

ОБЩАЯ СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

Багдасарян А. Г.

(Учреждение Российской академии наук

Институт проблем управления

им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

arbag@mail.ru

Предложена структура информационной экспертной системы, ориентированной на поддержку задач моделирования динамики развития и анализа эффективности процессов сценарного управления сложными иерархическими системами.

Ключевые слова: моделирование, информационная система, иерархический объект, сценарий развития, контур управления.

К одним из важнейших элементов, обеспечивающих адекватное представление и моделирование динамики сложных иерархических систем, а также анализ их развития относится знание значений различных параметров и показателей системы и тенденций их изменения, как в режиме отсутствия внешних воздействий, так и в произвольном контуре управления. Системы мониторинга позволяют проводить наблюдение текущих значений параметров и фактической информации о характере развития системы. Это, в свою очередь, позволяет оценивать состояния и предсказывать возможные события в системе и вытекающие из них последствия, которые могут быть вызваны изменениями в значениях параметров.

Прогнозирование событий может быть основано на логике ретроспективного анализа, суть которого заключается в следующем. При прогнозировании событий непрерывно измеряется

тот или иной параметр системы. Если в системе произошло некоторое событие, и за некоторое время до наступления этого события данный параметр резко изменился (или происходило постепенное изменение значений параметра до некоторого критического), то такую аномалию связывают с этим событием. Такие зависимости, подтвержденные многократно, то есть ставшие устойчивыми, используются для оценки и прогнозирования возможных будущих событий в системе. То есть фактически используются знания предыдущего опыта и экспертные знания.

Соответствующая информационная система должна обеспечивать идентификацию и регистрацию информации о происходящих событиях, о возникшей ситуации, ее хранение, непрерывное ведение и использование путем сбора, агрегирования, классификации, переработки и выдачи необходимой информации.

Помимо выполнения системой информационных функций, в ее рамках должны быть предусмотрены возможности моделирования и прогнозирования развития событий при реализации альтернативных стратегий управления, прогноза потребностей в ресурсах и т.д.

В контексте сказанного, в качестве модели, предоставляющей возможность решения указанных задач, рассматривается модель директивного планирования.

Целью директивного планирования является построение аргументированных сценариев развития исследуемых объектов.

Содержательно возникающая задача проблемного анализа заключается в том, чтобы

- выявить, обосновать и продемонстрировать сущность системы взаимосвязанных задач управления;
- представить варианты подходов к их решению, сравнить их по эффективности;
- организовать выдачу аналитической аргументирующей документации с заключениями, подтвержденными графической или статистической информацией.

Для проведения всего комплекса работ директивное планирование целесообразно выполнять в рамках системы, предостав-

ляющей пользователям необходимые информационные ресурсы и средства анализа.

Обобщенная структура системы директивного планирования представлена на рис. 1. Она включает в себя интерфейс с пользователем, библиотеку параметров, построитель канонической модели развития, базу данных мониторинга, интерпретатор базы данных мониторинга и модель управляемого развития.

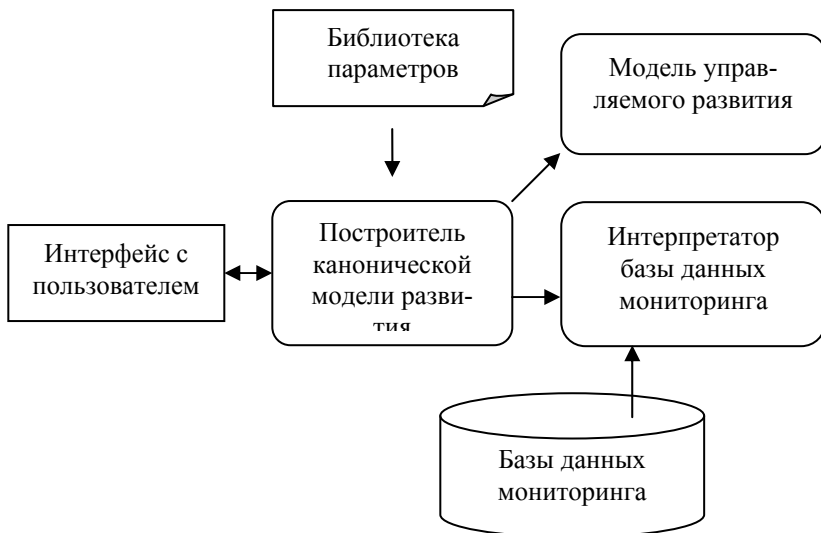


Рис. 1. Обобщенная структура системы директивного планирования

Поскольку система должна поддерживать непрерывный процесс наблюдения за множеством оценочных показателей, она должна включать пополняемую и редактируемую библиотеку иерархических блоков параметров. Например, применительно к задачам регионального развития такая библиотека может включать блоки параметров социального положения, экологии, уровня развития экономики, и др.

Построитель канонической модели развития представляет собой специализированную систему ввода диаграмм состояний

как входной информации [1]. Диаграммы состояний представлены моделью нагруженного ориентированного графа, вершины которых представляют состояния и объекты системы, находящиеся в этих состояниях, а дуги – переходы и интенсивности переходов объектов из одного состояния в другое, причем упорядоченность состояний между собой воспроизводит процесс развития рассматриваемых объектов. Рассмотрение диаграмм состояний во временном разрезе – анимация потоков объектов, возникающих между состояниями – позволяет формировать временные характеристики процесса развития исследуемого множества объектов. В процессе моделирования с помощью предоставляемых возможностей инструментальных средств модель развития может быть переопределена, а также могут быть заданы новые состояния и новые упорядочивающие отношения. Каноническая модель развития формализует требования к качественным свойствам системы и представляет гипотетическую модель развития, которая используется для сравнения с реальной динамикой системы. Такое сравнение позволяет представлять суть проблемы развития и деградации системы, а также анализировать качество управления развитием системы. Аппарат диаграмм состояний позволяет создавать понятные, наглядные модели и дает возможность четкой формализации состояний, характерных для одного процесса и не характерных для других. В связи с этим его можно использовать для представления закономерностей и типовых моделей развития состояний.

Директивное планирование, рассматриваемое в контуре управления, предполагает высокий уровень информатизации и оперативной связи с базой данных мониторинга.

Ведущее положение в представленной системе занимают интерпретатор базы данных мониторинга и модель управляемого развития.

Интерпретатор базы данных мониторинга функционирует в соответствии с заданной пользователем композицией канонических моделей развития и порождает описание реальной многоуровневой динамики иерархического объекта (рис. 2). Структурное композирование диаграмм состояний обеспечивает синтез комплексных моделей и комплексной системы требова-

ний к динамическим характеристикам объектов сложной системы, и потому занимает центральное место в моделях динамики иерархических систем. В качестве базовых механизмов композирования рассматриваются операции последовательной и параллельной композиции, а также операция обобщения диаграмм. С помощью операций композирования можно моделировать различные схемы межуровневых связей и влияния процессов моделей нижних уровней на ход процессов в моделях верхних уровней иерархической системы. Комплексные модели развития позволяют повысить уровень интегрирования интерпретации фактических данных.

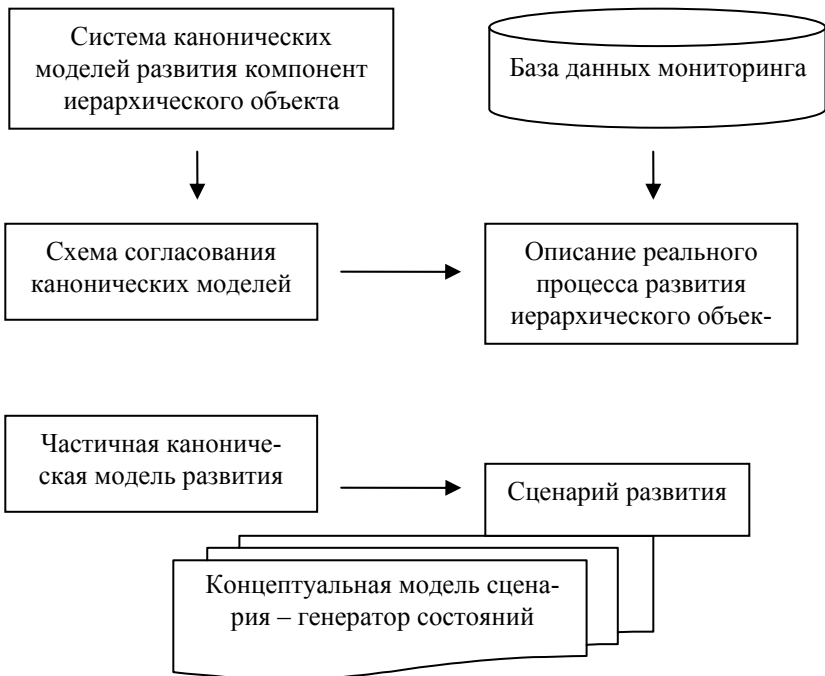


Рис. 2. Многоуровневая динамика иерархического объекта

Модель управляемого развития строится как экспертная система для оценки сценариев управления, задаваемых пользователем, и основывается на следующих принципах построения:

- вычленение собственно управляющих воздействий на управляемую систему;
- учет результатов состояний, достигнутых на предыдущих этапах управления;
- сравнение с возможными результатами альтернативных управляющих сценариев.

Вычленение управляющей составляющей в модели развития имеет большое значение для организации автономной разработки управляющего сценария, а также для гибкой перестраиваемости модели на альтернативные сценарии управления.

Учет результатов предыдущих этапов управления должен обеспечить преемственность многоэтапных сценариев управления.

Сравнение альтернативных схем управления дает основные аргументы в ходе оценки результативности рассматриваемых управляющих сценариев.

Модель управляемого развития должна проиллюстрировать ключевые динамические характеристики в зависимости от того, будут предприняты или нет соответствующие состояниям управляющие действия. В этом смысле модель управляемого развития строится как проверка гипотез «что-если».

Оцениваемый сценарий развития играет роль системы вывода и рассматривается как генератор последовательных состояний исследуемого объекта. Правила генератора состояний представляются в формате древовидной декомпозиции глобальной цели на подцели, вершинам которой приписаны элементарные правила. Формат элементарного правила «ЕСЛИ-ТО-ИНАЧЕ» (рис. 3) задается набором вида

$$\langle w_i, S_{ij}, S_{ik}, S_{il}, P_{ik}, R_{ik}, t_{ij} \rangle,$$

определяющим управляющее действие P_{ik} , которое следует предпринять для того, чтобы перевести компоненту w_i из состояния S_{ij} в состояние S_{ik} за время t_{ij} с затратами ресурсов R_{ik} и не допустить «отката» в состояние S_{il} .

Правила преобразования состояний представляют удобный способ разработки управляющих сценариев, так как позволяют легко реализовать итерационный процесс их создания и модификации, допускают эффективную реализацию с помощью исполняющей процедуры и обладают достаточной выразительностью спецификации процессов управления.

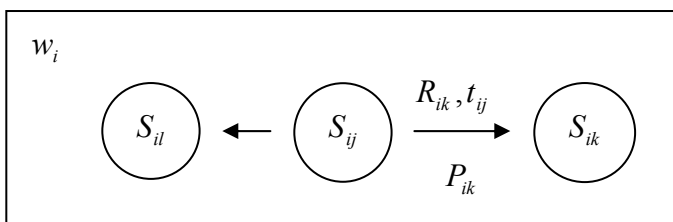


Рис. 3. Формат элементарного правила «ЕСЛИ-ТО-ИНАЧЕ»

Модель управляемого развития используется для проверки гипотезы о результативности оцениваемого сценария. Критерий оценки сценария задается в виде «частичной» или «неполной» диаграммы развития состояния, задающей опорные состояния, которые следует достичь с заданными ограничениями на время и ресурсы. При построении сценария можно выделить следующие этапы [3], которые в каждом конкретном случае могут носить более детальный характер:

- анализ исходного начального состояния объекта и возможных тенденций его развития;
- определение спектра состояний объекта в ближайшем будущем;
- предложение вероятных гипотез тенденций перехода объекта из этих состояний в последующие;
- анализ и выявление желаемого конечного результата – заключительного состояния объекта.

Частным случаем «частичной» или «неполной» диаграммы развития состояния является задание пары состояний: начального и желаемого заключительного состояния.

Задачей экспертной системы является в таком случае либо подтверждение гипотезы о том, что модель развития, управляемого на основе анализируемого сценария, удовлетворяет заданным критериям оценки, либо дополнение входной диаграммы уточняющими промежуточными состояниями или ее опровержение и выдача компьютерного прогноза в виде альтернативной диаграммы развития состояний.

Как в процессе интерпретации данных мониторинга, так и в ходе моделирования сценарного развития организуется несколько контуров моделирования, объединенных по целевым ориентирам с учетом концепции представления объекта в виде иерархической системы и соответствующих операций композирования диаграмм состояний [1].

Генератор состояний позволяет:

- исследовать эффекты комплексного и многоаспектного управления, касающегося разных подсистем сложного объекта;
- разбивать процесс управления на этапы и стадии, осуществлять декомпозиционное прогнозирование, в котором каждая последующая модель является разукрупнением и детализацией предыдущей;
- строить и анализировать связанные между собой крупноагрегированные и детализированные модели сводных показателей развития.

Применительно к задачам регионального управления такая модель может осуществлять декомпозицию по отраслевому, функциональному и территориальному признакам.

Обобщенная схема директивного планирования представлена на рис. 4. Она включает этапы ретроспективного анализа и построения директивной модели развития. Построение ретроспективных моделей предназначено для проведения проверки и отбора рассматриваемых альтернативных концепций по стратегическому развитию исследуемых объектов.

Ретроспективный анализ, проводимый с помощью интерпретатора базы данных мониторинга, заключается в осуществлении расчетов и последующей оценке результатов за прошлый период. Основное преимущество такого анализа – в возможности сопоставления фактических и расчетных данных. Результа-

ты ретроспективного анализа отражают важнейшие закономерности и тенденции предыдущего периода.

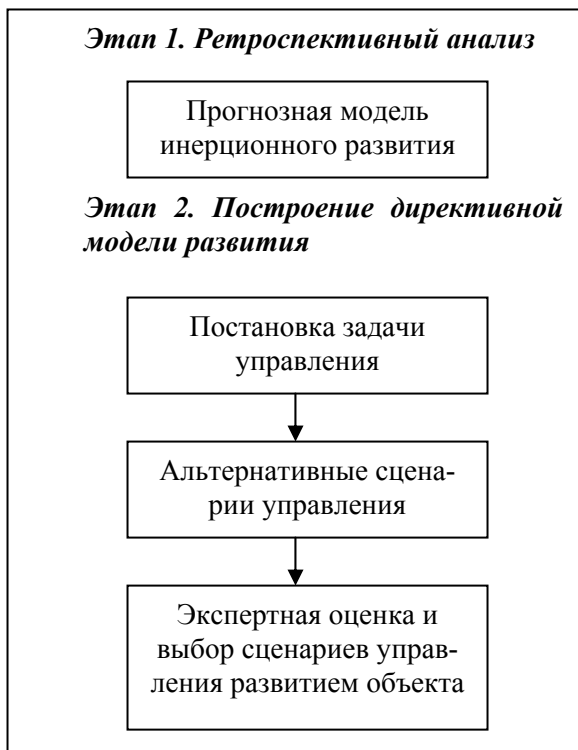


Рис. 4. Обобщенная схема директивного планирования

В ходе ретроспективного анализа пользователь выделяет различные объекты исследования, изучает динамику выбранных параметров и строит диаграмму состояний, интерпретирующую данные мониторинга. Путем эмпирического анализа, экспериментирования и выбора различных систем параметров развития исследуемого объекта пользователь должен найти такие диаграммы, которые наиболее выразительно отражают сложившиеся «негативные» тенденции развития. Тем самым реализуется

диагностический анализ развития состояний, характерного для предкризисных и кризисных процессов.

Такие диаграммы служат аппаратом формального представления текущих проблем управления и отвечают на вопрос о том, «что будет, если не предпринимать никаких управляющих воздействий».

Результаты ретроспективного анализа помогают выдвигать цели и задачи развития и формировать возможные варианты управляемого развития на перспективный период.

Целью следующего этапа является построение директивной модели развития, анализ управляемых процессов развития сложных объектов и получение ответов на вопрос «что следует предпринять, чтобы достичь поставленных целей». Пользователь описывает исходное состояние $S_{нач}$, директивное ожидаемое состояния $S_{закл}$, строит пространство промежуточных состояний. Затем задает концептуальную модель управляющих сценариев в виде генератора состояний. Использование инструментария динамических экспертных систем позволяет с минимальными затратами адаптировать информационную среду к текущему кругу задач.

Рассмотрим административный геомониторинг как пример среды директивного планирования. Одним из путей эффективной поддержки административного руководства решением таких крупномасштабных и слабоформализуемых задач, как региональное программно-целевое реформирование, является организация информационно-инструментальной среды проблемного анализа. Такая среда должна обеспечить пользователям-администраторам доступность и возможность проблемного восприятия всех информационных ресурсов, включая документальную и статистическую информацию и библиотеки программных средств. Пользовательский интерфейс с информационными ресурсами должен помочь администраторам, не являющимся специалистами в области программирования и теоретиками экономико-математического анализа, проводить комплексный анализ текущих задач экономического реформирования, выявлять тенденции, проверять гипотезы, получать аргументы за и против вырабатываемых решений.

Информационным потребностям такой среды отвечает гео-мониторинг – картографическая база данных, систематизирующая и накапливающая конкретные статистические данные, характеризующие уровень жизни населения произвольной территориальной единицы, включая регион-район-область-поселение.

Геомониторинг предназначен для организации логического контура долгосрочного программно-целевого управления как в регионе в целом, так и применительно к произвольному поселению, области, району.

Исходя из поставленных задач, геомониторинг должен представлять как оперативную модель-отчет территорий о текущем состоянии, так и долгосрочные директивные прогнозы и планируемые мероприятия.

Геоинформационная технология обеспечивает следующие преимущества:

- наглядность представления иерархической информации (на уровне всей территории, региона, района, поселения);
- охват всех сторон жизни населения: от строительства жилья, объектов социально-бытовой инфраструктуры и промышленности, транспорта, связи, до выполнения мероприятий по развитию здравоохранения, образования, культуры и др.

Геомониторинг используется в качестве демонстрационного материала, описывающего программу внешним лицам, например, инвесторам, внешнему руководству, заказчику и др. Поэтому директивная модель реформируемой территории должна включать те ее особенности (географические, экологические, производственные, инфраструктурные, демографические и т. д.), которые, с одной стороны, определяют остроту проблем, решаемых проектами, а с другой – преимущества, которые способствуют и усиливают значимость проектных мероприятий. Геомониторинг иллюстрирует преемственность региональной политики.

Анализ социально-экономического положения и уровня жизни населения – развитая область статистики, в которой сложился набор показателей и основных индикаторов уровня

жизни населения. Теоретически проработана иерархическая система индикаторов, определяющая структуру информационных массивов долгосрочных баз данных геомониторинга. Это существенно упрощает процедуру конкретного выбора и уточнения номенклатуры индикаторов применительно к каждому контуру административного управления.

Представляемая информация является источником данных для стратегического планирования. Однако практически возникающий чрезвычайно большой объем информации может привести не только к потере наглядности и целостности описания, но и работоспособности. Такая база данных может иметь как максимум справочно-информационный регистрирующий характер. Пользователями административного мониторинга как среды проблемного анализа являются в основном руководители высшего звена, для которых важно иметь агрегированное представление обо всех процессах социально-экономического развития территории в целом с возможностью уточнения применительно к ее отдельным элементам.

Анализ и оценка уровня жизни населения регионов предполагает высокую степень абстракции. Состояние уровня жизни населения в регионах анализируется и фиксируется в виде тенденций на интервале времени наблюдения и по статистическим данным характера изменений рассматриваемых параметров. Например, за интервал времени наблюдения можно взять интервал в несколько лет.

Построение директивной модели социального блока, в отличие, например, от отраслевого, является творческим процессом и порождает практически неограниченное число задач сценарного управления. Директивная модель социального развития фиксирует лишь наиболее крупные инфраструктурные проблемы и намечает основные отрасли и подотрасли, развитие которых целесообразно стимулировать.

Литература

1. БАГДАСАРЯН А. Г. *Дискретное моделирование и анализ сложных динамических систем в режиме управления*. М.: ИПУ РАН, 2005. – 50с.
2. БАГДАСАРЯН А. Г. *Модель информационной автоматизированной системы для решения задач управления крупномасштабными комплексами* // Проблемы управления. 2005. № 6. С. 65-68.
3. СТЕПАНОВСКАЯ И. А., БАГДАСАРЯН А. Г. *Концептуальная модель информационной системы поддержки иерархического когнитивного анализа динамических процессов* / Труды Международной конференции "Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций". М.: ИПУ РАН, 2001. С. 69-71.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии А. К. Погодаевым.*