

# Когнитивные центры как информационные системы для стратегического прогнозирования

И.В. Десятов, Г.Г. Малинецкий, С.К. Маненков, Н.А. Митин, П.Л. Отоцкий, В.Н. Ткачев, В.В. Шишов

**Аннотация.** Статья посвящена технологии проектирования будущего на базе сети когнитивных центров. Приводится описание разработанного когнитивного центра и указывается его место в системе управления. В качестве примера рассматривается проект, выполненный по заказу Совета Министров Республики Чувашия.

**Ключевые слова:** когнитивные технологии, вычислительный эксперимент, проектирования будущего.

## Введение

В развитых странах и в мире в целом развиваются и всё шире используются технологии проектирования будущего. Несмотря на то, что подходы и методы предсказания существуют уже давно, прогнозирование будущего с трудом пробивает себе дорогу, а планирование, в том числе, стратегическое планирование и планирование развития сегодня не пользуется популярностью. Почти забыты в России и технологии социального проектирования, социальной инженерии.

В сфере прогнозирования и планирования под высокими технологиями понимаются *когнитивные технологии* (лат. *cognitio*, «познание, изучение, осознание») и *вычислительный эксперимент*. Под *когнитивными технологиями* понимается широкий спектр технологий рационализации и формализации интеллектуальных систем создания и функционирования знаний, экспертизы, коммуникации и принятия решения. *Вычислительный эксперимент* сегодня представляет собой быстро развивающееся третье основание научного метода, наряду с теорией и натурным экспериментом, и применяется практически во всех высокотехнологических отраслях для моделирования сверхсложных систем. *Когнитивная наука* в

широком смысле слова — совокупность наук о приобретении, хранении, преобразовании и использовании знания.

Одна из причин неуспеха прогнозирования, планирования и проектирования социальных систем (в том числе, крупных и сложных социальных объектов, регионов) состоит в том, что декларируемая прозрачность данных о функционировании, развитии и управлении указанными объектами перевешивается непрозрачностью самих систем прогнозирования, планирования и проектирования (в случае выполнения всех трех функций — *систем проектирования будущего*). У большинства органов управления отсутствует возможность самостоятельного владения этими инструментами в силу их стоимости и необходимости наличия высокооплачиваемых компетентных специалистов.

Предлагаемые подходы к проектированию будущего для уровня регионов и крупных компаний:

- широкое распространение систем проектирования будущего и практики их применения;
- широкое информирование о причинах, полезности и перспективах применения систем проектирования будущего;
- эффективное обучение применению технологий проектирования будущего;

- воспроизводство и «расширенное производство» специалистов, владеющих технологиями проектирования будущего.

Все эти решения обеспечиваются новым инструментом – *национальной сетью когнитивных центров* [22, 23].

Задачей когнитивного центра является моделирование и стратегическое прогнозирование, планирование, построение моделей эффективного взаимодействия субъектов управления для обеспечения решений конкретных управленческих задач.

Решения, составляющие основу такой когнитивной сети, касаются:

- структуры гибридной (экспертно-алгоритмической) системы когнитивного центра (подобные технологии использовались при создании систем поддержки принятия решений в медицине [4]);

- математических методов моделирования, обеспечивающих эту деятельность (здесь наиболее близки задачи медицинской диагностики [5]);

- когнитивных решений, синтезирующих социальную и техническую составляющие (это развитие традиции, заложенной С. Биром при создании социальной кибернетики [3]);

- процедур встраивания когнитивных центров в исполнительные структуры управления социальными объектами;

- сценариев (социальных и социотехнических методов) встраивания и применения когнитивных центров в практике метасубъектного управления [13];

- сетевого взаимодействия когнитивных центров;

- постоянного развития деятельности сети когнитивных центров и технологий проектирования будущего.

Требования к указанным решениям:

- *к структуре деятельности*: наличие «человеческой», экспертной компоненты для восполнения ограниченных по объему данных и включение этой компоненты на основе корректирующей обратной связи, а не на основе экспертного императива;

- *к математическим методам моделирования*: использование верифицированных и адекватных моделей, принятых международ-

ным сообществом; визуализация результатов для обеспечения наглядности моделей;

- *к когнитивным интегрирующим решениям*: они должны обеспечивать интеграцию компонент и разнородных субъектов, их эффективную коммуникацию во всех процедурах и сценариях;

- *к процедурам встраивания в структуры управления*: когнитивный центр как инструмент должен быть полезен, прозрачен, органичен и контролируем соответствующими структурами;

- *к сценариям применения в метасубъектном управлении*: они должны решать вопросы прогнозирования, проектирования, планирования, создания, контроля и анализа эффективности метасубъектного управления;

- *к сетевому взаимодействию когнитивных центров*: центры должны обмениваться кейсами решенных проблем, создавать объединенные виртуальные рабочие группы для решения актуальных проблем, общаться в виртуальном пространстве по теме самостоятельного определения методических и концептуальных затруднений и формированию запросов по неразрешимым затруднениям;

- *к развитию*: сеть должна иметь субъект обеспечения развития и быть открытой со стороны концептуального и методического развития, сохраняя конфиденциальность предметных данных.

Новым в сети когнитивных центров является подход мета-субъектного управления. Подход основывается на принципиальной невозможности превращения субъекта в объект и невозможности построения будущего за счет подчинения субъектов единой «воле», с одной стороны, и выгоде от субъектности, т.е. самостоятельности в определении собственного поведения субъектами в естественной, т.е. недоопределенной и нелинейно изменяющейся ситуации, с другой стороны [2]. Примером такого влияния является прогноз и составление планов социально-экономического развития региона.

Таким образом, национальная сеть когнитивных центров представляет собой жизнеспособную саморазвивающуюся структуру, которая используется для координации и решения задачи проектирования будущего субъектов, а также выступает в роли сети учебных центров для подготовки кадров специалистов по проек-

тированию будущего субъектов, отраслей и отдельных организаций.

Использование национальной сети когнитивных центров возможно в трёх вариантах:

- **рекомендация.** Разработка или экспертиза отдельных мероприятий развития, плана социально-экономического развития региона или отрасли.

- **курсы повышения квалификации** для сотрудников аппарата управления региона или отрасли, а также для специалистов подразделений развития предприятий региона.

- **когнитивный центр.** В подчинение заказчика передаётся специальное аппаратное, программное обеспечение, банк моделей, системы визуализации; подготавливаются специалисты, ответственные за функционирование центра; обеспечивается поддержка работы центра и интеграция в межрегиональную сеть когнитивных центров.

## 1. Система проектирования будущего

Система проектирования будущего опирается на множество согласованных процедур имитационного моделирования, которые позволяют, используя когнитивный центр, получать возможные или наиболее вероятные сценарии будущего и варианты ключевых решений или целевых областей решений.

В системе проектирования будущего используется ролевое имитационное моделирование, в котором могут участвовать представители различных властных субъектов (губернатор, предприниматели, градообразующие предприятия, представители федеральной и региональной власти, местного самоуправления, политики и т.д.), что будет способствовать метасистемному переходу при рассмотрении проблем эффективной коммуникации между различными субъектами управления (Рис.1).

*Экспертиза фокус-групп* позволяет оценить социальные последствия воплощений вариантов решений.

*Система оценки эффективности управления* решает две задачи:

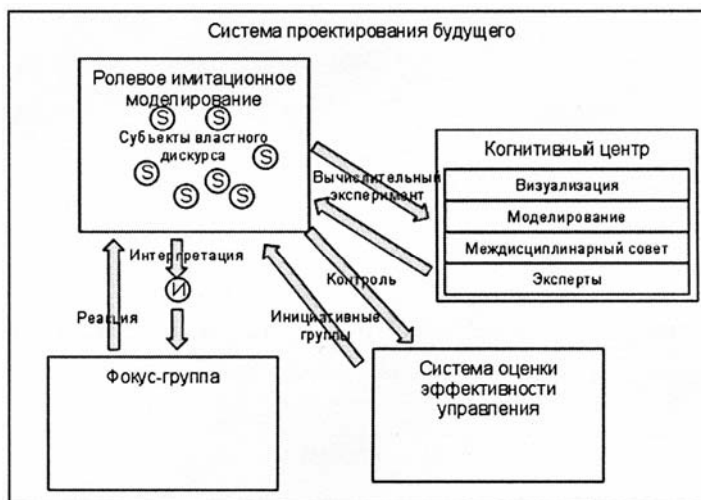


Рис. 1. Система проектирования будущего

- *аналитическую:* анализ эффективности решения ключевых социальных и социально-экономических проблем и конкретных решений на стадии исполнения и последствий исполнения;
- *практическую:* определение способов и формирование ресурса решения указанных проблем, коррекции или выработки альтернатив упомянутых решений.

В общем виде процедура оценки последствий и эффективности управления выглядит следующим образом [6]. Вначале устанавливается, какие значимые переменные рассматриваются, и описывается пространство переменных. Далее формулируются связи, накладываемые на переменные, которые выделяют сочетания переменных, соответствующих нашим представлениям о решаемой проблеме:

$$z \in G_z \subset Z,$$

где  $Z$  – пространство переменных,  $z$  – рассматриваемые переменные,  $G_z$  – множество допустимых значений переменных.

Например,  $z$  могут быть следующие региональные показатели: валовой региональный продукт (ВРП), выпуск промышленности или с/х, темпы роста промышленности, доход консолидированного бюджета региона и др.

$G_z$  – множество допустимых значений этих переменных. Например, ВРП – неотрицательная величина, и при данной валовой добавленной стоимости в промышленности не может быть меньше нее. При этом, опираясь на методы и представления теории самоорганизации – синер-

гетики, важно выделить *параметры порядка* – те ключевые переменные, которые определяют поведение остальных характеристик системы. Именно параметры порядка и являются главными объектом мониторинга и управления.

Для выбора рационального решения с помощью математических методов необходимо указать систему величин, характеризующих качество каждого из возможных решений (систему критериев, выработанную экспертами). Совокупность возможных решений описывается как множество допустимых значений переменных модели:  $z \in G_z \subset Z$ . В таком случае критерии являются функциями решений  $z$ :

$$f_i(z), i = 1, \dots, r$$

$f_i(z)$  – критерии, принадлежащие пространству критериев  $E^r$ .

Значения показателей при различных допустимых значениях переменных служат основой для выбора решения. Применяемый обычно оптимизационный подход основан на формировании одного показателя, величина которого является критерием выбора решения.

В задачах многокритериальной оптимизации предполагается наличие некоторого числа показателей  $f_i(z)$ , которые с разных сторон характеризуют решения  $z$ . Обобщенным множеством достижимости называется множество:  $G_f = \{f \in E^r : f = \{f_i(z)\}, z \in G_z\}$ . Предположим, что заранее выделено направление улучшения каждого из показателей, например, его увеличение (если улучшение показателя получается при его уменьшении, то такой критерий, взятый с обратным знаком, будет соответствовать предположению). Тогда задача многокритериальной оптимизации записывается как:

$$f_i(z) \rightarrow \max, i = 1, \dots, r; z \in Z.$$

Так как не всегда удается обеспечить максимум для всех критериев, в множестве  $G_f$  ищется множество, оптимальное по Парето.

Для динамических моделей уравнение, описывающее их поведение, имеет следующий вид:

$$\frac{dz}{dt} = h(z, u, t),$$

где  $z$  – вектор переменных модели,  $h(z, u, t)$  – функция состояния и управления,  $u(t)$  – функция управления.

Группа ролевого имитационного моделирования в режиме диалога работает с когнитивным центром, строит инерционный прогноз, результаты различных управленческих решений, формирует проект программы развития, обеспечивая оптимальное решение задачи оптимизации. Несколько когнитивных центров объединяются в сеть, что обеспечивает оперативную синхронизацию проектов развития между регионами, обмен положительным опытом моделирования, а также обмен информацией о трендах развития сигналами и статистической информацией мирового и российского уровня.

Блок интерпретации осуществляет «перевод» управленческих решений и значений численных параметров решений на язык «качества жизни», устраняя барьер некомпетентности участников фокус-групп. Этот блок должен поддерживаться ИТ-средствами имитационного моделирования.

Для того чтобы обеспечить существование и саморазвитие крупной жизнеспособной системы (страны, региона, отрасли), подсистема управления этой системы должна:

- действовать в контексте метасистемы (системы более высокого уровня);
- содержать в себе блок социального сознания (когнитивный центр);
- содержать в себе действующий механизм самовоспроизводства.

Когнитивный центр субъекта, как и другие центры аналогичных субъектов, связаны друг с другом и с сетью развития когнитивных центров. Таковой является международная сеть инициативных сообществ, занимающихся темой развития технологий проектирования будущего. Одной из точек входа в эту сеть служит сейчас, к примеру, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, представляющий обе стороны – внешнюю и внутреннюю.

Когнитивный центр позволяет строить имитационно-экспертную модель региона. Социально-экономические системы не дают возможности провести реальный эксперимент, попробовать «что будет, если?». Когнитивные центры позволяют объединить потенциал компьютерного моделирования и экспертного анализа и представить лицам, принимающим решения, пространство их возможностей и

наиболее вероятные отклики управляемой системы на управляющие воздействия.

## 2. Когнитивный центр

Современное развитие информационных технологий позволило существенно расширить область применения прикладной математики в конце XX века и стало активно использоваться при моделировании сверхсложных систем [7-9]. Вычислительный эксперимент сегодня позволяет исследователям строить и испытывать модели сложных феноменов (например, многовековые изменения климата, сложные деформации корпуса самолёта во время полета, взрывы звёзд, ядерные реакции, социально-экономические и исторические процессы, физиология и психология человека и др.), которые не могут быть воссозданы в лабораториях. Это позволило науке обратиться к новым областям, которые раньше выходили за рамки моделирования. Вычислительный эксперимент позволяет получить модели, визуализацию, новые знания, лежащие на пересечении отдельных дисциплин науки (например, микробиологические основы заболеваний или динамика ураганов и их экономические последствия). В некоторых отраслях вычислительный эксперимент позволяет усилить конкурентоспособность за счет быстрого развития бизнеса и внедрения инноваций.

В 2005 году Консультативный комитет по информационным технологиям при Президенте США опубликовал отчет «Вычислительная наука: обеспечение конкурентоспособности Америки», в котором сравнивает применение вычислительного эксперимента на современном уровне с запуском первого спутника Земли. Сегодня это третье основание научного исследования определяет развитие всех отраслей в формализующемся шестом технологическом укладе [10-11]. Вычислительный эксперимент незаменим при развитии информационных технологий, когнитивных технологий, биотехнологий, нанотехнологий.

Способность региональных субъектов понимать и использовать современный язык прикладной математики, определяющий развитие технологий в XXI веке, дает им конкурентоспособность в будущем.

Потребность в долгосрочном прогнозировании социально-экономических систем вызвана двумя основными причинами:

- длительным периодом создания сложных объектов;
- необходимостью иметь четкие представления о направлении и динамике развития экономики страны, её отраслей и регионов, для выявления потенциальных угроз и скрытых ресурсов.

Как известно, чем раньше удастся предвидеть кризис, тем проще его преодолеть или обойти, но тем сложнее его обнаружить.

Когнитивный центр это центр, который помогает отвечать на вопросы:

- Что если ...?
- Что должно произойти, чтобы ...?
- В какой момент необходимо сделать ...?
- Какая из схем лучше? С какой вероятностью?
- Какие резервы есть? Можно ли их использовать?

Типы прогнозов могут различаться по различным критериям в зависимости от целей, задач, объектов, предметов, проблем, характера, периода, упреждения, методов, организации прогнозирования и т.д. Основопологающим является проблемно-целевой критерий: для чего разрабатывается прогноз? Соответственно, различаются два типа прогнозов: поисковые (или исследовательские, инерционные, трендовые и т.д.) и нормативные (или программные, целевые, индикативные и т.д.).

**Поисковый прогноз** – определение возможных состояний явления в будущем. Другими словами, это условное продолжение в будущее тенденций развития изучаемого явления в прошлом и настоящем, абстрагируясь от возможных решений и действий, которые способны радикально изменить тенденции, вызвать в ряде случаев самоосуществление или саморазрушение прогноза. Такой прогноз отвечает на вопрос: что вероятнее всего произойдет при условии сохранения существующих тенденций.

**Нормативный прогноз** – определение путей и сроков достижения возможных состояний системы, принимаемых в качестве цели. Имеется в виду прогнозирование достижения желательных состояний на основе заранее заданных

норм, идеалов, стимулов, целей. Такой прогноз отвечает на вопрос: какими путями достичь желаемого?

Когнитивный центр специализируется на моделировании развития социально-экономических систем и основан на синтезе вычислительных методов точных наук и высоких гуманитарных технологий (Рис.2).

**Уровень экспертизы.** Этот уровень представляет собой сеть жизнеспособных сообществ экспертов, консультантов, консультантов-практиков, специализирующихся в различных предметных областях. Под каждый конкретный проект кураторами междисциплинарного совета оперативно формируется рабочая группа экспертов из наработанной базы. Ведется специальная база данных экспертов. Качество работы экспертов контролируется. Эксперты рейтингуются в рамках результатов работы с когнитивным центром и их индивидуальными достижениями.

**Уровень междисциплинарного совета.** На этом уровне по итогам собранной информации проводятся мозговые штурмы, консилиумы, также ищется дополнительная информация из открытых источников. Все полученные данные стандартизируются так, чтобы их можно было хранить в базах данных и использовать в расчетах. Для эффективной работы специалистов из разных предметных областей и решения задач понимания используются концептуальные схемы, карты и онтологии.

**Уровень математического моделирования и вычислительного эксперимента.** В этом блоке происходит поиск адекватной модели для текущей задачи, ее расчет с использованием данных, полученных в других блоках.

**Уровень разработок визуализации и представления результатов работы.** Как известно, человек, прежде всего, оперирует образами. Если естественным языком для компьютера являются числа, образы являются некоторым виртуальным продуктом более высокого уровня. У человека наоборот – работа с числами осуществляется менее эффективно, чем с образами. Современные технологии визуализации позволяют полноценно использовать когнитивные способности человека при анализе, обсуждении и решении проблем.

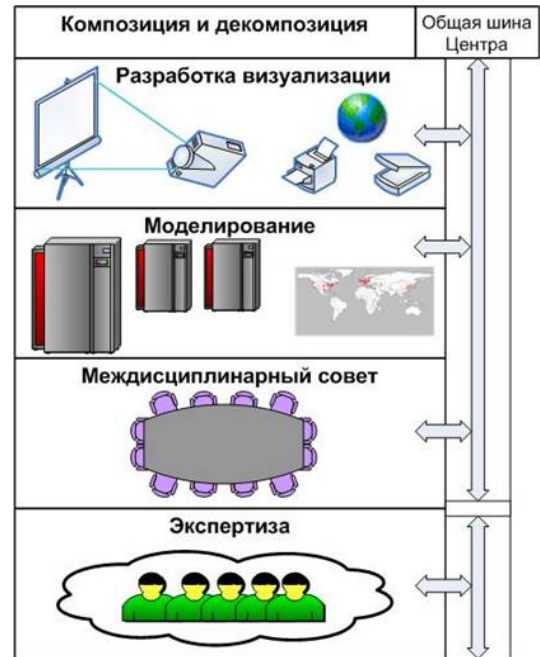


Рис. 2. Общая схема когнитивного центра

Ядром когнитивного центра является математическая модель. Сегодня сложилось несколько подходов к математическому моделированию социально-экономических систем: (эконометрические модели, балансовые модели, модели общего экономического равновесия, имитационные модели, мягкое моделирование и другие). В зависимости от задачи можно использовать те или иные.

**Регион – открытая система** с плохо наблюдаемыми потоками экспорта и импорта, налоговых отчислений и ряда других показателей, для которой составить замкнутую систему уравнений по отчётности региона невозможно. Поэтому была построена модель на основе подхода **имитационно-экспертного моделирования**, которая рассматривается в разделе 4. Имитационная модель выступает в роли среды взаимодействия экспертов. С другой стороны, эксперты замыкают модель и делают возможным расчет.

### 3. Учебный центр

Помимо решения задач проектирования будущего, когнитивный центр выступает в роли учебного центра (Рис.3). Сотрудники аппарата управления, сотрудники подразделений разви-

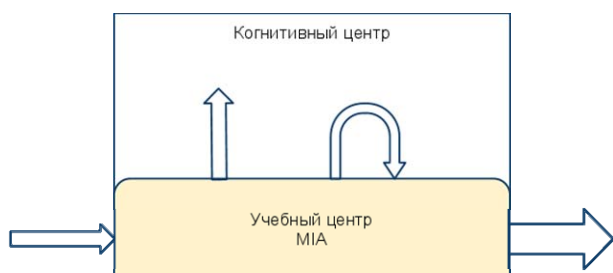


Рис. 3. Учебный центр – кадровое обеспечение когнитивного центра

тия крупных предприятий работают с учебными моделями и решают учебные задачи в междисциплинарных советах.

Программа обучения объединяется в курс повышения квалификации Master of Innovation Administration (MIA). Курс разделен на три специализации:

- *инновационный менеджер* – профессиональное построение проектов процессов изменений в компании, управление текущими и радикальными инновациями.

- *доверительный аналитик* – обеспечение руководителей высших звеньев аналитической и прогностической информацией относительно процессов развития в предельно удобной форме, освобождение топ-менеджеров от "текучки", создание условия для принятия решений в экстремальных ситуациях.

- *мастер по современным технологиям социального проектирования и дизайна* – точная подстройка инновационного продукта под характеристики среды, в которой этот проект будет реализован, вкусы, культурные и социально-психологические особенности будущего потребителя, подготовка представления информации, визуализация, разработка маркетинговых материалов, задачи понимания и обеспечения эффективных коммуникаций.

К учебным курсам образовательной программы относятся:

- Основы MBA. Инвестиционное планирование. Проектное управление.
- Системный подход и основы теории управления. Теория принятия решений и системы поддержки принятия решений. Основы исследования операций.
- Технологии декомпозиции-композиции сложных проектов. Основы проведения экспертиз.

- Основы инновационной деятельности, специальные инфраструктуры, правовое обеспечение. Национальные инновационные системы и основы инноватики.

- Управление инновационными проектами.
- Основы синергетики и методы математического моделирования. Практическое использование вычислительного эксперимента.

- Макроэкономика. Система национальных счетов.

- Извлечение, обработка и анализ статистических данных.

- Основы психологии, корпоративная психология, эффективная коммуникация.

- Методы и средства представления данных. Основы эргономики.

Выпускники образовательной программы готовы к профессиональной деятельности в органах государственного управления и инфраструктуры, на промышленных предприятиях, в финансовых организациях любых форм собственности, а также в крупных общественных объединениях. Областью профессиональной деятельности выпускника является инновационное развитие региона, территории, отрасли и отдельных организаций. Спроектированная специализация пока, насколько нам известно, не имеет аналогов с точки зрения подготовки специалистов по проектированию будущего.

#### 4. Имитационно-экспертная модель региона

Каждый регион России, независимо от размеров и роли в общем экономическом развитии, не является самодостаточным экономическим субъектом и, несмотря на наличие внутренних тенденций и взаимосвязей, не может планировать своё развитие, исходя только из своей динамики и пропорций. Регион является открытой системой, в которой потоки экспорта и импорта плохо наблюдаемы.

Совместно с ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН была разработана имитационно-экспертная модель, предназначенная для построения прогнозов основных социально-экономических показателей региона России.

Модель представляет собой совокупность:

- представлений о макроэкономическом развитии России;
- представлений о тенденциях и факторных взаимосвязях макропоказателей региона;
- пропорций показателей региона относительно России;
- системы рабочих гипотез.

В имитационно-экспертной модели региона выбираются переменные, которые на определенных интервалах времени меняются медленно («медленные переменные»). Принимая гипотезу об их медленности в будущем, мы имеем возможность прогнозировать тенденции многих показателей. Прогноз «медленных переменных» является экспертным, однако, если каким-то образом удалось спрогнозировать точку резкого перехода с помощью модели, то это можно отразить в данной модели в качестве одного из возможных вариантов развития.

Данная модель региона – совокупность блоков (Рис.4), описывающих состояния социально-экономической системы региона и её динамики, с предоставлением эксперту возможностей для вариативного расчета и оперативного корректирования показателей региона в рамках существующей статистической отчетности региона, страны и с учетом балансовых соотношений Системы национального счетоводства (СНС).

**Основные уравнения модели**

ВРП региона в сопоставимых ценах вычисляется как пропорция от ВВП России также в сопоставимых ценах:

$$W_t^s = q_{1t} \times \tilde{W}_t^s,$$

где  $W_t^s$  - ВРП региона в году  $t$  (здесь и далее индекс  $s$  означает, что берутся сопоставимые цены, если без индекса – текущие);

$\tilde{W}_t^s$  - валовой внутренний продукт (ВВП) России в году  $t$  в сопоставимых ценах;

$q_{1t}$  - коэффициент пропорциональности, задаваемый экспертом.

ВРП региона в текущих ценах вычисляется как произведение ВРП в сопоставимых ценах на дефлятор ВРП, который задается экспертно:

$$W_t = W_t^s \times D_t(W),$$

где  $D_t(W)$  - базовый дефлятор ВРП.



Рис. 4. Структура имитационно-экспертной модели социально-экономической системы региона России

Инвестиции в основной капитал региона в сопоставимых ценах вычисляются как линейная функция от ВРП в сопоставимых ценах.

$$I_t^s = a \times W_t^s + b,$$

где  $a$  и  $b$  - коэффициенты регрессии.

Суммарное сальдо  $S_t$  состоит из двух слагаемых:

$$S_t = S_{1t} + S_{2t}$$

$S_{1t}$  - сальдо экспорта и импорта (внешнеторговое сальдо);

$S_{2t}$  - межрегиональное сальдо.

Оценка сальдо  $S_t$  происходит следующим образом:

$$S_t = W_t - WNOK_t - (O_t - O_{t-1}) - Y_t,$$

где  $WNOK_t$  - валовое накопление основного капитала в регионе в году  $t$ ;

$O_t$  - запасы материальных оборотных средств в регионе в году  $t$ ;

$Y_t$  - конечное потребление на территории региона.

Рабочая гипотеза валового накопления основного капитала предполагает, что валовое накопление основного капитала пропорционально вводам основных фондов:

$$WNOK_t^s = n_t \times G_t(I),$$

где  $G_t(I)$  - вводы основных фондов в сопоставимых ценах (функция от инвестиций в основной капитал разных моментов времени);



$n_t$  - коэффициент пропорциональности, задаваемый экспертом.

Конечное потребление зависит от расходов консолидированного бюджета и доходов сектора домашнего хозяйства:

$$Y_t = a_{1t} \times B_t + a_{2t} \times D_t,$$

где  $B_t$  - расходы консолидированного бюджета;

$D_t$  - доход сектора домашнего хозяйства.

Показатель  $B_t$  является управляющим параметром.

Зависимость доходов домашних хозяйств от ВРП:

$$D_t = q_{4t} \times W_t,$$

где  $q_{4t}$  - коэффициент пропорциональности, задаваемый экспертом.

Зависимость прироста материальных оборотных средств от выпуска региональной экономики:

$$O_t - O_{t-1} = \delta_t \times X_t,$$

где  $X_t$  - выпуск всех отраслей экономики региона в году  $t$ .

$\delta_t$  - коэффициент пропорциональности, задаваемый экспертом.

Ограничение производственных мощностей региона:

$$X_t^s \leq a_{0t} \times (F_t^s)^\alpha \times L_t^{1-\alpha},$$

где  $F_t^s$  - стоимость основных фондов в году  $t$ ;

$L_t$  - численность занятых в регионе в году  $t$ ;

$a_{0t}$  - коэффициент эффективности технологий.

Оценка численности занятых:

$$L_t = W_t^s \times \frac{1}{q_{6t}^s},$$

где  $q_{6t}^s$  - производительность труда по ВРП в сопоставимых ценах.

Оценка выпуска экономики региона в сопоставимых ценах:

$$X_t^s = q_{5t} \times W_t^s,$$

где  $q_{5t}$  - коэффициент пропорциональности, задаваемый экспертом.

Динамика основных фондов:

$$F_t^s - F_{t-1}^s = -\mu_t \times F_{t-1}^s + G_t(I) + S_t^F,$$

где  $\mu_t$  - коэффициент выбытия основных фондов;

$S_t^F$  - межрегиональное сальдо обмена основными фондами.

Учитывая все уравнения, получаем следующую систему для неизвестных параметров:

$$W_t^s = q_{1t} \times \tilde{W}_t^s$$

$$W_t = W_t^s \times D_t(W)$$

$$I_t^s = a \times W_t^s + b$$

$$X_t^s = q_{5t} \times W_t^s$$

$$X_t = X_t^s \times D_t(X)$$

$$S_t = W_t - n_t \times D_t(WNOK) \times G_t(I) - a_{1t} \times B_t - a_{2t} \times q_{4t} \times W_t - \delta_t \times X_t$$

$$F_t^s - F_{t-1}^s = -\mu_t \times F_{t-1}^s + G_t(I) + S_t^F$$

$$L_t = W_t^s \times \frac{1}{q_{6t}^s}$$

$$X_t^s \leq a_{0t} \times (F_t^s)^\alpha \times L_t^{1-\alpha}$$

$D_t(X)$  - базовый дефлятор выпуска экономики региона.

$D_t(WNOK)$  - базовый дефлятор валового накопления основного капитала.

На основе этих модельных уравнений и статистической отчетности был составлен прогноз макроэкономических показателей республики Чувашия до 2020 г.

На Рис. 5 представлено два варианта прогноза ВРП республики: инерционный и инновационный. При форсированном инновационном развитии (вариант 3) валовый региональный продукт растет значительно быстрее.

Помимо экономических показателей модель дает возможность прогнозировать социальные показатели, численности занятых, безработных, демографическую ситуацию и другие. Одними из важнейших показателей благосостояния населения региона являются доходы и расходы населения, как суммарные, так и в расчете на душу населения. На Рис.6 показано распределение населения республики Чувашия по величине среднедушевого дохода.

Зная динамику и прогнозируя величину доходов и расходов населения региона, можно оценивать покупательную способность, роз-

ничный товарооборот, затраты населения на услуги и другие показатели. На Рис.7 показан график коэффициента склонности к накоплению – это часть доходов, которая остаётся у населения после осуществления всех расходов.

Данная модель учитывает систему ограничений для всевозможных социально-экономических показателей ввиду их взаимной зависимости. В пределах этих ограничений может быть реализован один из нескольких вариантов развития.

**Демография**

Для задач социально-экономического планирования на региональном уровне в области демографии важен прогноз не только общей численности населения, доли экономически активного населения, численности занятых и безработного населения, но и прогноз возрастной структуры населения. В частности, знание численности населения пенсионного возраста на 3-10 лет вперед позволит скорректировать бюджетную стратегию региона.

Поэтому для блока демографии была разработана модель [26-27], основанная на классическом методе компонент (метод передвижки возрастов, когортный анализ). В рамках метода компонент все население региона делится на группы людей одного возраста, т.н. годовые когорты. Кроме того, все когорты делятся на мужские и женские для корректной оценки воспроизводственного потенциала населения. Для каждой когорты определяются собственные коэффициенты рождаемости, смертности и миграции.

В официальной статистической отчетности приводятся демографические коэффициенты для групп населения различного возраста – 2,3,5 и 10 лет в зависимости от возраста. Поэтому для определения соответствующих коэффициентов годовых когорт применялась интегральная сплайн интерполяция. Существующие подходы демографического прогноза, основанные на когортной динамике, чаще

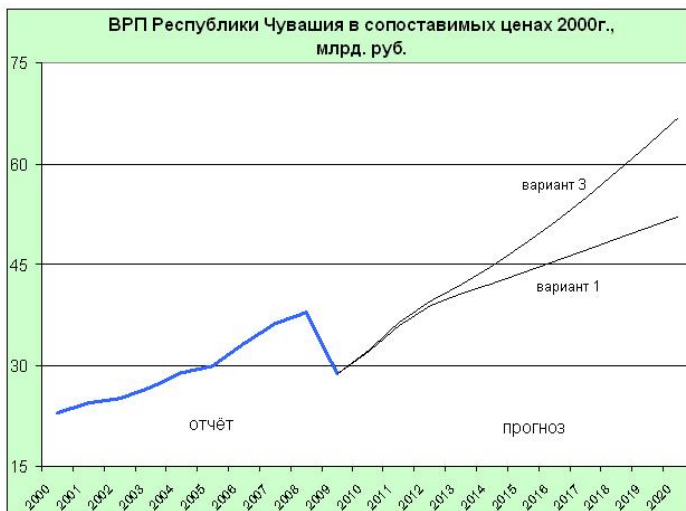


Рис.5. Пример моделирования: прогноз ВРП республики Чувашия

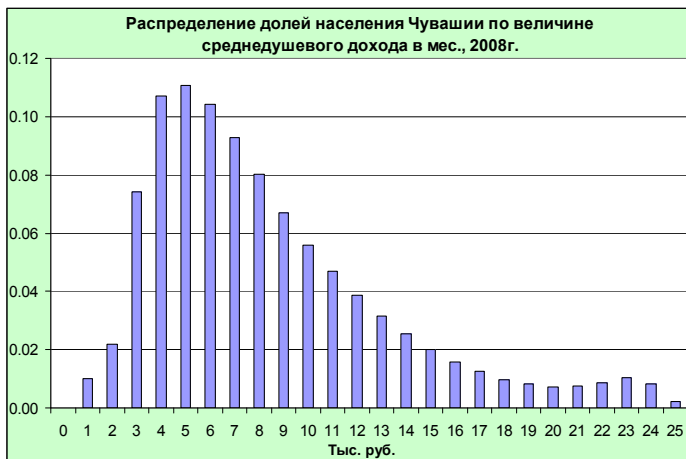


Рис.6. Распределение населения республики Чувашия по величине среднедушевого дохода



Рис.7. Коэффициент склонности к накоплению у населения

всего используют временной шаг в 5 лет (в соответствии с шагом исходных данных), что не позволяет применять их для планирования, например, социальных расходов на региональном уровне, т.к. для этого необходим годовой шаг прогноза.

Для удобства расчетов численности когорт за номер когорты принимается год рождения людей, входящих в когорту. Число мужчин в когорте (аналогичная зависимость описывает динамику женских когорт):

$$Nm_t^i = Nm_{t-1}^i - kUm_{t-i} \cdot Nm_{t-1}^i + M_{t-i} \cdot kMmw_t,$$

где  $Nm_t^i$  – число мужчин в когорте  $i$ ;

$kUm_t$  – возрастной коэффициент смертности;

$M_t$  – возрастной объем миграционного прироста;

$kMmw_t$  – доля мужчин в миграционном приросте;

$i$  – номер когорты (соответствует году рождения людей в когорте);

$t$  – расчетный год;

$t-i$  – возраст людей в когорте  $i$ .

Число новорожденных мальчиков определяется следующим образом (аналогичная зависимость определяет численность новорожденных девочек):

$$Nm_t^i = kRmw_t \cdot \sum_{j=0}^{60} kR_j^* \cdot Nw_{t-1}^{t-j} + M_0 \cdot kMmw_t,$$

где:  $Nm_t^i$  – число новорожденных мальчиков;

$Nw_t$  – численность женщин по годовым когортам;

$kR^*_i$  – возрастной коэффициент рождаемости по когортам матерей;

$i$  – номер когорты (соответствует году рождения людей в когорте), для новорожденных  $i = t$ ;

$kRmw_t$  – доля мальчиков в новорожденных детях.

### Рождаемость

Рассчитаем распределение коэффициента рождаемости по когортам матерей на основании интерполяции интеграла числа новорожденных по возрастным группам. Число новорожденных в возрастной группе:

$$R^* = kR^* \sum_{k=l_i}^{n_i} Nw_k,$$

где  $R^*$  – число новорожденных в возрастной группе матерей;

$kR^*$  – коэффициент рождаемости по возрастной группе матерей;

$Nw_k$  – число женщин возраста  $k$ ;

$i$  – индекс возрастной группы (наибольший возраст в группе);

$l_i$  – наименьший возраст в возрастной группе  $i$ ;

$n_i$  – наибольший возраст в возрастной группе  $i$ .

Интеграл числа новорожденных по когортам матерей:

$$R_i = \sum_{g=0}^i R^*_g$$

С помощью кубических сплайнов осуществляется интерполяция интеграла числа новорожденных по всем возрастам матерей от 0 до 60. В результате точки интеграла числа новорожденных по возрастным группам матерей, полученные по официальной статистической информации, соединяются кусочно-полиномиальной интерполяцией – функцией второго порядка гладкости.

На основании интеграла числа новорожденных по когортам матерей рассчитывается распределение числа новорожденных по годовым когортам матерей (Рис.8)

$$r_i = R_i - R_{i-1}, \quad kR_i = r_i / Nw_i,$$

где  $r_i$  – число новорожденных у годовой когорты матерей  $i$ ;

$R_i$  – интеграл числа новорожденных по когортам матерей;

$Nw_i$  – численность женщин в годовой когорте  $i$ ;

$kR_i$  – коэффициент рождаемости годовой когорты матерей  $i$ .

### Смертность и миграционный прирост

Аналогичным образом с помощью интегральной сплайн интерполяции рассчитываются коэффициенты смертности и миграционный прирост для однолетних возрастных когорт мужского и женского населения.

Из-за снижения численности населения в возрастных группах больше 60 лет наблюдается статистический разброс значений коэффициента смертности. Для получения гладких распределений коэффициентов смертности применялось сглаживание коэффициентов с помощью экспоненциальной аппроксимации (закон

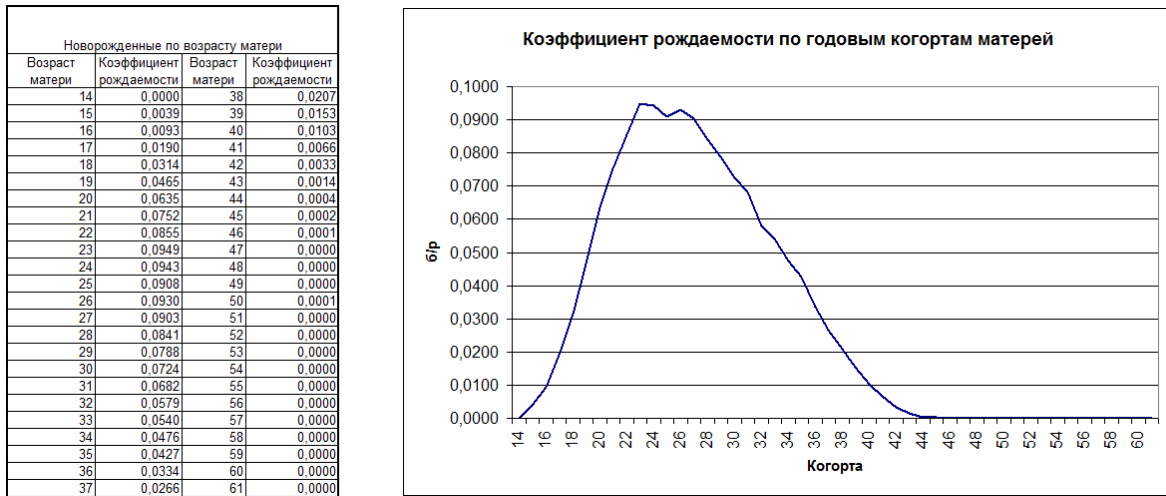


Рис.8. Распределение коэффициента рождаемости по возрасту матери в республике Чувашия

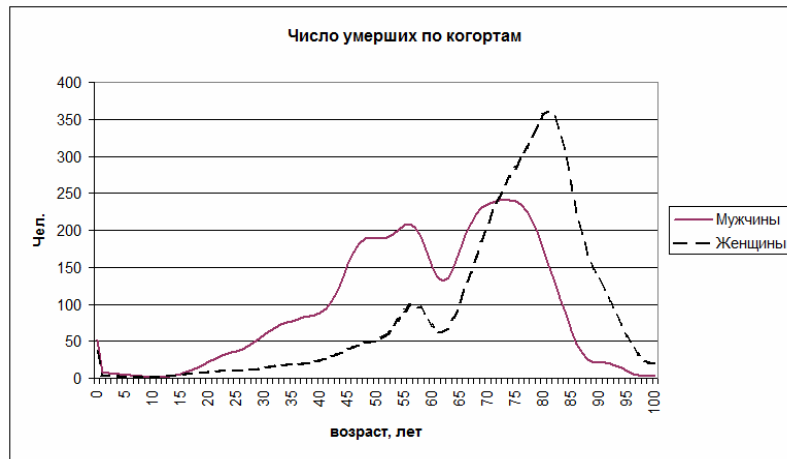


Рис.9. Число умерших по возрастным когортам мужского и женского населения в республике Чувашия

Гомперца-Мейкема) с 20 по 80 возрастные группы. Коэффициенты смертности в возрастных группах с 80 по 100 гладко выводились на «плато» среднего значения коэффициента смертности в данных возрастных группах. Для возрастных групп с 0 по 19 использовались исходные рассчитанные значения коэффициентов смертности (Рис.9).

Миграционные процессы региона определяются как внутренними экономическими процессами (спрос на трудовые ресурсы), так и внешними демографическими и экономическими процессами (перенаселенность, отсутствие рабочих мест, низкий уровень жизни и т.п.). Поэтому для возрастных когорт населения рассчитывались не коэффициенты, а абсолютные значения миграционного прироста населения

региона, включающие как международную, так и межрегиональную миграцию (Рис.10).

Излом функции в возрасте 17 лет обуславливается тем, что для возрастов 14, 15, 16 и 17 лет в официальной статистике приводятся конкретные значения миграционного прироста (а не общая сумма для возрастной группы), фактически, на данном интервале сплайн-интерполяция совпадает с линейной интерполяцией. Пик в 17 лет совпадает с возрастом окончания школы и поступления в высшие учебные заведения.

Таким образом, разработанная модель демографии может быть использована как на региональном (Рис.11), так и на национальном уровне для анализа широкого круга вопросов связанных с демографической ситуацией. Например, для

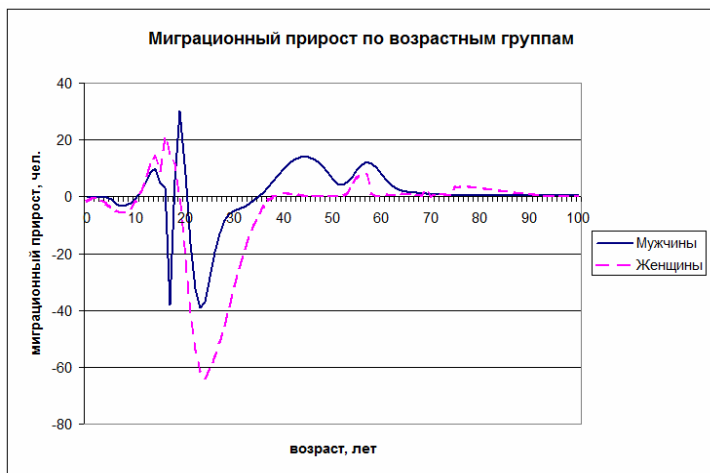


Рис. 10. Миграционный прирост населения



Рис. 11. Когортный анализ динамики численности населения Чувашии

разработки миграционной политики, прогноза объема пенсионных выплат на 3-5 лет и др. Кроме того, данная модель может быть интегрирована в имитационно-экспертную модель макроэкономики региона для детального анализа и прогноза аспектов социально-экономического развития, связанных с занятостью.

## Заключение

Описанные в статье технологии проектирования будущего были разработаны в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН – традиционном системном интеграторе Российской академии наук в крупных проектах национального масштаба (космос, ядерное оружие, вычислительная техника, робототехника), за счет синтеза методов точных наук и математического моделирования с

высокими гуманитарными технологиями социального проектирования и коммуникации.

Феноменология развития данного цикла исследования и разработок приведена на Рис.12.

Подробно о сумме технологий, заложенных в проектирование ситуационных центров можно найти в работе [3].

Основная концепция когнитивного центра, разработанная в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, изложена в [15, 21] и реализована в полномасштабном макете когнитивного центра Отдела моделирования нелинейных процессов и Научно-образовательного центра «Прикладная математика» при ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. В схематическом виде особенности технологии когнитивного центра могут быть подробно представлены на Рис.13.

Прототип системы проектирования будущего, выполненный с учетом всего предыдущего опыта по ситуационным и когнитивным

центрам, выложен на специализированном сайте компьютерного моделирования и экспертного анализа ИПМ им. М.В. Келдыша РАН <http://www.razvitie-plan.ru>. Исследования показали, что обеспечение управления с помощью этого класса инструментария и технологий наиболее



Рис. 12. Феноменология развития исследований

эффективно в кризисный период 2008-2023гг. (Рис.14).

В условиях стабильного развития мировой и национальных экономик (динамика мирового ВВП 2000-2007гг. на Рис.14) выработался другой стандарт автоматизации и управления крупными системами на основе модифицированных стандартов ERP (Enterprise resource planning), и традиционное обучение специалистов по стандарту программ MBA.

Однако, как показали социально-экономические последствия кризиса 2009 г., эти системы управления и переподготовки кадров принципиально не работают в кризисные периоды развития мировой экономики.

В связи с тем, что целый ряд наиболее авторитетных российских прогнозистов дают крайне неблагоприятные перспективы развития мировой экономики на период 2010-2023гг. (Рис.14) необходим форсированный перевод систем управления, технологий и инструментов их обеспечения и систем образования соответствующих специалистов на идеологическую и технологическую платформу системы проектирования будущего.

Система проектирования будущего в регионе или отрасли является высокотехнологичной управленческой инновацией, обеспечивающей разработку образа будущего, путей быстрого развития и преодоления длительного мирового кризисного периода 2008-2023гг.

В целом Национальная сеть когнитивных центров и реализуемые ей процессы представляют собой один из инструментов системы ускоренной социальной эволюции, особенно важный в контексте проектов модернизации в противоположность социальным конфликтам и

Введен гуманитарный блок композиции и декомпозиции для согласования различных интересов собственников или управляющих

Разработаны адекватные модели, работающие в данном регионе или отрасли, включая реконструкцию нечеткой статистической информации

Анализ, научно обоснованное формирование и когнитивная поддержка междисциплинарного экспертного совета корпорации или региона

Применен весь комплекс Social software и новых систем коммуникаций с удаленными экспертами и между ними

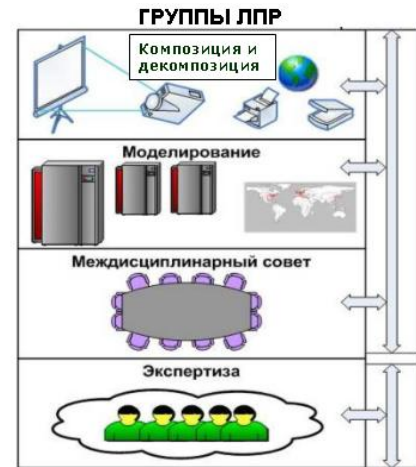


Рис. 13. Когнитивный центр Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (2005г.)

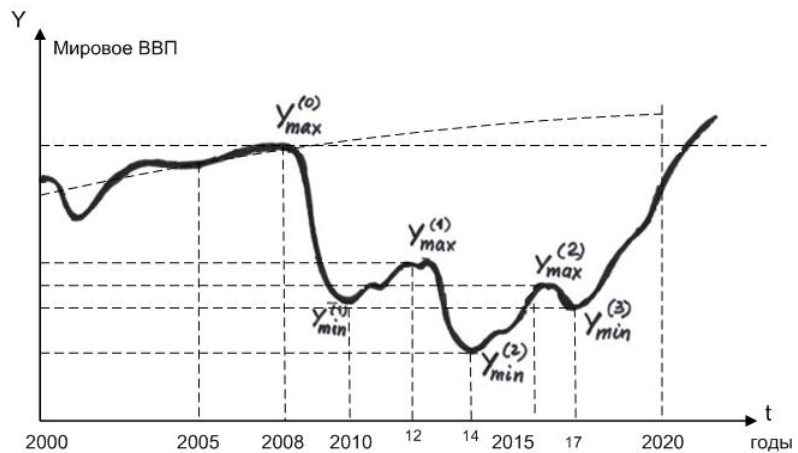


Рис. 14. Качественное представление динамики мирового ВВП по данным проф. В.И. Пантина [24] (Шкала Y – мировое ВВП в относительных процентах)

революционным кризисам. Методическая деятельность сети направлена на развитие методов и форм развития такого феномена как самовоспроизводство интеллектуальных систем.

Опыт эксплуатации макета системы проектирования будущего в Центре компьютерного моделирования и экспертного анализа ИПМ им. М.В. Келдыша РАН показал, что в кризисные периоды такая система может быть успешно применена не только в управлении крупными бизнес структурами и регионами России, но и с успехом использоваться как инструмент для увеличения эффективности работы крупных политических партий и властных вертикалей (Рис.15).



Рис. 15. Система проектирования будущего для субъектов властного дискурса

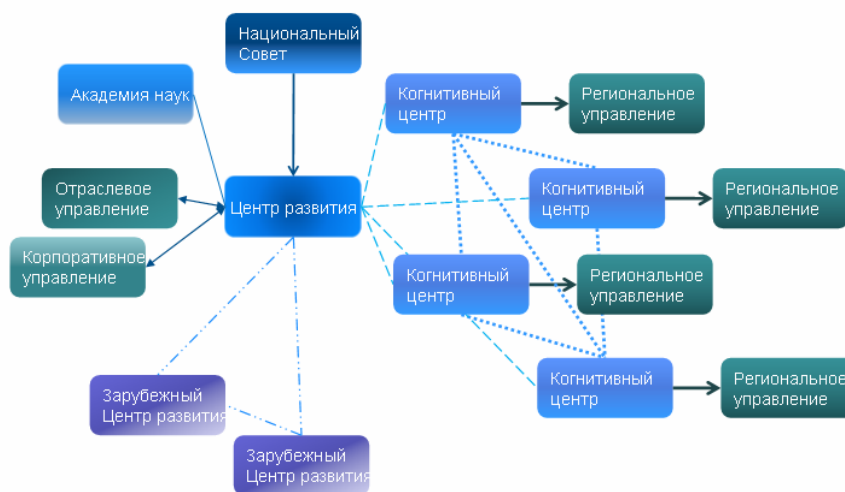


Рис. 16. Сетевая структура когнитивных центров

А если вместо создания множества разрозненных ситуационных и когнитивных центров мы перейдем к созданию единой национальной сети проектирования будущего России, то мы приходим к единому инструментальному и технологическому обеспечению для всей совокупности властных систем (президентская вертикаль, федеральная правительственная вертикаль, региональная вертикаль, вертикаль местного самоуправления) и, таким образом, способствуем сокращению сроков осуществления Президентской программы модернизации России за счет резкого повышения коммуникационной эффективности, стандартизации инструментов и технологий управления, и снижения транзакционных издержек (Рис.16).

Можно ожидать, что развитие подобных систем в регионах России позволит реализовать на

новом, более высоком уровне научный и образовательный потенциал Российской академии наук.

## Литература

1. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. — М.: «Наука», 1979.
2. Павловский Ю.Н. Имитационные модели и системы. — М.: Фазис: ВЦ РАН, 2000.
3. Бир С. Мозг фирмы // URSS, 2005.
4. Гельфанд И.М., Розенфельд Б.И., Шифрин М.А. Очерки о совместной работе математиков и врачей. Серия «Синергетика: от прошлого к будущему». 2-е изд. URSS, Москва, 2004.
5. Котов Ю.Б. Новые математические подходы к задачам медицинской диагностики/ Синергетика: от прошлого к будущему // URSS, Москва, 2004.
6. А.В.Лотов. Введение в экономико-математическое моделирование // Москва, 1984
7. Поспелов А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики // Энергоатомиздат, Москва, 1996.

8. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М.: Физматлит, 2005
9. Акаев А.А., Коротаев А.В., Малинецкий Г.Г. (ред.) Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики // URSS, 2009.
10. Коротаев А. В., Цирель С. В. Кондратьевские волны в мировой экономической динамике // Системный мониторинг. Глобальное и региональное развитие М.: Либроком/URSS, 2009.
11. Циклы Кондратьева и технологические уклады. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Циклы\\_Кондратьева](http://ru.wikipedia.org/wiki/Циклы_Кондратьева)
12. Чернавский Д.С. Борьба условных информаций // История и синергетика: Математическое моделирование социальной динамики, URSS, 2005.
13. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. Издательство иностранной литературы, Москва, 1963.
14. Антипов В.И., Малинецкий Г.Г., Отоцкий П.Л., Шишов В.В. Расчет социально-экономических показателей регионов России в период мирового кризиса. Подготовка кадров, методическое, алгоритмическое и программно-технологическое обеспечение // Препринт ИПМ № 11. Москва. 2009.
15. Антипов В.И., Десятов И.В., Малинецкий Г.Г., Отоцкий П.Л., Шишов В.В. Центр внедрения технологий социально-экономического планирования в России и прогнозирования мировой динамики // Препринт ИПМ № 10. Москва. 2009.
16. Антипов В.И., Пащенко Ф.Ф., Отоцкий П.Л., Шишов В.В. Плановая система России. Мировой кризис и Россия // Препринт ИПМ № 4. Москва. 2009.
17. Отоцкий П.Л. Инструментарий аналитической поддержки управления развитием социально-экономических систем // Научно-теоретический и аналитический журнал «Управление мегаполисом», No.2-3, 2009.
18. Маненков С.К. «Модернизация» и Общественный диалог // Проект МетаКонсалтинг <http://www.metaconsultant.ru/node/67>
19. Антипов В.И., Отоцкий П.Л., Шишов В.В. Проблема построения прогноза социально-экономического развития Московской области // Препринт ИПМ № 24. Москва. 2008
20. Отоцкий П.Л. Математическая модель социально-экономической системы региона с учетом внешних возмущающих воздействий: Дис. канд. физ.-мат. наук. Москва. 2008.
21. Малинецкий Г.Г., Митин Н.А., Шишов В.В., Отоцкий П.Л., Ткачев Н.В., Кузнецов Е.П., Десятов И.В., Науменко С.А., Зульпукаров М.М., Бурцев М.С., Подлазов А.В., Кузнецов И.В., Киселев М.И., Чивилев Я.В., Серебряков Д.С., Иванов О.П., Ахромеева Т.С., Посашков С.А. Экспериментальный стенд Комплексной системы научного мониторинга. Структура и функции // Информационные технологии и вычислительные системы. №4. 2007.
22. Национальная сеть когнитивных центров – технология создания будущего. <http://razvitie-plan.ru/content/view/109/27/>
23. Повышение эффективности управления страной. <http://razvitie-plan.ru/content/view/108/87/>
24. <http://smi-svoi.ru/news/?fl=538&sn=1518>
25. Основы национального счетоводства. Учебник, под ред. Ю.Н. Иванова, Москва, 2007г.
26. Кириллов А.С., Митин Н.А. Модель прогнозирования демографической ситуации в рамках общей процедурной модели социально-экономического развития Чувашской республики. Магистерская диссертация. Дубна, 2010г.
27. В.И. Антипов, И.И. Грачева, П.Л. Отоцкий. Исторический прогноз численности населения России. Препринт ИПМ №45, 2008г. Москва.

**Десятов Иван Владимирович.** Младший научный сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Окончил Московский физико-технический институт. Имеет 8 научных публикаций. Область научных интересов - математическое моделирование социально-экономических процессов, управление в социально-экономических системах, кибернетика.

**Малинецкий Георгий Геннадьевич.** Заведующий отделом Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Окончил физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Автор более 350 научных работ. Область научных интересов - прикладная математика, математическое моделирование нелинейных процессов, нелинейная динамика, компьютерный анализ и прогноз поведения сложных систем, методы анализа данных, математическое моделирование исторических процессов, клиодинамика.

**Маненков Сергей Константинович.** Научный сотрудник Научно-образовательного центра "Прикладная математика" при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Окончил Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, Психологический факультет. Автор научных работ. Область научных интересов - управление персоналом, создание и реорганизация предприятий, создание инновационных методов обучения, системный анализ, деятельностный подход, когнитивные технологии.

**Митин Николай Алексеевич.** Ведущий научный сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша. Окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Автор более 80 научных работ. Область научных интересов - нелинейная динамика, компьютерный анализ и прогноз поведения сложных систем, геометрическая теория дифференциальных уравнений.



**Отоцкий Петр Леонидович.** Научный сотрудник Научно-образовательного центра "Прикладная математика" при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Окончил Московский физико-технический институт. Автор 16 научных работ. Область научных интересов - математическое моделирование социально-экономических процессов, управление в социально-экономических системах, кибернетика.

**Ткачев Василий Николаевич.** Научный сотрудник Научно-образовательного центра "Прикладная математика" при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Окончил Калининградский технический институт рыбной промышленности и хозяйства. Автор 3 научных работ. Область научных интересов – математическое моделирование социально-экономических процессов, управление в социально-экономических системах, кибернетика.

**Шишов Вадим Викторович.** Старший научный сотрудник Научно-образовательного центра "Прикладная математика" при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Окончил Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет. Автор более 70 научных работ. Область научных интересов – менеджмент антикризисного управления, управление развитием и инновационная деятельность для предприятий, отраслей и регионов; математическое моделирование социально-экономических процессов, управление в социально-экономических системах, кибернетика.