

стует также промежуточный вариант медленного диалога или взаимодействия в режиме запрос—ответ, когда ЛПР предлагается «немного обобщать» ответа ЭВМ. В этом случае встает проблема рационального заполнения затаившейся паузы в диалоге: например, путем анализа предстоящего решения ЛПР или подготовки его к следующему решению; в ряде случаев внимание ЛПР на экране дисплея удерживается не отходящей непосредственно к решению задачи информацией («развлекательная программа») и т. д.

Дж. Мартин предлагает следующие критерии идентификации режимов взаимодействия в человеко-машинных системах [122]:

- 1) диалоговая система — время отклика ЭВМ должно соответствовать тому времени, которое требуется для ответа в разговоре людей — от 2—3 сек. (в идеале) до 15—20 сек.;
- 2) система запрос—ответ — интервал времени отклика составляет от 15—20 сек. до 1,0—2,0 мин.;
- 3) прочие системы — время отклика свыше 2 мин.

Однако эти критерии в ряде случаев следует считать жесткими. Отчасти это объясняется тем, что они разработаны главным образом для информационно-поисковых систем, при организации которых обычно не предусматривается включение сложных вычислительных алгоритмов или моделей. Для имитационных систем, реализующих в своем составе комплекс моделей, время отклика ЭВМ обычно значительно больше, соответственно и требования к режиму диалога мягче. Так, имитационная система считается обычно диалоговой, если время паузы составляет менее 1,5—2,0 мин. (что соответствует системе запрос—ответ по классификации Дж. Мартина) [122].

Следует заметить, что конкретная реализация перечисленных правил (выбор переменных для описания, формулировка гипотез, выбор уровня абстракции и т. д.) во многом определяется сформулированной задачей исследования. Поэтому одним из наиболее важных и исходных моментов разработки имитационных систем является определение их целевого назначения. Так как все изложенное выше приложимо и для имитационных систем, моделирующих процессы СПР, рассмотрим те задачи, которые могут возникнуть в рамках этих систем (имея в виду, что из-за сложности и многоплановости процессов СПР создание универсальной системы, решающей все множество возникающих проблем, не представляется возможным).

Согласно [25], разрабатываемые имитационные системы в зависимости от области их применения могут быть классифицированы по четырем группам:

- 1) экономические исследования и проектирование систем управления [120];
- 2) процедуры планирования [16, 19, 74, 94];
- 3) оценка процессов выполнения плана [67, 89];
- 4) анализ процедур планирования [39, 40, 51].

Используя тот же принцип классификации для имитационных систем, исследующих проблему СПР, выделим среди них следующие: 1) исследующие различные варианты хозяйственного механизма, обеспечивающего согласование экономических интересов хозяйственных единиц; 2) не-

посредственно используемые в реальных процедурах СПР в целях совершенствования предплановых расчетов; 3) оценивающие согласованность плановых решений с точки зрения реализуемости планов; 4) анализирующие процессы принятия компромиссных решений в различных хозяйственных ситуациях (ситуациях, приближенных к реальной действительности).

С точки зрения практической целенаправленности имитационные системы различных групп не являются равнозначными. Так, системы первой группы изучают поведение экономических объектов в искусственных условиях (лабораторный эксперимент) и предназначены главным образом для исследовательских целей. Системы второй группы функционируют в реальных хозяйственных ситуациях и предназначены главным образом для решения практических задач. Системы третьей и четвертой групп могут использоваться как реальную, так и условную информацию (например, анализ согласованности решений в ходе выполнения плана и исследования принятия решений в конфликтных ситуациях может осуществляться как на основе отчетной информации, так и в искусственной среде деловой игры). Разработка этих систем преследует в основном аналитические цели, причем результаты анализа могут быть использованы в практической или исследовательской деятельности.

С методической точки зрения и для удобства изложения материала эти группы систем можно представить двумя основными направлениями, условно называемыми далее исследовательским и прикладным. К исследовательскому направлению относятся системы первой группы, к прикладному — второй группы. Системы третьей и четвертой групп занимают промежуточное положение и могут примыкать как к первому, так и ко второму направлениям исследований.

Выбор направления исследований определяет содержание и круг тех задач, которые возникают при разработке имитационных схем. Далее на более подробно рассмотрим эти задачи применительно к первой и второй группам систем, имея в виду, что системы третьей и четвертой групп занимают промежуточное положение и круг их задач может быть представлен комбинацией задач первой и второй групп.

При моделировании искусственных ситуаций (имитационные системы первой группы) одна из основных задач состоит в выборе меры условности: она должна быть такова, чтобы, с одной стороны, имитационные модели охватили все явление в целом и были при этом обозримыми, с другой — обеспечивали точность и возможность приложения основных результатов к реальным хозяйственным процессам.

Другая задача — формирование достаточного представительного набора искусственных ситуаций (сценариев), проигрываемых в имитационных экспериментах. Так, одна из проблем совершенствования хозяйственного механизма заключается в выборе систем отчетных показателей. Характерным для экономических процессов является эффект, называемый в физике эффектом наблюдения: результаты деятельности хозяйственных звеньев зависят от принятого набора отчетных показателей. Ясно, что множество наборов таких показателей, взятых в различных сочетаниях, содержит слишком большое число элементов и для экспериментов должны быть отобраны лишь некоторые из них, отражающие определенные научные концепции. Аналогичная ситуация возникает при исследова-

взаимодействия ЭВМ с пользователем, которое должно быть организовано таким образом, чтобы система вписалась в круг реальных задач планирования, имеющуюся информационную базу, учитывала уровень компетенции функционирующих плановых работников и т. д. Чрезвычайно важным является организация диалогового взаимодействия ЛПР — ЭВМ в режиме реального времени с использованием средств дисплейной техники. Все эти вопросы лежат в сфере более общей проблемы разработки автоматизированных рабочих мест АРМ плановика, экономиста и т. д. Это предвзвешивает определенные требования к разработке систем второй группы и кругу возникающих проблем. Далее рассмотрим некоторые наиболее актуальные из них.

Одной из проблем при разработке имитационных систем является перераспределение функций между ЛПР и ЭВМ таким образом, чтобы нагрузка на ЛПР была не слишком большой и позволила ему сравнительно быстро принимать решения непосредственно в ходе имитационного эксперимента.

Вопрос, как выбрать новое значение управляющего параметра, чтобы улучшить динамику отрасли, часто оказывается чересчур сложным даже для опытного ЛПР, поскольку изменения одного экономического показателя обычно ведет к изменению других и общая картина динамики развития отрасли делается расплывчатой. Так, одним из более употребительных управляющих параметров имитационных систем являются инвестиции, которые необходимо рационально распределить по годам планового периода, объектам и т. д. Однако отдача вложенных инвестиций происходит неравномерно по годам лагового периода, меняется в зависимости от объема вложений и т. д. В связи с этим даже небольшое изменение распределения капитальных вложений может непредсказуемым образом изменить динамику основных производственных фондов и привести в свою очередь к такому изменению экономических показателей, которое заранее трудно было ожидать.

В результате ЛПР оказывается не в состоянии оперативно принять разумное решение, что приводит к значительному увеличению числа итераций, ухудшению качества принимаемых решений, увеличению времени отклика ЛПР на запрос ЭВМ и потере непрерывности диалога и т. д. Некоторую помощь может оказать ЛПР предварительное исследование чувствительности системы к изменению параметров, представленное, например, в виде таблиц или графиков. Однако это следует считать, по всей видимости, некой вспомогательной мерой при решении проблем разгрузки ЛПР, которые связаны не столько с техническими характеристиками рассматриваемой системы, а определяются природой задачи планирования и уровнем ее сложности.

Заметим, что подобные проблемы возникают, вообще говоря, при построении любой имитационной системы. Однако при разработке систем, предназначенных для исследовательских целей, они не являются столь актуальными: пользователь такой системы (эксперт, научный работник и т. д.) может по роду своей деятельности уделить большее внимание анализу результатов системы, чем практический работник. Зато при разработке систем, ориентированных на практическое использование, проблемы загрузки ЛПР зачастую определяют их узкое место функцио-

нии с помощью имитационных экспериментов проблем распределения прибыли хозрасчетной единицы, организации наиболее эффективных поощрительных систем и т. д. Богатый материал для проведения машинных экспериментов могут представить натурные эксперименты по совершенствованию хозяйственного механизма, проводимые в различных отраслях народного хозяйства. Не рассматривая содержание этих экспериментов, отметим, что имитация функционирования хозяйственных объектов с помощью ЭВМ позволяет обеспечить сравнимость получаемых результатов. Действительно, варьируя определенной группой параметров и фиксируя значения других переменных, экспериментатор добивается соблюдения принципа «при прочих равных условиях», что не всегда удается достичь в натурном экономическом эксперименте.

Необходимость в имитационных системах подобного типа возникает в связи с тем, что они заменяют натурный эксперимент, который либо невозможен, либо обходится слишком дорого⁶. Однако, как отмечается в [25], даже в том случае, если все необходимые требования к построению систем подобного типа соблюдены и разработанные системы достаточно совершенны, практические работники зачастую рассматривают их как некую «экономическую Швамбранию» (см. [25]), что в значительной степени мешает использованию полученных результатов в хозяйственной практике.

Примером имитационной системы подобного типа может служить комплекс моделей ИМЭКС, в котором рассматривается модельная экономика с участием ЛПР [120, 121]. Модельная экономика включает: производственные комплексы, выпускающие продукты; население, дифференцированное на ряд социальных групп, потребляющих произведенные продукты; банк, осуществляющий кредитные операции; производственную сферу, обслуживающую население; государство, осуществляющее функции среднесрочного планирования, и т. д. Задача ЛПР состоит в обеспечении выполнения заданий государственного плана с учетом конкретных условий хозяйствования в данном плановом периоде. Таким образом, цель ИМЭКС — испытание различных схем планирования и экономического стимулирования, оценка экзотенно вырабатываемых предложений по совершенствованию хозяйственного механизма.

В имитационных системах, предназначенных для использования в практике планирования (вторая группа систем), обычно не возникают задачи, связанные с кардинальным совершенствованием системы плановых расчетов или хозрасчетных отношений (хотя возможность таких задач не исключается). Как справедливо отмечается в статье [80], такое, казалось бы, отступление от научных принципов — временный маневр, который необходим в связи с тем, что внедрение новой технологии в любой области деятельности (в данном случае — внедрение экономико-математических методов и ЭВМ в планирование) связано с преодолением психологических барьеров. А достичь этого можно только тогда, когда разработанная система станет необходимой и удобной в работе.

Именно поэтому центральное место в этих системах занимают вопросы

⁶ По мнению Р. Шеннона, разработка даже наиболее дорогостоящих моделей, как правило, обходится дешевле, чем организация сравнительно дешевых экономических экспериментов [115].

нирования [25, 26]. Многие исследователи видят в этом уязвимое место имитационного моделирования, рассматривая имитационную систему лишь в качестве аналога экономического объекта, и хотя имитационный эксперимент невозможен без разработки имитационной модели, тем не менее создание последней довольно часто сказывается из-за перегруженности ЛПР всего лишь необходимым, но не достаточным условием его успешного проведения.

Существуют три пути решения сформулированной проблемы. Первый из них — организационный, он состоит в использовании экспертов в качестве некоторого промежуточного звена между имитационной системой и реальным хозяйственным, плановым работником и т. п., т. е. лицом, фактически принимающим решение и отвечающим за него. При этом эксперт выполняет роль советника, подготавливающего для ЛПР решение по сформулированному кругу вопросов на основе анализа проводимых заранее имитационных экспериментов. (Такого участника имитационного эксперимента в отличие от ЛПР часто называют лицом, формирующим решение (ЛФР) [95].)

Так, в рассмотренном выше примере распределения капитальных вложений эксперт осуществляет необходимое число вариантов расчетов с различными способами инвестирования, тщательно анализирует последствия принятых им решений и выбирает один или несколько вариантов в качестве возможных претендентов на окончательное решение. Сужение числа вариантов, достигаемое в результате такой предварительной работы, существенно упрощает задачу ЛПР, принимающего окончательное решение. Ясно, что рассмотренный путь решения проблемы связан с определенной организационной перестройкой структуры планово-управленческого аппарата.

Второй путь решения проблемы определяется различными способами построения имитационных систем и может осуществляться в двух взаимосвязанных направлениях. Первое из них состоит в разработке рациональной логической схемы диалога, предполагающей разбиение сложных задач на ряд простых. Целесообразным при этом оказывается создание экспериментальных вариантов системы на персональных ЭВМ (например, типа «ВАНД», «СМ» и др.), позволяющих отработать и опробовать различные варианты диалога и выбрать наиболее приемлемый для ЛПР. Так, продолжая пример с задачей капитальных вложений, можно предложить ее декомпозицию в соответствии с некоторыми этапами: на первом этапе — выделение инвестиций крупным комплексам, подготовка в целом на весь рассматриваемый период; на втором этапе — распределение их по годам, на третьем этапе — по различным направлениям (новое строительство, реконструкция и модернизация и т. д.).

Апробация этой схемы на экспериментальном варианте в процессе «живого» диалога с ЛПР позволит уточнить последовательность этапов (например, в соответствии со сложившейся схемой планирования капитальных вложений, используемой на практике), а также использовать дополнительную информацию, которая в ряде случаев может упростить решение задачи (нормативы строительно-монтажных работ в общем объеме капитальных вложений, границы изменения норматива выделения средств на новое строительство и т. д.).

Второе направление состоит в использовании вспомогательных методов и программ, облегчающих ЛПР процессы принятия решения. Имитационная система должна включать не только имитационную модель, но и серию методов и моделей, обслуживающих процесс принятия решения. ЛПР должен быть обеспечен некоторым набором стандартных методов и программ в целях предварительной подготовки одного или нескольких вариантов решения для последующего их анализа.

В работе [62] предлагается построение иерархической системы вспомогательных моделей, при переходе к верхним уровням которой модели становятся все более простыми и удобными для человеко-машинного использования, а при движении вниз — более приближенными к основному варианту модели. Не исключая возможности использования такого типа формирования блока вспомогательных моделей, мы все же считаем более целесообразным использование в качестве основы этого блока логической схемы диалога ЭВМ—ЛПР и соответствующей схемы возникающих при этом задач.

При этом оказывается, что применение одних методов и моделей требует большого количества времени реализации их на ЭВМ и должно быть осуществлено в пакетном режиме до имитационных экспериментов, применение других возможно в режиме диалога.

Возвращаясь к примеру с распределением капитальных вложений, отметим возможность в ряде случаев формулировки этой задачи в виде сравнительно простой линейно-программной модели, время реализации которой на ЭВМ невелико, что позволяет использовать ее в диалоговом режиме. Пример такого «включения» задачи оптимизации и капитальных вложений в режим диалога ЛПР—ЭВМ описывается далее в главе четвертой на примере отраслевой имитационной системы.

И наконец, третий путь заключается в создании так называемого искусственного интеллекта, под которым здесь понимается способность ЭВМ принимать решение по очерченному кругу хозяйственных ситуаций [55, 95]. Системы с искусственным интеллектом называют часто экспертными системами [11]. Это название системы получили потому, что, во-первых, их функционирование предполагает непрерывное участие экспертов; во-вторых, в процессе накопления знаний в результате работы со специалистами происходит обучение систем и уже в дальнейшем сами системы выступают в качестве экспертов. Важнейшими свойствами экспертных систем является база знаний и способность к самообучению.

Чем отличаются модели блока принятия решения, обслуживающие ЛПР в процессе эксперимента, от моделей, содержащихся в базе знаний? В первом случае мы имеем «готовые» модели процессов, полученные а priori. Во втором случае имеем модели, отражающие «новое знание», полученное на основе анализа экспериментов, а posteriori. Здесь используется индуктивный подход к выводу закономерностей, что приближает процесс формирования базы знаний к интеллектуальной деятельности человека. Естественно, со временем часть моделей базы знаний будет перемещаться в блок моделей принятия решения.

⁷ Пример такого способа формирования блока вспомогательных задач приводится в главе четвертой.

Однако использование этого пути ввиду его недостаточной разработанности нельзя считать делом ближайшего будущего. Реализация его требует накопления базы знаний, содержащей информацию о принятых решениях, и построения некоторой формальной модели принятия решения. Для построения искусственного интеллекта могут быть использованы специализированные имитационные системы, в которых осуществляется наблюдение за функционирующим ЛПР, запоминание его решений и построение с помощью специального алгоритма функции принятия решений (см. далее описание систем четвертой группы).

В частности, такая функция принятия решений может быть построена и для рассмотренного примера распределения капитальных вложений. При этом упоминавшаяся выше оптимизационная задача может быть рассмотрена не как однокритериальная, а как многокритериальная с известными весами критериев. В решениях, принимаемых ЛПР, происходит фиксация в неявной форме значимости критериев. Запоминание принятых решений и дальнейшая обработка их по специальным алгоритмам (см., например, метод [125], изложенный далее в § 1 главы четвертой) позволяют выявить предпочтение в рассматриваемой ситуации и использовать их в следующей серии имитационных экспериментов.

Следующая проблема, возникающая, как и первая проблема, главным образом в прикладных имитационных системах и являющаяся своего рода антигезой к ней, связана с «перегруженностью» ЭВМ в процессе диалога и чрезмерным увеличением времени отклика на запрос ЛПР. Эта проблема вызывается необходимостью учета при ее разработке двух противоположных требований: большой длительности обработки массовых реальных информации (которые обычно имеют значительную размерность), а также работы ЭВМ со сложными алгоритмами, с одной стороны, и сравнительно непродолжительным временем, которое должно определять паузу в диалоге ЛПР—ЭВМ, — с другой.

Решить эту проблему можно путем рационализации сценария диалога (замена сложных алгоритмов на более простые и увеличение доли эвристических процедур), а также путем совершенствования информационного обеспечения системы (в частности, разработки автономной информационной базы системы: создание специальных сателлитных программ, производящих предварительную подготовку информации за рамками имитационного эксперимента, и т. д.).

Отметим, что более полное представление об этих двух проблемах и путях их решения читатель может получить, ознакомившись с конкретным опытом разработки диалоговой системы, изложенном в § 2 главы четвертой.

Третья проблема состоит в определении рациональности числа проводимых вариантов расчетов: все мыслимое множество возможных экспериментов обычно бывает слишком велико и требует больших затрат времени. В то же время полученная выборка вариантов, используемая ЛПР для интегральной оценки результатов и принятия окончательного решения, должна быть достаточно представительна: это служит гарантией того, что «хорошие» варианты не пропущены и попали в данную выборку. Однако одной из особенностей имитационного моделирования является отсутствие признака конца проведения расчетов (в отличие, например, от

методов оптимизации, в которых этот признак задан алгоритмически): число вариантов расчетов не регламентируется ничем, кроме ресурса времени, которое согласен выделить ЛПР на данный эксперимент. В связи с этим неясным для ЛПР остается вопрос об обоснованности окончания машинных экспериментов, так как следующий (за «последним») вариант может, вообще говоря, дать лучшее решение.

Арсенал современных математических методов позволяет справиться с этой проблемой. Здесь могут оказаться полезными, например, уже упоминавшиеся методы построения Парето-оптимальной области и методы построения ОМД [62]. Так, предварительное построение множества ОМД и его различных сечений позволяет ЛПР оценить, существуют ли потенциальные возможности улучшения интересующего его экономического показателя или данный показатель находится на границе ОМД, но при этом можно улучшить другие экономические показатели и т. д. Этот вопрос примыкает, вообще говоря, к проблеме построения упоминавшихся экспериментных систем. Действительно, выбор варианта улучшения экономических показателей зависит от системы предпочтений, которая, как указывалось, может быть выявлена на основании анализа предшествующих экспериментов (см., например, метод [125] и др.) и зафиксирована в экспериментной системе. Это позволяет оценить выбранное ЛПР решение с позиций прошлого опыта.

Итак, на вопрос ЛПР о качестве принятого им решения экспертная система может дать, например, следующие ответы:

1. «Вам рекомендуется продолжить эксперимент в целях увеличения показателя прибыли, для чего следует изменить управляющий параметр... на величину...».

2. «Ваше решение хорошее, но в Вашей ситуации эксперт № 1 выбрал бы решение А, а эксперт № 2 — решение В».

Приведенный здесь ответ экспертной системы свидетельствует о возможности неоднозначных решений, принимаемых в имитационной системе, и зависимости от функционирующих ЛПР⁸. Это позволяет сформулировать четвертую проблему: какое решение должно быть принято в качестве окончательного, если решения, принимаемые различными экспертами, существенно различны?

Заметим, что проблема неоднозначности решений в имитационном моделировании напоминает известную восточную притчу о Ходже Насреддине и двух спорящих. Выслушав одного из них, Ходжа Насреддин заметил: «Ты прав, сын мой». Послушав затем другого, Ходжа и ему сказал то же самое. Тогда один из удивленных учеников Ходжи спросил: «Как же это может быть? Ведь правым может быть лишь один из двух?» — «И ты прав», — ответил Ходжа.

Отдавая дань мудрости Ходжи Насреддина, попытаемся ответить на сформулированный ранее вопрос, так как это позволит выяснить, какие практические действия следует предпринимать в описанной ситуации.

В том случае, если нет оснований сомневаться в добросовестности⁹ четвертая проблема тесно переплетается с третьей, так как неоднозначность решения определяет и неоднозначность окончания имитационных экспериментов: один и тот же вариант может оказаться для одного из экспертов окончательным и не удовлетворить другого, который будет продолжать дальнейшие расчеты.

и компетентности используемых экспертов, каждое из решений можно считать эффективным (Парето-оптимальным) или близким к нему. Так, выбор любого из них следует считать правильным: каждое из решений будет заведомо лучше многих, отсеченных во время эксперимента вариантов.

Однако такой подход не снимает, вообще говоря, проблемы выбора решения: кроме того, может существовать вполне вероятная опасность ошибки одного из экспертов. В этом случае необходимо использование специальных методов обработки полученных результатов. Существуют два типа таких методов. Один основан на переработке экспертных решений путем использования формализованных процедур. Простейшим примером такого метода является способ, используемый при оценке спортивных состязаний: решения, отражающие крайние позиции экспертов, отбрасываются, а оставшиеся решения затем усредняются. Второй тип методов основан на организации коллективной работы экспертов; при этом эксперту предлагается не только высказать свое мнение, но и учитывать и анализировать мнения других экспертов, в результате чего его собственное мнение может измениться. К числу методов этого типа относится метод Дельфи. Отличительная его особенность — анонимность: эксперты неизвестны друг другу, взаимодействие их исключается, так как метод реализуется с помощью анкет. Результаты анкетирования обрабатываются, для них рассчитываются статистические характеристики, которые и представляются экспертам для внесения уточнений (организуются следующий тур опроса).

Другие методы этой группы (метод «комиссий», метод мозгового «шторма» и др.), наоборот, предполагают прямое взаимодействие экспертов. При этом общий уровень информированности по проблеме возрастает, группа экспертов с большей готовностью принимает ответственность за решение, чем отдельные специалисты, и т. д. Но в этих методах трудно исключить психологическое давление на отдельных экспертов, которые могут оказать авторитеты или мнение большинства.

Вообще выбор метода обработки результатов — самостоятельная проблема. Здесь мы вторгаемся в новую область знаний, называемую анализом экспертных оценок, куда и отсылаем интересующегося читателя⁹.

Итак, проведенный экскурс проблем, возникающих при разработке имитационных систем, позволяет сделать вывод об их довольно сложной структуре, включающей как формальные так и неформальные элементы. Эта структура может быть охарактеризована в предметном и функциональном разрезе (рис. 10).

Если предметный разрез имитационной системы характеризует ее важнейшие элементы (составные части), то функциональный разрез — основные этапы в процессе ее функционирования. Так, предметная схема (см. рис. 10а) содержит три основных компонента: 1) участники работы с имитационной системой; 2) модельное, программное и информационное отражение исследуемого объекта; 3) технические средства. При функ-

⁹ См. работы [56]: Бицелев С. Д., Гураич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980; Китаев Н. Н. Групповые экспертные оценки. М.: Знание, 1975 и др.

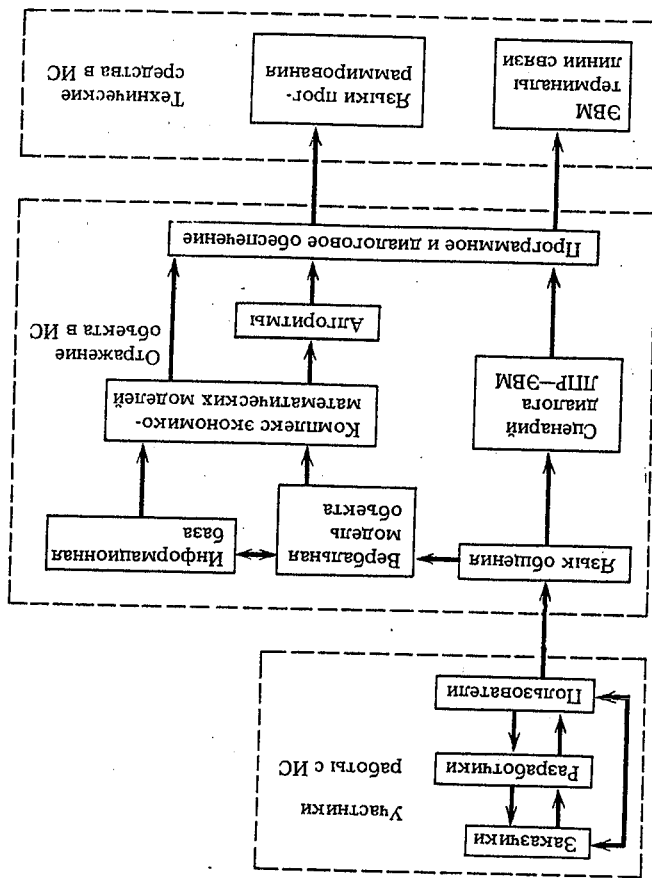
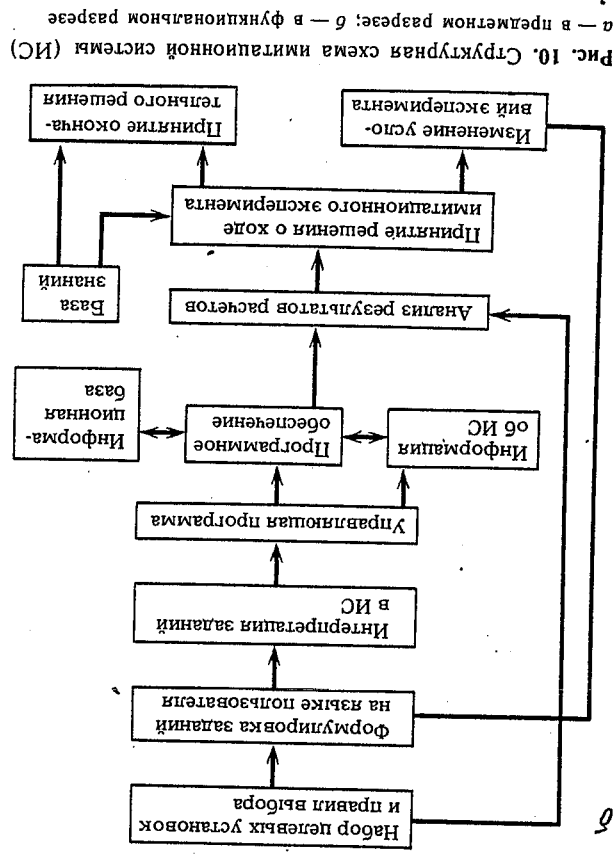


Рис. 10. Структурная схема имитационной системы (ИС)
а — в предметном разрезе; б — в функциональном разрезе

ционировании системы эти компоненты взаимодействуют между собой, обеспечивая реализацию имитационных экспериментов (см. рис. 106). Более подробное описание структуры имитационной системы приводится в работах [15, 79]. Разумеется, каждая конкретная имитационная система имеет свою специфику, которая проявляется тем больше, чем сложнее комплекс используемых технических средств, экономико-математических моделей и шире круг решаемых системных задач.

К числу разработок, использующих в имитационных экспериментах диалоговые процедуры с применением дисплеев и ориентированных на решение практических задач СПР, относятся [21, 27, 54, 80, 94]; сюда же можно отнести имитационную систему, описываемую в заключительной главе данной книги.

Одной из первых систем подобного типа, предназначенных для реализации процедур СПР на уровне народного хозяйства, является система «Дисплан», разработанная в Институте кибернетики УССР [27]. Постановка задачи в этой системе соответствует обычной практике планирования, принятой в Госплане СССР. Сначала составляется напряженный вариант плана, не сбалансированный по ресурсам. Цель оптимизации в том, чтобы в результате осуществления различных мероприятий (использование новых технологий, научно-технических новшеств и т. д.) последовательно уменьшать невязки по ресурсам, получив в конце концов полностью сбалансированный план с минимально возможным сокращением (а может быть, и увеличением) заданий по конечному продукту.

Для реализации поставленной цели используется метод последовательной оптимизации межотраслевого баланса. Исходной информацией являются задания по чистому выпуску по утвержденной агрегированной номенклатуре на рассматриваемый период времени (полученные, например, на основе прогноза общественных потребностей), а управляющими параметрами служат сроки реализации мероприятий, коэффициенты прямых затрат и т. д. Условием работы алгоритма является наличие хотя бы одной отрицательной невязки (дефицита) по ресурсу. При наличии нескольких отрицательных невязок выделяется ресурс с максимальным относительным дефицитом, называемый критическим. После этого производится отбор мероприятий, обеспечивающих экономно критического ресурса, что позволяет разделить все множество мероприятий на полезные и бесполезные. Конец работы алгоритма определяется отсутствием полезных мероприятий. Таким образом, конечность числа используемых мероприятий обеспечивает сходимость рассматриваемого алгоритма. Алгоритм предназначен для диалога с человеком и обеспечивает достаточно быструю реакцию ЭВМ на изменение управляющих параметров.

Цикл работ [21, 94] посвящен вопросам согласования плановых решений при планировании развития отрасли на долгосрочную перспективу (10—15 лет). Цель диалоговой системы долгосрочного планирования (ДСДП) — формирование долгосрочного плана для сектора (отрасли) экономики, объединяющего группу отраслей (подотраслей) машиностроительного типа. Данный план должен удовлетворять требованию максимального приближения выпуска конечной продукции к заявленной потребности. При этом в процессе диалога происходит выявление узких мест, корректировка распределения ресурсов для устранения дефицита, а в не-

которых случаях и корректировка заявленной потребности. Математический аппарат ДСДП представлен двухуровневым комплексом моделей балансового типа. Нижний уровень комплекса состоит из основных расчетных моделей ДСДП, включающей два взаимодействующих блока — балансовую динамическую модель выпуска продукции (сформированную по принципу чистых отраслей) и модель капитального строительства. Таким образом, на нижнем уровне ДСДП имитируются основные технологические связи отрасли и перспективы ее развития. Верхний уровень представлен балансовой моделью МОБ в укрупненных показателях, соответствующих уже принципу ведомственной структуры. Модель используется для интерпретации и представления результатов расчетов, полученных на нижнем уровне.

ДСДП предназначена для ведения диалога с ЭВМ через терминалы (дисплеи) непосредственно должностными лицами, руководящими и плановыми работниками (без посредников в лице программистов, математиков и т. д.). Так, модель выпуска продукции может быть использована сотрудниками сводного и отраслевых отделов планового органа, а модель капитального строительства — сотрудниками отдела капитального строительства. В процессе диалога должностные лица осуществляют необходимые расчеты, анализируют результаты и представляют руководителям варианты плановых решений. При этом через терминалы реализуются уже сложившиеся коммуникационные отношения персонала плановых органов. В процессе диалога плановыми работниками могут быть использованы специальные прикладные модули, облегчающие принятие решения (модули «дефицит», «компромисс»). В последние годы разрабатывается новая версия этой системы — «Гранит»¹⁰.

По основным целям и принципам построения обе рассмотренные системы приближаются к описываемой в главе четвертой имитационной системе согласования плановых решений на уровне отрасли (ИССПР). Особенно это относится к системе ДСДП, в которой рассматривается тот же уровень планирования, что и в ИССПР, и однородная группа отраслей промышленного производства (машиностроение). Однако ДСДП в отличие от ИССПР — система более агрегированная, в ней рассматривается больший интервал времени планирования и используется другой комплекс экономико-математических моделей (главным образом типа межпродуктового баланса).

В статье [80] описывается опыт разработки диалоговой имитационной системы для условий сельскохозяйственного производства, которая позволяет осуществлять как оперативное сопоставление реального положения дел с плановыми заданиями, так и давать прогноз на долгосрочную перспективу (о качестве земли, динамике кадров, состоянии техники) на основе разработанной имитационной модели.

В работе [54] представлена диалоговая система «ПЛАН», имитирующая итерационный процесс согласования плановых заданий в целях достижения комплексной сбалансированности заявленных потребностей и возможностей производства продукции пищевой промышленности. Си-

¹⁰ См.: Поспелов Г. С., Ириков В. А., Курилов А. Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. М.: Наука, 1985.

Вследствие того что в модели рассматриваются четыре направления капитальных вложений с заданным соотношением общих объемов выделяемых средств (вновь начинаемое строительство, расширение, реконструкция, перевооружение), процедура повторяется для каждого из направлений в отдельности. Однако ввиду небольшой размерности решаемых задач (задача содержит 15 переменных, число ограничений не более 20) общее время реализации их на ЭВМ невелико.

Основное назначение рассмотренных выше моделей состоит в работе рекомендаций для принятия решения, в то время как собственно принятие решения производится ЛПР. Поэтому следующим важным шагом на пути совершенствования работы ЛПР с системой является разработка моделей принятия решения, которые позволяют либо существенно улучшить качество выдаваемых ЭВМ рекомендаций, либо (в идеале) частично заменить ЛПР, пополнив тем самым список формальных процедур, используемых в ИССПР.

Рассмотрим это направление исследований на примере поиска значительных весовых коэффициентов θ_i целевой функции, используемой при отборе вариантов ПЗ (соотношение (10)):

$$F_3 = \sum_{i=1}^L \theta_i \Phi_i [x_{ПЗ}^i].$$

Заметим, что задание коэффициентов θ_i возможно экспертным путем, однако результаты исследований свидетельствуют о том, что имеются существенные различия между весами критериев, назначаемых экспертом, и теми, которые выявляются на основе анализа его действий [56]. Точнее определить значения весовых коэффициентов можно с помощью человеко-машинных процедур путем специальной обработки на ЭВМ архива решений, принимаемых экспертом или ЛПР. В основу такого способа расчета коэффициентов может быть положен алгоритм Зайонца—Валениуса [125]¹⁰, суть которого состоит в следующем.

Исходными данными для реализации этого алгоритма служат экономические показатели работы отрасли (критерии) Φ_i . Используя эти показатели, эксперт оценивает каждый из вариантов плана отрасли и затем упорядочивает их по предпочтительности. Введение отношения предпочтения на множестве вариантов означает их упорядочение с помощью функции F_3 . Таким образом, из условия «вариант А предпочтительнее варианта В» следует $F_3^A > F_3^B$. Последнее неравенство можно преобразовать в виде следующего условия на коэффициенты θ_i :

$$(\Phi_1^A - \Phi_1^B)\theta_1 + (\Phi_2^A - \Phi_2^B)\theta_2 + \dots + (\Phi_L^A - \Phi_L^B)\theta_L > 0,$$

где значения показателей $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_L$ для вариантов А и В — есть, известные числа. Таким способом можно получить систему линейных неравенств относительно неизвестных θ_i , которая описывает некоторую область значений искомых величин. Обычно она представляет собой выпуклый многогранник, крайние точки которого могут быть найдены известными методами линейного программирования. По мере увеличе-

¹⁰ Близкий по идее алгоритм расчета весовых коэффициентов, разработанный Черменом и Акофом, описан в [14].

ния числа наблюдений и роста числа анализируемых вариантов, размерность системы неравенств будет возрастать, а область изменения θ_i — уменьшаться (и, следовательно, будет возрастать точность определения весовых коэффициентов). Если даже при достаточно большом числе наблюдений величина этого многогранника окажется недостаточно малой, в качестве искомого решения можно принять его среднюю точку.

Таким образом, процесс приближенного поиска весовых коэффициентов θ_i можно представить в виде итеративной процедуры, на каждом шаге которой находится средняя точка нового многогранника и производится ее сопоставление со средней точкой, полученной на предыдущем шаге. Если в течение нескольких шагов смещение этой точки находится в заданных пределах точности алгоритма, процесс заканчивается.

Реализация данного алгоритма предполагает выполнение условия транзитивности предпочтений. При нарушении этого условия эксперту предлагается оценить варианты заново либо исключить часть из них, после чего итеративная процедура проводится сначала. Заметим, что в случае более сложного вида обобщенного критерия-свертки (как, например, в задаче (1) — (4)) поиск весовых коэффициентов существенно затрудняется.

2. Особенности реализации системы на ЭВМ и вопросы ее практического применения

Успешное функционирование человеко-машинных систем во многом зависит от рациональной организации диалогового режима ЛПР—ЭВМ. Речь идет о выборе таких конкретных форм программного и информационного воплощения разработанных математических моделей и логических схем взаимодействия их с ЛПР, которые бы обеспечивали удобство работы с системой (и тем самым служили бы гарантией ее жизнеспособности). В связи с этим остановимся на особенностях реализации ИССПР и внедрения ее в практику отраслевого планирования.

Рассматриваемая система реализована на ЕС ЭВМ (ЕС-1022, ЕС-1033), версия операционной системы не ниже 4.1) с использованием видеотерминалов ЕС-7066 и ЕС-7920. Для отработки рациональных схем диалога предварительно был разработан также экспериментальный (упрощенный) вариант системы ведения диалога. Следует заметить, что хорошо развитые средства ведения диалога. Следует заметить, что современные отечественные мини-ЭВМ (СМ-1420, «Электроника-85»), обладающие диалоговыми возможностями, аналогичными ЭВМ «ВАНГ-2200», в то же время характеризуются существенно более высоким быстродействием и большей памятью (оперативной и дисковой). Это делает принципиально возможной реализацию на них промышленного варианта рассматриваемой системы. Однако отсутствие такой техники у основных потребителей систем подобного типа — ГВЦ большинства промышленных министерств (оснащенных, как правило, ЭВМ типа ЕС) оказалось решающим фактором при выборе средств реализации ИССПР (хотя такой выбор и обусловил определенные трудности при организации диалога).

Статистическая оценка результатов расчетов, проводимая с использо-