

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ<sup>1</sup>

*В статье рассматривается компьютерная технология ситуационного прогнозирования, позволяющая проводить прогнозирование социально-экономической деятельности региона одновременно по всем показателям с учетом отношений между ними. При этом прогноз является результатом эволюции исходного состояния имитационной модели региона на заданную перспективу при заданных сценарных условиях. При прогнозировании субъекты региона рассматриваются как агенты, каждый из которых имеет свою цель, ресурсы и стратегию поведения. Технология прогнозирования одобрена Министерством экономического развития и торговли РФ, реализована и используется Департаментом экономического развития и инвестиций Администрации Самарской области.*

**Предпосылки.** Важнейшей функцией органов исполнительной власти субъектов РФ является разработка научно-обоснованного долгосрочного прогноза, стратегии и программы социально-экономического развития региона. Успешное выполнение этой функции во многом зависит от технологии прогнозирования социально-экономической деятельности региона, которой владеют экономические органы областей (краев, республик). Анализ практического опыта администраций субъектов РФ показывает, что традиционные технологии прогнозирования регионального развития имеют следующие недостатки:

- прогнозирование ведется по разрозненным группам показателей (население и трудовые ресурсы, промышленность, сельское хозяйство, капитальные вложения, доходы и расходы бюджета, финансовые ресурсы и затраты, валовый региональный продукт и т.п.);
- применяются, в основном, статистические (трендовые) методы прогнозирования;
- используемая статистическая информация неполна и непоследовательна.

В итоге результаты прогнозирования, особенно на долгосрочный период, оказываются противоречивыми. Это порождает необходимость их согласования, что выполняется чаще всего только по отношению к верхнему уровню показателей путем более или менее механической подгонки. Поскольку показатели других уровней остаются при этом без изменения, то противоречивость не устраняется, а как бы «регулируется», и тем изящнее, чем искуснее аналитик-прогнозист. И что хуже всего, любое изменение в сценарии прогнозирования неизбежно ведет к повторению этой трудоемкой и неформализуемой процедуры.

Возможен и другой подход, основанный на составлении общего списка прогнозируемых параметров, выписывании отношений и причинно-следственных связей между ними. Последнее требует введения субъектов региона как действующих агентов и описание стратегий их поведения. Задав сценарно траектории экзогенных параметров полученной модели, можно рассчитать эволюцию эндогенных параметров путем воспроизведения установленных причинно-следственных связей. Главное преимущество такого подхода к прогнозированию состоит в том, что основное внимание уделяется не анализу трендов основных показателей, характеризующих состояние региона, а оценке параметров стратегий поведения его субъектов, приведших к этому состоянию. Еще один важный аргумент – априорная сба-

---

<sup>1</sup> Авторы выражают особую признательность сотрудникам Департамента экономического развития и инвестиций Самарской области, чей высокий профессионализм и заинтересованное участие позволили довести работу до практической реализации.

лансированность получаемого прогноза в отличие от трендового прогнозирования по отдельным показателям или их группам.

Рассматриваемый подход, несмотря на его очевидность, непросто и требует решения ряда научных и технических проблем. В частности, он подразумевает решение фундаментальной проблемы экономического моделирования, связанной с проведением комплексных теоретических исследований производственных, инвестиционных, финансово-кредитных, социальных и других процессов, протекающих на территории региона и определяющих его состояние и развитие. Как показывают литературные источники, наиболее стандартный подход к моделированию поведения экономических систем состоит в использовании моделей общего равновесия [1-2]. (Подробный анализ моделей равновесия см. в [2].) В работе [3] рассматривается макроэкономическая динамическая модель, построенная на идеях общего равновесия. Согласно теории равновесия, экономические агенты (производители и потребители), действуя в эгоистических интересах, составляют индивидуальные планы производства и потребления продукции. Этот процесс описывается моделями поведения, характер которых зависит от технологии производства, системы предпочтений и системы цен. Если технология и система предпочтений фиксированны, то существенной оказывается только система цен. Первый вопрос, на который следует ответить – вопрос существования. Найдется ли вообще для данной системы предпочтений и данной технологии производства равновесная система цен, при которой соответствующие ей решения производителей и потребителей будут совместимы? Следующий вопрос – достижимо ли состояние равновесия? Если оно единственно и достижимо, то как это состояние будет меняться при изменении технологии производства и предпочтений потребителей? Наконец, последний вопрос – насколько эффективно состояние равновесия с точки зрения общего благосостояния? Анализ экономической динамики сводится к определению функций спроса и предложения, обеспечивающих существование и устойчивость стационарной точки модели [4-5].

Перечислим факторы, не позволяющие, на наш взгляд, надеяться на эффективность применения методов теории общего равновесия для анализа и прогнозирования региональной социально-экономической ситуации:

- теория общего равновесия применима по отношению к мелким производителям и потребителям в условиях совершенной конкуренции, когда ни один из экономических агентов не в состоянии самостоятельно влиять на систему цен и воспринимает ее как заданную, что не соответствует ситуации в России;

- для условий быстро меняющегося общества теория общего равновесия в лучшем случае может дать только дрейфующую асимптоту, к которой стремятся экономические процессы;

- регион является открытой системой, однако многие процессы, связанные с его экономикой, протекают за его пределами (например, экономический гигант АвтоВАЗ (Тольятти) имеет основных контрагентов за пределами региона);

- методы теории общего равновесия не обеспечены в достаточной степени региональной социально-экономической статистикой.

Кроме того, отношения спроса и предложения сами по себе не в состоянии ничего объяснить. Важны процесс установления равновесия между ними, законы формирования цен на товары и доходов различных классов общества, а также динамика движения к равновесию. Другая важная проблема – верификация и коррекция региональной социально-экономической статистики [6]. В большинстве работ по региональному моделированию эта проблема даже не упоминается.

И наконец, не последнюю роль играет выбор инструментальных средств моделирования. Не секрет, что имеющиеся в распоряжении разработчиков несовершен-

ные методы и вычислительные средства приводят к намеренному огрублению модели, отказу от тех или иных идей в угоду используемому инструменту. Правда, в последнее время в экономическом моделировании стали использоваться идеи искусственного интеллекта и мультиагентного моделирования, позволяющие по-новому взглянуть на социально-экономические процессы как на интерференцию поведения субъектов территории.

**Технология ситуационного прогнозирования.** Результатом решения упомянутых выше проблем явилась разработка Технологии ситуационного прогнозирования [7, 8], которая была реализована в Департаменте экономического развития и инвестиций Администрации Самарской области при создании автоматизированной системы регионального прогнозирования «АИС-Регион». В основу этой технологии положена концепция, согласно которой прогноз есть результат эволюции исходного состояния балансовой имитационной модели деятельности региона на заданную перспективу при задаваемых сценарных условиях. При этом прогнозное состояние является следствием интерференции поведения субъектов региона на горизонте прогнозирования. В процессе прогнозирования исходная база данных переносится в точку прогнозирования через модель причинно-следственных связей (рис. 1).

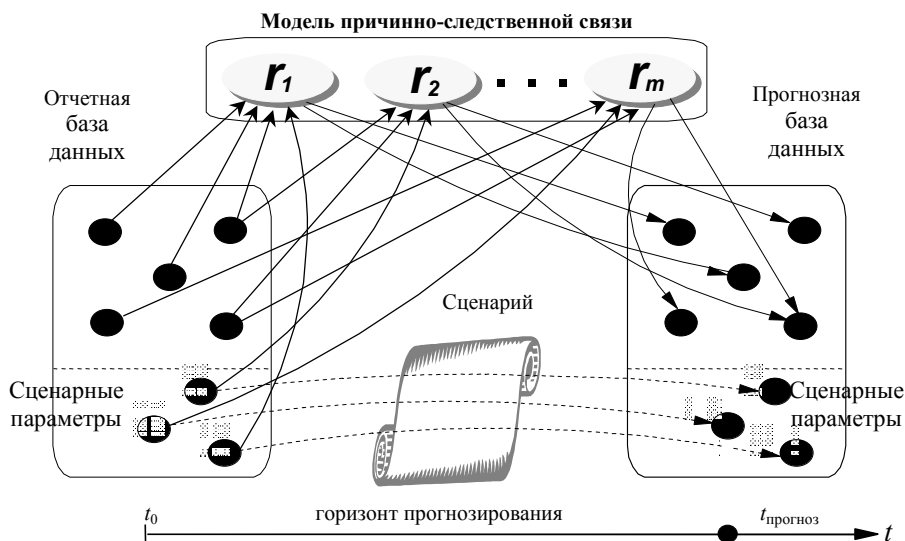


Рис. 1. Схема прогнозирования

Экзогенные параметры модели переносятся через сценарий. При этом для любого момента времени средствами моделирования гарантируется сохранение отношений между параметрами в соответствии с моделью.

**Модель социально-экономической деятельности региона.** Задача моделирования решалась в классе моделей системной динамики. В основу моделирования социально-экономической деятельности региона положена концепция «баланса балансов» [9], согласно которой частные балансовые построения, отражающие процессы образования и расходования материальных, финансовых и трудовых ресурсов региона, объединяются в единое целое через общие переменные в соответствии с логикой причинно-следственных связей. Структура модели показана на рис.2.



В модели рассматриваются 3 сферы: сфера производства товаров и рыночных услуг, сфера нерыночных услуг и население (домашние хозяйства). Эти сферы взаимодействуют между собой через следующие рынки: финансовый, потребительский, материальных факторов производства (труда). Распределение финансовых ресурсов происходит через бюджетные и внебюджетные фонды. Стратегии поведения субъектов региона (населения, хозяйствующих субъектов, фондов денежных средств, регионального руководства) описываются как процессы целевого распределения соответствующих ресурсов (финансовых, материальных, трудовых). При этом модель поведения экономического агента предполагает, что он ищет максимум полезности [2]. В частности, население региона реализует свою стратегию поведения, направленную на распределение наличных денежных средств (для наилучшего удовлетворения потребностей) и распределение трудовых ресурсов (для максимизации доходов). Стратегия поведения хозяйствующего субъекта основана на требовании обеспечить максимум прибыли предпринимателю и оптимальный рост производства [3]. Фонды денежных средств распределяются в соответствии с принятыми в регионе стратегиями регионального развития. Стратегия регионального руководства нацелена на рост благосостояния в регионе.

Поведение каждого из названных субъектов описывается частной динамической моделью, которая объединяет две взаимосвязанные стратегии. Первая представляет собой процедуру целевого распределения наличных ресурсов (финансовых, материальных, трудовых) между потребителями в соответствии с темпом их формирования. Вторая управляет некоторым набором параметров для увеличения потока этих ресурсов. Состояние ресурса описывается следующей динамической моделью:

$$dA(t) / dt = D(t) - R(t), \quad (1)$$

где  $D(t) = D_1(t) + \dots + D_m(t)$  – текущее образование ресурса;  $(2)$

$$R(t) = R_1(t) + \dots + R_n(t) – \text{текущее использование ресурса.} \quad (3)$$

В свою очередь

$$R_i(t) = \alpha_i(t)A(t), \quad (4)$$

где  $\alpha_i (i = 1, 2, \dots, n)$  – коэффициенты, характеризующие текущие пропорции распределения ресурса. Обозначим  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$  – параметры управления источниками ресурса  $D_1, D_2, \dots, D_m$ . По сути дела, стратегия субъекта – это алгоритм решения следующей оптимизационной задачи для каждого момента времени  $t$ :

$$\underset{(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n), (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)}{\text{extr}} Q(A, R(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n), D(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)), \quad (5)$$

где  $Q$  – целевая функция агента. Цель определяет направление деятельности агента. При построении модели параметры  $D_1, D_2, \dots, D_m$  декомпозируются на элементарные составляющие до уровня параметров, которые либо задаются сценарно, либо являются выходными параметрами других частных моделей.

В математическом смысле модель региона относится к классу моделей системной динамики и может быть представлена в следующем виде:

$$dX / dt = F_x(X, U, C_w, C, t) – \text{модель движения ресурсов;} \quad (6)$$

$$Y = F_y(X, C_w, C, t) – \text{модель наблюдения;} \quad (7)$$

$$U = F_u(X, C_w, C, t) – \text{модель поведения субъектов региона (стратегии);} \quad (8)$$

$$C_u = F_c(t) – \text{сценарные условия;} \quad (9)$$

$$X(0) = X_0 – \text{начальные условия (информационная база),} \quad (10)$$

где  $X$  – вектор фазовых координат, характеризующих состояние ресурсов региона;  $Y$  – вектор показателей его развития (например, группировки в СНС);  $U$  – вектор параметров управления формированием  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$  и распределением ресурсов

$(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$  (см. (1) – (5));  $C_u$  – сценарные условия (траектории экзогенных параметров модели);  $C$  – константы модели.

Поскольку показатели деятельности региона (7), как правило, вычисляются нарастающим итогом за некоторый период  $T$  (месяц, квартал, полугодие, год), то там, где это необходимо, будем использовать обозначение  $y_T$ :

$$y_T = \int_{t_0}^{t_0+T} y(t) dt. \quad (11)$$

Для удобства работы с формулами примем следующую индексацию: 1 – сфера производства товаров и рыночных услуг; 2 – сфера нерыночных услуг; 3 – население (домашние хозяйства). Все параметры модели (за исключением констант) являются функциями времени, поэтому вместо  $Xt$  и  $dX(t)/dt = z(t)$  будем использовать  $X$  и  $dX/dt = z$ .

Ниже эскизно представлены некоторые частные модели, иллюстрирующие предлагаемый подход.

**Модель движения региональных финансовых ресурсов**, являющаяся основой региональной модели, описывает процессы их образования, распределения и использования. Выражая экономические и социальные связи и отношения в денежной форме, эта модель является базисом для объединения в одно целое частных моделей, описывающих вполне определенные виды деятельности. При построении модели использованы идеи, заложенные в методологии построения сводного баланса финансовых ресурсов и затрат, разработанной Госкомстатом РФ [10]. В этой методологии предпринята попытка целостного отображения различных аспектов формирования и использования региональных финансовых ресурсов с включением в состав показателей баланса средств хозяйствующих субъектов, государственного бюджета (местного и федерального в части взаимодействия с территорией), государственных внебюджетных фондов и средств населения региона. На рис. 3. показаны основные балансовые построения сводного баланса финансовых ресурсов и затрат, связанные между собой через общие переменные и движение финансовых ресурсов от источников к потребителям через фонды денежных средств. При построении модели сводный баланс финансовых ресурсов и затрат был дополнен *балансом денежных доходов и расходов сферы нерыночных услуг и балансом денежных доходов и расходов населения*.

Для воспроизведения движения региональных финансовых ресурсов частные балансовые отношения дополнены моделями поведения субъектов региона (1)-(5), реализующими стратегии управления соответствующими ресурсами по мере их образования. Источниками финансовых ресурсов являются сфера производства товаров и рыночных услуг и домашние хозяйства. Сформированные финансовые ресурсы распределяются на накопление и потребление (рис. 3).

Особое внимание при моделировании уделяется финансово-бюджетным процессам в регионе. Рассматриваются потоки финансовых ресурсов, образующие доходную и расходную части территориального бюджета, внебюджетных фондов, а также расчеты региона с федеральным бюджетом. Проигрывание этих процессов на модели позволяет оценить общий потенциал доходов в плановом периоде, рассчитать объемы поступлений в доходную часть территориального бюджета и внебюджетные доходы по отдельным видам налогов, сборов, пошлин и других платежей для тех или иных внешних условий и стратегий управления денежными средствами. Пропорции распределения денежных средств частично регламентируются законами (например, защищенные статьи бюджета, пенсионные выплаты), а частично являются элементами региональной политики (инвестиции, кредиты, субсидии, пособия).

**Сфера производства товаров и рыночных услуг (СПТРУ)**

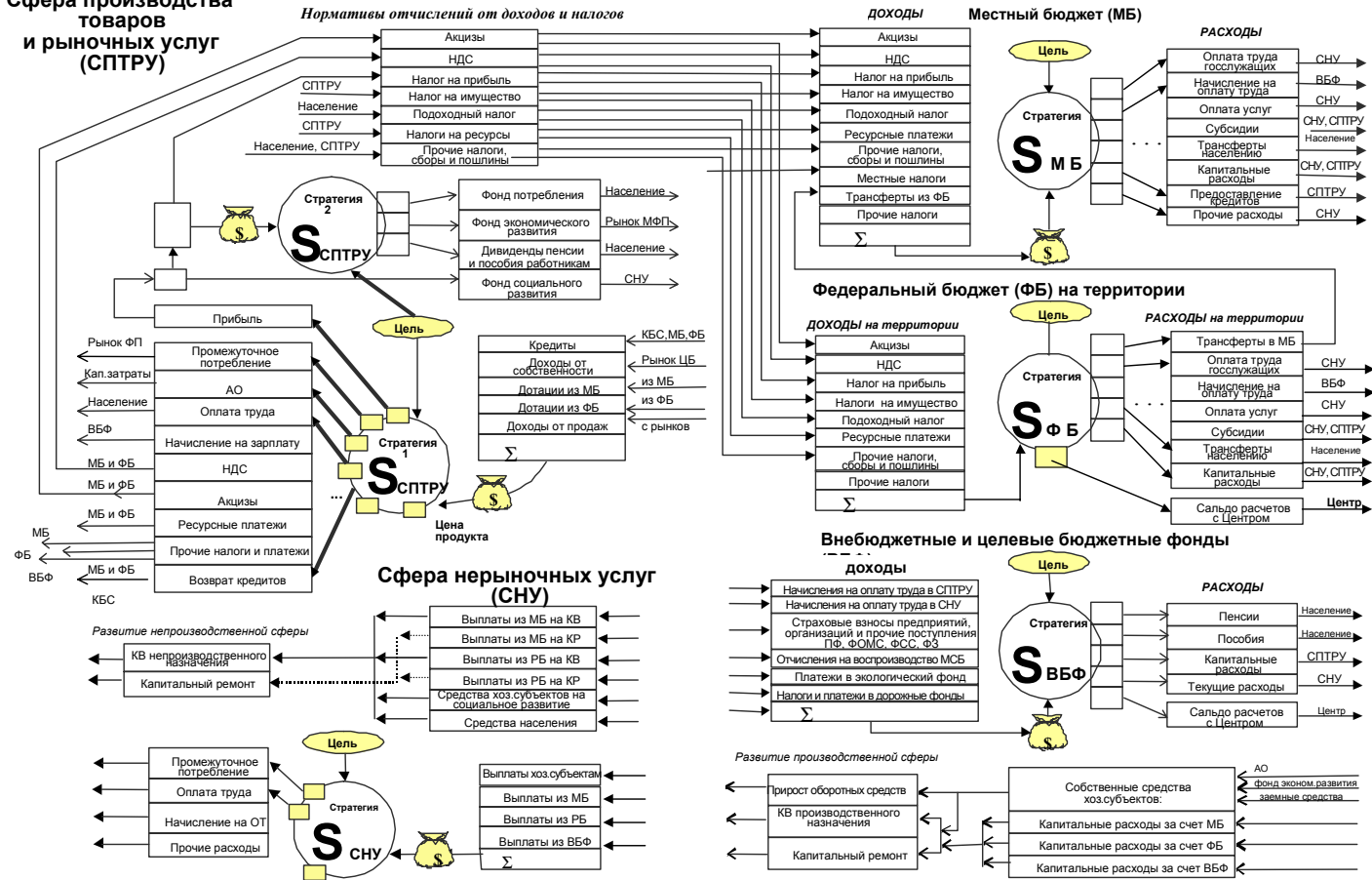


Рис. 3. Модель движения региональных финансовых ресурсов: СПТРУ – сфера производства товаров и рыночных услуг; СНУ – сфера нерыночных услуг

**Модель кредитно-банковской системы (КБС)** замыкает систему денежного обращения. Условием замкнутости системы является баланс банковской системы, т.е. равенство суммы активов банковской системы сумме ее пассивов [3]. Активы банковской системы – непогашенные производителями ссуды  $L_1$ , а пассивы (кредитные ресурсы) – депозиты населения  $A_3$  (из модели доходов и расходов населения) и средства в расчетах  $B_1$ . В силу банковского баланса

$$dA_3 / dt + dB_1 / dt = dL / dt. \quad (12)$$

Анализ сбалансированности доходов и расходов субъектов региона показывает, является ли регион как субъект РФ «донором» или «реципиентом». Величина «донорства» (нормативы отчислений от доходов и налогов) должна определяться с учетом интересов как региона так и Центра. Самарская область, по данным сводного финансового баланса, – регион-донор. В 1999 г. сальдо ее расчетов с Центром составило 15,5 млрд. руб. или 24,4% валового регионального продукта области.

Важнейшее преимущество построенного финансового баланса – его полная обеспеченность региональной экономической статистикой. Нетрудно показать, что региональный сводный баланс финансовых ресурсов и затрат является частным случаем закона Вальраса [1], в том смысле, что потребление в регионе должно быть меньше произведенного в нем валового регионального продукта.

**Модель сферы производства товаров и рыночных услуг** описывает процессы производства и потребления в следующих отраслях региональной экономики: промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, других отраслях сферы производства товаров, транспорте, связи, торговли и общественном питании, других отраслях рыночных услуг. Производственные возможности каждой отрасли задаются производственной функцией, показывающей зависимость ее выпуска от основных и оборотных фондов, трудовых ресурсов, а также от состояния производственной инфраструктуры и экономической стратегии производителей. В свою очередь экономическая стратегия производителей зависит от текущего экономического состояния предприятий отрасли и от инвестиционной политики федерального и регионального руководства. На рис. 4. показана укрупненная модель отрасли. В ней воспроизводится возрастная структура основных фондов с учетом выбытия и ввода в действие производственных мощностей, проводимой инвестиционной политики и временного лага. Учитывается движение трудовых ресурсов отрасли, занятость и нормативы затрат труда.

Текущий финансовый баланс сферы производства товаров и рыночных услуг:

$$dA_1(t) / dt = D_1(t) - R_1(t), \quad (13)$$

где  $D_1(t)$ ,  $R_1(t)$  – текущие доходы и расходы, соответственно. В свою очередь, доходы декомпозируются на следующие статьи:

$$D_1(t) = D_1^r(t) + D_1^n(t) + S_1(t) + K_1(t), \quad (14)$$

где  $D_1^r(t)$  – доходы от реализации продукции сектора, которые декомпозируются по отраслям  $D_{11}^r(t), \dots, D_{1n}^r(t)$ :

$$D_1^r(t) = \sum_i D_{1i}^r(t).$$

Для  $i$ -й отрасли ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

$$D_{1i}^r(t) = c_i(t - T_d) x_i(t - T_d),$$

$c_i(t - T_d) = c_{0i} K_{inf}(t - T_d)$  – цена единицы условного продукта отрасли. Здесь  $c_{0i}$  – начальная цена единицы условного продукта;  $T_d$  – задержка платежей;  $K_{inf}$  – индекс инфляции на продукцию сектора (из модели рынка);



# Модель региона

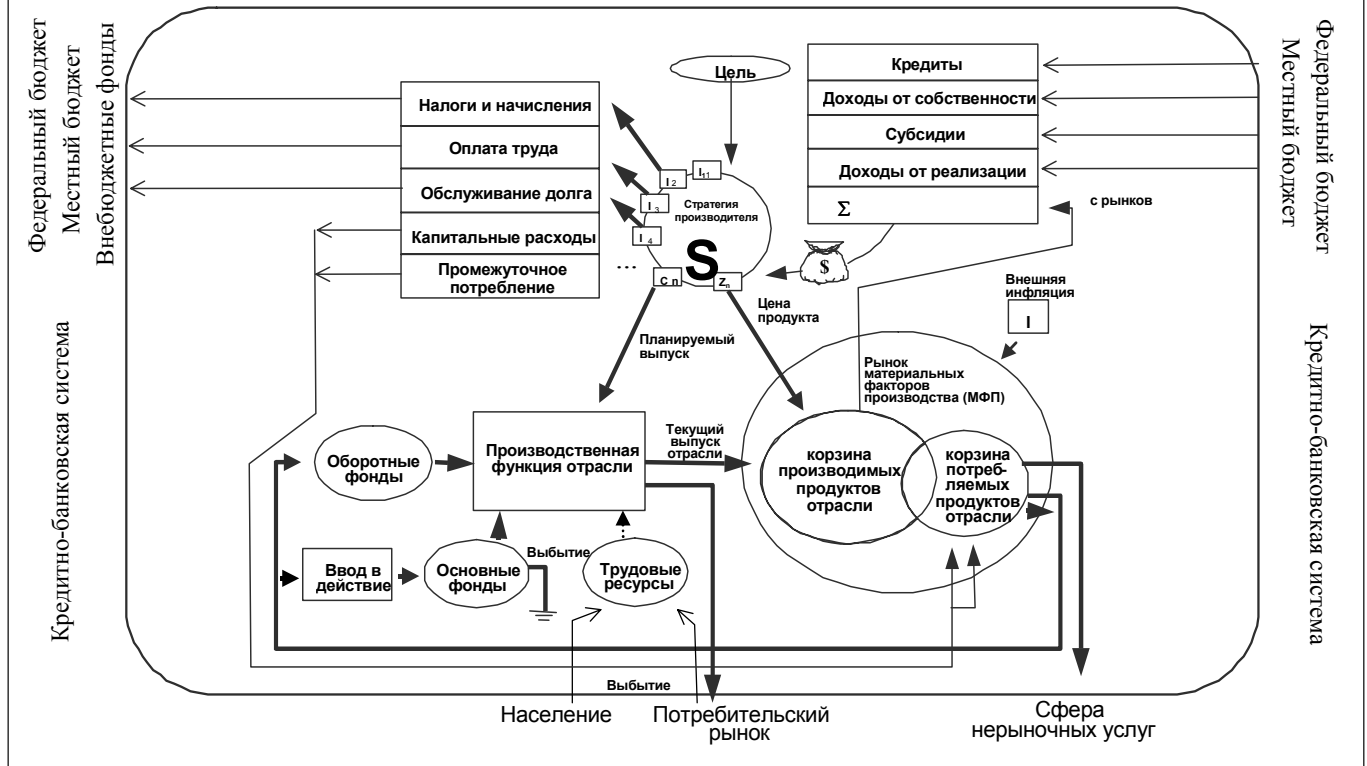


Рис. 4. Модель отрасли в сфере производства товаров и рыночных услуг

$$x_i(t) = \min\{x_{pi}^{Инф}(t), x_{pi}^{OC}(t), x_{pi}^{OF}(t), x_{pi}^T(t), x_i^П(t)\} \quad (15)$$

– текущий выпуск отрасли в натуральных единицах. Здесь  $x_{pi}^{Инф}(t)$  – потенциальный выпуск отрасли, лимитируемый, соответственно, инфраструктурой региона (состоянием дорог, транспорта, складского хозяйства, внешнего энерго- и водоснабжения);  $x_{pi}^{OC}, x_{pi}^{OF}, x_{pi}^T$  – потенциальные выпуски оборотных средств; основных фондов и трудовых ресурсов (*из соответствующих моделей*);  $x_i^П$  – планируемый (желаемый) выпуск. Показатель  $x_{pi}^{Инф}(t)$  является проекцией инфраструктурного потенциала региона на конкретную отрасль и отчасти характеризует ее *инвестиционный потенциал* как совокупность объективных предпосылок для инвестиций.

Из формулы (15) следует, что план выполняется только в границах потенциальных возможностей. Вместе с тем плановый выпуск отражает стратегию хозяйствующего субъекта.

В формуле (14):  $S_i(t)$  – субсидии из местного бюджета (*из модели МБ*);  $K_1(t)$  – кредиты (*из модели кредитно-банковской системы*).

В свою очередь, расходы в сфере 1 выглядят следующим образом:

$$R_1(t) = R_1^{OC}(t) + R_1^{ЭП}(t) + R_1^H(t) + R_1^П(t) + R_1^K(t), \quad (16)$$

где  $R_1^{OC}$  – расходы на оборотные средства в темпе их текущего выпуска (15);  $R_1^{ЭП}$  – расходы на экономическое развитие (капитальный ремонт и инвестиции в производство согласно планируемому выпуску);  $R_1^H$  – расходы на уплату налогов на продукты и прочих налогов (в соответствии с налоговым законодательством);  $R_1^П$  – расходы на потребление (оплата труда и потребление части прибыли);  $R_1^K$  – расходы на обслуживание долга (12). Статьи расходов декомпозируются по отраслям. Разумеется, каждая из них имеет свой приоритет и поддерживается соответствующей стратегией производителя. Декомпозиция статей доходов (14) и расходов (16) проводится до уровня параметров, которые задаются экзогенно (в сценарной карте) либо являются выходными параметрами других частных моделей.

Управляющими параметрами ( $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ ) производственно-финансовой деятельности отрасли являются: планируемый выпуск  $x_i^П(t)$  (в рамках потенциальных возможностей), цена на производимую продукцию  $c_i(t)$ , объем заемных средств. Стратегия распределения ресурса между накоплением и потреблением нацелена на будущий выпуск. При определении пропорций ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ ) анализируются потенциальные возможности выпуска продукции  $x_{pi}^{OC}(t+T), x_{pi}^{OF}(t+T), x_{pi}^T(t+T)$  на период  $T$  и осуществляются превентивные инвестиции в лимитирующий фактор. Каждая из статей расходов имеет свой приоритет и зависит от текущих условий. Например, объем средств, которые выгодно направлять на расширение производства, зависит от соотношения нормы прибыли производителя и ставки рефинансирования  $r$ , приведенной к длительности производственного цикла в отрасли.

При прогнозировании перечисленные выше параметры управления формированием ( $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ ) и распределением ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ ) ресурсов могут быть заданы экзогенно (как сценарные условия (9)), либо вычислены алгоритмически в соответствии с заданной моделью поведения производителя (8). Предлагаемые в экономической литературе стратегии производителей, основанные на максимизации суммарного дисконтируемого дохода [1-3], на наш взгляд, не соответствуют текущему моменту.

В период становления рыночной экономики конкретные цели предприятий различны на разных этапах их развития, в разных фазах экономического цикла. Вопрос построения наиболее адекватной модели стратегии поведения регионального производителя остается открытым и требует дополнительных исследований.

**Модель сферы нерыночных услуг.** Текущий финансовый баланс сферы нерыночных услуг (сферы 2):

$$dA_2(t) / dt = D_2(t) - R_2(t),$$

где  $D_2(t)$ ,  $R_2(t)$  – текущие доходы и расходы, соответственно. Доходы складываются из средств местного и федерального бюджетов, внебюджетных фондов, средств предприятий (см. рис. 3). Расходы включают следующие статьи: оплата труда, начисления на нее, промежуточное потребление, капитальные расходы.

**Модель деятельности домашних хозяйств.** Другой важнейшей частью региональной модели является модель деятельности домашних хозяйств. Домашние хозяйства как конечные потребители получают доход  $D_3(t)$  и имеют возможность потратить его на потребление  $R_3(t)$  или сделать накопление в том или ином виде, например, положить в банк под процент  $p$  в виде депозитного вклада  $A_3^0$ :

$$\begin{aligned} dA_3^0 / dt &= pA_3 + k^0 D_3 - R_3^0, \\ k^0 &= f_3^{01}(A_3^n, p), \quad R_3^0 = f_3^{02}(A_3^n, p), \end{aligned} \quad (17)$$

где  $k^0$  – коэффициент депозитирования доходов;  $R_3^0$  – расходы с депозитов;  $f_3^{01}(\cdot)$ ,  $f_3^{02}(\cdot)$  – функции, определяющие стратегию населения по работе с депозитами.

Баланс наличных денег у населения:

$$dA_3^n / dt = (1 - k^0) D_3 + R_3^0 - R_3, \quad (18)$$

$$A_3 = A_3^n + A_3^0.$$

$$R_3 = f_{3R}(A_3^n), \quad (19)$$

где  $A_3$  – денежные средства населения, состоящие из наличных денег  $A_3^n$  и депозитных вкладов  $A_3^0$ ;  $f_{3R}(\cdot)$  – функция, показывающая зависимость текущих расходов населения от наличных денег.

С точки зрения доходов и потребления население рассматривается как дифференцированное множество из 10 групп (децилей), упорядоченных по доходам. Каждая группа потребляет товары и услуги, а также платит налоги и делает накопления на депозитных счетах и в наличной валюте в соответствии с отношением душевых доходов к стоимости бюджета прожиточного минимума (БПМ). Обозначим  $D_3^i$  – совокупный доход  $i$ -й децильной группы ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ). Среднедушевой доход  $i$ -й децильной группы равен

$$d^i = D_3^i / N / 10, \quad (20)$$

где  $N$  – текущая численность населения (из модели демографии).

Используется следующая модель расслоения по доходам:

$$D_3 = \sum_{i=1}^{10} (p^i + z_1^i + z_2^i) N / 10, \quad (21)$$

$$\text{где} \quad p^i = p^1(1 + (i-1)a), \quad z_1^i = z_1^1 q^{(i-1)}, \quad z_2^i = z_2^1(1 + (i-1)b). \quad (22)$$

Здесь  $p^i, z_1^i, z_2^i$  – соответственно пенсия, оплата труда в сферах 1 и 2, отнесенные на одного человека  $i$ -й децили;  $a, q, b$  – коэффициенты. Коэффициенты  $a$  и  $b$  оцениваются по материалам бюджетных обследований. Коэффициент  $q$  находится численным решением уравнения (21) для каждого значения левой части.

В свою очередь, левая часть уравнения (21) (текущие доходы населения) формируется за счет следующих источников (рис. 5):

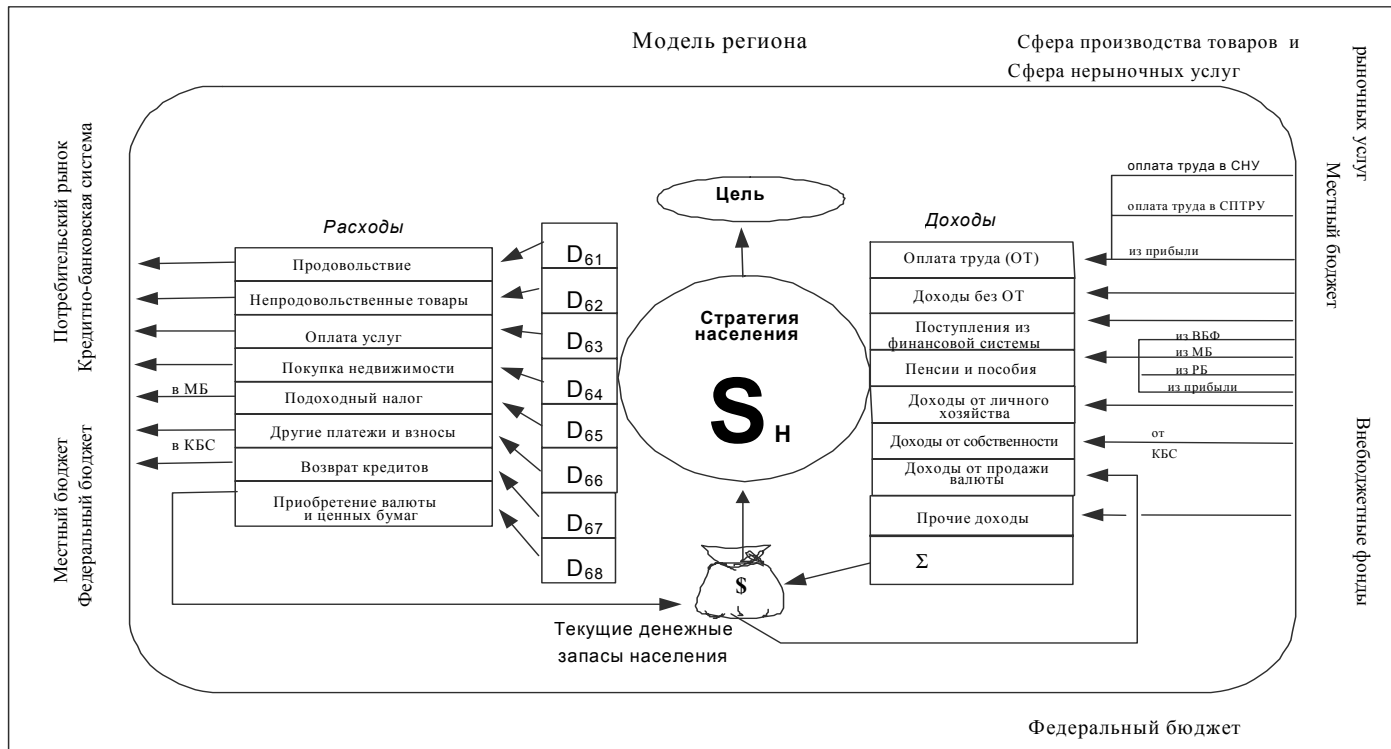


Рис. 5. Модель доходов и расходов населения

$$D_3 = \sum_i D_{3i} . \quad (23)$$

Здесь  $D_{31}$  – оплата труда в сферах 1 и 2 (из моделей сфер 1 и 2);  $D_{32}$  – доходы кроме оплаты труда (из модели сферы 1);  $D_{33}$  – поступления из финансовой системы;  $D_{34}$  – пенсии «своим» и федеральным пенсионерам, пособия (из моделей внебюджетных фондов и федерального бюджета);  $D_{35}$  – доходы от продажи продукции личного хозяйства;  $D_{36}$  – доходы от собственности (дивиденды – из модели сферы 1, доходы по ценным бумагам – из модели КБС, проценты по вкладам учитываются в слагаемом  $pA_3$  в формуле (17));  $D_{37}$  – доходы от продажи валюты (из модели КБС);  $D_{38}$  – прочие доходы.

Распределение расходов  $i$ -й группы населения  $R_3^i$  по различным направлениям расходов зависит от доходов этой группы  $D_3^i$ , коэффициента потребления

$$K^i = d^i / C_{БПМ} , \quad (24)$$

показывающего, во сколько раз среднедушевой доход группы превышает БПМ, и от совокупных предложений на соответствующих рынках  $H = [H_1, \dots, H_n]$ :

$$R_{31}^i, R_{32}^i, \dots, R_{3n}^i = f_3^{Ri} (D_3^i, K^i, H) . \quad (25)$$

Здесь  $R_{31}^i, R_{32}^i, \dots, R_{3n}^i$  – вектор расходов  $i$ -й группы населения ( $n$  – количество рассматриваемых направлений расходов);  $f_3^{Ri}(\cdot)$  – стратегия населения по направлениям расходов. В модели рассматриваются следующие направления (статьи) расходов:  $R_{31}^i$  – продовольственные товары,  $R_{32}^i$  – непродовольственные товары,  $R_{33}^i$  – платные услуги,  $R_{34}^i$  – налоги и сборы (подходный и пенсионный налоги, страховые сборы),  $R_{35}^i$  – прочие расходы (в том числе покупка валюты и ценных бумаг).

Исходным материалом для моделирования стратегии населения по направлениям расходов (25) являются данные бюджетных обследований. По результатам статистического исследования этих материалов построена стандартная шкала распределения расходов в зависимости от значений коэффициента потребления (таблица). Коэффициенты  $a_1^j, a_2^j, \dots, a_6^j$  показывают распределение расходов населения по статьям расходов в каждой из десяти тестовых точек ( $j = 1, 2, \dots, 10$ ), соответствующих разным коэффициентам потребления  $K^j$ . При моделировании для каждой децили  $i$  по текущему

Таблица

Распределение расходов населения в зависимости от коэффициента потребления

Показатель	Номер децили									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент потребления ( $K^j$ )	0,54	0,85	1,08	1,35	1,93	2,18	2,55	3,09	4,44	7,88
Структура расходов, всего, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
продовольственные товары ( $a_1^j$ )	68	60,4	57	54	51	46	41	35	30	26
непродовольственные товары ( $a_2^j$ )	14	16	17	18	20	24	29	33	37	41
платные услуги ( $a_3^j$ )	10	12	12	12,6	13	13	12	12	12	13
налоги и платежи ( $a_4^j$ )	3	3,6	4	4	4	4	4	5	5	5
прочие расходы ( $a_5^j$ )	5	8	10	11,4	12	13	14	15	16	15
Доля расходов $i$ -й группы населения от всех расходов, %	2,10	3,17	4,20	5,23	7,47	8,41	9,84	11,9	17,2	30,4

значению коэффициента потребления  $K^i(t)$  (24) из таблицы вычисляются пропорции статей расходов  $a_1^i(t), a_2^i(t), \dots, a_6^i(t)$  путем интерполяции двух групп коэффициентов  $a_1^j, a_2^j, \dots, a_6^j$  и  $a_1^{j+1}, a_2^{j+1}, \dots, a_6^{j+1}$  (при условии, что  $K^j \leq K^i(t) \leq K^{j+1}$ ).

Платежеспособный спрос населения по  $k$ -й статье расходов равен

$$S_k = \sum_i^{10} S_k^i R_3 / D_3,$$

где  $S_k^i = D_3^i a_k^i$  – платежеспособный спрос  $i$ -й децили по  $k$ -й статье расходов (запланированные расходы). Текущие расходы населения на  $k$ -м рынке:

$$R_{3k} = \min(S_k, H_k). \quad (26)$$

$$\text{Если} \quad \Delta S_k = S_k - H_k \quad (27)$$

меньше 0, то предложение на  $k$ -м рынке превышает спрос и расходы населения равны платежеспособному спросу. Величина (27) используется в модели потребительского рынка для изменения величины предложения  $H_k$ . Если  $\Delta S_k$  больше 0, то спрос на  $k$ -м рынке превышает предложение и расходы населения  $R_{3k} = H_k$  меньше запланированных. Образующиеся при этом свободные денежные средства  $\Delta S_k(t)$  добавляются к доходам населения  $D_3(t + \Delta t)$  в формулах (17) и (18).

Степень и масштабы бедности в регионе характеризуются двумя факторами: уровнем доходов на душу населения и степенью неравномерности его распределения. Чем выше неравномерность в распределении достигнутого уровня доходов, тем больше бедность. Наиболее ярко расслоение показывает отношение суммарного дохода 10% самого бедного населения (1-я дециль) к суммарному доходу 10% самого богатого населения (10-я дециль). Модель позволяет прогнозировать эти показатели.

Движение населения по возрастам и по категориям занятости описывается моделями демографии и рынка трудовых ресурсов.

**Модель демографии** реализует сдвиг возрастов в темпе имитации с учетом естественного движения населения и миграционных процессов. При этом рассчитываются: численность населения (мужского и женского соответственно); численность пенсионеров и молодежи; численность трудоспособного населения; распределение мужчин и женщин по возрастам; смертность мужчин и женщин по возрастам; сальдо миграции.

**Модель рынка трудовых ресурсов** описывает движение занятого населения. В ней оцениваются потенциальные трудовые ресурсы сферы производства товаров и рыночных услуг и сферы нерыночных услуг и рассчитывается занятость населения в этих сферах. При этом учитывается спрос на трудовые ресурсы и инерционность перехода населения из одной категории в другую. Оценивается текущая безработица.

**Модель потребительского рынка** представляет собой систему балансовых и эконометрических уравнений, имитирующих поведение субъектов потребительского рынка: населения, производителей, региональных и федеральных торговых организаций и внешних экспортеров. При моделировании используется свойство двунаправленности отношений, согласно которому акты взаимодействия между субъектами рынка рассматриваются с точки зрения как движения доходов и платежных средств, так и реальных потоков товаров и услуг. Моделируются рынки продовольственных товаров, непродовольственных товаров и услуг. Каждый рынок  $k$  имеет секторы региональных, федеральных и импортных товаров, характеризующиеся совокупным предложением  $H_k^p, H_k^\phi, H_k^u$  и ценами  $c_k^p, c_k^\phi, c_k^u$ . Совокупное предложение  $H_k = H_k^p + H_k^\phi + H_k^u$  влияет на расходы населения, но в то же время

зависит от его платежеспособного спроса (27). Доли секторов в совокупном предложении  $H_k$  изменяются в соответствии с изменением пропорций цен  $c_k^p, c_k^\phi, c_k^u$  согласно модели замещения товаров. Предложение на региональных секторах рынков ограничено выпуском региональной продукции, в то время как предложение в секторах федеральных и импортных товаров практически не ограничено. При моделировании учитываются индексы роста цен на товары и предложение товаров в различных секторах потребительского рынка с учетом возможностей регионального производства. Спрос на товары и денежные средства населения формируются в модели денежных доходов и расходов населения, рассмотренной выше.

**Сценарная карта** – это набор экзогенных параметров модели, которые задаются экспертом в виде траекторий их изменения на горизонте прогнозирования на основе анализа трендов либо из политических соображений. Сценарные параметры можно разбить на 3 группы:

1 – внешнего окружения – ставки налогов и начислений, кредитная ставка ЦБ (*политика Центра*), индексы цен на рынках товаров и услуг, курс доллара и др.;

2 – отражающие пропорции, сложившиеся в региональной экономике и коэффициенты стратегий поведения субъектов региона;

3 – характеризующие бюджетную политику регионального руководства, а именно: пропорции распределения собираемых в регионе налогов между региональным и федеральным бюджетами, распределение региональных бюджетных и внебюджетных денежных средств. Собственно говоря, оптимальный выбор этих параметров является одной из основных задач регионального управления.

Количество и состав параметров сценарной карты соответствует текущему уровню формализации предметной области и качеству модели.

**Используемые данные.** При разработке модели использована региональная социально-экономическая статистика из следующих основных источников: областного комитета государственной статистики, Департамента управления финансами областной администрации, Управления МНС, Главного управления по труду, внебюджетных фондов, Федеральной службы занятости. Это в основном следующие отчетные статистические формы: ф.1-н, ф.1-кв, ф.2-кв, ф.5-н, ф.11, ф.12, ф.1ВЭС, ф.ИЖС, «Баланс денежных доходов и расходов населения», «Расчет валового регионального продукта (ВРП) производственным методом» и «Расчет ВРП методом конечного использования», «Бюджетные обследования доходов и расходов домохозяйств», Годовой бухгалтерский отчет по отраслям, «Отчет об исполнении областного бюджета».

**Верификация и коррекция исходных данных.** Качество прогнозирования в значительной степени зависит от достоверности исходных данных, на основе которых задается начальное состояние модели (10), по сути являющееся «балансом балансов» базового года. Материалом для формирования начального состояния модели служит региональная статистика и отчеты различных ведомств, которые при построении баланса балансов, как правило, противоречат друг другу. Используемые областными комитетами по статистике методики досчета и уточнения основных показателей деятельности региона, на наш взгляд, не решают главной проблемы региональной статистики, а именно, *сбалансированности статистического материала в целом*. Попытка скорректировать какие-либо частные балансы неизбежно приводит к изменению состояния других балансов, связанных общими статьями. Поэтому решение такой задачи возможно лишь при рассмотрении всех балансовых построений в их взаимосвязи.

В рамках рассматриваемой технологии прогнозирования используются алгоритмы коррекции региональной социально-экономической статистики, основанные на идее балансировки образованных и использованных ресурсов региона. Задача

сводится к построению «баланса балансов», обладающего минимальной в смысле заданного критерия противоречивостью. При этом учитывается правдоподобие отдельных статистических показателей в виде допустимых интервалов их корректировки. Процесс коррекции состоит в решении системы алгебраических уравнений, составленных для всех балансов (модель региона в статике), с целью определения поправочных коэффициентов, используемых для устранения противоречивости показателей отдельных балансовых построений. В качестве критерия целесообразно применение показателя среднеквадратического отклонения между векторами исходных и откорректированных статистических данных.

Опыт работы с региональной социально-экономической статистикой (Астраханская, Самарская, Саратовская, Ростовская и Челябинская области, Республика Мордовия, Ханты-Мансийский автономный округ) показывает, что наиболее доступна и надежна информация налоговых и финансовых органов. Эффективным является подход к составлению верификационных схем на основе сопоставления результатов расчета ВРП тремя методами – производственным, распределительным и конечного использования, в которых учитывается информация различных ведомств. Валовая прибыль верифицируется по схемам, объединяющим различные методы ее расчета: через объем реализации и затраты, через налог на прибыль, через анализ направлений использования прибыли (дополнительная оплата труда, инвестиции, дивиденды, социальные расходы). Оплата труда может быть уточнена путем анализа производственных затрат, а также обратным методом – посредством анализа выплат во внебюджетные фонды. Выпуск сферы нерыночных услуг сопоставляется с выплатами в эту сферу из бюджетов всех уровней. Верификационные схемы строятся также для оценки инвестиционных ресурсов, трудовых ресурсов, социальных выплат и пр. Кроме этого, все верификационные схемы сведены в единое целое через общие переменные. Разработанный инструмент верификации автоматически рассчитывает дисбалансы по всем верификационным схемам и отображает состояние региональной информационной базы в виде балансовых таблиц с использованием цветовой визуализации. Система позволяет пользователю вмешиваться в процесс коррекции данных, учитывая степень их достоверности.

**Инструментальные средства прогнозирования.** Описанная технология прогнозирования реализована в виде автоматизированной системы «АИС-Регион» (рис. 6). Главная особенность ее состоит в том, что для всех приложений системы (автоматизированные рабочие места) едина модельная база, объединяющая причинно-следственными связями параметры информационной базы. Основная цель «АИС-Регион» – информационная и методическая поддержка технологии коллективной прогнозно-аналитической деятельности Департамента экономического развития и инвестиций, направленной на формирование и отработку региональных управленческих решений. Разработанная технология позволяет, варьируя параметрами сценарной карты, автоматически получать многовариантные сбалансированные прогнозы на задаваемую перспективу, отвечая на вопрос «...А что будет, если?...». Сценарные условия содержат около 60 параметров. Результаты прогнозирования по всем разделам региональной экономики можно получать в виде текстов, графиков, диаграмм, а также отчетных документов установленного образца, которые можно хранить в электронном виде или передавать потребителям по электронной почте. Это освобождает аналитиков от рутинной вычислительной и оформительской работы, позволяя сосредоточиться на вопросах стратегии и тактики регионального развития.

Базовым компонентом «АИС-Регион» является инструментальная система имитационного моделирования Economics, обеспечивающая исполнение модели региона





Рис. 6. Архитектура «АИС–Регион»

в соответствии с заложенным сценарием. *Economics* также позволяет автоматически создавать и верифицировать имитационные модели экономических объектов в среде Windows по их текстовому эквиваленту, записанному на обычном математическом языке. Создаваемая имитационная модель представляет собой двунаправленную вычислительную сеть [11], которая позволяет пользователю решать прямые и обратные задачи, гибко меняя задания. Система моделирования позволяет поддерживать, корректировать и развивать модель региона в соответствии с приобретаемым опытом и знаниями. Последняя версия модели содержит более 3000 параметров.

Ориентация на стандартную государственную статистику позволяет использовать разработанную АИС в других регионах РФ.

**Коллективная работа с системой.** В настоящее время АИС-Регион (3-я очередь) находится в опытной эксплуатации в Департаменте экономического развития и инвестиций Самарской областной администрации и используется для краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования регионального развития и отработки управленческих решений. Внедрение системы потребовало по-новому организовать коллективную прогнозно-аналитическую работу Департамента, поддерживать новые направления деятельности – администрирование базы данных, развитие модели, системный макроэкономический анализ и др. Прогнозно-аналитическая работа с использованием системы требует выполнения следующего регламента:

- подготовки, верификации и коррекции региональной информационной базы за отчетный период (администратор базы данных);
- настройки модели региона по информационной базе (администратор модели);
- разработки сценария развития региона на прогнозируемый период (руководитель департамента, руководители управлений, начальники отделов);
- заполнения сценарной карты (руководители управлений, начальники отделов);
- запуска процесса прогнозирования (администратор модели);
- анализа результатов (руководитель департамента, руководители управлений, начальники отделов, системный аналитик);
- возврата на предыдущие этапы по результатам анализа результатов прогнозирования.

В процессе прогнозирования выполняется «прогон» модели региона на глубину прогнозируемого периода по заданному сценарию и выдаются результаты прогнозирования в виде пакета прогнозных документов по всем показателям социально-экономического развития. Простота заполнения сценарной карты позволяет многократно формировать и отрабатывать управленческие решения с учетом особенностей поведения рассматриваемых субъектов и внешнего окружения.

**Достоверность прогнозов** зависит от следующих факторов (см. рис.1): ошибки в исходных данных; ошибки при задании сценария; грубости модели. Ошибки первого рода вызваны объективными причинами; их удастся существенно уменьшить за счет верификации и коррекции исходных данных. Ошибки третьего рода уменьшаются за счет развития модели. Ошибки в сценарных параметрах носят субъективный характер и целиком зависят от профессионализма лиц, осуществляющих прогнозирование. Влияние этих ошибок на прогноз – самое существенное, особенно в годы высокой инфляции и падения производства. Разработанная в Департаменте технология коллективной работы при прогнозировании позволяет значительно снизить влияние субъективной составляющей на окончательный результат .

**Обсуждение результатов и перспективы.** Как уже отмечалось, главное отличие рассматриваемой технологии прогнозирования состоит в том, что основное внимание уделяется не анализу трендов основных показателей, характеризующих социально-экономическое состояние региона, а поиску стратегий поведения субъек-

ектов региона, приведших к такому состоянию. При этом решается следующая задача: найти такую стратегию поведения субъектов региона, при которой модель, стартуя с некоторого отчетного года  $N$ , «предскажет» показатели другого отчетного года  $N+1$ . Точность предсказания должна быть не хуже ошибки разбалансировки данных года  $N$ . Экстраполяция этих стратегий, отражающая мотивацию поведения субъектов региона при ограниченных ресурсах (материальных, финансовых, трудовых) задает направление эволюции модели на горизонте прогнозирования. Стержнем этой эволюции являются задаваемые экзогенно (в сценарной карте) параметры внешнего окружения и коэффициенты алгоритмов, моделирующих стратегии субъектов региона. Показатели регионального развития вычисляются автоматически по модели причинно-следственных связей. Используемая при построении модели концепция «баланса балансов», являющаяся по сути выражением закона сохранения материи, обеспечивает априорную сбалансированность получаемого прогноза.

Разработанные средства моделирования обеспечивают *технологическую простоту* развития и сопровождения модели. Они позволяют отдельно описывать частные свойства объекта и затем автоматически интегрировать их в обобщенной модели, поддерживающей свойства частных. Такая технология порождает новые подходы к описанию объекта моделирования, позволяющие абстрагироваться от реализационных проблем и полностью сосредоточиться на причинно-следственных связях объекта.

В настоящее время проводится дальнейшее развитие модели региона. В частности, разрабатывается модель товарно-сырьевых рынков, уточняется модель кредитно-банковской системы. Большое внимание уделяется формированию более адекватной модели распределения доходов между накоплением и потреблением в секторе производства товаров и рыночных услуг, разрабатывается методологическая база для формирования и отработки рациональных стратегий регионального управления бюджетными и внебюджетными фондами денежных средств. В модели наблюдения разрабатывается блок формирования всех основных счетов СНС.

Конкретизация региональной экономической и инвестиционной политики требует перехода на уровень предприятий и отдельных территорий. Именно в этом направлении мы видим развитие работ в рамках нового проекта «Территориальная автоматизированная система» (ТАИС).

### Литература

1. Математическое моделирование макроэкономических процессов // Учеб. пособие. Котов И.В., Шалабин Г.В., Воронцовский А.В., Лисицин В.Ю., Пахомова Н.В. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980.
2. Полтерович В.М. Экономическое равновесие и хозяйственный механизм. М.: Наука, 1990.
3. Гуриев С.М., Поспелов И.Г., Модель общего равновесия экономики переходного периода // Математическое моделирование. 1994. Т. 6. №2.
4. Harberger A.C. The Incidence of Corporation Income Tax // Journal of Political Economy, 1962.
5. Ballard Charles L., Shoven John B., and Whalley John. The Total Welfare Cost of the United States Tax System: A General Equilibrium Approach // National Tax Journal. 1986. Vol.36. № 21.
6. Фурсов В.А., Цыбатов В.А. Методы и алгоритмы верификации статистической информации при составлении балансов. V Международная конференция «Региональная информатика-96». СПб. 1996.
7. Tsybatov V. Technology of Forecasting of Socio-Economic Activity of Region, Based on Methods of Balances. Applications of Artificial Intelligence in Engineering XII. Computational Mechanics Publications, Southampton. Vol 2: Applications and Techniques. (Editors: G. Rzevski, J. Pastor, R.A. Adey). 1998.
8. Хасаев Г., Иванова Л., Цыбатов В., Поварова Е. К применению автоматизированных средств прогнозирования регионального развития // Российский экономический журнал. 2000. №2.
9. Цыбатов В.А. Прогнозирование социально-экономического развития на компьютерных моделях. V Международная конференция «Региональная информатика – 96». СПб. 1996.
10. Методические рекомендации по составлению баланса финансовых ресурсов и затрат по территории региона в составе Российской Федерации. М.: Госкомстат РФ, 1992.
11. Tsybatov V. Supplementing of Computer Models in the Course of Simulation. Applications of Artificial Intelligence in Engineering VIII. Computational Mechanics Publications, Southampton. Vol 2: Applications and Techniques. (Editors G. Rzevski, J. Pastor, R.A. Adey). 1993.