

УДК 338-9
ББК 65.9(2P)-30-2
С 41

Рецензенты:

Доктор экономических наук Новоселов А.С.
Доктор экономических наук Нехорошков В.П.
Кандидат физико-математических наук Мурзин Ф.А.

С 41 **Ситуационная комната как элемент организации экспертного сообщества: задачи планирования и прогнозирования** / Малов В.Ю., Тарасова О.В., Бульонков М.А. и др. Под ред. д.э.н. Г.А. Унтуры. – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2018. – 260 с.

Коллектив авторов

Бульонков М.А. – гл. 1, п. 2.2, п. 2.4, гл. 4; Воронов Ю.П. – п. 3.7;
Ершов Ю.С. – п. 3.2; Ионова В.Д. – п. 3.2; Капкайкина О.А. – п. 2.5;
Малов В.Ю. – введение, заключение, гл. 1, п. 2.1, п. 2.2, п. 2.3, п. 2.5, п. 3.1, п. 3.2;
Мелентьев Б.В. – п. 2.1, п. 3.1; Микоян А.П. – п. 3.4; Панкова Ю.В. – п. 2.6, п. 2.7;
Соколова А.А. – п. 3.5; Тарасова О.В. – п. 2.5, п. 2.6, п. 2.7, п. 3.1, п. 3.3, п. 3.4, п. 3.5, п. 3.6;
Филаткина Н.Н. – п. 2.2, п.2.4, гл. 4.

В данной монографии обобщается опыт применения так называемой «Ситуационной комнаты (СИТКОМ)» – инструментария, позволяющего использовать модельные конструкции как «помощника» в работе экспертного сообщества. Авторами предлагается модельно-информационная картографическая система, позволяющая в оперативном режиме анализировать большие массивы информации по регионам страны, используя возможности их картографического представления. Особое внимание уделяется задачам формирования хозяйства регионов нового освоения в Арктической зоне России, анализу исторического опыта подобных разработок и причин задержки в реализации многих планов, в том числе принятых на уровне правительства.

Книга рассчитана на специалистов в области прогнозирования регионального развития, разработки стратегий экономического развития регионов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по экономическим специальностям, а также в области информационных технологий, имеющих прикладное значение в экономике.

Монография подготовлена в рамках выполнения проекта РГНФ № 16-02-00221 «Моделирование процесса освоения северных территорий и акваторий России: игровой подход на основе геоинформационных технологий».

УДК 338.9
ББК 65.9(2P)-30-2

ISBN 978-5-89665-323-3

© ИЭОПП СО РАН, 2018 г.
© Коллектив авторов, 2018 г.

ГЛАВА 4. ПОДДЕРЖКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В СИСТЕМЕ МИКС

Ранее мы уже рассматривали систему МИКС-ПРОСТОР, основным назначением которой являлась автоматизация экономических экспериментов, связанных с прогнозированием развития опорной транспортной сети. Эта система позволяет задать прогноз изменения параметров, описывающих услуги по перевозке грузов и их обработке в транспортных узлах, и решить задачу оптимальной перевозки в условиях конкуренции нескольких видов транспорта. Таким образом, мы получаем вариант развития опорной транспортной сети, обеспечивающий рациональное взаимодействие входящих в неё видов транспорта. Иными словами, мы решаем задачу прогнозирования путём имитационного моделирования типа «что - если» [Воробьёва, Малов, Радченко и др., 2011].

Основными компонентами системы МИКС-ПРОСТОР являются следующие:

- система конфигурации, позволяющая зафиксировать структуру конкретной транспортной сети и постоянных (т.е. заданных извне) параметров;
- репозиторий экспериментов, поддерживающий серии экспериментов;
- подключение к внешнему вычислителю;
- разнообразные методы визуализации результатов, в основном, привязанные к картам;
- алгоритмы и методы сравнительного анализа;
- ситуационная комната (СППР).

Рассмотрим перечисленные компоненты подробнее.

Конфигурация системы. Метод моделирования обладает запасом универсальности. В случае МИКС-ПРОСТОР метод может быть применён к любой транспортной сети, будь то система перевозок на международном, на федеральном, на региональном и других уровнях. Более того, даже на одном уровне рассмотрения речь может идти как о различных вариантах прогнозируемых сетей, так и о взаимодействии разных наборов видов транспорта

(железнодорожный, морской, автомобильный, речной, трубопроводный и т.п.). Вся информация такого вида выносится в конфигурационные файлы, редактирование которых осуществляет администратор системы (которым может быть тот же аналитик, временно выступающий в другой роли).

Репозиторий эксперимента. Если конфигурация системы является неизменной частью имитационного анализа «что-если», выполняемого в рамках экспериментов, то варьируемыми данными эксперимента остаются те, которые влияют на прогнозируемое развитие сети. К таким можно отнести пропускные способности магистральных участков (называемые плечами), стоимости перевозки и обработки грузов в узлах сети, параметризуемые видами транспорта. В данной постановке полезной оказалась возможность систематического перебора отдельных параметров внутри заданного интервала с формированием серии экспериментов, описываемых вариаторами [Бульонков, Филаткина, 2013].

Подключение внешнего вычислителя. Для решения задачи оптимальной перевозки вариаторами используется внешний универсальный модуль целочисленного линейного программирования [Забиняко, 1999]. В задачи системы МИКС-ПРОСТОР входит подготовка данных для решателя на основе заданной конфигурации сети и изменяемых параметров и интерпретация результатов с учётом географии и структуры сети. Собственно, работа вычислителя может быть достаточно продолжительной. Поэтому для обеспечения интерактивности большую роль играет кэширование результатов, которое позволяет, в частности, не повторять необходимые для сравнительного анализа или визуализации расчёты, если входные данные не менялись.

Методы визуализация результатов. Визуализация является наиболее специфичной частью системы конкретной задачи и требует творческого подхода. Так, в предположении, что результаты расчётов будут отображаться на карте, то приходится избегать чрезмерной загруженности. Следует иметь в виду, что результаты моделирования могут соотносить одному объекту большое количество параметров и потому отображение всех их в виде чисел будет плохо восприниматься. Например, для отображения плеча

разные параметры могут соответствовать вариации цвета, толщины линии и т.п.

Методы сравнительного анализа. Особая часть визуализации состоит в сравнении (серии заранее просчитанных) вариантов. Эта задача представляется наиболее важной, поскольку именно экспертное сравнение результатов способствует выявлению оптимальных решений. Здесь оказываются полезными «мелкие» визуальные приёмы (рис. 4.1): отображение относительных отклонений наряду с их абсолютными значениями, группировка и свёртка данных, например, «схлопывание» транспортных коридоров и т.п.

Для сравнения большого количества параметров оказалось удобным использовать анимацию: сравниваемые варианты (например, из некоторой серии) плавно «перетекают» один в другой, позволяя отслеживать динамику развития. В некотором смысле каждый вариант является кадром в анимационном фильме.

Ситуационная комната. Практическое использование системы МИКС-ПРОСТОР подтолкнуло к созданию ситуационной комнаты – пользовательского интерфейса высокого уровня, предназначенного не столько для экспертов, сколько для лиц, принимающих решения (ЛПР). Задача экспертов в этом контексте сводится к формулированию базовых ситуаций, каждая из которых затрагивает значения группы взаимосвязанных параметров. Примерами таких ситуаций могут быть следующие: «ликвидация узких мест Транссибирской магистрали», «завершение создания и льготный тариф для Транскавказской магистрали», «повышение пропускной способности Северного морского пути», «закрытие движение в Персидском заливе» и т.п. Далее в ситуационной комнате осуществляется комбинирование этих параметров воедино для глобального прогноза.

Принципиальная схема архитектуры системы МИКС-ПРОСТОР отражена на рис. 4.2. Она обеспечивает разделение уровней хранения, вычисления и визуализации данных.

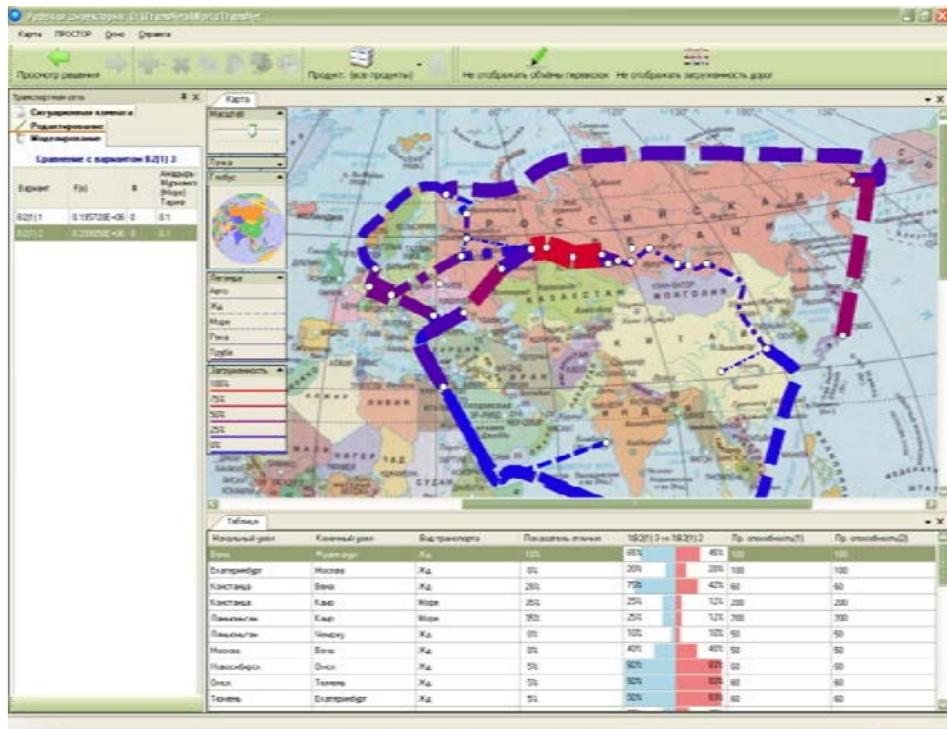


Рис. 4.1. Сравнение вариантов

4.1. Обобщение подхода

Внедрение системы показало существенное повышение эффективности проведения экономических экспериментов, в особенности в части восприятия и экспертной оценки результатов. Это явилось стимулом применения разрабатываемой системы к другим смежным задачам. Однако как специфика самих задач, так и их реализации потребовала существенного обобщения подхода.

4.1.1. МИКС-АТПК

Вторая задача связана с прогнозированием развития территориальных систем Сибири на примере Таймыро-Якутского акваториально-производственного комплекса (АТПК) в зоне влияния Северного морского пути. Концепция развития региона зависит от учёта интересов различных игроков, таких как крупные корпорации, федеральные и местные государственные структуры, иностранные инвесторы и т.п. С другой стороны, влияние оказывают институциональные факторы: надо учитывать как особенности вертикальной интеграции, так и вопросы межрегионального сотрудничества. На примере этого АТПК можно увидеть, что интересы частных инвесторов и их желание получить быструю отдачу от инвестиций конфликтуют со стратегическими государственными интересами. Поскольку компании-участники освоения природных ресурсов несут высокие экономические, социально-политические риски, то для привлечения их участия требуется серьёзная поддержка со стороны общественных и государственных институтов. В то же время анализ текущей экономической ситуации может привести к рассмотрению альтернативного варианта развития с привлечением иностранного капитала [Тарасова, 2015].

Вычислитель для этой задачи реализован как документ MS Excel: пользователь, меняя значения определённых ячеек, хранящих входные параметры, может мгновенно получать значения выходных параметров. Понятно, что в этом документе имеется большое количество вспомогательных ячеек, организующих вычисления и не представляющих интереса для пользователя. Интеграция такого вычислителя в систему МИКС была выпол-

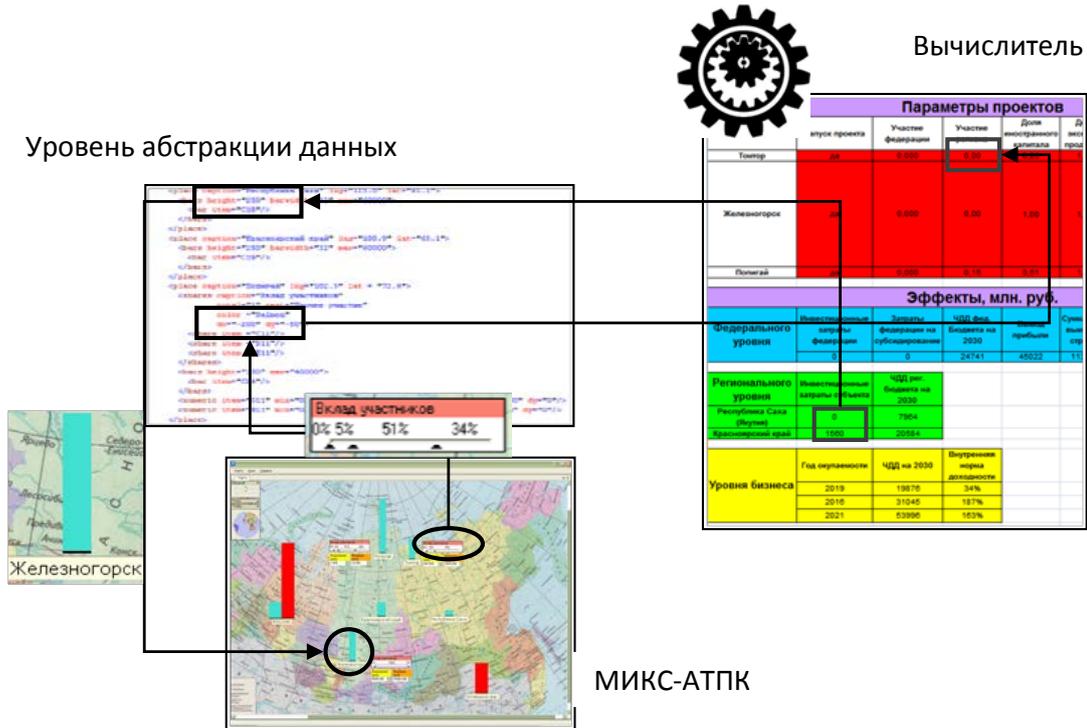


Рис. 4.1.1. Абстрактные переменные вычислителя

нена путём введения промежуточного уровня, абстрагирующего доступ к «переменным» вычислителя и событий, возникающих в момент их изменения (рис. 4.1.1).

Как и в случае с решением транспортной задачи визуальные элементы и их связь с абстрактными переменными задаются конфигурационным файлом. Прежде всего для каждого элемента известно имя связанной с ней абстрактной переменной, посредством которой задаётся или извлекается значение из вычислителя. Во-вторых, для элемента должна быть указана его привязка к географическим координатам. Некоторая трудность здесь возникает ввиду того, что несколько элементов могут быть привязаны к одной и той же географической точке, соответствующей участнику – АТПК или иному игроку. Для того чтобы избежать наложения одного визуального элемента на другой, необходимо указать как глобальные координаты – широту и долготу, так и смещение относительно соответствующей точки на экране, определяющей взаимное расположение визуальных элементов.

Для некоторых способов отображения, например числовых параметров, задающих цены или объёмы инвестиций, необходимо также указать диапазон значений. Некоторые элементы могут быть сгруппированы в одну бизнес-диаграмму (например столбцов разного цвета). Особый, но весьма часто используемый пример визуального элемента, в котором важен как диапазон значений, так и группировка, – разделение долей участия, который может быть реализован регулятором параметра с несколькими ползунками на одном отрезке. Пример такой визуализации приведен на рисунке 4.1.2.

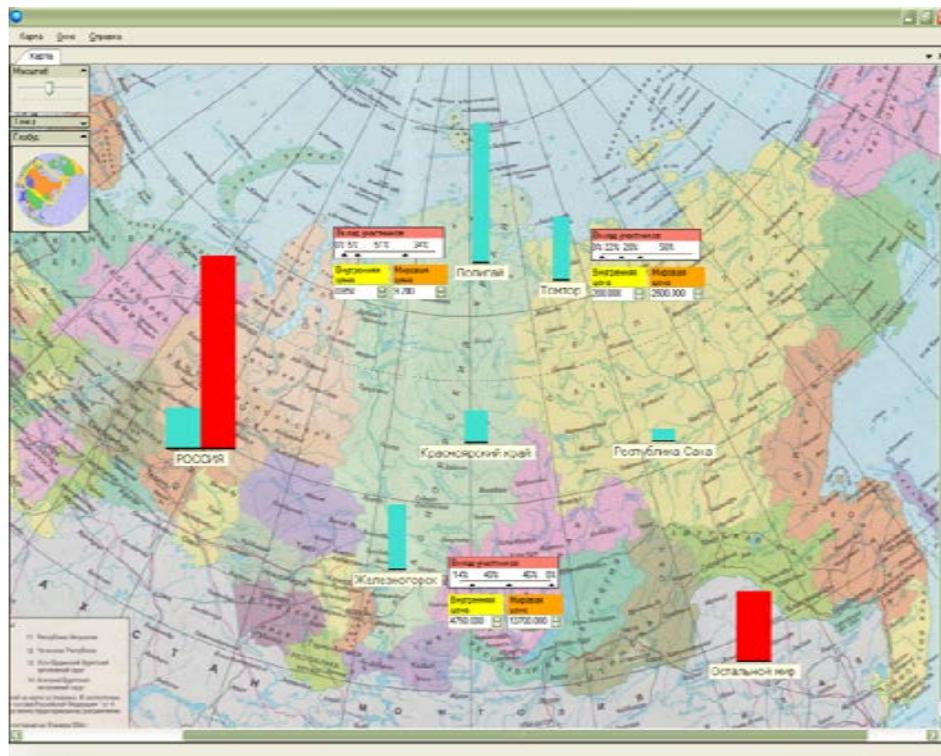


Рис. 4.1.2. МИКС-АТПК

4.1.2. МИКС-ОМММ

Следующее приложение связано с анализом и прогнозированием межрегионального взаимодействия с учётом экономических и социальных условий, а также динамики развития отдельных регионов. В постановке задачи используется оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель (ОМММ). Данная модель была предложена А.Г. Гранбергом [Гранберг, 1973]. С математической точки зрения, она устроена как линейная система, переменными которой являются объёмы производства продукции для каждой изучаемой отрасли в каждом из регионов и объёмы поставки продукции из одного региона в другой, а также ограничения на возможности использования производственных мощностей, трудовых и природных ресурсов, ограничения на рост фондов капиталовложений. Задача оптимизации состоит в максимизации общего объёма конечного потребления при рассмотрении ограниченного временного отрезка.

Таким образом, анализ полученного решения даёт возможность сравнивать различные концепции развития, проводить как глобальный анализ экономических пропорций, так и предлагать рекомендации по развитию и использованию преимуществ отдельных регионов с целью выявления предпочтительных вариантов межрегионального сотрудничества [Мелентьев, 2015]. Данный инструмент позволяет резко сократить трудоёмкость проведения работ и расширить возможности комплексного расчёта общего конечного эффекта.

Характерной особенностью этой задачи является, во-первых, её большая размерность и, следовательно, большое время, требуемое для расчётов. Поэтому с пользовательской точки зрения оказывается гораздо удобнее сделать все вычисления заранее, а потом анализировать сохранённые (в формате MS Excel) результаты. Во-вторых, объём результатов настолько велик, что практически невозможно отобразить все данные одновременно, а значит, требуется сформулировать и реализовать разные аспекты, концентрирующиеся на осмысленных подмножествах данных. Архитектура системы похожа на структуру МИКС-ПРОСТОР и отображена на рисунке 4.1.3.

Иными словами, при визуализации, привязывающей данные к карте, проблема заключается в том, что к одной или нескольким близко расположенным точкам приходится привязывать много информации. Стандартно эта проблема решается увеличением масштаба, но при этом теряется общая картина. Другой подход, который и использован в системе МИКС-ОМММ, заключается в том, что

- показывать информацию в компактном виде, давая возможность пользователю развернуть её только в точках, интересующих его в текущий момент;
- сдвигать блок информации, соединяя его с исходной точкой видимой линией.

Пример такого отображения в системе МИКС-ОМММ показан на рисунке 4.1.4.

Здесь возникает интересная оптимизационная задача. Необходимо разместить без перекрытия блоки известных размеров таким образом, чтобы минимизировать суммарное расстояние от «точек привязки» этих блоков.

Пусть пары $(h_1, w_1), \dots, (h_n, w_n)$ задают множество прямоугольников, где h_i – высота прямоугольника, а w_i – его ширина; $\{(ax_i, ay_i) | i = 1 \dots n\}$ – множество «точек привязки», по одной для каждого прямоугольника. Необходимо разместить эти прямоугольники на плоскости, т.е. определить множество точек $\{(px_i, py_i) | i = 1 \dots n\}$, описывающих координаты верхних углов так, чтобы прямоугольники не пересекались между собой:

$$\forall i, j = 1 \dots n : px_i > px_j + w_j \quad \text{или} \quad px_j > px_i + w_i$$

$$\text{или} \quad py_i > py_j + h_j \quad \text{или} \quad py_j > py_i + h_i.$$

И при этом минимизировать расстояние до точек привязки:

$$\sum_{i=1}^n \sqrt{(ax_i - px_i)^2 + (ay_i - py_i)^2} \rightarrow \min$$

Дополнительное желательное требование к методу размещения заключается в его *устойчивости*: небольшие вариации размера должны приводить к небольшим изменениям размещения. Например, при «раскрытии» (увеличении размера) одного блока остальные блоки должны либо остаться на месте, либо «слегка» подвинуться. Задача, естественно, сводится к минимизации нелинейной функции в ограниченной области. Для её решения мы используем эвристику, основанную на итерационном методе «имитации отжига».

Примерами таких аспектов являются:

- макропоказатели (конечное потребление, объёмы производства, инвестиции, экспорт);
- потоки поставок продукции (ввоз/вывоз продукции из региона);
- показатели межрегионального влияния (отправление, прибытие, транзит, грузооборот);
- отраслевая структура производства (транспорт, промышленность, животноводство и т.д.);
- и др.

Для каждого аспекта можно выбрать наиболее подходящий способ отображения, так, например, отраслевую структуру производства удобно изображать в виде круговой диаграммы, а макропоказатели в виде столбцов или таблицы с конкретными значениями. Для большинства показателей интересны не только абсолютные значения, но и динамика их приращения/убывания. Поэтому для каждого региона можно не только переключаться между компактным и развёрнутым видом информационного блока, но и отображать график трендов для выбранных показателей за рассматриваемый период.

Отдельный способ визуализации используется для параметров решения, относящихся к связям между регионами: наиболее удачным нам показался вариант, когда поток между парой регионов отображается стрелкой, размер которой пропорционален объёму поставок, а раскраской отражается соотношение объёмов «туда-обратно». Сама стрелка размещается вдоль пути, соединяющего некоторые точки внутри регионов (рис. 4.1.5).

Другие варианты, например, отображение числовых данных «сверху/снизу» от пути, либо отображение объёмов на «въезде/выезде», не обеспечивали достаточной наглядности. Толщину линии также не удалось использовать ввиду большого разброса значений.

4.2. Сравнительный анализ и дальнейшее развитие подхода

Целью сравнительного анализа трёх реализованных систем является, с одной стороны, разработка общего инструментария, а с другой – дальнейшее развитие их функциональности по аналогии с другими. Далее мы рассмотрим три основных вектора развития подхода:

- (1) от интерактивных экспериментов к серии экспериментов;
- (2) от линейной серии к многомерному пространству экспериментов;
- (3) от экспериментов к ситуациям.

4.2.1. Интерактивность

Дизайн системы может существенно зависеть от производительности вычислительных средств и эффективности реализации алгоритмов моделирования. Понятно, что есть некоторый психологический предел времени, который пользователь готов ждать, сидя за компьютером, в ожидании результатов.

Наибольшая реактивность характерна для системы МИКС-АТПК: любое изменение пользователем некоторого параметра приводит к мгновенному перерасчёту и отображению всех других параметров (хотя значения некоторых могут оставаться неизменными). Напротив, в системе МИКС-ОМММ расчёты требуют столь большого времени, что не позволяют обращаться к вычислителю в интерактивном режиме. Система МИКС-РЕГИОН занимает промежуточное положение: время просчёта некоторого варианта занимает не более нескольких минут, что допускает его выполнение в интерактивном режиме при условии кэширования результатов так, чтобы, например, для сравнения нескольких вариантов не требовалось повторного вычисления.

Обратной стороной высокой интерактивности МИКС-АТПК является то, что становится трудно сравнивать варианты, незначительно отличающиеся несколькими входными параметрами: последовательное изменение параметров вызывает отображение содержательно неинтересных пользователю промежуточных состояний, в ходе которого интересующий параметр может многократно возрасти и убывать. Поэтому для сравнительного анализа и прогнозирования более эффективным будет сценарий, позволяющий сделать «мгновенный снимок» текущего состояния, затем сделать все изменения для перехода к новому состоянию, а потом переключаться от одного состояния к другому за один шаг. Фактически, здесь речь идёт о том же сохранении вариантов входных данных в репозитории и введении понятия серии экспериментов как это сделано в других системах.

4.2.2. Серии экспериментов

В системе МИКС-ОМММ серия сравниваемых результатов определяется варьированием года. С другой стороны, для данной системы именно тренды развития являются содержательным результатом и, в этом смысле, серию следует трактовать как единое данное. Возможность варьирования начальных данных, на основе которых получаются разные тренды, в настоящее время выходит за рамки возможностей системы.

В системе МИКС-ПРОСТОР имеется возможность в явном виде задавать варьирование параметров в определённом диапазоне с фиксированным шагом, причём в этом может быть задействовано одновременно несколько параметров, что в результате даёт многомерное пространство решений. Но в данный момент это многомерное пространство рассматривается как одномерное. Одна из нерешённых здесь проблем заключается в том, что изменение некоторых параметров должно быть взаимосвязано: например, для моделирования изменения пропускной способности железнодорожной магистрали необходимо согласованным образом задать пропускную способность каждого из составляющих её участков.

В системе МИКС-АТПК в настоящий момент нет понятия серии, поскольку, как уже говорилось, само понятие эксперимента явно не сформулировано. С другой стороны, планируемое развитие системы включает в себя визуализацию экономических

игр, с целью нахождения точек равновесия интересов различных субъектов, таких как регионы, федеральные власти, иностранные инвесторы и т.п. Это подразумевает, что пространство данных должно отражать различные стратегии поведения независимо для каждого субъекта, что опять же приводит к многомерному пространству.

Таким образом, репозиторий должен поддерживать эффективный доступ к различным проекциям пространства экспериментов. Это реализуется, например, технологией OLAP [Surajit Chaudhuri, 1997; Michael Lawrence, 2006; Thomas, Wiedmann, 2009].

4.2.3. Ситуационная комната

Конечной целью любой из рассмотренных систем является принятие решений на основе экспертного анализа. В реальной практике, эксперт не обязательно является лицом, принимающим решения, и наоборот. Для лица принимающего решения результаты моделирования являются лишь одним из дополнительных источников информации.

Из этого можно сделать вывод, что, во-первых, требуются пользовательские интерфейсы, реализующие разные уровни абстракции: на уровне ЛПР не требуется знать не только про технологию научного эксперимента, но и про конкретные данные, методы расчёта и вообще про решение задач математической экономики. Примером этому может служить ситуационная комната системы МИКС-ПРОСТОР.

Во-вторых, требуются развитые средства комбинирования и генерации вариантов. Система должна предоставлять пространство базовых ситуаций, в которых можно выстроить типовую иерархию: «одна ситуация является составной частью другой» или «ситуация определяется множеством альтернативных ситуаций» и т.п.

Экономические игры добавляют к ситуациям новое измерение – субъект – и дают возможность итерирования процесса моделирования с целью достижения разумного компромисса между субъектами: результаты проведённого эксперимента приводят к определению новых вариантов. В этом случае было бы полезно отслеживать историю появления вариантов.

4.3. Обобщённая схема архитектуры

Проведённый анализ, с одной стороны, выявил возможные точки роста для всех рассмотренных систем, а с другой – обозначил контуры общей платформы системы автоматизации экспериментов, состоящей из следующих логических частей (рис. 4.3.1):

- внешнего вычислителя, обеспечивающего расчёт экономической задачи;
- репозиторий, представляющий многомерное пространство вариантов, а также обеспечивающий возможность кэширования результатов вычислителя;
- уровень абстракции данных, позволяющий отображать объекты предметной области в данные репозитория;
- система МИКС, поддерживающая возможность расширения набора визуальных модулей и компонент с картографической привязкой;
- ситуационная комната: система поддержки принятия решений, формирующая специфическим для каждой задачи образом варианты из заготовок.

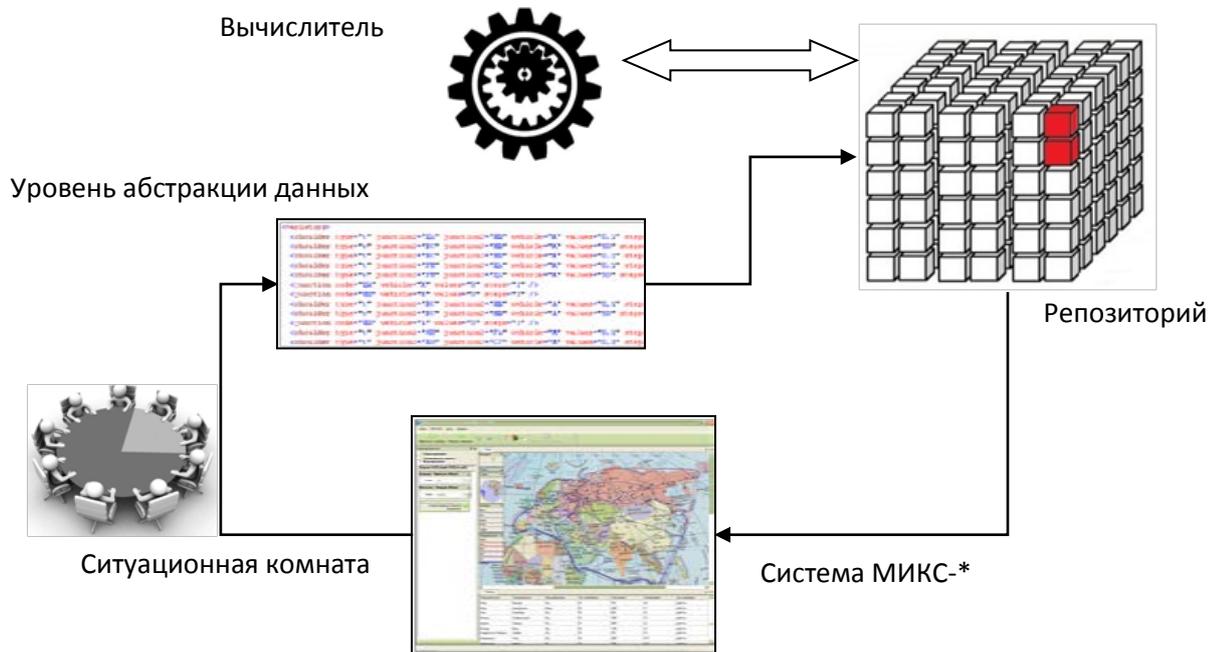


Рис. 4.3.1. Обобщенная схема архитектуры