповерхностями, составляющими многогранник. Экстремум чаще всего достигается в одной из вершин такого многогранника (в линейном случае – всегда) при соответствующем значении управлений до перехода в другую вершину, где значения управлений иные.

Таким образом, на каждом шаге решается задача линейного программирования: максимизируется гамильтониан H_t для поиска управлений, удовлетворяющих ресурсным ограничениям (3).

Казалось бы, для реальных сетей размерность такой задачи чрезмерна, однако структура уравнений состояния, сопряжённых уравнений и гамильтониана позволяет существенно упростить задачу и даже сделать анализ результатов её решения более содержательным.

Речь идёт о том, что коэффициент при u в функции H_t для тех работ, которые не удовлетворяют технологическим ограничениям или закончены, равен нулю. Поэтому, не изменяя функции Гамильтона, соответствующее $u=0$ и максимум этой функции ищем только по фронту работ, не выполненных и технологически допустимых. Это существенно уменьшает размерность задачи линейного программирования.

Кроме того, в связи с решением двойственной задачи появляется возможность исследования двойственных переменных, как это плодотворно делается в линейном экономико-математическом анализе. Действительно, интенсивность выполнения каждой работы зависит от величины коэффициента функционала H_t . Для технологически допустимых и неоконченных работ этот коэффициент равен импульсу $\lambda(t)$ и характеризует важность выполнения работы в данный момент времени. Если соответствующая работа закончена, импульс её равен нулю.

Возможность интерпретации таких двойственных переменных по аналогии с объективно обусловленными оценками является важнейшим свойством подобных постановок задач управления, мониторинга и контроля на сети.

Разумеется, необходимо дополнительное изучение указанных свойств задач в вариационной постановке, но как магистральный, этот путь является многообещающим, способствуя снятию основных недостатков задач линейного программирования (нет учёта технологических связей) и задач в сетевой постановке (нет развитого анализа типа объективно обусловленных оценок) и выполнению и сочетанию преимуществ задач обоих классов.

В соответствии с требованиями повышения адекватности модельного описания реальных инфокоммуникационных процессов необходим переход к использованию в комплексе «гибридных» систем моделей, состоящих из моделей различных типов – не только традиционных линейно-программных, но и нелинейных, дискретных, сетевых, экономико-статистических, имитационных, мониторинговых т.д.

Их эксплуатация должна осуществляться при наличии специального информационного блока (базы данных) и процедур формирования и преобразования информации, возможностей реализации моделей в человеко-машинном (диалоговом) режиме, обеспечивающим вовлечение в работу непосредственных разработчиков.

4.2 Композиция функционального состава и структуры комплекса ЭММ

При формировании функционального состава и структуры комплекса ЭММ наиболее рационален следующий путь: создание глобальной концептуальной, чрезвычайно укрупнённой модели; декомпозиция концептуальной модели в блоки взаимосвязанных задач мониторинга и эволюционного развития процессов в ИКК; создание системы взаимосвязанных элементарных моделей, каждая из которых решает практическую задачу конкретного направления и становятся исходными данными следующего эшелона задач с добавлением дополнительных условий и факторов.

Отдельным задачам мониторинга и эволюционного развития ИКК необходимо и возможно поставить в соответствие «локальную» экономико-математическую модель, комплексируемые далее в единой системе моделей.

В первом приближении структура системы моделей видится следующей:

– ядро системы – сводная агрегированная сетевая модель (см. раздел 3.1);

– растровые модели мониторинга – последовательно решаемые функциональные задачи (см. раздел 4.3);

– многомерные корреляционно-регрессионные статистические модели анализа и прогнозирования показателей функциональных задач и программы в целом;

– модели факторного планирования имитационных экспериментов на агрегированной сетевой модели по оценке альтернатив реализации мероприятий по эволюционному развитию ИКК;

– модели роста надёжности достижения выполнения целевых задач эволюционного развития ИКК в целом.

Подходящим по своим внешним «потребительским» свойствам аппаратом для мониторинга ИКК являются сетевые модели. Сетевая интерпретация совершенно необходима, ибо только «сетевой язык» дает возможность представить определённый объект по структуре и составу в технологической взаимообусловленности комплекса мероприятий. Неспособность описать на нём конкретный объект моделирования, пусть в самом укрупнённом виде, свидетельствует о том, что структурно замысел актуальных мероприятий по эволюционному развитию ИКК ещё «не созрел». И это действительно так, ибо сетевая модель обеспечивает учёт самых разнообразных временны́х ограничений, накладываемых на отдельные элементы и части программы, что крайне важно для ИКК.

Сетевой график, являясь основой системы экономико-математических моделей, имеет три исходных элемента описания: временну́ю характеристику, показатели затрат ресурсов, отношение предшествования, что позволяет отразить всю совокупность взаимосвязей процесса развёртывания целевой программы.

Кроме этого она позволяет эшелонировать во времени мероприятия с учётом реальной обеспеченности ресурсами, даёт важную информацию о влиянии дефицита того или иного ресурса на сроки достижения промежуточных и конечных программных целей.

Сводная сетевая модель ИКК должна быть построена по блочно-модульному принципу, отражая все технологические цепочки – этапы эволюционного развития инфокоммуникационного процесса в регионе (см. рис. 3):

Рис. 3. Технологическая цепочка развития инфокоммуникационного процесса

Все бизнес-процессы компании связи можно [15] условно разделить на процессы предоставления услуг электросвязи и процессы оказания услуг, выходящих за пределы профильной деятельности организаций электросвязи.

К первой группе относятся:

– предоставление доступа к телефонной сети и организация услуг местной, междугородной и международной телефонной связи;
– предоставление услуг документальной электросвязи;
– предоставление доступа в глобальную сеть Интернет и сопутствующих услуг;
– предоставление в аренду междугородных каналов и линий и т.д.

Ко второй группе могут быть отнесены:

– предоставление информационно-справочных услуг;
– предоставление сервисных услуг;
– предоставление в аренду средств и систем связи;
– техническое обслуживание средств и систем связи и т.д.

Более детализированная классификация может быть дана на основе концепции «цепочки продуктивных процессов», предложенной М. Портером [15], которая широко используется при совершенствовании деятельности компаний (реинжиниринг бизнес-процессов) для обеспечения их конкурентоспособности.

Компания Pricewaterhouse Coopers использовала указанную концепцию в системе KnowledgeView для классификации и структуризации бизнес-процессов, разработав на её основе «Международный язык бизнеса», который позволяет анализировать и сопоставлять на единой основе бизнес-процессы в различных сферах деятельности, независимо от используемой в них терминологии. Этот язык охватывает цепочки бизнес-процессов для разных сфер деятельности, областей, обеспечивающих процессы, а также общие области для различных сфер деятельности. Области обеспечивающих процессов для многих компаний также являются общими, поскольку касаются одних и тех же процессов: например, управление персоналом, финансами, информационными системами и т.п.

Эти процессы необходимы для организации продуктивных процессов, оказывающих непосредственное влияние на продукт или услугу, предоставляемую пользователю.

Каждый из этапов технологической цепочки производства услуг внутри блока должен быть, с одной стороны, соответствующим образом детализирован в сетевом представлении так, чтобы учесть вширь и вглубь все обеспечивающие мероприятия для достижения промежуточных программных целей. С другой стороны, – разумно агрегирован (может быть, путём унификации некоторых технологий и организации по крайней мере в их модельном отображении), чтобы не упустить в анализе главное в широком разнообразии частностей.

Далее строится сетевой типовой график-модуль предприятия ИКК, в котором отображаются мероприятия по основным и вспомогательным процессам. Все эти мероприятия изображаются в виде элементарных сетевых графиков и «сшиваются» в единую сеть основных бизнес-процессов производства ИКУ.

Подобным же образом структурируются и отображаются стандартными сетевыми графиками – модулями мероприятия внутри остальных блоков.

Разработка стандартного модуля позволяет упорядочить сбор и подготовку исходной информации по унифицированным формам.

Каждое из мероприятий типа «предоставление доступа», «предоставление услуг» требуется разложить до уровня конкретных, скажем, инвестиционных мероприятий, поддающихся количественной оценке. Требуется также оценить возможные показатели их реализации, исходя из различных точек зрения (отраслевых, территориальных, народно-хозяйственных и т.д.), проверить непротиворечивость оценок, принятых внутри целевой программы.

Построенные сетевые модели основных блоков ИКК анализируются на технологическую и временну́ю взаимообусловленность мероприятий между блоками по всей цепочке.

В результате такого анализа важно выявить существенные возможности взаимосвязи межблоковых мероприятий, асинхронное выполнение которых влечет дисбалансы в выполнении ПК в целом. Только после этого возможно «сшивание» сетевых графиков-блоков в единую сетевую модель ИКК.

В первом приближении информационное обеспечение – автоматизированный банк данных должен быть сформирован в разрезе показателей, отражаемых на дугах сетевого графика – показателях программ, ресурсов и выпускаемой программной продукцией и услуг.

Перечень лимитирующих ресурсов, которые необходимо учитывать и анализировать при обосновании вариантов эволюционному развитию ИКК и которые целесообразно учесть на дугах сетевой модели, должен быть также тщательно определён.

Как уже отмечалось ранее, определённая стандартизация в построении сетевой модели позволяет упорядочить сбор и подготовку исходной информации.

Структура системы ЭММ эволюционного развития ИКК отображена на рис.4:

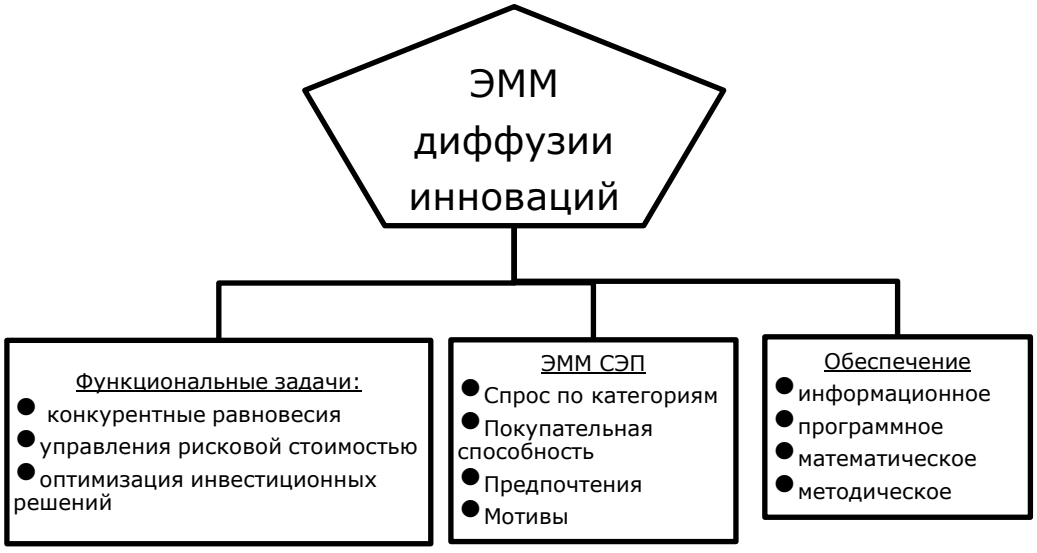

Рис. 4. Структура системы ЭММ эволюционного развития ИКК

Построенные сетевые модели основных блоков ИКК анализируются на технологическую и временну́ю взаимообусловленность мероприятий между блоками по всей цепочке.

4.3. Моделирование конкурентного равновесия на региональном рынке мобильной связи

Быстро растущий рынок мобильной связи страны являет собой любопытный прецедент востребованной услуги для формирования и регионального рынка с возможными чертами конкурентного равновесия.

Если на федеральном уровне вопросы равновесия (не конкурентного) рассматривались, анализировались [7], то региональные особенности эволюционного конкурентного равновесия на рынке мобильной связи остаются без заметного внимания.

Экономический смысл равновесия на любом отраслевом рынке состоит [14] в прояснении условий функционирования рынка с балансом спроса и предложения. Эти условия указывают контуры идеальной организации экономического механизма, обеспечивающего эффективное распределение ресурсов между экономическими агентами при существенно децентрализованном принятии решений. При этом, конечно же, прозрачней становятся и сами проблемы функционирования регионального рынка ИКУ. Дело в том, что (следует ещё из классических моделей равновесия) при достаточно гибких ценах идея децентрализации и идея оптимальности не противоречат друг другу.

Обнаруженная [14] теоретически связь между равновесием и Парето-оптимальностью является серьёзным аргументом в пользу равновесного механизма и распределения ресурсов и функционирования регионального рынка вообще.

Один из плодотворных путей получения адекватных экономико-математических моделей взаимодействия агентов рынка может состоять в исследовании и разработке спектра условий и критериев допустимости и оптимальности в условиях той или иной экономической тактики и стратегии поведения, доминирующих на рынке фирм. Во всяком случае, на этом пути удаётся усмотреть направление конфигурирования моделей [12] и образовать их такое разнообразие, с помощью которого можно уже плодотворно исследовать значимость и ответственность привлекаемых (или предполагаемых к использованию) в практике экономических инструментов, таких как различные надбавки к цене на услугу или даже альтернативные тарифные планы.

Именно по этой причине следует проанализировать вопросы теоретического и практического плана, связанные с существованием и свойствами конкурентного равновесия.

По-видимому, основным, по крайней мере, показателем превентивного свойства, характеризующим конкурентную среду на любом рынке, является количество действующих на нём активных агентов, в нашем случае – операторов. В тоже время, конечно же, это количество должно сопровождаться рыночными долями, принадлежащими оператору. Так, на уровне ноября 2006 года МРК «Сибирьтелеком» принадлежало 47 % совокупного телекоммуникационного рынка конечных пользователей Сибирского региона.

Для российского рынка подвижной связи как на федеральном уровне, так и на региональном, на теперешнем этапе их развития характерен тип олигополии. При этом региональные рынки представляют собой в большей мере такую её разновидность, как олигополию с доминирующими компаниями. Для рынка олигополии, напомним, характерны такие признаки:

– ограниченное (небольшое) число активных участников;
– высокие показатели рыночной концентрации;
– значительные барьеры для входа новых участников;
– борьба за лояльность клиента;
– довольно жёсткая конкурентная взаимозависимость;
– высокая степень конкуренции.

Весьма важным является понимание и поиск условий существования, и анализ свойств рынков конкурентного равновесия [12, 14].

Особенно важно осознавать ценность сугубо теоретического анализа этого состояния рынка – состояния конкурентного равновесия. Понимание значимости агрегированного теоретического подхода к анализу таких сложных явлений и систем, каким является региональный рынок подвижной связи, следует из осознания парадигмы «Самая практичная вещь – это хорошая теория».

На практике же при рассмотрении конкретной экономической группы с установившейся системой цен на предлагаемые услуги участники формируют такие собственные планы предложения и спроса, которые при данной системе цен для них наиболее удовлетворительны. Реальное осуществление актов купли – продажи (обмена) в соответствии с этими индивидуальными планами в целом возможно в том и в только том случае, когда обеспечено равенство совокупного предложения и совокупного спроса для каждого типа услуг.

Конечно, эти индивидуальные планы, которые формируются и выбираются исходя из заданной (складывающейся на рынке) системы цен, совсем не обязательно совместимы друг с другом; они могут даже противоречить друг другу и, следовательно, быть плохо или совсем не реализуемыми (в экономическом, но не в технологическом смысле) одновременно.

Необходим модельный поиск такой равновесной ситуации, позволяющей при некоторой системе цен совмещать индивидуальные планы друг с другом и, значит, обеспечивать их совместную реализуемость. Достигаемое системой цен распределение ресурсов и услуг на основе такого разрешения конфликта между индивидуальными интересами и порождает это самое конкурентное равновесие.

Экономика регионального рынка допускает не только конкурентное равновесие, но другие состояния равновесия (не конкурентные), и поэтому встаёт вопрос о соизмерении, сравнении различных состояний равновесия между собой. Здесь возможны, по крайней мере, два подхода. Один из них основан на концепции оптимальности по Парето, другой – на теоретико-игровом рассмотрении коалиций между игроками рынка, направленных против остальных участников с целью воспрепятствовать не желательным для них ситуациям («заблокировать» их). Здесь важно уметь выделять так называемое ядро, определяемое как совокупность таких стратегий рыночного поведения, которая никогда не станет блокироваться никакой коалицией (подгруппой) агентов рынка.

4.4 Особенности подхода с использованием эволюционного моделирования

Помимо особенностей, указанных в начале статьи (см. раздел 3) следует заметить также следующее [2].

Традиционной экономической теории противостоит эволюционная экономическая теория, которая рассматривает экономическое развитие как необратимый процесс нарастания сложности, многообразия и продуктивности производства за счёт периодически повторяющейся смены технологий, видов продукции, организаций и институтов (правил поведения по Д. Норту [3]) и которая, в отличие от ортодоксии, достаточно адекватно воспринимает особенности *технологически прогрессирующей экономики*.

Если для неоклассиков (ортодоксов) все экономические субъекты однородны, то для эволюционистов эти же самые субъекты изначально неоднородны. Согласно Й. Шумпетеру [4, 5] (в XX веке он внёс наибольший вклад в развитие эволюционной экономической теории), всё множество субъектов делится на новаторов, проектирующих, разрабатывающих и внедряющих новые технологии и продукты, и консерваторов, эксплуатирующих наличные технологии и стремящихся к неизменности институтов.

В качестве идеальной рыночной модели неоклассики рассматривают модель совершенной конкуренции, эволюционисты представляют рынок иначе [2, 6, 16].

Во-первых, новаторы, когда они появляются на рынке со своими нововведениями, в течение некоторого времени (пока вдогонку за ними не бросятся имитаторы, т.е. субъекты, ко-

пирующие новаторов) оказываются монополистами в части этих нововведений, что несовместимо с моделью совершенной конкуренции.

Во-вторых, эпицентром конкуренции с позиций эволюционной теории является борьба новаторов с консерваторами за рынки сбыта и рынки ресурсов. Причём исход этой борьбы, как правило, предопределён: новаторы вытесняют часть наименее эффективных консерваторов из экономического пространства. За счёт этого как раз и происходит экономический и технологический прогресс. Неоклассики не обращают внимание на этот факт.

В-третьих, конкурентной борьбе между новаторами и консерваторами неадекватен важный неоклассический принцип – все экономические субъекты максимизируют прибыль. На самом деле этим принципом руководствуются только новаторы. Консерваторы же, а их в каждый момент времени большинство, ориентированы на критерии выживания, в частности, пытаются не столько увеличить прибыль, сколько её сохранить.

В неоклассических моделях предыстория не имеет значения, тогда как в эволюционных моделях она играет заметную роль. О важности предыстории в ходе экономической эволюции свидетельствует, в частности, такое обстоятельство. Экономические субъекты, выступающие в момент t в роли консерваторов, являются таковыми не столько из-за особенностей своего менталитета (инертность, пассивность и т.д.), сколько из-за того, что в предшествующие моменты t-1, t-2 и т.д. они вложили средства в модернизацию производства и в момент t не успели окупить свои вложения. Соответственно, новаторы, действующие в момент t, – это нередко бывшие консерваторы, окупившие свои прошлые вложения.

Для неоклассиков одним из основных мотивов поведения совокупности экономических субъектов является движение к равновесию между спросом и предложением. Неравновесные состояния они рассматривают как нежелательные, которые нужно преодолеть. Для эволюционистов неравновесие – одно из основных условий развития. Смена технологий – неравновесный процесс в том смысле, что потребности общества в старых технологиях с течением времени оказываются меньше, чем возможности их производства, а потребности в новых технологиях больше, чем возможности. Именно это обстоятельство приводит к образованию прибыли от нововведений.

Итак, эволюционная теория в отличие от неоклассической отчетливо сориентирована на изучение особенностей технологически прогрессирующей экономики. В этом процессе особое значение отводится инфокоммуникациям как отрасли производственной и социальной инфраструктуры инновационная политика, которой прямо или косвенно отражается на системе управления и деятельности всех секторов национальной экономики.

С точки зрения эволюционной теории переход к принципиально новым технологиям, особенно в начальные его моменты, зависит не от цен и платежного спроса, а от потребностей экономических субъектов, заинтересованных в этих новых технологиях. Чем больше потребность в новой технологии превышает в момент t возможности её производства, тем при прочих равных условиях будет выше её цена как способ статического уравновешивания спроса и предложения.

Существенно и то, что производитель принципиально новой технологии (новатор) заранее не знает достоверно, какова будет потребность рынка, поэтому традиционные аналитические методы принятия решения «производить или не производить» здесь не срабатывают. Однако если новатор всё-таки решается перейти на эту технологию, то консерваторы неожиданно для себя начинают утрачивать свои позиции на рынке.

В практической части исследования эволюционного конкурентного равновесия, скажем, на региональном рынке подвижной связи видится разработка математической имитационной модели рынка подвижной связи, которая учитывала бы:

– особенности отрасли связи и телекоммуникаций,

– позволяла бы давать вразумительные объяснения процессам, происходящим на рынке, а также

– давать количественные оценки факторам, определяющим тенденции в ближайшей и отдалённой динамке рынка.

Математическая модель конкурентного равновесия может быть построена на основе активных генераций инновационных услуг и товаров.

Прежде всего, должны быть сформулированы, аналитически описаны правила и нормы формирования затрат ресурсов на производство той или иной услуги. Это так называемые производственные функции по аналогии с неоклассическими моделями.

Далее формализуются способы установления цен. В первом приближении цена новой генерации – услуги может быть установлена на уровне имеющихся издержек и нормативной прибыли. В последующем компании регулируют эту начальную цену по, вообще говоря, различным правилам. Они могут регулировать цену услуги в зависимости от складывающейся доли компании на рынке, скажем, синхронно в одном направлении: при снижении доли присутствия на рыке – снижать цену и соответственно увеличивать от степени присутствия на рынке.

При задаваемой доле от полученной прибыли оператор направляет ресурсы на совершенствование и поиск новых услуг связи. Необходимо также аналитически описать способы учёта в модели поиска новых услуг, соотношения, описывающие возможность благоприятных исходов по генерации лучшего качества на поле услуг. Тем самым формулируются правила принятия инвестиционных решений, для финансирования которых следует предусмотреть со своими особенностями использование как собственных, так и заёмных средств.

Основные финансовые и производственные показатели фирм – активных участников рынка определяются в результате взаимодействия с другими агентами рынка, потребителями и конкурентами. Поэтому в модели должна быть описана функция спроса (или, скорей всего, автономная система моделей формирования спроса на ИКУ) на услуги агентов – потенциальных абонентов с их вектором характеристик и вектором услуг. Должно быть предусмотрено экзогенно задаваемые затраты на смену оператора.

По результатам спецификации модели требуется компьютерная модель для генерирования различных синтетических временны́х рядов, описывающих поведение отдельных компаний и отрасли в регионе в целом. Весьма важным является адекватное отображение стохастического характера инновационных процессов и поведения потребителей услуг.

Какие же задачи должна решать ЭММ эволюционной конкуренции на рынке мобильной связи? В первую очередь, это:

– адекватно экономико-математически описывать результаты деятельности компаний на сетевом рынке региона;

– показывать возможные последствия продуктовых инноваций для структуры рынка;

– генерировать содержательные выводы относительно динамики развития рынка мобильной связи.

Следуя традиции эволюционной теории, должны быть для имитационного моделирования аналитически сформулированы основные блоки модели – рутины:

– производственные правила;

– правила установления цен;

– правила поиска новых услуг;

– правила принятия инвестиционных решений;

– спрос;

– правила участия;

– правила выбора услуг;

– вход и выход фирм с рынка.

5. Направления дальнейших исследований

В дальнейшем исследования по этому направлению укрупненно видятся по четырём этапам, в результате реализации которых будет разработан комплекс ЭММ эволюционного развития ИКК региона.

На втором этапе (2009 г.) «Разработать функциональный состав и структуру системы моделей» в содержании исследований и разработок будут более точно отражены состав, структура и взаимосвязи функциональной и обеспечивающих частей, а также основные требуемые параметры информационного и программно-математического обеспечения.

Функциональные задачи, регулярно решаемые, будут разработаны с максимальным использованием возможностей системы – баз данных, СУБД, пакетов программ методоориентированных расчётов – для поиска, обработки данных и выдачи результатов в виде готовых к употреблению документов (расчётов).

Будут уточнены принципы, которые необходимо учитывать при создании, и исследованы вопросы методологии и методики построения системы ЭММ в целом и её функциональных и обеспечивающих частей на региональном рынке ИКУ.

Необходимо будет сделать следующее:

– определить роль и место экономико-математических моделей в процессе принятия решений в области региональной инфокоммуникационной экономической политики;

– разработать принципиальную схему и параметры системы моделей, регламенты анализа вариантов развития ИКК;

– провести анализ и систематизировать основные этапы моделирования ИКК;

– обосновать перспективы создания экономико-математических моделей повышенной адекватности в сфере ИКК;

– разработать основные параметры имитационной системы моделей инвестиций и развития ИКК, системы моделей анализа производства и потребления услуги ИКК;

– рассмотреть методические вопросы практической реализации системы моделей анализа;

– провести эксперименты для оценки вариантов развития ИКК Сибири на современном этапе развития.

И, главное, в условиях жёстких ограничений на людские ресурсы разработчиков требуется найти здоровый компромисс между степенью адекватности системы ЭММ и соответствующей достижимостью качественного информационного обеспечения.

На третьем этапе (2010 г.) “Разработать информационное обеспечение системы моделей” в содержании исследования узловыми вопросами являются мероприятия по обеспечению программной поддержки базы данных.

База данных должна функционировать в интерактивном режиме, реализовать ввод, предварительную обработку пользовательских запросов и их выполнение по выборке данных, хранимых в БД. Кроме этого, осуществлять расчёты по заданным алгоритмам и выдачу выходных документов; управлять многопользовательским доступом к базе данных; иметь средства защиты данных (накапливаемых, хранимых и обрабатываемых) от искажения, уничтожения при несанкционированном доступе.

На основе анализа информационных потребностей экономических исследований ИКК будет определена необходимость и достаточность состава, содержания, характеристики информации, используемой в БД системы, требования к функциональным и техническим характеристикам системы; построена агрегированная унифицированная организационно-технологическая модель всех основных функциональных подкомплексов; уточнены структура и источники информации, рассмотрены возможности применения имеющихся базовых и прикладных программных средств, сравнительные возможности промышленно сопровождаемых СУБД, электронных таблиц, ПС методоориентированных расчётов.

На последнем этапе (2011 – 2012 гг.) «Разработать программно-математическое обеспечение системы моделей и провести цикл экспериментальных расчётов» в содержании исследования найдут отражение разработки программных средств методоориентированных расчётов, организации обмена информацией между программами, между базами данных и ПС методоориентированных расчётов, разработки языка и программных средств комбинированного моделирования, при необходимости – ПС регулярно решаемых, функциональных задач.

Важным обстоятельством в этих исследованиях является целесообразное распределение трудовых и временны́х ресурсов для разработки нового, оригинального и адаптации существующего богатого алгоритмического и программного обеспечения.

Так, для решения всех основных задач математического моделирования на ЭВМ имеется развитое отечественное и зарубежное программное обеспечение и нет надобности здесь расходовать ресурсы программирования.

Однако для ряда направлений, таких как:

– автоматизированная подготовка данных и анализ результатов инновационного развития отрасли и её оптимизации, например, в задаче имитации эволюционного развития ИКК,

– моделирование региональных социально-экономических последствий вариантов развития отрасли на основе гибридизации моделей (линейное программирование и календарное планирование, планирование эксперимента и т.д.) в едином вычислительном эксперименте,

– обеспечение согласованного функционирования моделей верхнего уровня – эконометрических соотношений, –

требуется разработка специализированного программного обеспечения.

После выполнения всех этих этапов система ЭММ с обеспечивающим информационным блоком и программно-математической поддержкой в комплексе передаётся в опытную эксплуатацию для отработки всех её составляющих подсистем и элементов.

Литература

1. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.:ВлаДар, 1993. Международный фонд экономических реформ. 310 с.
2. Маевский В. Введение в эволюционную макроэкономику. М.: Япония сегодня. 1997. 106 с.
3. Нельсон Ричард Р., Уинтер Сидней Дж. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело, 2002. 536 с.
4. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982. 400 с.
5. Шумпетер Й.А. Капитализм, социализм и демократия. М.: Экономика, 1995. 464 с.
6. Эволюционная экономика на пороге 21 века. Доклады и выступления участников международного симпозиума [г. Пущино, 1996 г.]. М.: Япония сегодня. 1997. с.75 – 85.
7. Кюнтцель С.В., Пономарёв А.Е. Технологические парадигмы и их влияние на экономический рост.- ГУ ВШЭ. Всероссийская Интернет-Конференция. Международный институт А.Богданова. 2007. URL: `http://ephes.ru/article/content` (дата обращения: 18.01.2009)
8. Kanev V. Hazard: measurement, analysis, prediction-invariant properties on an interdisciplinary back-ground. Third Korea-Russian international techno-logical workshop of June 24 – 30, 2002, Russia, Novosibirsk, NSTU, KORUS 2002. с. 17 – 27.
9. Канев В.С. Модели контроля реализации целевых программ на основе дискретного принципа максимума. Моделирование региональных программ: Сб. науч. тр. ИЭиОПП СО РАН, Новосибирск. 1994. с. 96 – 116.
10. Кузовкова Т.А., Кузовков Д.М. Анализ российского рынка телекоммуникаций. «Электросвязь». №2, 2008. с. 8 – 11.

11. Канев В.С. Принципы системного моделирования развития отрасли электросвязи в регионе. – Материалы Российской научно-технической конференции «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск, 2007. с. 353 – 355.
12. Канев В.С. Моделирование конкурентного равновесия на региональном рынке мобильной связи. – Материалы Российской научно-технической конференции «Информатика и проблемы телекоммуникаций». Новосибирск, 2007. с. 350 – 352.
13. Клейнер Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория.- ЭиММ. том 37, 2001. с. 111 – 126.
14. Полтерович В.М. Экономическое равновесие и оптимум // ЭиММ. 1973, т.9, вып.5. с.79 – 88.
15. Чаадаев В.К. Бизнес-процессы в компаниях связи. Эко-Трендз, 2004. 176 с.
16. Маевский В.И. Эволюционная экономика: состояние и перспективы//Белорусский экономический журнал. 2000. № 4. с. 12 – 17.
17. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф. М.: Мир, 1980. 607 с.
18. Чернавский Д. С. Синергетика и информация. М.: Наука, 2001. 244 с.

Статья поступила в редакцию 19.01.2009

Канев Валерий Семёнович
д.т.н., к.ф.-м.н., профессор, завкафедрой математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ
тел. (383) 269-82-77, e-mail: kanev@ngs.ru

Methodological and Methodical Questions of Construction of the System of Models for Regional Info-Communication Complex

V. S. Kanev

Features of economic-mathematical modeling (EMM) in branch of communications are given, as well as the state of research on the theme. Recommended conceptual conditions and principles of system modeling for info-communication complex (ICC) of a region are presented. The sketch of functional composition and structure of EMM for ICC analysis is offered. The kernel of the system of EMM of regional ICC is constructed. The composition of functional structure and structure of complex EMM is accomplished. Approaches to competitive balance modeling in the market of mobile communications are formulated. Features of evolutionary modeling as the most adequate are discussed. Directions of further researches are determined.

Keywords: economic-mathematical model, kernel of system of models, modeling principles, model structure, evolutionary modeling, competitive modeling.