

УДК 004:303.094.7:519.876.2:353

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Н.Н. Лычкина

ГОУ ВПО Государственный университет управления

Россия, 109542, Москва, Рязанский проспект, 99

E-mail: [lmm130159@mail.ru](mailto:lmm130159@mail.ru)

**Ключевые слова:** Системы поддержки принятия решений, социально-экономическое развитие регионов, имитационное моделирование, методы системной динамики, стратифицированное описание модельного комплекса, системные потоковые диаграммы  
**Key words:** Decision Support System, social and economic development of the region, simulation modeling, methods of system dynamic, stratification description of simulation complex, system stream diagrams

В докладе рассматриваются методологические и технологические подходы к построению Систем поддержки принятия решений для региональных и федеральных органов власти, основанные на использовании новейших информационных технологий, таких как хранилище данных, OLAP-технология, имитационное моделирование и др. Описана общая структура модельного комплекса по социально-экономическому развитию региона и его реализация на основе методов системной динамики и современных технологий имитационного моделирования.

**SIMULATION MODELING OF REGIONS' SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN DECISION SUPPORT SYSTEMS / N.N. Lychkina (State University of Management, 99 Ryazansky Prospekt, Moscow 109542, Russia, E-mail: [lmm130159@mail.ru](mailto:lmm130159@mail.ru)).** In the report many methodological and technological approaches for creating Decision Support System for regional and federal authorities. They are based on using new information technologies as Data Warehousing, On-Line Analytical Processing, simulational modeling and others. The common structure of model complex for region social-economic development and its realization based on methods of system dynamic and modern technologies of simulation software, are described.

## 1. Системы поддержки принятия решения для региональных органов власти

Набирающие сегодня темп процессы информатизации в регионах, внедрение концепции «Электронное правительство» на всех уровнях государственного управления в качестве центральной задачи ставят повышение эффективности управления на региональном уровне на основе системного подхода к информационному сопровождению деятельности органов власти и реализации функций управления, формирование единого информационного пространства, а также качественного информационно-аналитического обеспечения решения оперативных и стратегических задач социального и экономического развития регионов.

Дальнейшая интеграция процессов управления и информатизации в социальной сфере, сфере производства и управления приводит к необходимости создания Ситуационных центров управления различного назначения, информационно-аналитических систем поддержки принятия решений (СППР), в которых организуются процессы накопления, аналитической обработки территориальной информации, содержится инструментарий для системного моделирования социально-экономического развития регионов и принятия решений.

Основное назначение СППР для федеральных, региональных, муниципальных органов власти состоит в решении следующего комплекса задач:

- мониторинг социально-экономических и финансовых показателей с целью контроля и комплексного анализа текущей социально-экономической ситуации на региональном уровне;
- анализ территориальной информации и выявление тенденций и закономерностей в накапливаемых данных;
- прогнозирование состояния отраслевых (производственных) и региональных комплексов и выделение диспропорций на рынках и соответствующих точек роста в социально-экономической системе;
- анализ влияния факторов различной природы на социально-экономическую ситуацию в регионах;
- системное моделирование социально-экономического развития регионов на основе комплекса взаимосвязанных имитационных и оптимизационных моделей;
- информационно-аналитическая поддержка процесса принятия управленческих решений, включающая выполнение многовариантных расчетов сценарного и целевого типа социально-экономического развития регионов и оценку последствий принятия решения.

В современных условиях социально-экономическое развитие регионов является важной стратегической составляющей муниципального управления, наряду с административно-правовым регулированием и бюджетной (финансовой и инвестиционной) политикой. На практике разработка стратегии социально-экономического развития связана с составлением долгосрочного и краткосрочного плана развития территории. Отдел социально-экономического развития осуществляет:

- комплексный анализ и прогнозирование социально-экономического развития региона (территории);
- формирование сводного плана развития территории;
- управление социально-экономическим развитием на основе комплексного исследования сложившейся социально-экономической ситуации.

Выработанная стратегия во многом определяет содержание основных направлений деятельности органов местного самоуправления :

- управление бюджетом и финансами;
- управление экономикой и предпринимательством;
- управление имуществом и землепользованием;
- управление внешнеэкономической деятельностью;
- охрану окружающей среды и другие.

В соответствии со структурой системы управления регионом выделяют три уровня принятия решений в области социально-экономического развития: верхний, средний и нижний.

На верхнем уровне осуществляется макромоделирование социально-экономического развития региона и формирование стратегии социально-экономического развития региона, выработка программы развития. Разработка стратегии идет на уровне Городской Думы.

На среднем уровне идет выработка конкретных управленческих решений по экономическому регулированию рынка. Информационно-аналитическая поддержка деятельности муниципальных органов реализуется на уровне мэрии, администрации, комитетов. Отдел социально-экономического развития на основе комплексного исследования может выдавать рекомендации высшему руководству, Финансовому Управлению, Управлению Экономики, Управлению потребительского рынка и сферы услуг, Управлению строительством и Управлению жилищно-коммунального хозяйства, Отделу по учету и распределению земель, Управлению архитектуры и градостроительства, Управлению муниципальными кредитами, Комитету по охране окружающей среды, Комитету социальной защиты населения, Городскому центру занятости, а также по запросам других отделов.

Нижний уровень, с точки зрения моделирования – информационный, на который стекается информация из районов, органов управления, комитетов, из административно-хозяйственной службы. Заметим, что на этом уровне осуществляется мониторинг, анализ и краткосрочное прогнозирование основных социально-экономических и финансовых показателей. Основные методы обработки информации на нижнем уровне – отбор и агрегация необходимых для анализа данных из различных источников информации (автономных баз данных, Госкомстата РФ и других), а также анализ и прогноз сопоставимых показателей социально-экономического развития на основе сглаживания временных рядов, факторного анализа.

## **2. Методологические и технологические подходы к построению СППР**

Методологические и технологические подходы к построению СППР для федеральных, региональных и муниципальных органов власти основаны на том, что процесс принятия управленческих решений характеризуется высокой информативностью и сложностью реальных проблем, стоящих перед органами власти и необходимостью проведения системного анализа и целенаправленных аналитических исследований для их решения, требующих согласования принимаемых решений на всех уровнях власти, а также между стратегическими целями социально-экономического развития и задачами оперативного, тактического управления экономического, социального, административного характера, поэтому представляет собой итеративный процесс и включает ряд основных этапов.

Первый этап процесса принятия решения связан с выявлением структурных особенностей в неструктурированных территориальных данных по социально-экономическому развитию, экономических показателях отраслевых и региональных комплексов, поступающих динамично, в ходе мониторинга из различных источников – Федеральных органов статистической отчетности, Ведомств, Управлений, предприятий и др. Технологически этот этап реализуется на основе концепции Хранилища Данных (Data Warehousing), основным преимуществом которой является то, что разрозненные данные интегрируются, становятся проблемно-ориентированными, структурированными во времени, что позволяет исследовать динамические тенденции и реализовывать различного рода аналитические приложения.

Важным моментом процедуры принятия решения является выявление ключевых проблем предметной области и анализ тенденций, сравнений, исключений, присущих данным, накопленным в Хранилище Данных, а также подтверждение и интерпретация выявленных закономерностей, что в свою очередь стимулирует поиск адекватных решений.

Информационно-аналитическая поддержка этого этапа реализуется так называемыми средствами Интеллектуального анализа данных (Data Mining), спектр используемых методов которых, в зависимости от задачи, весьма широк: от продвинутых статистических методик, включая регрессионный, кластерный анализ и др., - до интеллектуальных технологий: генетические алгоритмы, нейросетевые технологии и др.

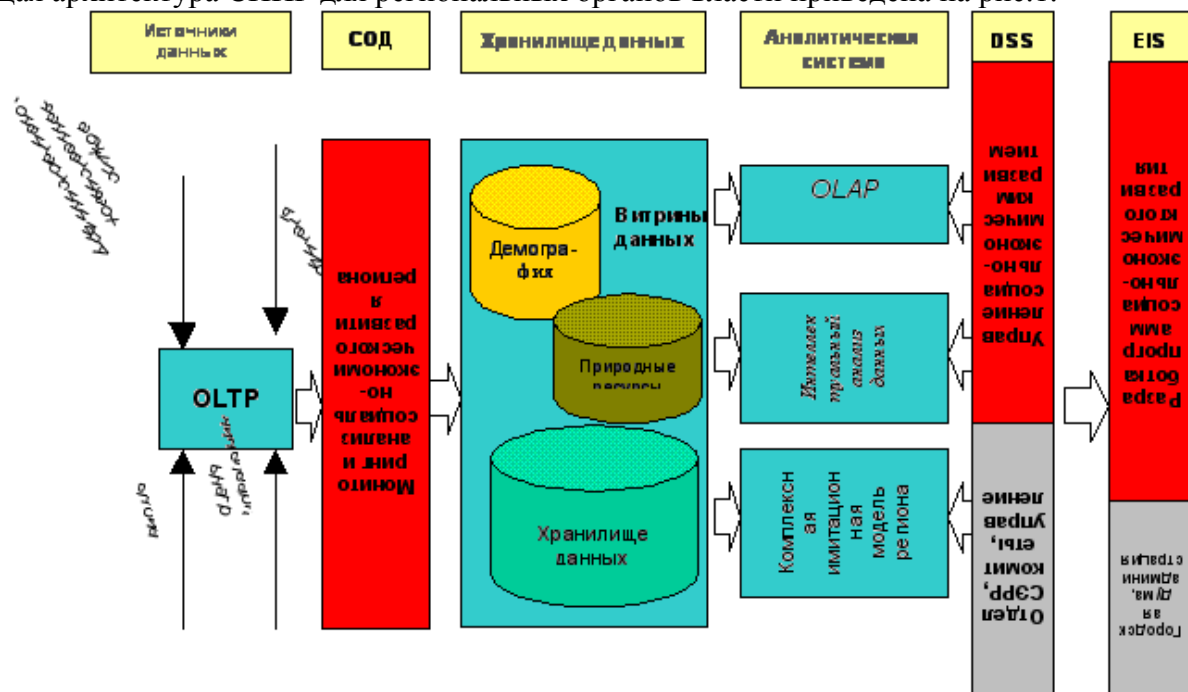
Визуализация найденных зависимостей с помощью OLAP-технологий (систем оперативной аналитической обработки данных), формирующих многомерное представление данных и произвольные срезы анализируемых данных с помощью удобных и красивых графических оболочек, существенно повышает эффективность деятельности системного аналитика на этом этапе.

Таким образом, в ходе этих предварительных этапов, данные структурируются по проблемам предметной области, преобразуются в стратегическую информацию за счет поиска тенденций, что подготавливает основу для центрального этапа процедуры принятия решений - моделирования, поддерживаемого современной технологией компьютерного моделирования. Динамические имитационные модели выступают как системообразующее и наиболее ценное звено процесса принятия решений, позволяют исследовать сложные, слабоформализованные социально-экономические системы в динамике, в условиях неопределенности информации и действия большого количества факторов стохастической природы, проигрывать большое количество альтернатив, сценариев и стратегий развития. Построение обобщенной модели региона реализуется на комплексе взаимосвязанных имитационных и оптимизационных моделей с развитыми динамическими и информационными связями между моделями всех уровней,

поддерживаемым стратифицированным описанием, выполненным CASE-средствами на верхнем уровне представления моделируемой системы.

Заключительные процедуры оценки вариантов или выбора по результатам сложных, информативных экспериментальных исследований, проводимых на комплексе имитационных моделей, характеризуются прямым участием эксперта в целенаправленном модельном исследовании и применением вычислительных процедур на основе компенсационного сочетания экспериментального подхода компьютерного моделирования с различными аналитическими методами: Data Mining (от статистических методик до экспертных и интеллектуальных систем), балансовые методы, логистические подходы, итерационные имитационно-оптимизационные вычислительные процедуры и другие. Заметим, что методы Интеллектуального анализа данных используются на разных итерациях процедуры принятия решений, на входе имитационной модели – на этапах анализа внешней среды и уточнении внутренней структуры, и на выходе – в стратегическом планировании и оперативном управлении при интерпретации результатов моделирования и в процедурах выбора.

Общая архитектура СППР для региональных органов власти приведена на рис. 1.



**Рис.1.** Общая архитектура системы поддержки принятия решений для региональных органов власти.

Аналитическую основу СППР составляет обобщенная имитационная модель региона, а также интеллектуальные и экспертные системы, аккумулирующие опыт решения задач управления и обеспечивающие участие коллектива экспертов, взаимодействующих прозрачным образом через диалоговый интерфейс с комплексом моделей в процессе выработки рационального экономического решения. Подробнее подходы к формированию обобщенной имитационной модели региона рассмотрены в 3 и 4 разделах.

В зависимости от функционального наполнения интерфейса выделяют системы: EIS и DSS, предназначенные соответственно для лиц, принимающих решение и системных аналитиков, осуществляющих стратегическое планирование.

В настоящее время на российском рынке представлено значительное количество аналитических систем, ориентированных на применение новейших информационных технологий в СППР, т.к. OLAP–сервер Hyperion Essbase, Oracle Discoverer, программные решения компании Cognos, Olap Services компании Microsoft, DSS/OLAP Business Objects. Среди систем, предлагающих достаточно полные, интегративные решения для поддержки всех уровней рассмотренной архитектуры СППР можно отметить разработки SAS Institute и российской компании «Прогноз».

### **3. Системное моделирование региональных процессов**

Методологической основой моделирования социально-экономического развития региона является системный анализ, центральной процедурой которого, как известно, является построение обобщенной (единой) модели региона, отражающей все факторы и взаимосвязи реальной системы.

Регион, как объект моделирования характеризуется :

- слабостью теоретических знаний, качественным характером знаний о системе, отсутствием теории развития города;
- высоким уровнем неопределенности исходной информации. Различают внутреннюю и внешнюю неопределенность. Внутренняя неопределенность – это совокупность тех факторов, которые не контролируются лицом, принимающим решение полностью, но он может оказывать на них влияние (например, внутренняя социально-экономическая обстановка, факторы риска и др.). Внешняя неопределенность определяется характером взаимодействия с внешней средой – это те факторы, которые находятся под слабым контролем лица принимающего решение (экологическая, демографическая, внешнеполитическая ситуация, поставка ресурсов в регион извне и т.п.);
- следствие этого является то, что результаты решения часто носят качественный характер и позволяют судить о направлениях развития динамических процессов, выполнять анализ устойчивости динамических процессов.

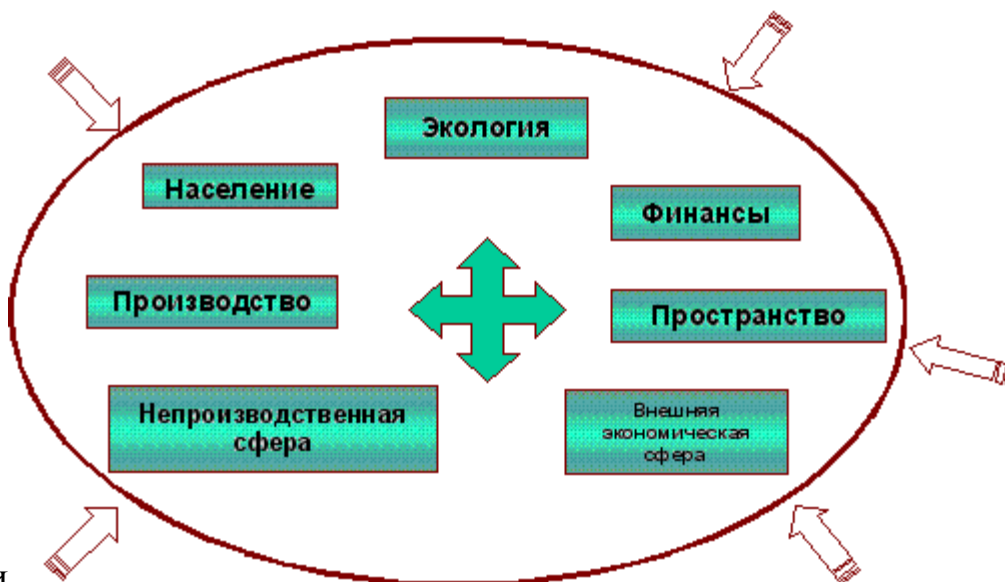
Анализ и моделирование социально-экономических, региональных процессов необходимо выполнять с учетом следующих характерных особенностей:

- регион рассматривается как сложная слабоструктурированная система, системное моделирование которой предполагает выявление большого количества сложных взаимосвязанных причинно-следственных связей между факторами, рассматриваемыми в описании сложной системы, результат действия которых не всегда очевиден при принятии решений (территориальные системы контринтуитивны, как говорил Форрестер), в описании, структуризации объекта моделирования присутствует большая доля экспертных знаний;
- региональные системы – стохастические, исследование которых необходимо выполнять в условиях неопределенности и неоднозначности;

- регион – социальная система, поэтому в ней доминируют и учитываются природные и психологические (связанные с интересами людей и др.) факторы. При принятии решений необходимо учитывать долгосрочные интересы общества. Уровень развития региона призван, в первую очередь, обеспечивать условия воспроизводства человеческой жизни;
- регион – динамическая система. Исследование процессов воспроизводства требует изучения динамики развития системы, анализа процессов роста, с учетом общего жизненного цикла региона и его частей (население, предприятия, жилой фонд и др.), адаптивной эволюции. Последнее связано с тем, что
- регион является саморегулирующей системой. Управление идет через внутриорганизационные процессы саморегулирования и основано на изменении законов и методов внутреннего управления. На слабость административных мер, неэффективность целевого финансирования и других административных программ, не связанных с приведением в действие экономических регуляторов, указывал еще Форрестер [1]. Социальные программы приводят к сдвигам, нарушениям баланса;
- существует конфликт между целями долгосрочного планирования и краткосрочными решениями, поэтому необходима координация при принятии решений;
- условием нормального развития в системе является поддержание экономического равновесия (достижения баланса использования ресурсов в системе).

Основными факторами, действующими в рассматриваемой системе являются: собственный ресурсный потенциал региона (трудовые, природные, производственные, финансовые ресурсы) и привлекаемые в регион ресурсы (как правило, в виде инвестиций и централизованных капитальных вложений), и реальные процессы общественного производства.

В задачах принятия решений целенаправленный выбор управляющих решений и экономических методов управления должен определять такие пропорции общественного воспроизводства (достижение баланса использования ресурсов в системе), которые в максимальной степени способствуют удовлетворению потребностей населения в регионе и повышению его жизненного уровня. Это основная целевая задача регионального управления.



И следуемая социально-экономическая система имеет сложную внутреннюю структуру (рис.2), в составе которой могут быть декомпозированы подсистемы: население, производство, непроизводственная сфера, экология, пространство, финансы, внешняя экономическая сфера, характеризуется иерархичностью управления и активностью отдельных ее подсистем, взаимодействие элементов в рамках которой рассматривается с учетом характера воздействий внешней среды на внутреннюю структуру.

**Рис.2.** Структура социально-экономической системы

Регион представляется как целенаправленная и многоцелевая система, имеющая неоднородные внутренние и внешние цели, самостоятельные подцели отдельных подсистем, систему показателей измерения целей, многообразные стратегии их достижения и т.д.

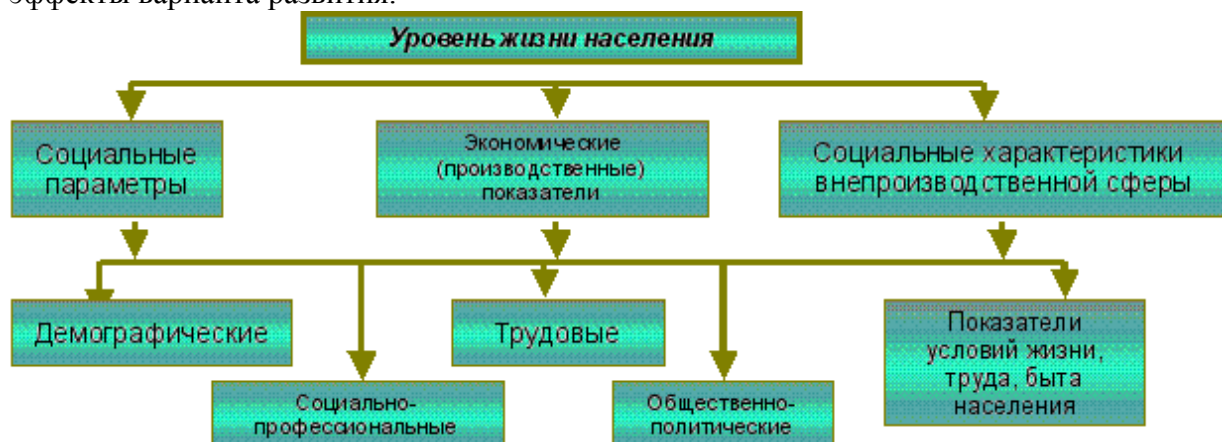
Общая цель системы может быть формализована в виде ряда слабоформализованных взаимосвязанных подцелей. При выборе тот или иного варианта развития приходится формировать согласованное решение, позволяющее находить компромисс между региональными целями и общегосударственными целями, с одной стороны, и целями отдельных предприятий и хозяйственных субъектов, с другой стороны.

Рассмотрим систему показателей социально-экономического развития региона.

Социально-экономическая составляющая уровня развития региона выполняет двоякую роль: всестороннего развития личности, с одной стороны, определенного способа удовлетворения потребностей населения района в услугах социальной инфраструктуры - с другой.

Если исходить из всестороннего развития личности, то неперенными условиями выступают достижение определенного уровня жизни (материальный аспект), совокупность форм и видов жизнедеятельности людей. Нормальные условия жизнедеятельности в немалой степени обеспечиваются путем удовлетворения суммы материальных, социальных и культурных потребностей в процессе пользования благами

и услугами предприятий социальной инфраструктуры региона. Степень удовлетворения этих потребностей должна отражаться соответствующей системой показателей. Обобщенный подход к оценке уровня развития позволяет сформировать иерархическую структуру показателей (рис.3), все социально-экономические показатели которой находятся между собой в сложной взаимосвязи, и выполнить построение агрегированных показателей, характеризующий социально-экономический уровень развития региона. Система показателей социально-экономического развития региона представляет собой сложную иерархическую структуру с множеством частных показателей, в которую в зависимости от задачи управления могут включаться критерии, отражающие социальный, экономический, градостроительный и другие эффекты варианта развития.



**Рис.3. Схема показателей социально-экономического развития региона**

В общем случае система показателей включает интегрированный критерий, отражающий уровень жизни населения в регионе (например, национальный доход на душу населения). На верхнем уровне этой иерархической структуры выделяют 3 группы агрегированных критериев, включающих:

- обобщающую оценку социальных параметров региона;
- показатели, характеризующие объективные экономические (производственные) условия региона,
- переменные, отражающие социальные характеристики внепроизводственной сферы, зависящие от развития производства.

В свою очередь агрегированные показатели дают общую оценку состояния социально-экономической структуры и включают демографические, социально-профессиональные, трудовые и общественно-политические параметры, а также параметры, отражающие условия жизни, труда и быта населения региона.

В модели заложены основные виды регуляторов для территориальных систем:

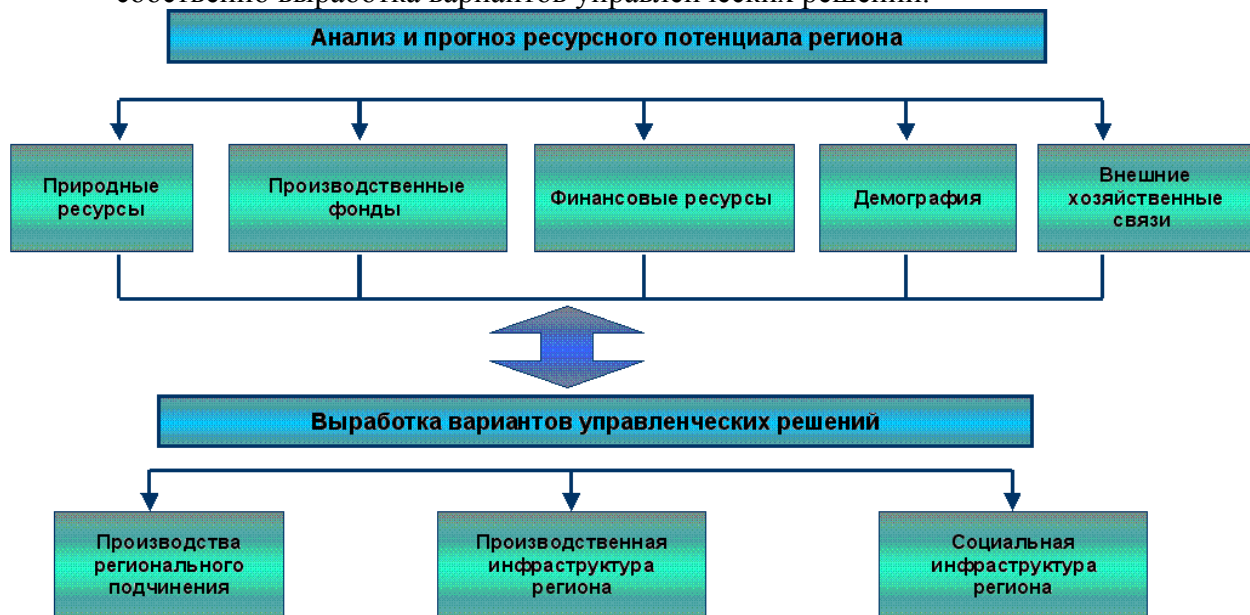
- административные;

- нормативные;
- земельные;
- бюджетно-налоговые;
- организационно-правовые;
- договорные.

#### 4. Стратифицированное описание обобщенной модели региона

С позиций системного подхода сформировано стратифицированное описание модельного комплекса социально-экономического развития региона, в общем виде приведенное на рис.4, в котором выделены основные уровни:

- анализ и прогнозирование ресурсного потенциала региона;
- собственно выработка вариантов управленческих решений.



**Рис.4.** Обобщенная модель социально-экономического развития региона.

На первом уровне по виду ресурсного потенциала выделены блоки: природные ресурсы, производственные фонды, демография, финансы, внешние хозяйственные связи, и некоторые другие.

Кратко обозначим основной спектр задач, решаемых в рамках выделенных блоков. В блоке «Природные ресурсы» исследуется состав, оценивается потребление природных ресурсов, рассматриваются вопросы ресурсосбережения, оценивается общее экологическое состояние региона. Прогнозирование и эколого-экономическое регулирование осуществляется на основе концепции устойчивого развития. На уровне общего анализа ресурсного потенциала региона в модели природные ресурсы детализируются как возобновимые и невозобновимые. На более высоких уровнях детализации созданы модели по основным видам природных ресурсов: земельные

(отдельно сельскохозяйственные земли и земли урбанизированных территорий), водные, лесные и др., отражающие специфику использования и воспроизводства каждого вида ресурсов.

В аналитическом блоке «Производственные фонды региона» исследуется структура и эффективность использования производственных фондов региона с учетом развития научно-технического прогресса, применения инновационных технологий и других факторов.

В блоке «Демография» осуществляется анализ демографической ситуации в целом по региону и по отдельным возрастным группам, прогнозирование состояния трудовых ресурсов, оценка занятости с учетом миграционных процессов.

Моделирование бюджетного процесса, анализ кредитной, инвестиционной деятельности, поведение банковской системы отражают общее состояние финансовых ресурсов региона. Аналитический блок «Внешние хозяйственные связи» отражает основные экзогенные отношения региональной системы с внешней средой: внешняя торговля и экспортно-импортные операции, структура госзаказов, кредиты-займы и т.п..

Выработка реальных стратегических вариантов развития региона на практике ведется по трем основным направлениям:

- производства регионального подчинения (в зависимости от специфики региона может быть отдельно выделен блок производства нерегионального подчинения);
- производственная инфраструктура региона;
- социальная инфраструктура региона.

Средствами аналитического блока «Производство» разрабатывается общая стратегия развития промышленности и предпринимательства в регионе, размещения предприятий, комплексный анализ экономического равновесия на региональных рынках и выделение диспропорций в развитии, управление собственностью, внедрение и оценка эффективности внедрения инновационных проектов и др..

В аналитическом блоке «Производственная инфраструктура региона» осуществляется поддержка принятия решений, связанных с развитием энергетической, строительной, транспортной систем, являющихся обеспечивающими для развития производства и социальной сферы.

По направлению «Социальная инфраструктура региона» осуществляется развитие сферы услуг в соответствии с выявленными тенденциями потребления, жилищно-коммунального хозяйства, медицинского обслуживания, образования, разработка эффективной социальной политики и т.п..

Частные задачи и модели социально-экономических систем, реализуемые в рамках единой модели могут отражать различные типы отношений или аспекты функционирования объекта: балансовые отношения, технологические, поведенческие, структурные, экологические, демографические, экзогенные и др. Системный характер исследования предполагает динамически формируемые, развитые информационные взаимосвязи между моделями всех стратов в процессе выработки и принятия решений. Например, решения по развитию производства связаны с анализом состояния трудовых ресурсов в регионе, возможности обеспечения ресурсами производственной инфраструктуры, прежде всего, энергетическими, транспортными, и решением целого ряда других проблем. Обратные связи здесь просматриваются с экологической подсистемой, анализом финансовых отчислений (прежде всего налогов в рамках местного налогообложения) в бюджет. На

выходе необходимо выполнить анализ на предмет поддержки социальной сферы, т.к. главный вопрос территориального управления: - способен ли город себя обеспечивать? На практике, реализация обобщенной модели связана с созданием комплекса взаимосвязанных математических и имитационных моделей со сложными информационными и развитыми динамическими связями между моделями всех уровней. Упрощает эту реализацию стратифицированное описание модельного комплекса, которое может быть выполнено формальными методами, например с использованием концепции Дж. Клира, или с применением CASE-средств и других средств интеграции моделей (вложенные, иерархические структуры), поддерживаемых современными системами моделирования. Стратификация является общим принципом системного моделирования и используется при анализе и синтезе сложных систем на основе методов компьютерного моделирования. Говоря о стратификации сложных систем, понимают конструирование баз данных и знаний, над которыми определены вычислительные процессы решения локальных задач системного анализа. Стратифицированное описание модельного комплекса служит основой для разработки соответствующей машинной технологии в СППР и кладется в основу формирования баз данных и знаний.

## **5. Имитационное моделирование социально-экономических процессов**

Основным системообразующим методом моделирования в задачах социально-экономического развития региона является метод имитационного моделирования, который:

- позволяет формировать обобщенную модель системы на основе единого фрейма данных;
- реализует итерационный характер разработки модели, поэтапный характер детализации моделируемых подсистем, что позволяет постепенно увеличивать полноту оценки принимаемых решений по мере выявления новых проблем и получения новой информации;
- предлагает новую методологическую основу научного исследования – эксперимент на имитационной модели (что позволяет оценивать последствия принимаемых решений не на живых людях, а на компьютерных моделях). Главным преимуществом имитационного моделирования является то, что эксперт может ответить на вопрос «Что будет, если ?», т.е. с помощью эксперимента на модели вырабатывать стратегию развития;
- широко применяется в системах принятия решений, так как позволяет анализировать большое число альтернатив, стратегий, проводить сценарные расчеты, исследовать стохастические системы в условиях неопределенности и т.д.,
- позволяет изучать динамику развития социальных систем.

На макро-уровне модельного комплекса используются модели и методы системной динамики. Концепция системной динамики позволяет моделировать динамические процессы на высоком уровне агрегирования, в основе нее лежит представление о функционировании динамической системы, как совокупности потоков (денежных, продукции, людских и т.п.). Содержание базовой концепции структуризации в методах

системной динамики может интерпретироваться как способ структуризации дифференциальных моделей, базирующийся на концепции потоковой стратификации систем. В общей структурной схеме моделей системной динамики выделены две части: сеть потоков и сеть информации.

Рассмотрим кратко общее содержание технологического подхода к построению моделей.

Модели регионов – это модели ресурсного типа: ресурсы (трудовые, финансовые, природные и др.) исчерпываются, ресурсы пополняются, и могут быть описаны как сеть разнородных потоков. Состояние региональной экономической системы описывается переменными (количество населения различных категорий, производственные фонды, расходуемые ресурсы). Внешние воздействия и управленческие решения определяют темп (динамику) моделируемой системы (скорость подачи и изъятия ресурсов).

На основании обработки знаний экспертов выявляются все факторы, действующие в рассматриваемой системе, и причинно-следственные соотношения между ними. С помощью современных систем моделирования (таких, например, как Ithink, Vensim, Dupato и других) модель формируется на идеографическом уровне. Визуальный конструктор моделей делает их легко интерпретируемыми для совместных экспертных ревью. Получаемые системные потоковые диаграммы являются формой структуризации знаний эксперта, в информационной сети которых вырабатывается рассогласование (дисбаланс) по различным видам потребностей и потребления ресурсов.

В блоках принятия решений на основе этой информации выдаются управляющие воздействия на различные виды объектов. Современные системы моделирования имеют развитые средства для проведения сценарных расчетов и анализа результатов моделирования.

Модели системной динамики применяются совместно с дифференциальными уравнениями балансового типа, а также в сочетании с принципами и методами логистики, основанными на оптимизации, управлении, интеграции потоков в сложных системах.

Перспективно применение компьютерного моделирования в сочетании с другими методами принятия решений, интеллектуальными технологиями, экспертными процедурами, реализация имитационно-оптимизационных вычислительных процедур на основе компенсационных подходов.

Отметим в заключении, что на некоторых стратах обобщенной модели региона и уровнях принятия решения, там где это возможно, могут использоваться традиционные методы моделирования – аналитические, методы прогнозирования, групповые методы экспертного оценивания и др.

Некоторые проблемы и современные тенденции в имитационном моделировании подробно рассмотрены в [2,3], т.к. реализация такого рода проектов по комплексному моделированию предполагает и существенно стимулирует развитие метода и технологии имитационного моделирования

Общая проблематика имитационного моделирования включает ряд аспектов:

- методологический, связанный с созданием новых концепций формализации и структуризации моделируемых систем, развитием методологических основ системного моделирования, ориентированных на математическую и информационную поддержку всего цикла системного моделирования: от постановки проблемы и формирования концептуальной модели – до анализа результатов вычислительного эксперимента и принятия решения; отработкой

подходов к созданию стратифицированных описаний моделируемых систем, разработкой методологии построения систем поддержки принятия решений в области комплексных проектов по моделированию и др.;

- математический, связанный с широким использованием в имитационном моделировании вообще, и в процедурах вычислительного эксперимента в частности, статистических методов самого различного назначения, математических методов оптимизации и принятия решения, методов искусственного интеллекта;
- технологический аспект.

Сегодня имитационное моделирование становится все более зрелой компьютерной технологией. Кратко отметим основные направления совершенствования технологических возможностей современных систем моделирования:

- создание проблемно-ориентированных систем моделирования в различных областях исследований;
- наличие удобного и легко интерпретируемого графического интерфейса, когда блок-схемы дискретных моделей и системные потоковые диаграммы непрерывных реализуются на идеографическом уровне, параметры моделей определяются через подменю;
- объектно-ориентированное моделирование;
- использование развитой двух- и трех-мерной анимации в реальном времени;
- применение структурно-функционального подхода, многоуровневых иерархических, вложенных структур и других способов представления моделей на разных уровнях описания (см. понятие «стратифицированное описание»);
- совершенствование инструментов для проведения сценарных расчетов;
- информационная (доступ к базам данных) и математическая поддержка процедур анализа входных данных, анализа чувствительности и широкого класса вычислительных процедур [2], связанных с планированием, организацией и проведением направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели;
- применение интерактивного распределенного моделирования, разработки в области взаимодействия имитационного моделирования со Всемирной паутиной и др.

## **5. Информационно-аналитическая система прогнозирования социально-экономического развития региона**

На кафедре Информационных систем Государственного Университета Управления в рамках проекта «Комплексная интегрированная автоматизированная информационная система административно-территориального и муниципального управления» создан аналитический блок «Моделирование социально-экономического развития региона», ядро которого составляет комплекс имитационных моделей, реализуемый на основе методов системной динамики и современных технологий компьютерного моделирования. В

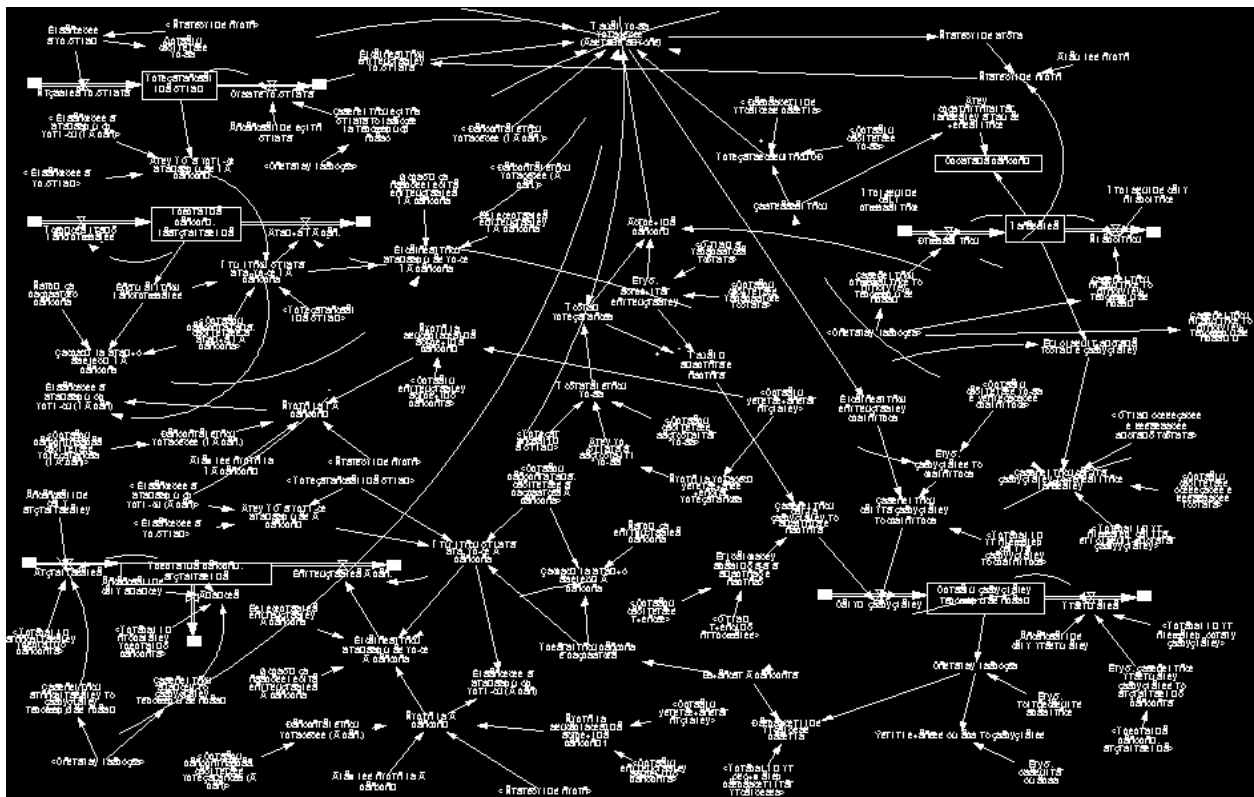
настоящее время, на уровне, удовлетворяющем условиям практического применения, реализованы следующие модельные комплексы:

- обобщенная компьютерная модель региона, позволяющая прогнозировать основные показатели социально-экономического развития региона, финансовые и экономические показатели, проводить комплексный анализ уровня и качества жизни в территориальном разрезе в долгосрочной и краткосрочной перспективе;
- аналитический блок «Анализ и прогнозирование ресурсного потенциала региона» с детализацией по основным видам природных ресурсов: земельные ресурсы (в том числе земли урбанизированных территорий), водные, лесные, минерально-сырьевые и др. ресурсы, позволяющий исследовать вопросы использования природных ресурсов региона в аспекте социально-экономического развития; в него включена подсистема «Экология» с детализацией производственно-технологических, экологических отношений в моделируемой региональной системе, рассматриваемых на основе концепции устойчивого развития;
- блок «Моделирование бюджетного процесса», в рамках которого прогнозируются доходы и планируются расходы местного бюджета при комплексной оценке социально-экономического развития и основных финансовых показателей при формировании конкретной финансовой политики региона;
- блок «Анализ демографических тенденций» на основе динамических моделей, с выделением подсистемы «Трудовые ресурсы региона»;
- комплекс моделей «Экономика», позволяющий прогнозировать состояние отраслевых (производственных) и региональных комплексов, проводить анализ рыночного равновесия и выделение диспропорций и соответствующих точек роста в экономической системе региона;
- комплекс динамических моделей «Социальная сфера», в рамках которого реализована соответствующая агрегированная модель и детализированные по отраслевому признаку модельные комплексы «Здравоохранение», «Жилой фонд» (адаптированные на решение задач в рамках проводимых в настоящее время реформ в этих сферах), «Образование» и другие;
- ведется также адаптация модельных комплексов под специфику регионов – проекты «Урбанизированная территория», «Малые города России», «Сельскохозяйственные регионы» и т.п.

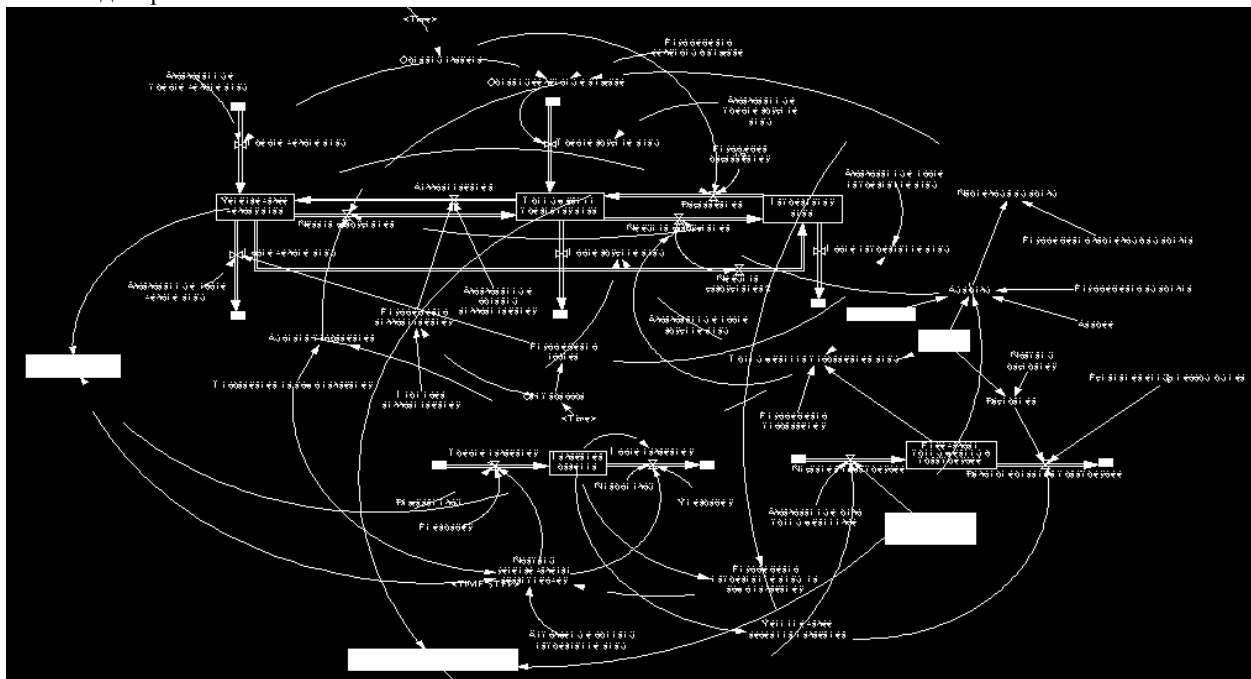
Поскольку весь проект в докладе продемонстрировать невозможно, сделаем это фрагментарно.

На рис. 5 представлены системные потоковые диаграммы фрагмента агрегированной модели «Анализ и прогнозирование ресурсного потенциала региона». На основе информации из отраслевых и комплексных кадастров природных ресурсов, мониторинга окружающей среды и экологического аудита органами власти разрабатываются эффективные механизмы управления природопользованием. С помощью модели можно проводить прогнозирование будущих состояний и оценку стратегий управления. Эколого-экономическое регулирование и выработка природоохранных мероприятий выполняется на основе концепции устойчивого развития, что позволяет оценивать основные социально-экономические показатели с учетом экологической составляющей. На выходе модели анализируется общее состояние основных ресурсов региона, возобновимых и невозобновимых природных ресурсов, уровень загрязнения окружающей среды,

экономический ущерб от загрязнений и совокупный эффект эколого-экономических взаимодействий по различным сценариям, обрабатываемым стратегиям управления. Общий подход к реализации блока «Природные ресурсы» с детализацией по отдельным видам природных ресурсов можно продемонстрировать на подсистеме «Водные ресурсы региона», где процессы потребления, ресурсосбережения, общей оценки состояния, в том числе экологического, водных ресурсов рассматриваются с учетом антропогенного и промышленного процесса использования, процессов естественного восстановления и самоочистки, а также с учетом факторов и мер эколого-экономического регулирования. Системные потоковые диаграммы фрагмента модели «Водные ресурсы» приведены на рис. 6.



**Рис.5.** Модель «Анализ и прогноз ресурсного потенциала региона». Системные потоковые диаграммы.



**Рис.6.** Анализ и прогноз ресурсного потенциала региона. Водные ресурсы. Системные потоковые диаграммы.

Модель отрасли «Здравоохранение» реализована в рамках аналитического блока «Социальная сфера». Фрагменты системных потоковых диаграмм модели представлены на рис. 7,8,9. Модель ориентирована на общую оценку медико-демографической ситуации в регионе (рис 7) и позволяет осуществлять финансовое планирование отрасли с учетом бюджетных средств и ресурсов Фонда медицинского страхования, доходов медицинских учреждений от коммерческой деятельности и др. (рис 9), разрабатывать меры в части правового (выбор нормативов) регулирования и административного, связанного с реструктуризацией отрасли, определением достаточной и эффективной структуры сети амбулаторно-поликлинических и стационарных учреждений, проведением кадровой политики в отрасли (рис 8). Сектор медицинского обслуживания), прогнозировать общую динамику уровня жизни с учетом степени обеспеченности населения услугами этой части социальной сферы.

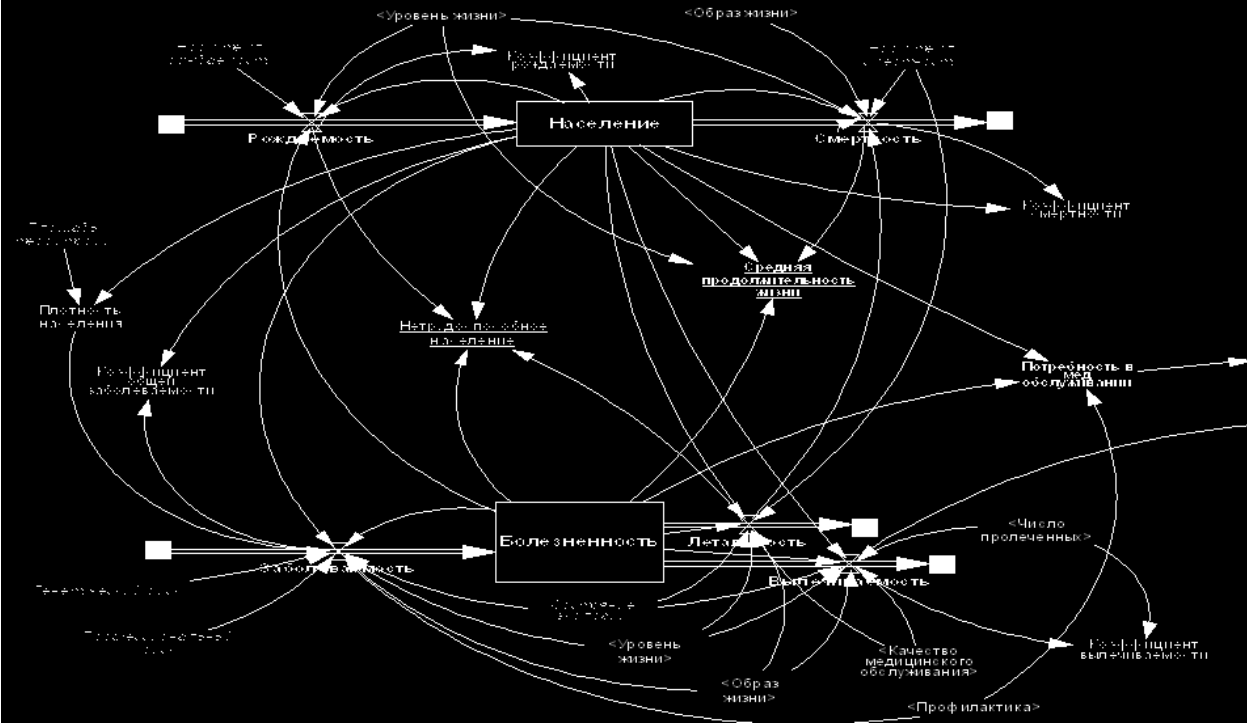


Рис. 7. Здравоохранение. Системные потоковые диаграммы: медико-демографический сектор.

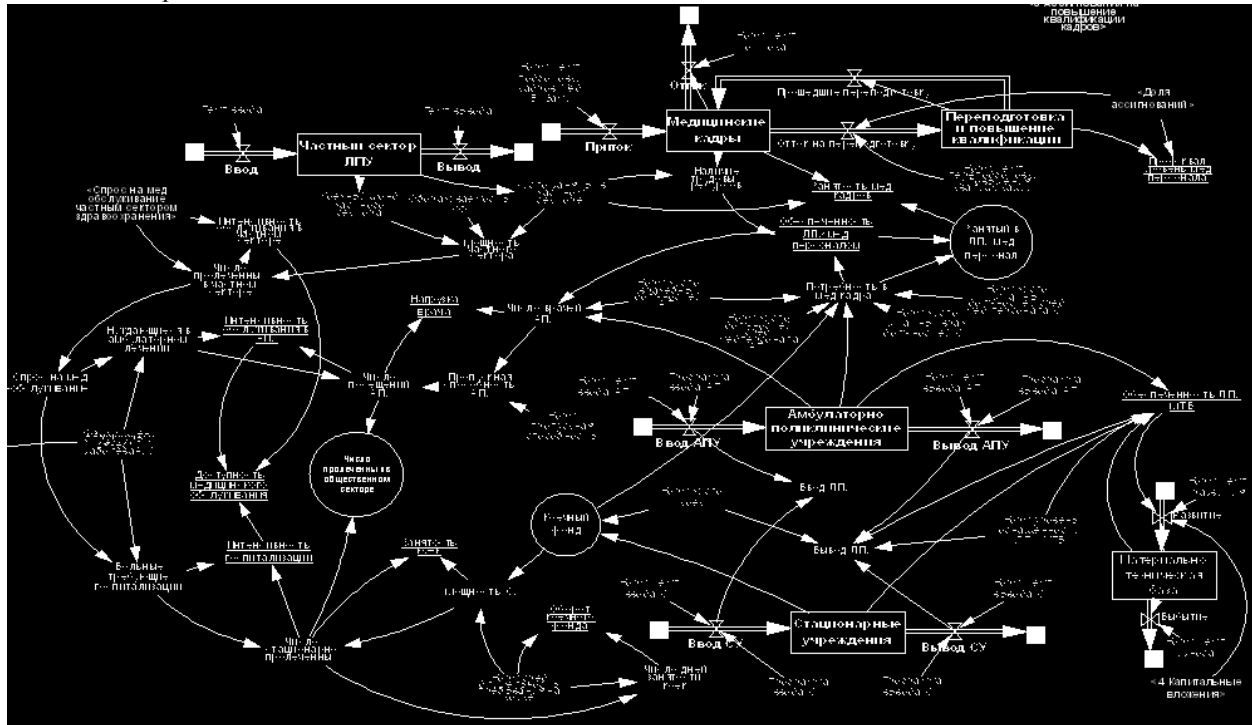
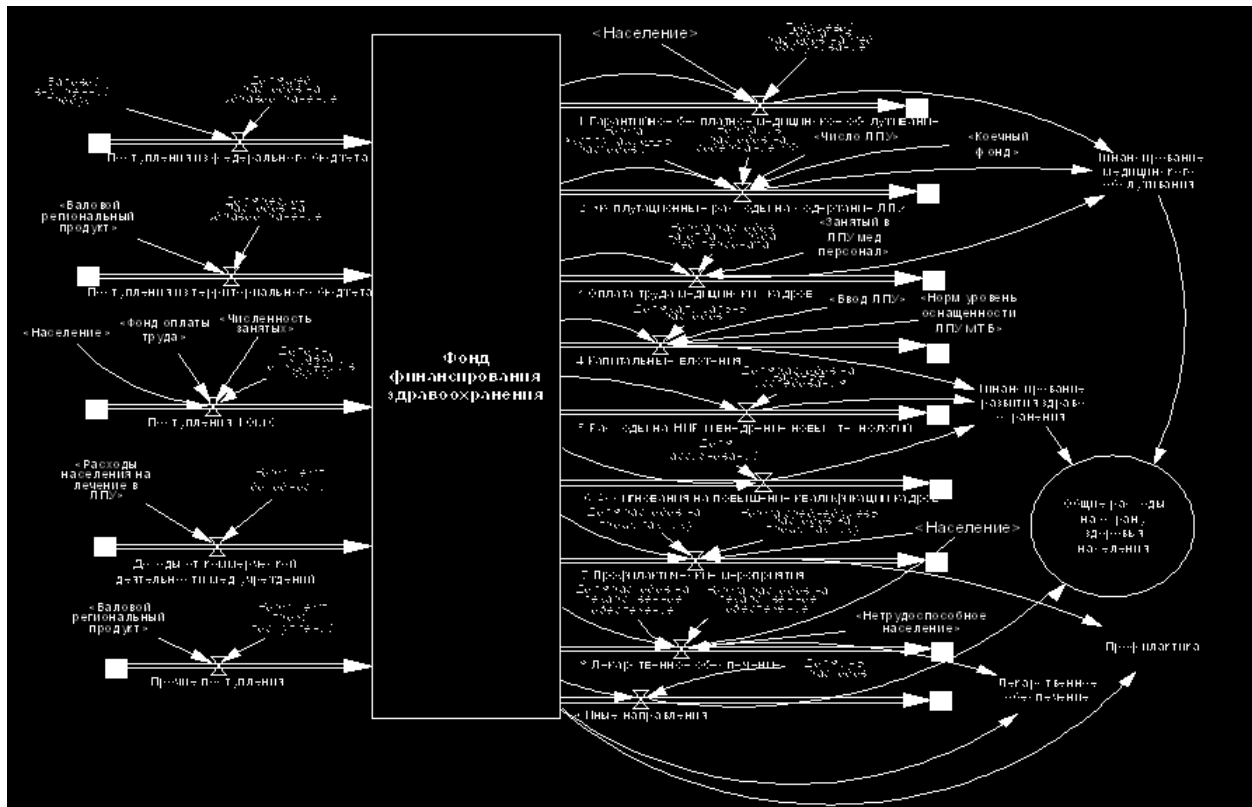
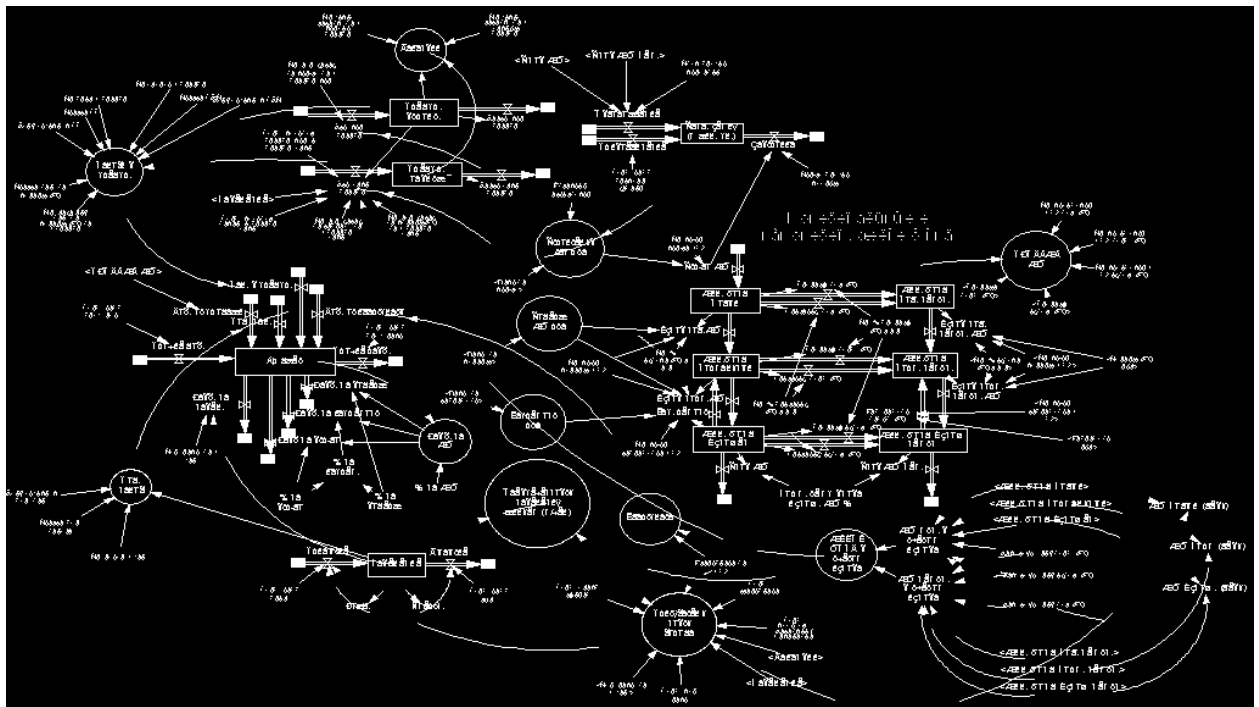


Рис. 8. Здравоохранение. Системные потоковые диаграммы: сектор медицинского обслуживания.



**Рис. 9.** Здравоохранение. Системные потоковые диаграммы: Финансовый сектор отрасли здравоохранения.

Важной составляющей социальной инфраструктуры является жилищно-коммунальная сфера. Системные потоковые диаграммы агрегированной компьютерной модели «Жилищно-коммунальная сфера» приведены на рис. 12. Компьютерная модель позволяет описывать динамику развития города с учетом воздействия различных факторов, т.к. эволюция жилого фонда и планирование деятельности жилищно-коммунального хозяйства, бюджетный процесс и предпринимательская активность в городе, деятельность строительных организаций, финансовые отношения, реальные демографические и миграционные процессы. Основные подсистемы модели жилищно-коммунальной сферы: бюджет, предприятия (прежде всего строительные), население, земельные ресурсы и жилой фонд, который в свою очередь детализируется по различным категориям с учетом форм собственности, степени износа и др. Основным показателем социально-экономического развития является обеспеченность населения территории жильем, который на моделях других уровней детализации оценивается с учетом факторов качества и доступности приобретения жилья, характером оплаты жилья населением и за счет бюджетных дотаций, с учетом социальных дотаций населению в этой сфере и др. Модели этого комплекса адаптированы на решение современных задач реформирования жилищно-коммунального хозяйства, позволяют проводить общий прогноз основных социально-экономических показателей, выявлять диспропорции с учетом общего состояния жилого фонда и поддерживающей инфраструктуры, осуществлять бюджетное планирование в жилищной сфере, разрабатывать социально-сбалансированную тарифную политику.



**Рис. 10.** Агрегированная модель «Жилищно-коммунальная сфера». Системные потоковые диаграммы.

В аналитический блок «Социальная сфера» входят также модели «Образование», «Социальная политика» и др.

Модельный комплекс реализован в высокотехнологичной среде моделирования Vensim 5.0, имеющей развитые идеографические средства для построения системных потоковых диаграмм, инструментарий проведения сценарных расчётов и анализа результатов моделирования.

Разработанный аналитический комплекс территориальных систем позволит органам власти различных уровней решать конкретные стратегические задачи социально-экономического развития народно-хозяйственных комплексов и регионов в целом, обеспечивая их взаимодействие с задачами оперативного управления, и может быть интегрирован в контур СППР соответствующего назначения.

## Список литературы

1. Форрестер Дж. Динамика развития города. М.: Прогресс, 1974. 287 с.
2. Лычкина Н.Н. Системы принятия решений в задачах социально-экономического развития регионов // Компьютолог. 1999. № 2(32). С. 11-18.
3. Лычкина Н.Н. Технологические возможности современных систем моделирования // Банковские технологии. 2000. Вып. 9.С. 60-63.