

Глава 4. Сценарный подход к построению методик проведения прогнозных исследований

4.1. Общие сведения о методологии сценарного прогнозирования

Использование базовых методов прогнозирования в ходе составления прогнозов развития социально-экономических систем носит в некоторой степени ограниченный характер и практически не решает а) проблем комплексного предвидения развития объекта прогнозирования, имея ввиду под ним, прежде всего, сложную кибернетическую систему, б) оставляет открытой тему формирования активного прогноза, т.е. не касается вопросов оценки возможных допустимых и эффективных воздействий на будущие состояния системы. Обычно «чистое» применение базового атомарного инструментария позволяет заметить лишь частичные фрагменты будущей картины. Обходя аргументацию общефилософского утверждения невозможности абсолютного познания будущего, а тем более истины, отметим лишь конкретные причины, затрудняющие ее относительное познание. Обращаясь к непосредственному предмету нашего изучения это факторы, которые обусловлены, во-первых, естественной познавательной ограниченностью базовых методов инструментария прогноза, достаточно результативно работающих в некоторых заданных условиях, постулируемых через фиксацию гипотез исследователя касательно характеристик исследуемого объекта. Во-вторых, игнорированием непрерывной трансформации картины будущего через ментальные, информационные формы воздействия на объект прогнозирования хотя бы только самим фактом разработки предсказания, а не только посредством активного вмешательства в процесс его функционирования. В качестве паллиативного решения отмеченных проблем может быть предложено использование несколько иной методологии прогнозирования, нежели методология т.н. классического прогноза, исходящая из

принципа объяснимости будущего через прошлое. Данный подход, предполагает собственную методику и более комплексный инструмент прогноза в части его технологии. Наиболее широко он известен как сценарный подход к прогнозированию. Наиболее характерные его особенности в сравнении с т.н. «базовыми» [2, 11] методами прогнозирования представлены в таблице 12.

Таким образом, принципиальная непредсказуемость в предвидении результатов развития социально-экономических объектов, динамичность их структуры, прогнозного фона, нестабильности и неопределенности критериев оценки эффективности развития и ряд других не менее веских обстоятельств приводят к необходимости использования специального, отличного от традиционных, применимых, например, в технологических прогнозах, подхода к построению методик проведения прогнозных исследований, в частности, к использованию сценарного подхода, как основного направления в исследовании динамики социально-экономических систем и процессов.

Сценарное прогнозирование является, по сути своей, специальной методикой проведения прогнозных исследований и реализует с той или иной степенью успешности принцип системности прогноза. Окончательное формирование концепции сценарного подхода к решению задач прогнозирования развития оформилось к середине 60-х гг. прошлого века. [20]. По существу являясь гибридным, оно может объединять в рамках единой методики, как интуитивные, так и формализованные методы, основанные как на фактографической, так и на экспертной информации и взаимосвязанные в рамках единой итеративной процедуры прогнозирования. Часто на практике, совокупность частных методов прогнозирования, соединенных в рамках конкретной специальной методики проведения прогнозных исследований, объединенных четко поставленной целью, носит названия прогнозирующей

Таблица 12.

Сравнительные особенности базовых подходов к прогнозированию

<i>Тип методов прогноза</i> <i>Характерные черты метода (подхода)</i>	<i>Эконометрические методы и модели прогнозирования</i>	<i>Сценарный подход к прогнозированию</i>	<i>Экспертное прогнозирование</i>
<i>Видение тенденций будущего</i>	Фокусированное	Системное	Фокусированное
<i>Основополагающая парадигма</i>	Инерционность	Изменчивость, неопределенность	Уникальность
<i>Тип переменных факторов</i>	Количественные, объективно оценённые, известные	Количественные и качественные, субъективно и объективно оценённые, известные и латентные	В большей степени качественные, чем количественные, субъективно оценённые, известные и латентные
<i>Взаимосвязи в рамках модели</i>	Статические, фиксированной структуры	Динамические, развивающейся структуры	Рассматриваются при необходимости
<i>Основание для объяснения будущего</i>	Прошлое объясняет будущее	Будущее - причина действий в настоящем	Будущее – субъективное представление опыта, знаний, интуиции эксперта
<i>Степень видения будущего</i>	Однозначно и конкретно	Множественно и размыто	Однозначно либо субъективно вероятно заданно
<i>Характерные методы</i>	Количественные, детерминированные	Структурно-целевой анализ, математическое моделирование	Интуитивно-логический анализ
<i>Характер отношения к будущему</i>	Пассивное или адаптивное (будущее происходит)	Активное и креативное (будущее осуществляется)	Определяется формулировкой задачи
<i>Характерный период упреждения</i>	Краткосрочный, среднесрочный	Среднесрочный, долгосрочный, дальнесрочный	Краткосрочный, долгосрочный, дальнесрочный

системы, модельного комплекса или модельного стенда. К числу таких систем можно отнести разработки, представленные, например, в работах [3-7, 15, 18].

Однако, несмотря на достаточно продолжительный срок успешного использования сценарных методик, в научной литературе, посвященной проблемам социально-экономического прогнозирования на сегодняшний день нет окончательно сложившегося определения терминов «сценарий» и «сценарное прогнозирование» и их семантический диапазон весьма широк. В целом в прогностике можно выделить следующие толкования сценарию:

- 1) это способ проведения опроса;
- 2) метод прогноза;
- 3) система содержательных предпосылок проведения исследования;
- 4) итоговый, результат исследования, документ.

В качестве примера можно указать на наиболее часто используемые дефиниции сценария, отражаемого такими характерными формулировками, как: «Сценарий – это обзор, содержащий данные относительно ситуации, внутри которой протекают конкретные процессы, являющиеся объектом прогноза» [14, с.65]. Или - гипотетическая последовательность событий, которая показывает, как из существующей или какой-либо заданной ситуации может шаг за шагом разворачиваться будущее состояние исследуемого объекта [12, 17, 19]. Или - «система содержательных предпосылок, на основе которых формируется один из вариантов прогноза» [13, с.15]. Последнее определение, выражающее соответствие «условия» задачи прогноза результату ее решения, на наш взгляд достаточно отчетливо отражает суть термина. Однако в качестве рабочего варианта его трактовки все же логично остановиться на определении сценария как системы содержательных и формализованных предпосылок вариантов, а также самих вариантов, которые разрабатываются с целью представления и преодоления неопределенности, возникающей в процессах исследования конкретной социально-экономической системы и управления ею [1, 17].

Однако с практической точки зрения, на наш взгляд, более важно понимание сути и содержания деятельности по созданию, формированию сценариев, т.е. сценарного прогнозирования.

Сценарное прогнозирование социально экономического развития – представляет собой методику реализации системного исследования сложных развивающихся объектов. Данная дефиниция служит основой формирования цельной процедуры проведения комплексного сценарного исследования объекта прогнозирования. И ее практическая реализация представляется тем более успешной, чем более отчетливо исследователь уяснил для себя общую методику анализа систем, т.е. суть системного анализа. Проведение сценарного исследования это своего рода наполнение таких понятий системно-теоретического анализа социально-экономических объектов как система, элемент, связь, структура, управление, функционирование и т.д. реальным, присущим только данному объекту исследования содержанием. Вся совокупность процедур данного подхода строиться на сочетании содержательного логико-эвристического подхода с формальными методами исследования систем, прежде всего средствами экономико-математического моделирования. Как правило, внешне они организуются как интерактивные процедуры, подразумевающие подключение интеллекта исследователей-специалистов на том или ином этапе вычислений. Особенностью данного инструментария прогнозирования является его жесткая ориентация на цели прогнозирования. Так как именно они позволяют вычленить исследуемую систему из общей картины реально функционирующей среды, определить перечень существенных для исследования связей, зависимостей, индикаторов, параметров, оценить функционально-технологическую и прагматическую пригодность тех или иных математических методов как средств описания и изучения свойств объекта исследования. В общем случае цель сценарных построений прогноза может сводиться к трем базовым постановкам или их различным комбинациям.

1. Наблюдение за развитием системы при различных гипотезах относительно механизма формирования этого развития.
2. Обнаружение критических ситуаций, «узких мест» в развитии системы.
3. Разработка и оценка эффективных стратегий решения проблем будущего развития.

Две первые цели исследования соответствуют пассивной функции прогноза, последняя отражает его активную составляющую. Таким образом, как любой метод научного познания сценарный прогноз во всей его полноте реализует все основные функции научного исследования: описательную, объясняющую, предсказательную и предписательную.

В целом построение сценариев направлено на решение двух основных проблем. Во-первых, выделение ключевых моментов развития исследуемого объекта и разработка на этой основе качественно различных вариантов его динамики. Во-вторых, всесторонний анализ и оценка каждого из полученных вариантов, изучение его структурных особенностей и возможных последствий реализации.

Таким образом, сценарий всегда рассматривается в динамике, то есть подразумевает развертывание «истории» исследуемого объекта во времени и/или пространстве. Следовательно, в сценарном пространстве отдельный сценарий представляет собой не точку, а вектор либо траекторию, которая показывает изменение характеристик системы в течении заданного ряда итераций.

Описание конкретных сценарных методик строится в основном на понятийном и терминологическом аппарате теории систем с привлечением некоторых специальных понятий. Это особо важно в контексте адекватного понимания сути процесса исследования, связанного, прежде всего с четким выделением изучаемого объекта прогноза, т.е. системы, и степени его пространственно-временной изменчивости. Определим наиболее важные из них.

Система – это множество связанных между собой элементов, определяемое такими характеристиками как целостность, структура, эмерджентность, а также ряда других, определяющих некоторым образом ее специфику (иерархичность, функциональность, динамичность, самоорганизация, управляемость, целенаправленность и др.). С точки зрения формально-логического подхода система определяется как некое множество, на котором реализуется заранее данное отношение R с фиксированными свойствами P [17].

Целостность означает принципиальную несводимость свойств системы к простой сумме свойств элементов ее составляющих, а также первичностью системных свойств над соответствующими элементарными характеристиками. Целостность подразумевает относительную независимость системы от ее окружения. При этом под элементом системы будем понимать неразложимый в контексте проводимого анализа без потери качественной целостности компонент сложного объекта. Важно иметь в виду, что степень декомпозиции системы на элементы определяется исследователем системы и только исходя из целей исследования. Таким образом, элементная декомпозиция носит абстрактный относительный характер, фактически же элементы сами являются системами. Однако для конкретного изучения соответствующей проблемы это должно быть безразлично. В рамках системы можно выделить несколько относительно самостоятельных частей, именуемых подсистемами. В контексте изучения социально-экономических систем такое деление чаще всего носит функциональный характер.

Любая система задается структурой, т.е. относительно устойчивой фиксацией связей между элементами системы. Структура - категория, характеризующая распределение и взаимодействие в пространстве и во времени элементов, связей и отношений между ними. Она фиксирует целостность системы. С одной стороны структура полностью определяется свойствами системы, а с другой – является абстракцией, конструируемой исследователем и подчиненной

его онтологическим установкам. Она является своего рода первичной моделью, т.е. абстрактным способом отражения реального объекта изучения в заданном аспекте и степени детализации. Однако понятие структура в большей степени определяет статическое состояние системы. Погруженность систем не только в пространственные координаты, но и их временное существование предопределяет их динамичность, проявляемую через действия и взаимодействия элементов системы, ее подсистем, самой системы, а также того, что не является ее составляющей, т.е. внешней средой. Эта характеристика системы определяется функциональностью. При этом постулируется целенаправленность функционирования, т.е. наличие цели существования системы, то, что является истинной, глубинной причиной появления и существования системы. Организованное функционирование элементов системы направлено на достижение цели ее существования. Сознательная организация целенаправленного функционирования системы называется управлением [17], следовательно, управляемость присуща любой социально-экономической системе. Само по себе понятие «цель функционирования системы» требует своего отдельного и весьма глубокого рассмотрения. Для наших дальнейших рассуждений достаточно постулировать возможность ее фактической осознанной определенности, под влиянием как внешних, так и внутренних по отношению к системе в целом обстоятельств.

Преобразования среды системой в ходе продвижения от исходного состояния к целевому приводит к изменениям, как среды, так и самой системы. Философское понятие, раскрывающее характер происходящих в мире изменений носит название развития. Это характеристика жизнедеятельности как искусственных, так и биологических систем, отражающая происходящие во времени изменения их формы и содержания. Эта форма движения, раскрываемая, в свою очередь, через категории: количество, качество, структура.

Количество - это то, что может быть разделено на составные части, каждая из которых является некой целостностью. Количество есть множество, если его можно счесть, либо - величина, если его можно измерить. *(Согласно Аристотелю (Аристотель. Метафизика. Сочинения Т.1. М.: Наука, 1975),* Качество - характеристика целостной нерасчлененной определенности предметов и явлений.

Развитие, таким образом, может рассматриваться как отдельное либо совокупное изменение количественных, качественных и структурных изменений в системе.

Количественные изменения - это увеличение или уменьшение составных частей целого, выражаемое увеличением или уменьшением их числовых значений. Структурные изменения - это изменения взаимоотношения составных частей системы. Количественные и структурные изменения чаще всего служат причиной качественных системных изменений. При этом основной силой любого изменения в системе являются внутренние (между элементами системы) либо внешние (между системой и внешней средой) противоречия. С учетом того, что в общем случае изменению подвержены вещественные, энергетические, информационные параметры систем, можно выделить следующие виды качественных изменений системы:

- за счет количественного изменения параметров в результате взаимодействия с внешней средой;
- за счет перераспределения ресурсов (материи, энергии, информации и т.д.) внутри системы без нарушения их общего баланса;
- за счет качественного изменения параметров подсистем, составляющих структуру системы.

Традиционно в развитии систем различают два взаимосвязанных процесса: относительно быстрые качественные изменения состава, и/или структуры, и/или свойств системы (т.н. “скачки развития”) и относительно медленное количественное изменение тех же характеристик системы. В связи с этим

выделяют революционные и эволюционные типы развития. Заметим также, что выделяют четыре стадии в жизнедеятельности любой системы: зарождение, развитие, деградация, отмирание.

В практике научных исследований принято различать так называемые простые и сложные системы. Самое простое основание данному делению – характер и число взаимосвязей между элементами системы, в частности информационных. Исходя из определения того, что сложная система имеет семиотическую (т.е. полноценно языковую) природу информационных связей между подсистемами в противовес простым системам, где наблюдается только лишь функциональная сигнализация [17], можно констатировать, что любая социально-экономическая система определяема как сложная.

В практике проведения прогнозных исследований любого социально-экономического объекта на основе сценарного подхода можно выделить несколько базовых укрупненных структурных элементов этого процесса:

- Субъект управления, т.е. источник инициализации прогнозного исследования и потребитель прогнозной информации.
- Объект управления, в рамках которого выделяется управляемая система, ее подсистемы и элементы, а также определяются объекты прогноза, его цели и задачи.
- Субъект исследования, т.е. соответствующим образом организованный коллектив специалистов, проводящих прогнозные исследования.
- Среда – совокупность материальных и нематериальных условий, обстоятельств в которые «погружены» субъект и объект управления, а также субъект исследования.
- Модель системы – отражение существенных характеристик, свойств реальной системы или ее частей посредством выбранного инструментария моделирования адекватно сформулированным целям прогнозирования.

Указанные элементы процесса прогнозирования находятся во взаимодействии, схема которого представлена на рисунке 11. Для нас наиболее важным является рассмотрение информационного аспекта этого процесса, т.к. степень наличия объективной и субъективной информации относительно объекта изучения, а также ее доступность для субъекта исследования полностью определяет арсенал эффективного математического инструментария обоснования сценарных прогнозов.

Источники возникновения неопределенности в схеме прогнозного исследования общего контура управления

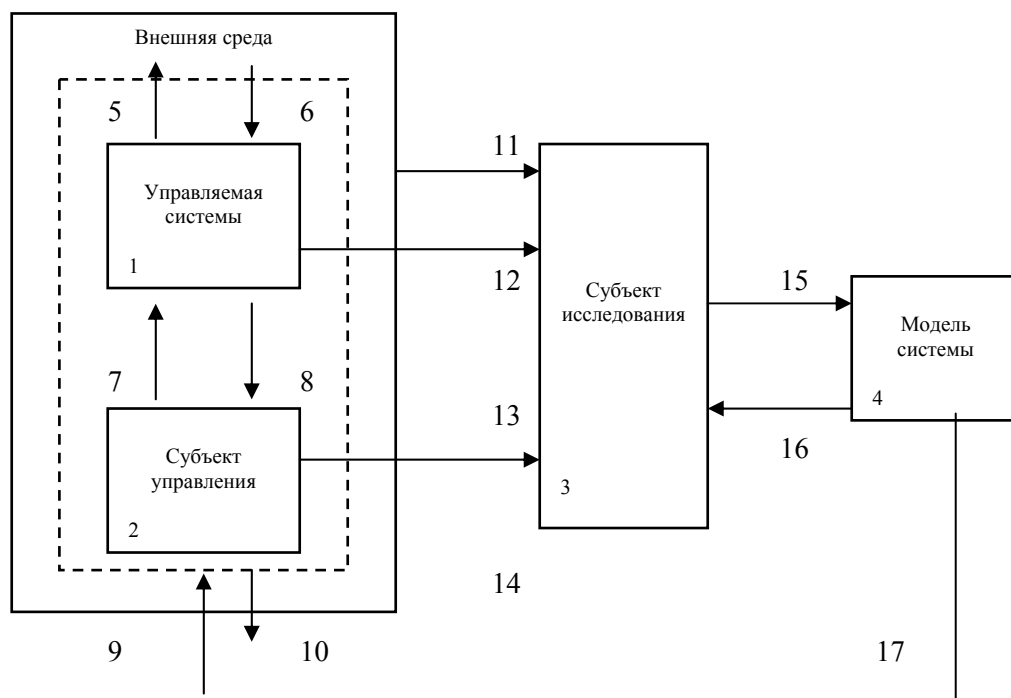


Рис.11.

Таким образом, окончательно в терминах экономико-математического моделирования общую задачу построения социально-экономических сценариев с точки зрения специалистов-исследователей можно представить следующим образом: изучается сложная, активная, открытая, динамическая, управляемая, не полностью наблюдаемая система. Необходимо описать варианты ее возможного

поведения в будущем в соответствии с ожидаемыми (вероятными) условиями функционирования [19].

В соответствии с поставленной задачей ключевым понятием методологии сценарного подхода является понятие неопределенности, т.е. ситуации, когда частично или полностью отсутствует информация о структуре и/или возможных состояниях системы, и/или окружающей ее среды, и/или совокупности и характере взаимодействий в рамках системы, а следовательно и ее будущего. Эффективное сценарное исследование преследует две цели в отношении неопределенности будущих состояний системы:

1. максимально возможно снизить ее, т.е. максимизировать наши знания и понимание объекта прогнозирования;
2. расширить представление о том, что не предопределено, а, следовательно, несет в себе некую фундаментальную неопределенность существования системы.

Способ изучения, моделирования характера влияния неопределенности на будущее состояние системы зависит от ее качества. В рамках сценарного прогноза исследователю важно различать стохастическую и нестохастическую неопределенность объекта исследования. Под стохастической неопределенностью понимается ситуация, когда известно множество возможных событий и вероятности их появления (в случае непрерывных случайных величин - плотность их распределения), а нестохастическая неопределенность проявляет себя через ситуацию, когда известно множество возможных событий, но не известны или не имеют смысла вероятности их появления, либо мы не можем выделить множество возможных событий (отсутствует качественная определенность системы или явления)[19].

Разработка методологии сценарного подхода предполагает необходимым детальное исследование видов и источников возникновения неопределенности. Это позволяет очертить область приложения сценарного подхода и выявить

особенности его применения в различных ситуациях. Именно предположения исследователей и экспертов относительно ее характера и источников является основой создания сценариев развития объекта.

Неопределенность возникает в процессе исследования системы, как по объективным, так и по субъективным причинам. Схематично этот процесс представлен на рис.11. Укажем на источники возникновения неопределенности в рамках модели взаимодействия элементов процедуры сценарного прогноза, указывая на источники ее возникновения. В самом общем случае их можно классифицировать следующим образом.

1. Поведение управляемой системы и ее подсистем.
2. Особенности субъекта управления.
3. Особенности субъекта исследования.
4. Построение модели системы.
5. Воздействие системы на среду.
6. Воздействие среды на систему.
7. Управляющее воздействие на систему.
- 8-9. Воздействие системы и среды на субъекта управления.
10. Воздействие субъекта управления на внешнюю среду системы.
- 11-13. Восприятие субъектом исследования информации о системе, ее среде и субъекте управления.
14. Взаимодействие субъекта исследования и субъекта управления.
15. Особенности процесса концептуализации информации.
16. Восприятие субъектом управления модели системы.
17. Воздействие результатов моделирования системы на субъекта управления системой.

Следовательно, задача снижения степени неопределенности знаний о поведении системы носит комплексный характер и зависит от совокупности разноплановой организационно-методической, технико-технологической и

кадровой работы осуществляемой соответствующими органами управления. Однако в соответствии с отмеченными целями сценарного исследования системы и характера ее неопределенности можно выделить следующие важнейшие задачи исследования, непосредственно стоящие перед аналитиками - субъектами исследования:

1. анализ объекта прогнозирования;
2. моделирование объекта и исследование модели;
3. разработка пассивного прогноза и выявления на его основе возможных проблемных характеристик (зон) будущего;
4. формулировка целей активного прогноза;
5. разработка активного прогноза в форме вариантного представления будущего.

Способы решения указанных задач можно уяснить из общей методики построения сценариев, а также содержательной специфики формулируемой задачи прогнозного исследования. Кроме того, следует заметить, что с точки зрения специфичности решаемых задач, на наш взгляд наиболее интересным для исследователя может являться обоснование способов конкретного решения проблем целеполагания и отбора эффективных вариантов активного прогноза. В дальнейшем именно методы решения этих проблем будут рассматриваться специально в рамках подхода именуемого нормативным прогнозом в сценарном моделировании.

4.2. Методы нормативного прогноза в сценарном моделировании

Определение и упорядочение целей системы является одним из основных этапов комплексной системы работ, связанных с моделированием объектов прогноза, представленных в виде систем. При этом устанавливается соответствие между этими целями, путями решения проблемы и необходимыми для этого

ресурсами. Важность этапа постановки целей очевидна: неправильная или неполная постановка целей может свести на нет результаты всего дальнейшего анализа развития объекта.

Таким образом, можно сказать, что управление предполагает целеполагание, без которого нет управления, а формирование целей подразумевает управление. Так как, только поставив цель, мы совершаем определенные действия для ее достижения.

В наиболее общем смысле, цель – это результат, которого мы стремимся достичь посредством совершения определенных действий. Под целью управления понимается характеристика объекта управления, отражающая идеальный заранее мыслимый ожидаемый результат преобразований. Основными характеристиками цели можно назвать ее:

- измеримость;
- иерархичность;
- вариантность достижения;
- факторы достижения;
- ограниченность во времени.

С точки зрения длительности достижения цели, характера решаемых задач и уровня управления, на котором осуществляется постановка цели, можно выделить следующие группы целей :

1. Оперативные цели – конкретные, неподдающиеся дальнейшей декомпозиции, носят краткосрочный характер, связаны с решением структурированных задач рутинного характера на низком уровне управления.
2. Тактические цели ставятся управленцами среднего уровня, ответственными за обеспечение средствами для достижения целей, поставленных менеджерами высшего звена; являются основой для формулирования

оперативных целей. Они носят краткосрочный характер, связаны с решением частично структурируемых задач.

3. Стратегические цели вытекают из миссии организации, т.е. набора концептуальных положений, раскрывающих смысл существования и создания организация. Стратегические цели характеризуются долгосрочностью, связаны с решением неперiodических, неструктурированных задач.

Цель как совокупность желаемых результатов должна быть измерима в той или иной шкале, желательно количественной. Долгосрочные стратегические цели компании могут измеряться в номинальной шкале. Но чтобы цели имели управленческую ценность, они должны быть определены в количественных и измеримых показателях и содержать предельные значения, которых необходимо добиться. При этом желаемые показатели должны быть достижимы в определенные сроки.

С точки зрения общей методологии системного анализа и пригодности к проведению модельных прогнозных исследований важно определить способы представления целей, а также алгоритмы структуризации целеполагания.

Способы представления целей

К основным формализованным способам представления целевых установок в рамках общей задачи нормативного прогнозирования принято относить графическое и табличное. В первом случае иногда специально выделяют сетевое, во втором матричное представление.

Для эффективного отображения таких параметров объекта управления, как цели, варианты развития, возможные пути достижения целей и др. и широкое распространение получило использование графических образов и представлений (например, в рамках методик PATTERN, PROFILE, метод «прогнозного графа» В.М. Глушкова, «селективный метод» и др. [25]).

Используемые для анализа графы различаются по следующим основным формальным признакам:

- смысл, предписываемый вершинам графа;
- смысл отношения, изображаемого дугами графа;
- наличие и смысл числовых параметров, приписываемых вершинам или дугам графа;
- логические типы вершин в графе;
- общая структура графа.

С точки зрения исследования указанных параметров системы управления, вершины интерпретируются как генеральная цель, подцели или мероприятия по достижению цели. Иногда они могут трактоваться как события или состояния (событие заключается в достижении определенных состояний).

Вершина графа может быть снабжена значением числового параметра, в достижении которого заключается цель. Также может быть указано направление желаемого изменения соответствующего показателя.

Смысл отношений, изображаемых дугами графа и их числовых характеристик обычно интерпретируется следующим образом [25]:

- достижение цели, соответствующей конечной вершине, обеспечивает реализацию цели, соответствующей начальной вершине;
- реализация цели, соответствующей конечной вершине, обеспечивает реализацию цели, соответствующей начальной вершине с вероятностью (в степени), являющейся числовой характеристикой дуги;
- переход из состояния, соответствующего начальной вершине, предполагает выполнение операции, характеристики которой (время выполнения, ресурсоемкость) есть числовые характеристики дуги;
- важность реализации цели, соответствующей конечной вершине дуги, среди всех вершин, являющихся потомками начальной, определяется рангом – числовой характеристикой дуги.

В общем случае вершина имеет как входящие, так и исходящие дуги. При этом в сети общего вида «входов» и «выходов» у каждой вершины может быть несколько, а способы их комбинирования могут быть различны. Существуют три логические возможности на входе/выходе: соединение дуг условиями И ($\wedge$), ИЛИ ($\vee$), исключающее ИЛИ ($\veebar$).

Вершины, имеющие входы или выходы с отношением ИЛИ (исключающее ИЛИ), называются альтернативными. Для связанных с ними дуг могут быть заданы числовые характеристики, имеющие смысл вероятности или значимости перехода по дуге.

Такого рода приписывание каждой вершине графа определенной логической функции позволяет в последствии моделировать сценарную логику с помощью аппарата алгебры отношений.

Говоря об общем представлении графа, имеют в виду его структуру или иногда говорят – архитектуру. Существует три важных класса графовых моделей: деревья, сети и сетевые графы с возвратами.

Графы типа дерево - являются естественной формой отображения иерархических взаимосвязей, возникающих, например, в процессе последовательной детализации анализа проблемы или процесса.

Наиболее удобным способом структуризации целей является именно построение иерархии целей. Дерево целей – это связный граф, выражающий соподчинение и взаимосвязи целей и подцелей, показывающий, как генеральная цель разбивается на подцели следующего уровня и т.д. Представление целей начинается с верхнего уровня, дальше они последовательно разукрупняются. При этом основным правилом детализации целей является полнота: каждая цель верхнего уровня должна быть представлена в виде подцелей следующего уровня исчерпывающим образом.

Цели нижнего уровня обеспечиваются выполнением мероприятий – определенных действий по достижению целей. Вообще говоря, понятия «цели» и

«мероприятия» являются относительными и связаны с уровнем управления: мероприятия высшего уровня управления могут являться целями для нижестоящего уровня управления.

Сетевые графы традиционно используются в планировании и управлении разработками. В методиках прогнозирования получили распространение в варианте стохастических альтернативных сетевых моделей. Классическое представление сетевого или иерархического графа предполагает строгую направленность продвижения к цели. Однако в рамках сетевого представления особо выделяют класс сетевых графов с возвратами. Они используются для отображения таких процессов, как возвраты на переделку и доработку.

Помимо собственно графического представления графовые модели можно отобразить в табличной форме: для этого пересечению строк и столбцов, соответствующих вершинам графа, присваиваются числовые параметры, приписываемые дугам/вершинам графа, направление изменения соответствующего показателя или логические отношения, соответствующие вершинам. Граф, представленный на рис.12 можно отобразить в виде таблицы 12.

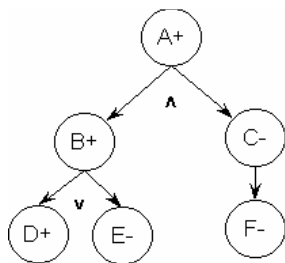


Рис.12. Графическое представление дерева целей.

Главные цели являются основой для установления целей более низкого уровня. При этом иерархия целей может быть представлена в форме временной иерархии: достижение цели более высокого уровня возможно только после достижения целей низшего уровня. Тогда долгосрочные цели определяют, какие меры необходимо предпринять сейчас, чтобы достичь запланированных на

долгосрочную перспективу показателей. Это позволит оценивать влияние сегодняшних решений на долгосрочные показатели. При этом уровень реализации краткосрочных целей должен служить основой для оценки достижимости и соответствующей корректировки долгосрочных целей.

Таблица 12.

Представление дерева целей в табличной форме.

	A	B	C	D	E	F
A	+	•	•			
B		+		•	•	
C		∧	-			•
D				+		
E				∨	-	
F						-

Другой способ представления целевой иерархии – пространственный, когда уровни иерархии целей совпадают с уровнями управления в организации, ответственными за разработку и реализацию соответствующих целей. При этом процесс постановки целей происходит сверху вниз. Естественное соотношение между длительностью достижения цели и уровнем управления, на котором осуществляется постановка цели, позволяет перейти к пространственно-временному представлению целевой иерархии.

Алгоритмы структуризации целеполагания

В рамках общей процедуры моделирования целеполагания различают два этапа.

1. Исходный анализ изучаемой предметной области и ее проблематики. Его целью в контексте предмета нашего рассмотрения является как можно более полное

выявление множества целей развития и выработка предварительных гипотез относительно из возможной приоритетности.

2. Окончательный анализ множества целей, обоснование и выстраивание пирамиды целей, а также определение ресурсно-временных параметров этой иерархии.

1. Алгоритмы комплексного анализа ситуации

Морфологический анализ ситуации.

С позиции системного анализа очень важна корректная и полная постановка целей. Примером ошибки неполной постановки целей является традиционная «проблема планировщика», связанная с подменой глобальных целей развития сиюминутными, краткосрочными.

На поиск всех возможных вариантов направлены методы комбинаторно-морфологического анализа и синтеза [21].

Основная цель морфологического исследования – поиск возможно более полного множества решений проблемы и способов их реализации на основе разделения рассматриваемой системы на подсистемы и элементы, формирования подмножеств альтернативных вариантов реализации каждой подсистемы, комбинирования различных вариантов решения системы из альтернативных вариантов реализации подсистем, выбора наилучших вариантов.

Метод морфологического анализа реализуется в два качественно различных этапа:

- морфологический анализ: получение описания всех систем, принадлежащих к исследуемому классу (классифицирование множества систем);
- морфологический синтез: оценка описания различных систем исследуемого класса и выбор из них тех, которые в том или ином приближении соответствуют условиям задачи.

Постановка задачи морфологического синтеза может быть сформулирована следующим образом:

1. синтезировать и выбрать наилучший вариант системы;
2. упорядочить весь набор синтезированных вариантов;
3. синтезировать и выбрать вариант, наиболее близкий по свойствам к заданному образу, прототипу, эталону;
4. синтезировать и упорядочить весь набор вариантов по степени сходства к заданному объекту.

Классическая задача морфологического синтеза предполагает следующую структуру ее описания:

5. множество допустимых альтернатив для реализации функций (каждая альтернатива может реализовать одну или более одной функции);
6. множество критериев альтернатив и выбора варианта системы (скалярный критерий или векторный критерий);
7. множество методов измерения предпочтения альтернатив (использование номинальной, ранговой, интервальной шкал, экспертная оценка с помощью комментариев, экспериментальная оценка, оценка на основе продукционных правил и т.д.);
8. способы отображения множества допустимых альтернатив, реализующих функции, в множество критериальных оценок (детерминированный или вероятностный);
9. формирование системы предпочтения одним лицом или коллективом;
10. способы исследования системы (в целом или по частям);
11. методы оценки вариантов (в целом после его синтеза из частей или отдельных подсистем, альтернатив и их сочетаний до начала процедуры синтеза);
12. процедуры выбора вариантов (возможны: последовательный перебор по принципу лексикографического упорядочения; последовательный перебор; случайное зондирование морфологического множества; детерминированное зондирование);

13. вид целевой функции (аддитивная, мультипликативная, целевая функция на основе мер сходства и различия);
14. число рассматриваемых уровней системы;
15. уровень формализации постановки и решения задачи (неформализованный эвристический подход; формально-эвристический подход; полностью формализованный подход);
16. решающее правило, отражающее систему предпочтений.

Целями морфологического анализа и синтеза систем являются:

- системное исследование всех возможных вариантов решения задачи, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) совершенствуемого объекта;
- реализация совокупности операций поиска на морфологическом множестве вариантов описания функциональных систем, соответствующих исходным требованиям.

Морфологическое множество вариантов описания функциональных систем представляется морфологической таблицей (см. рис. 13).

Функция подсистемы (Φ_i) или обобщенная функциональная подсистема (ОФПС $_i$)	Альтернативы для реализации Φ_i или ОФПС $_i$					Число способов реализации Φ_i или ОФПС $_i$
Φ_1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	...	A_{1K1}	K_1
Φ_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	...	A_{2K2}	K_2
...	...	...	...	...	...	...
Φ_i	A_{i1}	A_{i2}	A_{i3}	...	A_{iKi}	K_i
...	...	...	...	...	...	...
Φ_L	A_{L1}	A_{L2}	A_{L3}	...	A_{LKL}	K_L

Рис.13. Пример представления морфологической таблицы исследования.

Метод морфологического анализа и синтеза реализуется в несколько этапов:

Этап 1. Проводится формирование исходной цели или проблемы, отражающей основные требования к синтезируемому объекту.

Этап 2. Осуществляется построение морфологической таблицы и заполнение ее альтернативами.

Этап 3. Описываются свойства альтернатив морфологической таблицы. Свойства альтернатив могут характеризоваться в шкале наименований классификационными функциональными и структурными признаками или в числовой шкале, отражающей качество альтернатив по различным критериям.

Этап 4. Описываются характеристики достижимости альтернатив.

Этап 5. Реализуется та или иная процедура поиска вариантов решения задачи. Под поиском в данном случае подразумевается последовательность операций выбора из морфологического множества вариантов описания функциональной системы и операций оценки эффективности и совместимости подсистем, образующих синтезированный целостный вариант. Определяется соответствие варианта требованиям к искомой функциональной системе – от понятия «подходящее решение» до понятия «оптимальное или рациональное решение».

2. Алгоритмы структуризации

К-ступенчатый ситуационный анализ

Для правильной постановки целей, процессу их формулирования должны предшествовать констатация и комплексный анализ ситуации.

К-ступенчатый ситуационный анализ представляет собой комплексную процедуру анализа ситуации, с целью выявления наиболее значимых показателей с точки зрения субъекта исследования.

В рамках этой процедуры могут использоваться различные экономико-математические методы: факторный, компонентный анализ, метод

дифференциального исчисления, индексный метод определения влияния факторов на обобщающий показатель, метод ценных поставок и т.д.

Рассмотрение каждой проблемной ситуации в рамках этого подхода делится на два этапа.

На первом дается оценка положительного или отрицательного изменения главного показателя, и формулируются выводы о характере этих изменений.

На втором этапе анализируются факторы, влияющие на главный показатель. При этом величина изменения каждого из факторов, в случае реализации мультипликативной модели, воздействует на суммарную величину всех факторов прямо пропорционально, а в случае реализации кратных моделей – обратно пропорционально. Вследствие этого, если факторы изменяются в противоположных направлениях, решающим является влияние того фактора, темпы изменения которого соответственно больше или меньше. Если же факторы меняются в одном направлении, то изучение темпов роста представляет собой интерес, поскольку позволяет выявить преимущественное влияние одного из них.

Сложность анализа быстро увеличивается, в зависимости от количества уровней взаимосвязи показателей. *K*-ступенчатый ситуационный анализ совместно с факторным анализом позволяет проследить взаимосвязи показателей более, чем на один уровень, и выявить скрытые экономические явления, происходящие в исследуемой системе.

Процедура представляется следующими правилами [24]:

1. Ситуация рассматривается на самом высоком уровне дерева целей управления.
2. Следующая ситуация, выделяемая на более низком уровне дерева, соответствует направлению изменения фактора на более высоком уровне. Это правило повторяется до тех пор, пока не будет достигнут уровень терминальных вершин дерева, которые имеют признак положительной или отрицательной характеристики ситуации.

3. Если знаки изменения ситуации на предыдущем уровне соответствуют знакам изменения факторов на последнем уровне, то процесс анализа завершается, в противном случае следует подняться выше и повторить правила 2 и 3.

Иллюстрация формального представления K -ступенчатого ситуационного анализа приводится на рис. 14, где с помощью идентификаторов C обозначены ситуации, а в скобках буквами – факторы, знаки при которых указывают направления их изменения.

На рис. 14 ситуация $C1$ заключается в том, что главный показатель A увеличивается за счет увеличения факторов B и C . На следующем ниже уровне убеждаемся, что данное изменение может быть результатом снижения фактора K и увеличения фактора P или же увеличения фактора K и снижения фактора P . Т.е. на данном уровне более высокому уровню соответствуют две стратегии. Рассмотрим далее первую из них.

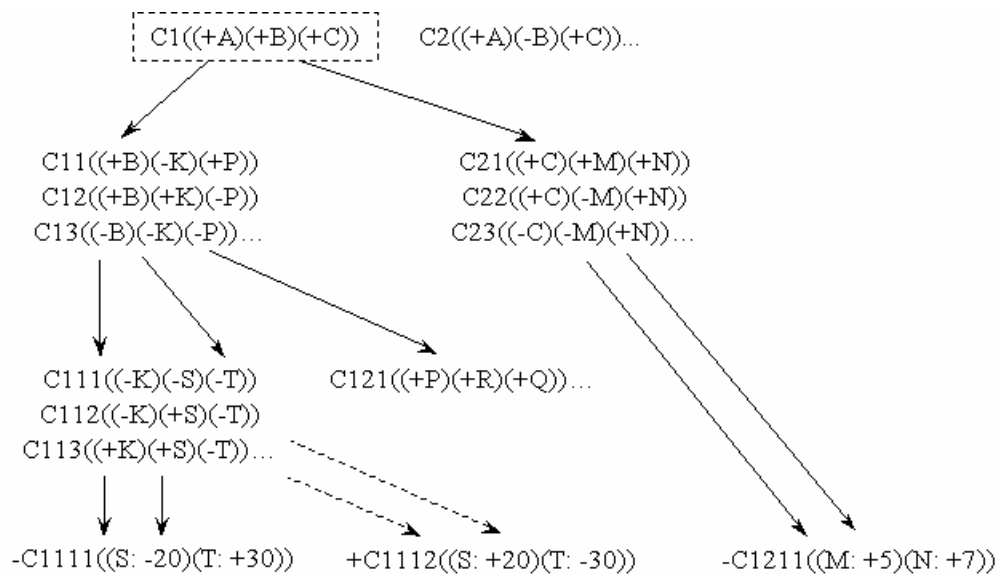


Рис. 14. Иллюстрация K -ступенчатого ситуационного анализа динамики показателей

Снижению фактора K на следующем уровне соответствует также две ситуации – $C111$; $C112$, которые могут быть результатом либо снижения факторов S и T , либо увеличения фактора S , но уменьшения фактора T . Обратившись к

последнему уровню, можно удостовериться в том, что такая ситуация имеет место в реальной действительности. Поэтому увеличение фактора B в ситуации $C1$ является полностью идентифицированной, т.е. его динамика правдива.

Аналогично проводится анализ остальных факторов.

Однако на уровне терминальной вершины может быть реально зафиксирована иная ситуация, а именно $C1112((S: +20)(T: -30))$, которая противоречит ситуации $C111$ более высокого уровня. В этом случае (правило 2) необходимо подняться на более высокий уровень и убедиться в наличии нужной ситуации (в нашем случае это ситуация $C112$). Если на данном уровне такая ситуация отсутствует, необходимо подняться еще выше. Если же реальную ситуацию, отраженную на уровне терминальной вершины, идентифицировать не удалось, то следует делать вывод о несовершенстве системы анализа. Новую ситуацию необходимо изучить и добавить в систему.

Главный результат состоит в том, что обеспечивается поиск «плохих» ситуаций, которые на самом верхнем уровне показываются как «хорошие».

Формирование множества альтернативных наборов мероприятий

Задача формирования множества вариантов реализации стратегического плана имеет единственное тривиальное решение, в случае, если все дуги на выходе вершин соединены логическим отношением И.

Алгоритм решения [25] заключается в полном последовательном переборе вариантов. Дерево просматривается, начиная от корня. При прохождении вершины типа ИЛИ выбирается одна из не просмотренных дуг (например, самая левая из них), а вершина запоминается как точка возврата. Имеются различные модификации этого алгоритма и соответствующие программные реализации. Один из алгоритмов описан выше в разделе «Алгоритмы структуризации».

Каждый из альтернативных вариантов выполнения стратегического плана характеризуется набором критериев достижения целей; набором показателей

степени достижения целей; совокупностью значений ресурсов, необходимых для реализации варианта; приоритетом. Приоритет, который рассчитывается на основе приоритетов целей и мероприятий, является важной характеристикой каждого из наборов мероприятий.

Для определения приоритетов вариантов реализации стратегического плана w_s необходимо учитывать только системные приоритеты мероприятий, входящих в s -й набор:

$$w_s = F(\gamma_{1s}, \dots, \gamma_{ks}, \dots, \gamma_{ms}),$$

где γ_{ks} – системный приоритет k -го мероприятия, входящий в s -й вариант реализации плана.

Возможны различные способы построения функции F [26]. Например, возможна следующая схема:

1) строятся векторы $\{p_s\}$, число компонентов каждого из которых равно числу рангов мероприятий s -го варианта реализации плана, рассчитанных по их системным приоритетам;

2) подсчитывается количество мероприятий каждого ранга (начиная с первого в порядке возрастания), вошедших в вариант реализации плана;

3) полученные векторы $\{p_s\}$ упорядочиваются по лексикографическому правилу и определяют ранги вариантов реализации плана. Например, три вектора: $p_1 = (3, 2, 2)$; $p_2 = (3, 3, 7)$; $p_3 = (5, 1, 1)$ упорядочиваются следующим образом: p_3 – первый ранг, p_2 – второй ранг, p_1 – третий ранг.

Для выбора оптимального варианта реализации плана π^* ставится и решается задача многокритериальной оптимизации. Критериями оптимальности являются: максимум значения показателя достижения целей; максимум приоритета варианта и минимум затрат ресурсов. Для упорядочения вариантов реализации плана и определения наилучшего могут быть применены различные принципы группового выбора по перечисленным выше критериям.

Приведем структуризацию процесса выбора оптимального варианта реализации плана π^* , в схему которой можно вложить основные разработанные способы решения задач многокритериального выбора [30]. Процесс включает три последовательные операции:

1. Определение множества допустимых вариантов реализации плана (π_d).
2. Определение множества эффективных вариантов реализации плана (π_e).
3. Определение единственного оптимального варианта программы (π^*).

Допустимыми вариантами программы называются такие варианты, которые удовлетворяют ограничению, определяемому набором значений величин $Q_0 = (\alpha_0, Q_0)$, на совокупность их характеристик. Ограничение Q_0 накладывается на совокупность ресурсов Q_s варианта, а ограничение α_0 – на набор показателей степени достижения целей α_s .

Под множеством эффективных вариантов реализации плана традиционно понимается Парето-оптимальное множество.

В системах процедур разработки стратегических планов развития центральное место занимает *метод структуризации*, обеспечивающий получение и анализ структуры (графа) объектов. Декомпозиция объектов в этом случае сводится к формированию каталога, т.е. упорядоченного перечня этих объектов. В настоящее время существует большое количество специальных методик формализации процедур стратегических планов. В качестве иллюстрации приведем пример изложенный в [27].

Исходной информацией для решения задачи структуризации является представленная в соответствующей форме матрица парных сравнений каталога объектов (декомпозиция предполагается уже выполненной) по введенному отношению R .

Для определения обобщенного отношения R на множестве целей и мероприятий введем следующие бинарные отношения:

R_1 – необходимости (цель A_j или мероприятие M_k необходимо для достижения цели A_i);

R_2 – частности (цель A_j является составной частью цели A_i);

R_3 – эквивалентности (цель A_j совпадает с целью A_i с точностью до формулировки или мероприятие M_k и M_l предполагают одну и ту же совокупность действий);

R_4 – достаточности (некоторого набора целей или мероприятий достаточно для достижения цели A_i).

Отношение R_4 может быть сведено к многоместному отношению на множествах целей A и мероприятий M .

Для определения обобщенного отношения R с учетом отношения R_4 определим множество подмножеств множества целей $\tilde{A}$ с элементами $\tilde{A}_l$, $l = 1, 2, \dots, L$, и множество подмножеств множества мероприятий $\tilde{M}_p$, $p = 1, 2, \dots, P$.

Тогда обобщенное отношение R между целью A_i и множеством целей $\tilde{A}_l$, по которому упорядочивается система целей, содержательно означает, что любая цель $A_i \in A$ и соответствующее множество целей $\tilde{A}_l$ находятся в отношении R , если любая цель из множества целей $\tilde{A}_l$ находится в отношении необходимости и частности одновременно с целью A_i , а достижение целей множества $\tilde{A}_l$ обеспечивает достижение цели A_i . Если A_i – цель нижнего уровня, достижение которой обеспечивается выполнением мероприятий, то наличие отношения R между целью A_i и множеством мероприятий $\tilde{M}_p$ означает, что набора мероприятий $\tilde{M}_p$ должно быть необходимо и достаточно для достижения цели A_i .

Из алгоритмов структуризации выделим следующие:

A_1 – формирование матрицы парных сравнений по исходному каталогу объектов и связям между его элементами;

A_2 – выделение классов эквивалентных объектов и построение суженной матрицы парных сравнений;

A_3 – транзитивное замыкание матрицы парных сравнений;

A_4, A_5 – формирование структуры графа объектов в соответствии с введенными отношениями (реализуется последовательным применением алгоритмов A_4, A_5);

A_6 – перечисление вариантов реализации стратегического плана.

В процессе сравнения объектов происходит измерение того или иного бинарного отношения. Способом описания бинарного отношения между объектами является способ непосредственного задания принадлежности пар объектов заданному отношению.

В качестве математической модели бинарного отношения пар объектов каждого типа выбрана матрица парных сравнений объектов:

$$A = \{a_{ij}\}, i, j = 1, 2, \dots, N,$$

где N – число объектов данного типа.

Если $\tilde{O} = \{o_i\}, i = 1, \dots, N$ – множество объектов; R – произвольное бинарное отношение на множестве, то правило построения матрицы A следующее:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & (o_i, o_j) \in R \\ 0, & (o_i, o_j) \notin R \end{cases}.$$

Алгоритм A_1 формирования и первичного заполнения матрицы (алгоритм парных сравнений) включает следующие основные операции:

A1.1. Задается количество объектов парного сравнения (N) и определяется матрица A ;

A1.2. Формируется вектор $N = \{n_k\}, k = 1, \dots, K$ номеров объектов, для которых необходимо произвести парное сравнение;

A 1.3. Для каждой i и j выбираются пары формулировок o_i, o_j ;

A1.4. Измеряются и фиксируются результаты измерения введенного отношения. После необходимых вычислений происходит соответствующее изменение элементов a_{ij} и a_{ji} матрицы A .

При измерении отношения R анализируется взаимосвязь объектов в соответствии с введенным отношением, т.е. определяется в одном цикле

сравнений принадлежность данной пары (o_i, o_j) или ее перестановки (o_j, o_i) отношению R , эквивалентность или несравнимость объектов этой пары. Будем считать, что если какие-либо объекты эквивалентны, то они совпадают с точностью до формулировок и в каталоге объектов должен остаться лишь один из них. Группы эквивалентных объектов называется классом эквивалентности, а оставленный после устранения дубликатов в каталоге объект – представителем класса эквивалентности.

Отношение эквивалентности, определяющее классы эквивалентности, обладает свойством транзитивности, поэтому для выделения классов эквивалентных объектов необходимо провести транзитивное замыкание этого отношения, т.е учесть, что если $o_i \sim o_j$ и $o_j \sim o_k$, то $o_i \sim o_k$.

Алгоритм A_2 выделения классов эквивалентных объектов и построения суженной матрицы парных сравнений происходит по следующему правилу:

A2.1. По матрице A формируется матрица смежности отношения эквивалентности A_E с элементами $\tilde{a}_{ij} = a_{ij}a_{ji}$.

A2.2. Формируется транзитивное замыкание матрицы A_E ($\bar{A}_E$).

A2.3. Для каждой строки матрицы $\bar{A}_E$ отмечаются номера столбцов, для которых $\bar{a}_{ij} = 1$.

A2.4. Множество номеров строк, у которых номера всех отмеченных столбцов совпадают, образует множество номеров объектов, принадлежащих одному классу эквивалентности. Класс эквивалентности будем называть невырожденным, если в нем более одного объекта.

A2.5. Для каждого невырожденного класса эквивалентности определяется объект-представитель (по умолчанию – это объект с наименьшим номером).

A2.6. В строках матрицы A , соответствующих объекту-представителю каждого класса эквивалентности, заносится единица на j -е место, если хотя бы для одной строки этого же класса эквивалентности на j -м месте стоит единица.

A2.7. Все строки и столбцы матрицы A , соответствующие объектам невырожденных классов эквивалентности, не являющихся объектами-представителями, выбрасываются, а оставшиеся строки и столбцы матрицы A нумеруются вновь в порядке возрастания, начиная с 1, с шагом 1.

В результате выполнения процедуры сжатия число объектов, вообще говоря, уменьшится, может измениться и структура связей между объектами. По этой и другим причинам может возникнуть необходимость проведения парных сравнений и измерения отношения R на подмножестве множества пар объектов.

Транзитивным замыканием вершины o_j графа G будем называть подмножество вершин графа, содержащее саму эту вершину и те вершины, из которых существует путь в o_j . Граф G называется транзитивно замкнутым, если для каждой его вершины o_i указаны непосредственные связи со всеми вершинами транзитивного замыкания вершины o_i . Транзитивно замкнутому графу G соответствует транзитивно замкнутая матрица смежности A .

Известен алгоритм транзитивного замыкания (A_3) графа G , заключающийся в возведении матрицы A в степень до тех пор, пока не будет выполнено равенство $A^{M-1} = A^M$.

Алгоритм A_4 выделения уровней графа без циклов включает следующие процедуры:

A4.1. $L = 1$; $A_L = A$.

A4.2. Если матрица A_L ненулевая, то для каждого столбца матрицы A_L производится подсчет количества единиц в столбце. Если же матрица A_L нулевая, то это конец работы A_4 .

A4.3. Номера столбцов, для которых полученные в A4.2 числа равны единице, определяют $(L - 1)$ -й уровень графа G .

A4.4. Строится матрица A_{L+1} , в которой все столбцы и строки, соответствующие объектам $(L - 1)$ -го уровня графа G , заполнены нулями, а остальные совпадают со столбцами и строками матрицы A_L . Переменная L принимает значения $L + 1$,

переход к процедуре А 4.2. Алгоритм закончит работу, когда величина $L + 1$ станет на единицу больше числа уровней графа G .

Алгоритм устранения лишних связей в графе G (A_5) определим последовательностью процедур:

A5.1. $L = 1$; $A_{L-1} = \bar{A}$, где $\bar{A}$ – матрица транзитивного замыкания графа G .

A5.2. Если величина L меньше числа уровней графа G , то для каждого из объектов $o_i (i \in I_{L-1})$ $(L - 1)$ -го уровня графа G построим матрицу A_i^* , все столбцы и строки которой с номерами, равными номерам столбцов ненулевых элементов i -й строки матрицы A_{L-1} , совпадают с соответствующими строками и столбцами матрицы A_{L-1} . Остальные элементы матрицы A_i^* положим равными нулю. Если величина L больше или равна числу уровней графа G , то это конец работы A_3 и все лишние связи устранены, а граф определен матрицей A_{L-1} . В противном случае переход к A5.3.

A 5.3. Рассматривая каждую из матриц A_i^* как матрицу смежности, выделим первый уровень соответствующего графа объектов.

A 5.4. Положим равными нулю все элементы i -й строки ($i \in I_{L-1}$) матрицы A_{L-1} , кроме элементов, соответствующих объектам первого уровня графа объектов, определенного матрицей A_i^* , и диагональных элементов. Обозначим полученную матрицу A_L .

A 5.5. Придадим переменной L значение $L + 1$. Переход к A 5.2.

Алгоритм A_6 – перечисление вариантов реализации генеральной цели – позволяет при наличии альтернативных вариантов выполнения мероприятий программы сформировать полный набор альтернативных вариантов этого графа.

Приведем алгоритм перечисления вариантов программы A_6 .

A6.1. Формируется вектор $H = \{h_n\}$; $n = 1, \dots, N$ номеров мероприятий верхнего уровня, подсчитывается количество альтернативных мероприятий $\|S_1\|$. Первые $\|S_1\|$ компонентов вектора H заполняются номерами альтернативных мероприятий верхнего уровня, остальные $\|S_2\|$ номерами неальтернативных мероприятий.

А6.2. Подсчитывается величина $M = \prod_{m=1}^{\|S_1\|} t_m$, равная количеству альтернативных вариантов выполнения стратегического плана с детализацией до последующего уровня.

Если величина M превышает заданное число $M_{\max}$, то алгоритм прекращает работу. Величина $M_{\max}$ определяется из соображений обозримости количества вариантов достижения генеральной цели.

А6.3. Варианты выполнения стратегического плана определяются в цикле по строкам и столбцам матрицы $Q = \{q_{mt}\}$ (m – количество альтернативных мероприятий верхнего уровня; t – максимальное количество альтернативных вариантов в одном мероприятии). Внутри цикла происходит проверка каждого варианта на наличие нулевого номера. Если такой номер появился, то вариант не формируется, а выбирается следующий номер альтернативы в последующей строке матрицы Q .

А6.4. Формирование варианта заключается в последовательном изменении в цикле по m и t первых $\|S_1\|$ компонентов вектора H .

А 6.5. При повторении номеров мероприятий в одном и том же варианте все компоненты вектора H , соответствующие одним и тем же номерам, кроме одного компонента, отбрасываются.

Методы определения локальных приоритетов

Определение локальных приоритетов производится экспертным путем и осуществляется в шкале интервалов или в порядковой шкале. При этом могут использоваться методы ранжирования, парных сравнений или непосредственной оценки. Локальные приоритеты, измеренные в порядковой шкале, определяются как ранги, характеризующие относительную важность целей в одной окрестности.

Рассмотрим некоторые методики назначения приоритетов.

Система PATTERN

Исходным моментом в использовании методики *PATTERN* [25] является отображение целевого пространства в виде дерева типа «цели – мероприятия». Все вершины дерева относятся к типу ИЛИ, дуги интерпретируются следующим образом: «Реализация цели, соответствующей конечной вершине, обеспечивает реализацию цели, соответствующей начальной вершине в степени, являющейся числовой характеристикой дуги (если дуги имеют метки), иначе – числовой характеристикой конечной вершины». В некоторых модификациях *PATTERN* допускается нарушение древовидности графа: вершина (мероприятие) может иметь более одного предка (цели, достигаемые реализацией данного мероприятия).

В общем случае последовательность действий в рамках данной комплексной системы представляется следующими этапами:

1. Формирование сценария будущего развития в виде текстового документа. Он должен содержать ту качественную информацию, на основе которой *PATTERN* выдаст затем количественные параметры относительной важности.
2. Дерево строится дедуктивным путем – сверху вниз.
3. На основе информации сценария с каждым уровнем дерева целей связывается совокупность оценочных критериев данного уровня с точки зрения реализации целей более высокого уровня управления. Многокритериальная оценка важности строится с использованием таблицы вида 13.

Обозначения расшифровываются так:

s_{kj} – коэффициент важности элемента j (вершины j) с точки зрения критерия k ;

r_j^i – коэффициент относительной важности вершины j на уровне i с точки зрения всей совокупности критериев уровня i :

$$r_j^i = \sum_{k=1}^m q_k s_{kj}.$$

Оценки s_{kj} формируются так, что $\sum_{j=1}^n s_{kj} = 1$, поэтому $\sum_{j=1}^n r_j^i = 1$.

Таблица 13.

Критерий	Вес критериев	Пункт обсуждения i -го уровня			
		1	2	. . .	n
1	q_1	s_{11}	s_{12}		s_{1n}
2	q_2	s_{21}	s_{22}		s_{2n}
.					
.					
.					
m	q_m	s_{m1}	s_{m2}		s_{mn}
	$\Sigma q_i = 1$	r^i_1	r^i_2		r^i_n

4. Когда некоторый элемент встречается на одном и том же уровне несколько раз,, то каждый экземпляр данного элемента получит коэффициент относительной важности, равный сумме коэффициентов, рассчитанных предварительно по приведенным выше формулам для всего множества идентичных элементов.

5. С целью отображения возможного влияния одного из элементов данного уровня на другие элементы того же уровня вводится понятие «взаимной полезности» путем введения коэффициента взаимной полезности (> 1), на который умножается предварительно рассчитанный коэффициент относительной важности.

6. При необходимости возможно корректировать коэффициенты относительной важности, учитывая фактическое состояние по соответствующему элементу анализа.

7. После окончания расчета коэффициентов важности рассчитаны на всех уровнях находятся интегральные, результирующие коэффициенты относительной важности терминальных вершин. Они определяются как произведение коэффициентов относительной важности всех вершин на пути из корня в данную вершину.

Метод анализа иерархий Т. Саати

Метод анализа иерархий [28, 29] является универсальной систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений ЛПР по парным сравнениям, выражающихся затем численно. Метод включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений.

Метод включает следующие этапы.

1. Описание проблемной ситуации, формирование сценария будущего развития.
2. Построение иерархии целей, уровни которой перемежаются промежуточными уровнями критериев оценки вершин нижестоящего уровня с точки зрения реализации целей вышестоящего.
3. Построение множества матриц парных сравнений для каждого из нижних уровней (по одной матрице для каждого элемента примыкающего сверху уровня). Этот элемент называют направляемым по отношению к элементу, находящемуся на нижнем уровне, так как элемент нижнего уровня влияет на расположенный выше элемент. Элементы любого уровня в пределах одной окрестности сравниваются друг с другом относительно их воздействия на направляемый элемент.

Попарные сравнения производятся в терминах доминирования одного элемента над другим с использованием субъективных суждений, которые выражаются численно по шкале, представленной в таблице 14.

Если из двух сравниваемых элементов одного уровня первый элемент важнее второго по отношению к элементу вышестоящего уровня, то используется целое число из представленной шкалы, в противном случае используется обратная величина. При сравнении элемента с самим собой отношение равно единице.

Отметим, что при сравнении относительной важности i -го элемента с j -м, полученное значение присваивается элементу матрицы с индексом ij . Таким образом, получаем квадратные обратно симметричные матрицы суждений, которые выражаются в числах. Для получения каждой матрицы требуется произвести $(n^2 - n)/2$ оценок.

Таблица 14.

Шкала относительной важности

Количественное значение	Уровень относительной важности
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство
5	Существенное или сильное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2, 4, 6, 8	Промежуточная оценка между двумя соседними суждениями
Обратная величина	Если при сравнении одного элемента получена одна из вышеуказанных оценок, то при сравнении второго элемента с первым в качестве оценки относительной важности применяется обратная величина

4. Вычисление собственных векторов для каждой матрицы парных сравнений.

Метод использует для представления приоритетов нормированный собственный вектор w , соответствующий наибольшему собственному значению. Задача нахождения вектора приоритетов сводится к нахождению и нормировке делением на сумму элементов вектора, удовлетворяющего уравнению:

$$Aw = \lambda_{\max} w$$

Оценка компонент собственного вектора может быть произведена с помощью процедуры вычисления величины среднего геометрического из элементов каждой строки матрицы.

Известный итеративный метод приближенного вычисления собственного вектора, соответствующего максимальному собственному значению, – возводить матрицу в степени, каждая из которых представляет собой квадрат предыдущей. Строчные суммы вычисляются и нормализуются. Вычисления производятся до тех пор, пока не будет обеспечен заданный уровень точности. Уровень точности может задаваться эмпирически, исходя из общей практики проведения данного рода исследований.

Таким образом, из группы матриц парных сравнений формируется набор локальных приоритетов.

Подход, основанный на собственном векторе, использует информацию, которая содержится в любой, даже несогласованной матрице (обратносимметричная матрица $A = [a_{ij}]$ называется согласованной, если для всех i, j, k справедливо: $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$), и позволяет получать приоритеты, основанные на имеющейся информации, не производя арифметических преобразований данных.

5. Определение согласованности. Для каждой матрицы парных сравнений рассчитываем индекс согласованности по формуле: $I = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$.

Приближенное значение максимального собственного значения можно получить, произведя следующие расчеты. По каждому столбцу матрицы определяется сумма элементов. Полученные таким образом суммы представляются в виде элементов вектора-строки. Произведение этого вектора-строки на нормированный вектор-столбец приоритетов дает оценку собственного значения $\lambda_{\max}$.

Индекс согласованности показывает степень нарушения численной (кардинальной: $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$) и транзитивной (порядковой: из $a_{ij} > a_{jk}$, $a_{jk} > a_{is}$ следует: $a_{ij} > a_{is}$) согласованности. В общем случае, оно не должно превышать 0,1.

Полученный индекс согласованности проверяется с помощью отношения согласованности. Оно рассчитывается как отношение индекса согласованности к случайной согласованности обратносимметричной матрицы того же порядка

(таблица 15). Величина отношения согласованности не должна превышать 10-20%.

Таблица 15.

Средние согласованности для случайных обратносимметричных матриц

Размерность матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

6. Иерархический синтез приоритетов. Локальные приоритеты перемножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует этот элемент:

$$s_j = \sum_{i \in N_j} w_i V_{ij},$$

где s_j – приоритет j -го элемента иерархии; w_i – приоритет (вес) i -го критерия из набора N_j критериев, связанных с j -м элементом иерархии; V_{ij} – приоритет j -го элемента иерархии по i -му критерию.

Вес единственной цели самого верхнего уровня равен единице. Это дает глобальный (составной) приоритет того элемента, который затем используется для взвешивания локальных приоритетов элементов, расположенных уровнем ниже.

7. Проверка согласованности всей иерархии. Согласованность всей иерархии определяется как сумма произведений индексов согласованности на приоритеты соответствующих критериев. Отношение согласованности рассчитывается как отношение полученного таким образом индекса согласованности к случайному индексу согласованности (соответствующему размерности каждой взвешенной приоритетами матрицы) (таблица 15). Величина отношения согласованности не должна превышать 10%.

Определение глобальных приоритетов важности терминальных вершин

Решение задачи определения системных приоритетов [25], или глобальных приоритетов важности терминальных вершин (целей/мероприятий) дерева «цели-мероприятия», сводится к нахождению произведения коэффициентов относительной важности всех вершин на пути из корня в данную вершину:

$$q_j = \prod_{i \in v_j} k_i,$$

где q_j – глобальный коэффициент значимости j -й вершины; v_j – множество вершин, находящихся на пути от корневой вершины дерева до вершины j ; k_i – локальный коэффициент значимости i -й вершины.

Метод вычисления системных приоритетов в рангах может основываться на лексикографическом упорядочении локальных приоритетов, измеренных в рангах. Известны методы вычисления системных приоритетов по локальным приоритетам, измеренным в интервальной шкале [27].

Л и т е р а т у р а

1. Горелова В.Л., Мельникова Е.Н. Основы прогнозирования систем. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Дудорин В.И. и др. Методы социально-экономического прогнозирования (общие методы прогнозирования) /ГАУ. - М., 1991.
3. Жерардэн Л. Исследование альтернативных картин будущего. Метод составления сценариев // Руководство по научно-техническому прогнозированию / Под ред. Громова Л.М. – М.: Прогресс, 1977.
4. Жерардэн Л. Морфологический анализ – метод творчества // Руководство по научно-техническому прогнозированию/ Под ред. Громова Л.М. – М.: Прогресс, 1977.

5. Ивахненко А.Г., Мюллер Й.А. Самоорганизация прогнозирующих моделей. – К.: Техника, 1985; Берлин: ФЭБ Ферлаг Техник, 1984.
6. Кононов Д.А., Кульба В.В., Ковалевский С.С. и др. Синтез формализованных сценариев и структурная устойчивость сложных систем (синергетика и аттрактивное поведение). – М.: Институт проблем управления, 1998.
7. Кононов Д.А., Кульба В.В., Ковалевский С.С. и др. Формирование сценарных пространств и анализ динамики поведения социально-экономических систем. – Препринт – М.: Институт проблем управления, 1999.
8. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Наука, 1972.
9. Маевский В. Опасное несоответствие // Независимая газета, - №154, 18.08.2000.
10. Моделирование глобальных экономических процессов /Под ред. Дадаева В.С. – М.: Экономика, 1984.
11. Писарева О.М. Базовые эконометрические методы и модели: Учебное пособие/ГУУ. – М., 2002.
12. Рабочая книга по прогнозированию/ Под ред. Бестужева-Лады И.В. – М.: Мысль, 1982.
13. Саркисян С.А., Голованов Л.В. – Прогнозирование развития больших систем. – М.: Статистика, 1975.
14. Суворов А.В. Макроэкономический анализ сценариев функционирования экономики России в краткосрочной перспективе // Экономика и математические методы, - №4, 1994.
15. Суворов А.В. Методы построения макроэкономических сценариев социально-экономического развития // Проблемы прогнозирования, - №4, 1996.
16. Суворов Н.В. Направления использования межотраслевого метода в прогнозно-аналитических исследованиях материально-вещественных пропорций воспроизводства // Проблемы прогнозирования, - №1, 2001.
17. Цыгичко В.Н., Прогнозирование социально-экономических процессов. – М.: Финансы и статистика, 1986.

18. Шапот Д.В., Осипов А.В. Двухсекторная имитационная модель прогнозирования развития экономики // Проблемы прогнозирования, №4, 2001.
19. Шибалкин О.Ю. Проблемы и методы построения сценариев социально-экономического развития. – М.: Наука, 1992.
20. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. – М.: Прогресс, 1970
21. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2002
22. Ансофф И. Стратегическое управление: Сокр. пер. с англ./ Науч. ред. Л.И. Евенко – М.: Экономика, 1989
23. Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. – М.: Наука. Глав. редакция физико-математической литературы, 1983.
24. Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. – М.: Финансы и статистика, 2000.
25. Дудорин В.И. и др. Методы социально-экономического прогнозирования (специальные методы прогнозирования): Учебное пособие/ ГАУ. – М., 1992.
26. Попов С.А. Стратегическое управление: 17-модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 4. – М.: «ИНФРА-М», 1999.
27. Проблемы планирования и управления: опыт системных исследований / Е.П. Голубков, А.М. Жандаров, И.К. Ужинский и др. – М.: Экономика, 1987.
28. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: «Радио и связь», 1993.
29. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991.
30. Томпсон А.А., Стрикленд А. Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: Учебник для вузов/ Пер. с англ. под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998.