

§ 4. Проблемы имитационного моделирования и перспективы его использования в задачах планирования экономических объектов

В предыдущем параграфе имитационное моделирование рассматривалось как особый метод машинного эксперимента, который характеризуется:

1) "свободным" описанием объекта или процесса без привязки к какому-либо известному алгоритму решения задачи (такая привязка не нужна, так как алгоритм реализации есть запись имитационной модели на выбранном машинном языке),

2) интерактивностью, выражающейся наличием субъективного фактора и использованием для решения задачи эвристических процедур.

Особенности данного метода обуславливают особый подход к традиционным, в известном смысле классическим проблемам экономико-математического моделирования (к числу которых можно отнести проблемы адаптации модели и ее долговечности, полноты модельного отображения и влияния субъективного фактора, адекватность модели и доверие к получаемым результатам, влияние достоверности информации и т.д.) и порождают новые инструментальные проблемы (распределение функций между ЭВМ и ЛПР, ликвидация перегруженности ЛПР и т.д.)

Рассмотрим некоторые из них.

1. Новации и имитация

Имитационные модели (системы) по своей природе феноменологичны: они возможно точно отображают изучаемое явление, а поэтому весьма чувствительны к происходящим изменениям. С другой стороны, имитационная модель - это всегда нестандартная, нешаблонная разработка, причем довольно часто сложная по структуре. В связи с этим возникает проблема "старения" имитационной модели, ее долговечности и оправданности усилий на ее разработку. Можно ли вносить изменения в ту или иную модель ценой незначительных доработок, только

лишь путем ее модификации без изменения концептуальных основ, либо необходимо строить новую модель?

Заметим, что при использовании стандартных (например, оптимизационных) моделей и алгоритмов такой вопрос не возникает: если возникшее изменение настолько существенно, что использование применявшейся ранее модели становится неприемлемым, подбирается новая модель, с более подходящими свойствами, но тоже, как правило, уже хорошо апробированная, с разработанными алгоритмами ее решения.

Ответ на поставленный вопрос зависит прежде всего от того, какого типа рассматриваемая имитационная модель. В том случае, если она лишь копирует внешнюю сторону явления (то, что называется в работе / 1 / имитацией "снаружи"), то, безусловно, возникшие изменения требуют разработки новой модели. Правда, модели подобного типа обычно довольно просты и создание их не требует больших усилий (к ним относятся малоразмерные статистические, регрессионные модели и т.д.). Если же модель отображает внутренние причинно-следственные связи (имитация "изнутри" / 2 /), то дело обстоит иначе. В этом случае следует оценить значимость происшедших изменений и их влияние на основные закономерности процесса, отображенного в модели.

Марксистско-ленинская теория свидетельствует о том, что развитие глобальных общественно-экономических процессов значительные периоды времени осуществляется эволюционным путем, и лишь для переломных точек истории характерен путь революционных преобразований. О том же свидетельствует и закономерность развития более локальных социально-экономических, технико-экономических и научно-технических процессов, изучением которых занимается теория новаций / 3 /. История развития науки и техники (по ряду причин, рас-

3

смаатриваемая теорией новаций) это в основном эволюционный процесс. Имеется некоторая неизменная конструкция или схема, и все изменения (новации) представляют собой длительный процесс совершенствования ее отдельных элементов: узлов, агрегатов, деталей (так появлялись различные модификации тракторов, легковых и швейных машин, так возникали различные типы оптимизационных моделей и т.д.). И лишь в короткие промежутки времени - в переломные точки^{I)}, возникали принципиально новые конструкции и технологии. С известной долей условности эти выводы могут быть перенесены и в область планирования, совершенствование которого можно представить как процесс появления новаций в технологии планирования (эволюционных и революционных).

Из изложенного выше становится очевидным необходимое условие долговечности имитационной модели и появления ее содержательных модификаций: это правильное отображение основных взаимосвязей изучаемого объекта или процесса, его "конструкции", остающейся долгое время неизменной и являющейся тем стержнем, на котором накапливаются эволюционные изменения.

Достаточным условием является гибкость и адаптивность модели, которая обеспечивается блочным принципом ее построения и отсутствием привязки к стандартному алгоритму реализации. Здесь блоки модели играют роль тех узлов, агрегатов и деталей конструкции, которые могут быть заменены новыми, более совершенными (без жестких ограничений на эту замену).

Однако роль имитационных моделей состоит не только в том, чтобы пассивно отслеживать возникающие новации. Наоборот, модель долж-

I) Эти точки называются также точками бифуркации (точками ветвления), существование которых математически обосновано в трудах Л.Эйлера и А.Пуанкаре / /.

на служить инструментом для отработки этих новаций и в этом смысле опережать ход изучаемого процесса. С помощью экспериментирования на имитационной модели можно выявить несовершенные элементы "конструкции" хозяйственного механизма или системы планирования и отработать новые, более совершенные элементы. В этом случае модель выступает в роли стенда (экспериментальной установки).

Так, наличие в ИССПР возможности настройки отдельных компонент хозяйственного механизма (нормативов отчисления от прибыли в госбюджет и фонды экономического стимулирования, цен) для обеспечения согласованности плановых решений не вызывало требования плановой практики на момент разработки этой системы. Как известно, долгое время формирование планов осуществлялось при фиксированном хозяйственном механизме и не сопровождалось планированием экономических нормативов. Включение возможности такой настройки в состав механизмов СПР обуславливалось скорее методологическим требованием полноты описания всех возможностей согласования. Однако в настоящее время в процессе перехода отраслей на самофинансирование и самоокупаемость наличие в ИССПР перечисленных управляющих параметров оказалось весьма актуальным и подтвердило адекватность отражения принципиально важных аспектов изучаемого процесса СПР.

В настоящее время проблема модельного отображения новаций в области планирования приобретает особую актуальность, что вызывает комплексную перестройку народного хозяйства. Можно считать, что общество находится в одной из точек бифуркации (переломных точек), когда законы развития с необходимостью приводят к разрыву старых и появлению новых структур и организаций / - /. Здесь уже речь может идти не о неизменности конструкции, а об инвариантности более общих, принципиальных основ изучаемого объекта или процесса.

57

Характерной особенностью точек бифуркации является неопределенность и непредсказуемость дальнейшего развития. Поэтому по проблемам перестройки имеется гораздо больше вопросов, чем ответов. При анализе путей развития перестройки следует на наш взгляд исходить из двух предположений:

1) В ходе перестройки создается новый хозяйственный механизм, но это не значит, что все, связанное со старым нужно до основания разрушить. Так как наша экономика развивается и будет развиваться в социалистических условиях, имеются общие закономерности и принципы, которые присущи и старому и новому хозяйственному механизму / 4 /. Имеется в виду общественная собственность на средства производства, демократический централизм, экономическая обособленность производственных единиц, функционирующих в условиях хозяйственного расчета, опережающий рост потребностей, являющихся стимулом производства и т.д.

2) Создание нового хозяйственного механизма предполагает определенную этапность, наличие переходных процессов в силу имеющейся инерционности развития экономики.

Опираясь на данные предположения, можно высказать определенные соображения по поводу перспектив использования ИССПР в новых экономических условиях. Концептуальные основы ИССПР, отображающие общие закономерности социалистической системы планирования и управления останутся неизменными (они инвариантны относительно широкого класса изменений форм и методов управления), а сама система (в силу ее свойств, определяющихся гибкостью имитационного моделирования) может быть адаптирована в направлении учета и отражения этих конкретных форм.

Действительно, в условиях иерархичности народного хозяйства и сохранения принципа демократического централизма актуальной ос-

тается сама задача, решаемая ИССПР – задача увязки плановых предложений различных уровней управления с учетом интересов каждого из них. Следовательно, является актуальным использование механизмов увязки этих предложений (механизмов СПР), хотя эти механизмы могут приобрести новое содержание (отображаемое в ИССПР управляющими параметрами) и значимость (приоритетность) в процессе согласования. Сохраняется также целевая направленность этих механизмов – обеспечение соответствия потребностей и производственных возможностей. Стержневые принципы формирования отраслевого плана в ИССПР также находятся в соответствии с требованиями новой реформы в сфере планирования. Это:

- 1) формулировка цели (планового предложения верхнего уровня) не как директивы, а как ориентира, который может быть уточнен и скорректирован;
- 2) предоставление самостоятельности нижнему уровню при формировании собственных предложений;
- 3) разделение номенклатуры планируемой продукции на обязательную (приоритетную) и свободную (неприоритетную) часть;
- 4) единство процессов планирования и настройки хозяйственного механизма и т.д.

Следует заметить, что сейчас для уровня отрасли вырисовывается лишь самая общая картина нового хозяйственного механизма, который определяется в материалах июньского 1989 года Пленума ЦК КПСС следующим образом:

"Для обеспечения плановых пропорций, сбалансированности экономики предусматривается давать министерствам и ведомствам... исходные данные для планирования". Что же касается внутриотраслевого планирования, то основным его рычагом должны стать экономические нормативы, которые "призваны поставить деятельность объединений и предприятий в такие условия, чтобы им было выгодно, ориен-

7

✓ тируюсь на контрольные цифры, искать пути наиболее эффективного удовлетворения общественных потребностей" / 5 /.

Конкретные формы хозяйственного механизма будут определяться самим ходом перестройки и, по-видимому, будут зависеть как от производственной специфики, так и от скорости протекания переходного процесса в данной отрасли. В соответствии с этими конкретными формами может быть получена та или иная модификация ИССПР, что может быть достигнуто следующими путями: 1) обновлением отдельных блоков системы; 2) введением новых дополнительных блоков; 3) изменением структуры системы.

✓ Так, исходные данные для планирования отрасли могут выражаться различным набором показателей, однако принципы построения ИССПР не предполагают наличия каких-либо ограничений на состав или количество критериальных показателей, по которым осуществляется сближение плановых предложений рассматриваемых уровней управления. Поэтому данная специфика отраслевого планирования может быть отображена обновлением блока экономических показателей системы.

Различным образом могут складываться взаимоотношения отрасли и госбюджета, различными могут оказаться формы отраслевого хозрасчета: это скажется на соответствующих блоках системы, которые описывают правила распределения прибыли и обратную связь между результатами и затратами отраслевого производства.

Примером нового дополнительного блока является блок материально-технического снабжения (МТС), описывающий прямые хозяйственные связи и оптовую торговлю средствами производства.

Введение такого блока в систему наряду с уже имеющимся в ней блоком МТС, описывающим фондовое распределение ресурсов (сохраняющееся для особо важных видов продукции и прежде всего для госзаказов), позволит комплексно отобразить горизонтальные связи хозрасчетного звена в новых условиях.

Различное сочетание элементов старого и нового хозяйственного механизма обуславливает структурное усложнение системы. Так, основной вариант ИССПР предполагает разделение ПЗ на продукцию по признаку приоритетности на две части, различающиеся жесткостью сроков изготовления и объемов производства продукции. В новых условиях деление плана производства на обязательную и "свободную" часть (производство продукции по госзаказам и по договорам) предполагает также наличие различных условий, обеспечивающих реализацию этих частей плана (условия финансирования, снабжения и т.д.).

В связи с этим возникает необходимость в "расслоении" системы на две взаимодействующих подсистемы. Первая из них описывает снабжение и финансирование госзаказов по типу фондирования (и в этом плане данная подсистема приближается к уже разработанному варианту модели). Вторая подсистема отображает свободную (рыночную) часть плана с учетом оптовой торговли средствами производства и финансирования производства за счет кредитов и внутриотраслевых хозрасчетных фондов.

Итак, появление новых модификаций ИССПР в связи с адаптацией ее к новым условиям зависит от выбора конкретного альтернативного пути в ходе перестройки. С известной долей условности можно выделить три таких альтернативных пути, различающихся степенью развития хозрасчета и демократических начал в управлении / 6 /.

1. Не менее 70% плана составляет обычно госзаказ и не более 30% свободная часть (заказы по договорам). Соответственно относительно большой удельный вес занимают здесь фондовое материально-техническое снабжение и бюджетное финансирование.

2. Госзаказ и "свободная часть" составляют в плане приблизительно равные доли. Здесь большое значение приобретают оптовая торговля средствами производства, кредит и самофинансирование.

3. Госзаказ составляет в плане не более 30%, не менее 70% - "свободная часть". Основной формой материально-технического снабжения является оптовая торговля средствами производства; развитие объекта осуществляется в основном за счет собственных средств и кредита.

Логика развития перестройки предполагает постепенный перевод значительного числа предприятий и отраслей с первого на второй и далее на третий путь в соответствии с закономерными этапами единого процесса создания нового экономического механизма. Данной тенденции развития соответствует и тенденция перехода от первой формы хозрасчета (нормативное распределение прибыли) ко второй форме (нормативное распределение валового дохода) : предоставление большей экономической самостоятельности хозяйственным единицам позволяет реализовать более тесную связь доходов производителей с достигнутыми конечными результатами производства.

На всех этапах перестройки актуальным является использование экономических рычагов, обеспечивающих согласование экономических интересов различных плановых уровней. До проведения радикальной реформы цен таким необходимым рычагом может быть соответствующая система стимулов (см. § 3 главы I раздела I), основанная на учете получаемого народнохозяйственного эффекта. Использование цен, отражающих общественно-необходимые затраты позволит, с одной стороны, обеспечить выгодность госзаказов, а с другой стороны - по мере расширения доли "свободной части" плана и параллельного изготовления отдельных видов продуктов по договорам и госзаказу исключить возможность возникновения спекулятивных процессов, что может произойти в случае существенного различия в уровнях централизованных и договорных цен на один и тот же продукт / 6 /.

Описанная предполагаемая схема развития перестройки экономи-

ки позволяет высказать следующие суждения и ее модификаций:

1) Разработанная система в начальных этапах перестройки хозяйства рекомендована как инструмент, позволяющий составлять планы с учетом интересов различных

2) По мере перехода к следующим этапам перестройки система может быть адаптирована в соответствии с принципами, изложенными выше (модификация старых и введение новых блоков, структурная модификация системы и т.д.).

3) Система может быть рекомендована так же и после завершения процесса перестройки: главным образом для тех видов отраслевых производств, развитие которых будет осуществляться по первому пути (сохранение высокой доли госзаказов, бюджетного финансирования и фондового снабжения).

К числу таких отраслей, в частности, относятся различные виды машиностроительных производств, специфика которых и отображена в изложенном варианте ИССПР на примере судостроительного производства.

2. Субъективный фактор и имитация

Роль субъективного фактора в стандартных экономико-математических моделях исследования операций и имитационных моделях различна: если в первых из них субъективный фактор остается за пределами модели, то во вторых — непосредственно включается в модель, в процессе получения решения. Разъясним это подробнее.

Трудность формализации экономических процессов выражается зачастую в том, что целый ряд существенных факторов оказывается вне стандартной модели и служит своеобразным "фоном", который необходимо учитывать плановику. При этом в ряде случаев роль этого "фона"

оказывается настолько значительной, что плановик, получивший с ЭВМ найденное по модели решение, откладывает его и действует традиционным способом, опираясь на собственный опыт и интуицию. Если же плановик все-таки решается использовать полученные расчеты, он оказывается в довольно сложной ситуации: с одной стороны он несет ответственность за принимаемое решение, с другой стороны — не всегда достаточно ясно представляет себе степень соответствия модели и реальной экономики. Это обуславливает феномен "недоверия" к математическим моделям у плановых работников и затрудняет внедрение этих моделей в практику планирования.

Причины возникновения таких затруднительных ситуаций могут быть следующими:¹⁾ 1) часть условия реальной плановой задачи на настоящем этапе развития экономической науки относится к числу малоизученных и трудноформализуемых (например, описание экономических интересов, определяющих поведение хозяйственных единиц); 2) другая часть условий поставленной задачи хотя и хорошо поддается формальному описанию, однако их учет нецелесообразен ввиду "жесткости" стандартной модели. Это либо значительно усложняет алгоритм отыскания оптимального решения, либо требует создания принципиально новых алгоритмов, что значительно затрудняет практическое использование математических методов в экономике (например, введение условия целочисленности ряда экономических переменных или нелинейных зависимостей между переменными модели); 3) существует ряд факторов, появление которых, как правило, непредсказуемо (например, указания вышестоящей организации), однако возникшее неожиданное воздействие на систему может существенно изменить решение задачи; 4) используемая в модели информация характеризуется

1) См., например, книгу Л.В.Канторовича и А.Б.Горстко "Оптимальные решения в экономике", где освещаются проблемы применения линейно-программных моделей в экономической практике / 2 /.

неполнотой или недостаточной достоверностью, что связано с несовершенством статистической отчетности. В этом случае ЛПР привлекает косвенные методы анализа информации, использует недокументированные сведения и неофициальные источники получения необходимых данных, после чего решение задачи осуществляется заново.

Так как перечисленные ситуации отобразить в модели вряд ли возможно и наверняка нецелесообразно, адаптация полученного решения с учетом дополнительных условий (или поиск нового решения), производится экспертным путем.

Поскольку влияние субъективного фактора на принятие решения является, по-видимому, неизбежным, целесообразно ставить вопрос о непосредственном учете этого фактора в ходе самого процесса формирования решения. Именно это и осуществляется в имитационном моделировании, где происходит органичное сочетание опыта и интуиции ЛПР с формальными методами. В результате, по существу, каждое плановое решение, полученное на основе имитационной модели, несет в себе отпечаток субъективных особенностей ЛПР, его стиля и опыта работы, субъективных целей, ценностных шкал, установок, научной позиции (хотя, безусловно, основная функция ЛПР состоит в экспликации общественных и групповых, а не личностных предпочтений).

Итак, роль субъективного фактора проявляется в имитационном моделировании в том, что он может учесть в ходе эксперимента все известные ему условия (и тем самым обеспечить полноту охвата отображаемого в модели явления), проследить последствия принимаемых решений и произвести оценку полученных вариантов плана с учетом качественных характеристик более полно представить шкалу ценностей, предпочтений. Все это обеспечивает большее доверие к получаемым результатам и используемому инструменту плановых расчетов.

Однако факт участия ЛПР в ходе формирования решения может вызывать и негативные моменты, что выражается, например, в следующем. Любая деятельность человека не гарантирована от ошибок ("человеку свойственно ошибаться"). Впоспособность к концентрации внимания у людей различна и это определяет разную частоту ошибок в принимаемых решениях.

Специалисты обладают неодинаковым уровнем профессиональной квалификации (или, в соответствии с "принципом Питера", уровнем некомпетентности), что также определяет качество принимаемых решений.

Людам в различной степени присущи также такие черты характера как осторожность, инициативность, интенсивность трудовой деятельности, профессиональная активность и т.д. По этой причине напряженность планов может определяться не только недостаточностью действия экономических стимулов (что, безусловно, часто имеет место), но также переоценкой плановым работником риска невыполнения напряженного плана и грозящих ему в этом случае "неприятностей" (таких как лишение премий, понижение служебного положения и т.д.). В другом случае его позиция может определиться стремлением минимизировать собственные усилия и ответственность по планированию и управлению. Наиболее предпочтительными, с такой точки зрения, будут планы не более напряженные с высокими экономическими показателями и использующие достижения НТП, а наиболее близкие по номенклатуре продукции и показателям с принимавшимися ранее (планирование от достигнутого уровня). Все это может привести к негативным явлениям - излишней инерционности и застою в области технической и экономической политики. Таким образом, наличие субъективного фактора в имитационных моделях обуславливает как позитивные моменты (учет трудноформализуемых в моделях условий, принятие ре-

шений в условиях неполной информации), так и негативные (ошибки, консерватизм, наличие собственных целей и т.д.). В связи с этим становится необходимой интегральная оценка роли субъективного фактора: подведение своего рода баланса всех положительных и отрицательных моментов. Как мы увидим ниже, возможности проявления отрицательных моментов оказываются достаточно ограниченными, а преимущества участия ЛПР в процессе формирования решений вполне очевидными и это определяет общее положительное "сальдо" интегральной оценки. При этом влияние субъективного фактора рассматривается на важнейших характеристиках модели (устойчивость к искажению информации, адекватность, учет экономических интересов и т.д.).

3. Достоверность информации и имитация

В имитационных моделях искажение экономической информации может происходить двумя путями:

1) традиционным путем, характерным для любых экономико-математических моделей. Это ошибки информации, поступающей из внешней, по отношению к модели, среды. Они возникают, главным образом, по двум причинам: а) ввиду плохой статистической отчетности, несовершенства методик расчета экономических показателей; б) из-за намеренного искажения информации в узковедомственных целях, что является следствием несовершенства хозяйственного механизма;

2) нетрадиционным путем, связанным с участием в процессе формирования решения ЛПР. Это внутренние ошибки, возникающие в процессе самих расчетов по модели, которые, как уже указывалось, могут быть классифицированы следующим образом: а) случайные ошибки; б) ошибки принятия решения, связанные с недостаточной компетентностью или квалификацией ЛПР; в) намеренные ошибки, связанные с желанием обосновать решение, соответствующее личным целям ЛПР или тем групповым целям, которые он выражает.

Несмотря на множество возможных путей "проникновения" в расчеты искаженной информации, имитационные модели (а точнее имитационные человеко-машинные системы), обладают свойством самоустранения ошибок, самонастройки на достоверную информацию, что обеспечивается опять же благодаря целенаправленной деятельности ЛПР.

Действительно, современные имитационные системы это, как правило, диалоговые системы с наличием видеотерминальных устройств, предполагающие многовариантные расчеты в присутствии ЛПР в условиях коллективного доступа к системе. В этих условиях часть ошибок случайного характера (например, ошибок исходной информации, поступающей извне) и ошибок, связанных с некомпетентностью, устраняются в ходе оперативных многовариантных расчетов путем прямого визуального анализа результатов на экране дисплея и сопоставления их с исходными данными. Таким образом, вероятность выявления указанных ошибок здесь намного выше, чем в условиях пакетного режима работы модели при расчете одного-двух вариантов решений.

Что касается ошибок намеренного характера, появление которых возможно в условиях действующего хозяйственного механизма, не всегда обеспечивающего заинтересованность в достоверной информации и принятии наиболее эффективных решений, то их возникновение может быть ограничено двумя способами: 1) контроль и проверка результатов со стороны другого ЛПР, имеющего доступ к имитационной системе и незаинтересованного в появлении подобных ошибок; 2) конструирование экономико-математических моделей (и, в частности, имитационных моделей) на основе таких показателей (переменных), которые в меньшей степени имеют тенденцию к искажению. Так, в работах /8,

9 / на основе анализа достоверности информации было установлено, что в большей степени искажаются стоимостные, чем натуральные показатели, агрегированные, чем детализированные, отчетные, чем расчетные и т.д.

Кроме того, существуют методики корректировки информации в случае подозрения ее на недостоверность. Так, одна из таких методик приводится в работах / 5,3 /; другие методики, базирующиеся на теории идентификации управляемых систем / 3 /, по многообразным измерениям отдельных компонент системы позволяют восстановить действительные функциональные зависимости (например, функцию отклика системы на управляющее воздействие).

С точки зрения методологии имитационного моделирования выполнение перечисленных требований (специальный отбор переменных, включаемых в модель, необходимая корректировка информации и т.д.) оказывается возможным, так как модели этого типа обладают значительной свободой при выборе зависимостей и переменных и характеризуются высокой адаптивностью к изменениям исходных данных.

Однако реальное устранение ошибок намеренного характера следует связывать с совершенствованием хозяйственного механизма и устранением мотивов для искажения информации в узковедомственных интересах. Так, в исследованиях /10,11/ на сравнительно простых моделях показано, что искажения информации (в частности, завышения заявок на ресурсы) можно избежать путем введения платы за используемые ресурсы.

Применительно к рассматриваемой ИССПР результаты анализа проблемы достоверности информации в имитационных системах находят свое отражение в двух основных аспектах:

I) конструирование системы; оно осуществлялось с учетом указанных выше рекомендаций к исходной информации и диалогу ЛПР-ЭВМ (так, широко используются натуральные показатели, объективные технико-экономические показатели, содержащиеся в технической документации; сценарий работы системы предусматривает участие ЛПР различных плановых уровней и т.д.),

2) режим использования системы; наиболее благоприятные режимы, обеспечивающие достоверность получаемой с помощью ИССПР информации, потребуют дальнейшего совершенствования действующего хозяйственного механизма в следующих направлениях:

✓) введение платы за используемые ресурсы позволит преодолеть тенденцию завышения потребностей в них и создание искусственного дефицита в материально-техническом обеспечении плана;

✓) ориентация системы стимулирования на народнохозяйственные результаты (а не на перевыполнение плановых заданий), обеспечит необходимую напряженность плана и позволит преодолеть еще одну тенденцию, стремление занижения производственных возможностей (сокрытие резервов);

✓) предоставление большей автономности в сфере планирования позволит формировать исходные плановые предложения каждым из уровней планирования независимо, что исключит возможность "блефа" в процессе согласования в целях получения одной из согласующих сторон необоснованных льгот.

4. Адекватность и имитация

✓ Существует два способа оценки адекватности модели: на основе перспективных и на основе ретроспективных расчетов (возможен также третий способ оценки адекватности модели, состоящий в сопоставлении результатов расчетов, полученных разными методами. Однако, ввиду ограниченности его использования, а также из-за отсутствия моделей аналогичного назначения с уже известной точностью расчетов он здесь не рассматривается.

✓ В первом способе проводятся прогнозные расчеты, а затем, по и течении времени прогноза, проверяется его точность.

✓ Во втором способе расчеты производятся на основе ретроспективных данных и осуществляется оценка параметров и зависимостей модели.

у -

Для имитационных моделей первый способ проверки адекватности оказывается неприемлемым. Качество прогноза здесь оказывается зависящим не только от свойств модели, но и от значений управляющих параметров, выбранных ЛПР, то есть от компетентности ЛПР.

По существу, здесь приходится оценивать адекватность человеко-машинной системы в целом, а методы оценки таких систем не разработаны.

Во втором способе управляющие параметры оказываются известными на основе анализа ретроспективных данных.

Имитационная модель в этом случае представляет собой формализованную математическую структуру и оценка ее адекватности возможна традиционными статистическими методами (критерий Дарбина - Уотсона, Колмогорова-Смирнова, Тейла, метод среднего квадратичного отклонения и т.д.).

В известной работе / 12 / отмечается, что адекватность математических моделей зависит от взаимодействия:

- 1) точности принятых в модели гипотез;
- 2) точности используемого алгоритма реализации;
- 3) ошибок округления и агрегирования;
- 4) достоверности исходной информации.

Оценка имитационных моделей с этих позиций свидетельствует о существовании методических предпосылок для их высокой адекватности. Действительно, эти модели имеют большую свободу выбора гипотез, понятия модели и алгоритма реализации здесь оказываются идентичными, достоверность используемой информации, как уже указывалось, не ниже, а возможно и выше, чем для моделей других типов.

Тщательная идентификация параметров и зависимостей имитационных моделей позволяет добиться требуемой их точности.

Следует заметить, что требования к точности модели зависят от постановки задачи и назначения модели. Так, рассмотренная далее имитационная модель согласования отраслевых плановых решений

10

предназначена для отработки стратегических направлений развития отрасли. В этих условиях допустимы обычные требования, предъявляемые к точности экономико-математических моделей (2-3%). Проведенные исследования адекватности этой модели свидетельствуют о том, что точность модели обеспечивается на заданном уровне.

5. Учет экономических интересов и имитация

При анализе этого аспекта имитационного моделирования будем исходить из двух известных положений:

1) экономические интересы не полностью формализуемы. Они представлены с одной стороны экономическими показателями, имеющими количественное выражение (прибыль, рентабельность и т.д.), с другой стороны, экономическими понятиями, не имеющими точного количественного выражения (экономический потенциал, технический уровень производства и т.д.). Количественному выражению трудно поддаются также системы предпочтений (ценностных шкал), с помощью которых осуществляется соизмерение этих показателей и понятий;

2) экономические интересы выражаются обычно в неявной форме (в виде актов принятия решений, выборов предпочтительных вариантов и т.д.).

Так как непосредственными выразителями экономических интересов являются реальные плановые работники, для учета этих интересов целесообразно использовать эвристические процедуры с использованием необходимой системы экономических показателей, понятий и т.д. Но именно такая возможность имеется в имитационном моделировании, методология которого предполагает использование подобных эвристических процедур. В частности, имитационные модели позволяют производить расчет области вариантов, среди которых ЛПР может отобрать предпочтительные с учетом тех экономических интересов, выразителем которых он является.

В связи с этим возникает следующий вопрос. Может ли стать имитационная система своего рода инструментом обоснования неэффективных и точки зрения народного хозяйства решений и защиты узковедомственных интересов?

Очевидно, что такая возможность не исключена, как не исключается она и при использовании и других экономико-математических методов и моделей. И дело здесь, по-видимому, не в специфических особенностях или недостатках метода имитации. Вряд ли возможно избежать подобных негативных моментов, обусловленных субъективностью, в любых задачах, связанных с принятием решения. Они существуют даже в простейших линейно-программных моделях, что проявляется, например, в недостаточно обоснованном выборе критерия. Они проявляются так же и в том, что решение, полученное на основе самой совершенной модели, прячется "под сукно" и не находит своего применения на практике. И так будет, вероятно, до тех пор, пока экономические решения осуществляются людьми, интересы которых, также как и интересы представляемых ими хозяйственных единиц и организаций, недостаточно хорошо согласуются с народнохозяйственными, государственными интересами. Классическим является пример использования ядерной энергии, которое может соответствовать как прогрессивным, так и регрессивным тенденциям развития общества в зависимости от того, используется ли эта энергия на мирные или на военные цели.

Контроль за процессом принятия решений, который имеется в современных имитационных системах коллективного доступа, как уже упоминалось, в значительной степени снижает возможность намеренного искажения информации и использования имитационных моделей в узковедомственных интересах. Однако, как и в случае обеспечения достоверности информации, радикальное решение указанной проблемы лежит на пути формирования более совершенного хозяйственного механизма.

6. Неоднозначность решения и имитация

В имитационных системах имеется возможность неоднозначности решений, принимаемых в имитационной системе и зависимости их от функционирующих ЛПР. Это позволяет сформулировать следующую проблему: какое решение должно быть принято в качестве окончательного, если решения, принимаемые различными экспертами существенно различны?

Отметим, что данная проблема не является специфической только для имитационного моделирования: она характерна для всего класса многокритериальных задач, а имитационное моделирование является лишь одним из методов решения этих задач. Действительно, решение многокритериальных задач осуществляется разными экспертами либо при известной, но изменяющейся системе предпочтений, либо на основе неформального выбора на множестве Парето-оптимальных вариантов (что также вызывает неоднозначность решений). Кроме того, не исключается также вероятность ошибки экспертов.

В ситуации неоднозначности решений следует рекомендовать методы статистической обработки полученных результатов. Существуют два типа таких методов. Один из них основан на обработке экспертных решений с помощью формализованных процедур. Простейшим примером здесь является способ, часто 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; каждому из них предлагается не только высказать свое мнение, но и учитывать и анализировать мнения других экспертов, в результате чего его собственное мнение может измениться. К методам этого типа относится метод Дельфи. Его отличительной особенностью является анонимность (эксперты неизвестны друг другу), взаимодействие их исключается, ибо метод реализуется с помощью анкет.

22

- -

Результаты анкетирования обрабатываются, для них рассчитываются статистические характеристики, которые и предъявляются экспертам с целью внесения уточнений (организуется следующий тур опроса).

Другие методы этого типа (метод "комиссий", метод "мозгового штурма" и др.). наоборот, предусматривают прямое взаимодействие экспертов. При этом общий уровень информированности по проблеме возрастает, группа экспертов принимает на себя ответственность за решение с большей готовностью, чем отдельные специалисты. Но в этих методах трудно исключить психологическое давление на отдельных экспертов, которое может оказывать мнение авторитетов или мнение большинства.

Следует заметить, что выбор метода обработки результатов это самостоятельная проблема, которая входит в особую область знаний, называемую анализом экспертных оценок / 13, 14 /.

7. Внедрение и имитация

Имитационные системы могут различаться с точки зрения их практической целенаправленности, в связи с чем по разному понимается и проблема их внедрения. Так, системы одного класса изучают поведение экономических объектов в искусственных условиях (лабораторный эксперимент) и предназначены главным образом для исследовательских целей. Системы другого класса функционируют в условиях реальных хозяйственных ситуаций и предназначены, главным образом, для решения практических задач.

В целях удобства эти разные классы систем можно представить двумя основными направлениями имитации, условно называемыми далее исследовательскими и прикладными.

Необходимость в имитационных системах исследовательского направления возникает в связи с тем, что они заменяют натурный эксперимент, который либо невозможен, либо обходится слишком дорого.

Основные требования к этим системам следующие:

1) выбор меры условности — она должна быть такова, чтобы, с одной стороны, имитационные модели охватили все явление в целом и были при этом обозримыми, а, с другой стороны, обеспечивали достаточную точность и возможность применения основных результатов в реальных хозяйственных процессах;

2) другая задача состоит в формировании достаточно представительного набора искусственных ситуаций ("сценариев"), проигрываемых в имитационных экспериментах.

Не рассматривая содержание этих экспериментов (это не входит в нашу задачу), 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 достигнуть в натурном экономическом эксперименте.

Таким образом, говоря о проблеме внедрения таких систем следует понимать, что здесь речь идет об использовании некоторых рекомендаций достаточно общего типа, полученных в ходе имитационных экспериментов (осуществляемых, как правило, специалистом-профессионалом). Следует иметь в виду, что даже при соблюдении необходимых требований к разработке этих систем практические работники зачастую рассматривают их как некую "экономическую Швамбранию", что в значительной степени препятствует использованию полученных результатов в хозяйственной практике / /.

В имитационных системах прикладного направления задача кардинального совершенствования системы плановых расчетов или хозрасчетных отношений не проявляется в явной форме и не является основ-

ной (хотя возможность проигрывания на ЭВМ подобных ситуаций, безусловно не исключается). Основная задача этих систем состоит в прослеживании последствий принимаемых конкретных хозяйственных решений. Как справедливо отмечается в работах / 3, 16 / такое, казалось бы, отступление от научных принципов - временный маневр, который необходим в связи с тем, что внедрение новой технологии в любой области человеческой деятельности (в данном случае - внедрение экономико-математических методов и ЭВМ в плановую деятельность) связано с преодолением психологических барьеров. А достигнуть этого можно только тогда, когда разработанная система станет остро необходимой и удобной в работе.

Именно поэтому центральное место в этих системах занимают вопросы взаимодействия ЭВМ с пользователем, которое должно быть организовано таким образом, чтобы система "вписалась" в круг реальных задач планирования, имеющуюся информационную базу, учитывала бы уровень компетентности функционирующих плановиков и т.д. Чрезвычайно важным является организация диалогового взаимодействия ЛПР-ЭВМ в режиме реального времени с использованием средств дисплейной техники. Это накладывает высокие требования на математическое, программное, техническое и информационное обеспечение системы.

Однако, можно с уверенностью утверждать, что программные и технические и организационные сложности, возникающие при разработке подобных имитационных диалоговых систем, с лихвой окупаются теми возможностями, которые появляются в результате использования имитационных систем.

Это системы, являющиеся инструментом: 1) адекватно описывающим экономические процессы с учетом трудноформализуемых факторов и неформальных предпочтений; 2) решающим насущные задачи пользователя; 3) удобным и понятным в использовании.

Под внедрением таких систем понимается их непосредственное использование в реальной технологии планирования и управления экономическими объектами.

Так как большинство имитационных систем – диалоговые, одна из форм их внедрения – АРМ плановика, экономиста, хозяйственника. Здесь эти системы функционируют во взаимодействии с целым комплексом других моделей и методов, в частности, сочетаются с методами прямых плановых расчетов. Одно из направлений развития этих исследований – создание АРМов на базе распределенных локальных сетей с участием коллектива ЛПР.

8. Рациональное распределение функций ЭВМ-ЛПР в имитационных системах

Проблема рационального распределения функций между ЛПР и ЭВМ является одной из наиболее важных инструментальных проблем имитационного моделирования. В том случае, если имитационная система диалоговая, основным критерием, характеризующим состояние данной проблемы, является непрерывность диалога ЛПР-ЭВМ (отсутствие длительных "пауз"). В свою очередь непрерывность определяется двумя факторами: 1) временем ответа ЛПР на запрос ЭВМ; 2) временем "ответа" ЭВМ после введения ЛПР принятого решения. Эти два фактора являются взаимосвязанными и зависят от распределения функций между ЛПР и ЭВМ. Если первый из них определяется степенью загруженности ЛПР и сложностью решаемых им задач, то второй – наоборот, сложностью реализуемых на ЭВМ алгоритмов и моделей, величиной массивов обрабатываемой на ЭВМ информации и т.д. Опыт разработки диалоговых систем свидетельствует о том, что несмотря на индивидуальность возникающих в каждом конкретном случае задач, существуют некоторые общие рекомендации для решения проблем организации диалога, которые сформулированы в табл. I-1-2.1

Наиболее характерной ситуацией является перегруженность ЛПР. Многие исследователи видят в этом ахиллесову пяту имитационного моделирования, указывая на то, что успешное проведение имитационного эксперимента оказывается невозможным из-за перегрузки ЛПР.

Существует четыре основных пути решения проблемы перегруженности ЛПР:

- 1) организационный; 2) исследовательский; 3) прагматический; 4) эргономический.

Первый из них, организационный, состоит в введении "демпферной прослойки" из специалистов-экспертов, занимающих промежуточное положение между имитационной системой и реальным хозяйственным, плановиком и т.п., то есть лицом, фактически принимающим решение и отвечающим за него. При этом эксперт может по роду своей деятельности уделить больше внимания анализу результатов системы, чем практический работник.

Таким образом, он 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) / 12 /.

Второй, исследовательский путь состоит в создании так называемого "искусственного интеллекта", под которым понимается здесь "способность" системы принимать решение по очерченному кругу хозяйственных ситуаций / 12, 14 /, . Системы с "искусственным интеллектом" называют также экспертными системами. Эти системы получили свое название потому, что, во-первых, их функционирование предполагает непременно участие экспертов; а во-вторых, в процессе накопления "знаний" от 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. Здесь используется индуктивный подход к выводу закономерностей, что приближает процесс формирования базы знаний и интеллектуальной деятельности человека.

Таким образом "готовые" модели процессов, полученные *a priori* до экспериментов пополняются моделями, отражающими "новое знание", полученное на основе анализа экспериментов, т.е. *a posteriori*.

Таким образом, часть эвристических процедур, трудоемких для ЛПР, заменяется формальными процедурами, реализующими процесс принятия решения. ЭВМ не только выдает, но и обосновывает полученное решение. Однако право окончательного выбора при этом по-прежнему остается за ЛПР.

Использование этого пути ввиду его недостаточной разработанности нельзя считать делом ближайшего будущего. Реализация его требует накопления "банка знаний", содержащего 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.

Третий, прагматический путь состоит в применении вспомогательных методов и моделей (в том числе и оптимизационных), цель которых состоит в том, чтобы позволить ЛПР сравнительно быстро принимать решения непосредственно в ходе имитационного эксперимента. По своему назначению, эти методы делятся на две группы: методы выбора управляющих параметров и методы анализа вариантов решений. Рассмотрим обе группы этих методов.

Вопрос "как выбрать новое значение управляющего параметра, чтобы улучшить динамику отрасли?" - очень часто оказывается чересчур сложным даже для опытного ЛПР, так как изменение одного экономического показателя обычно ведет к изменению других, и общая картина динамики развития отрасли начинает "плыть". Так, одним из наиболее употребляемых 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 объекта вложений и т.д.

В связи с этим изменение даже одной компоненты вектора капитальных вложений непредсказуемым образом изменяет динамику основных производственных фондов, что приводит в свою очередь к такому изменению экономических показателей, которое заранее трудно было ожидать.

В результате ЛПР оказывается не в состоянии оперативно принять разумное решение. Некоторую помощь ЛПР могут оказать предварительные исследования чувствительности системы к изменению параметров, представленные, например, в виде таблиц или графиков. Однако это следует считать некоей вспомогательной, паллиативной мерой. По всей видимости, методы непосредственного "прямолинейного" перебора параметров по схеме "вход-выход-анализ выхода-изменение входа" могут быть использованы лишь в простейших случаях.

Следующий по уровню сложности класс вспомогательных методов связан с расшифровкой и анализом узловой точки имитационного эксперимента, то есть с представлением необходимой информации ЛПР для решения возникающей локальной задачи. Эта информация составляется обычно таким образом, что она уже содержит в себе либо вариант готового решения, либо это решение получается путем несложных комбинаций с полученными данными.

Табл. I-2-2. I

Факторы, обеспечивающие непрерывность диалога ЛПР-ЭВМ

Реакция ЛПР	Реакция ЭВМ
I. Использование результатов работы ЛПР	I. Упрощение модели в целом
II. Экспертные системы	II. Использование более эффективных ("быстрых") алгоритмов.
III. Математические методы вспомогательного назначения I) методы поиска значений управляющих параметров модели 2) методы оценки полученных вариантов расчетов	III. Изменения структуры диалога в сторону повышения интерактивности (увеличение доли эвристических процедур)
IV. Учет эргономических требований	IV. Совершенствование информационной базы модели: I) агрегирование информации, 2) создание локальной базы данных модели V. Рационализация программного обеспечения: I) соотношение между оперативной и дисковой памятью, 2) системы разделения времени и т.д.

К третьему классу методов относятся стандартные методы оптимизации. Обычно это малоразмерные задачи линейного программирования, включение которых в имитационный эксперимент оказывается возможным ввиду небольшого времени их реализации. Обычно это многокритериальные задачи с изменяющимся составом критериев. Незвестными переменными в них являются различные управляющие параметры (величина капитальных вложений, объемы производства продукции и т.д.).

Назначение методов второй группы состоит в том, чтобы уменьшить число варинатов, анализируемых ЛПР. Число их сокращается за счет сокращения проводимых итераций расчетов, что может достигаться двумя путями: 1) определением "начальной" точки расчетов, 2) фиксацией "конца" расчетов.

Как известно, скорость сходимости итерационного процесса (а методы имитационного моделирования основываются на принципах итеративного поиска решения), зависит от положения начальной точки в нулевой итерации. В том случае, если она близка к оптимальному решению, процесс обычно сходится быстро (при соответствующем выборе шага итерации). Поэтому оказывается целесообразной постановка некоторой упрощенной оптимизационной задачи и реализация ее в пакетном режиме до имитационных экспериментов. Действительно, так как имитационные модели являются методом исследования сложных систем, то и полученная упрощенная оптимизационная модель может оказаться все же слишком сложной для включения ее в имитационный эксперимент.

Непростой является также и проблема окончания расчетов. 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 того

ресурса времени, который согласен выделить ЛПР на данный эксперимент. В связи с этим остается неясным вопрос обоснованности окончания машинных экспериментов: с одной стороны, все множество возможных экспериментов обычно бывает слишком велико и требует очень больших затрат времени, с другой стороны, полученное множество вариантов, должно быть достаточно представительным, для того, чтобы "хорошие" варианты не были пропущены. Однако, при этом, вообще говоря, нет никакой гарантии, что следующий (за "последним") вариант может оказаться лучше^{I)}.

Арсенал современных математических методов позволяет справиться с этой проблемой. Здесь может оказаться полезным, например, построение обобщенного множества достижимости (ОМД) /24,28/, которое характеризует потенциальные возможности достижения предельных значений интересующих ЛПР экономических показателей.

Более подробное описание этого метода и его применения к ИССПР изложено в § 2 главы 7, здесь отметим лишь его практические возможности: он позволяет (с помощью графопостроителя и на экране дисплея) изобразить ОМД в виде серии двумерных сечений по изучаемому перечню экономических показателей. Это обеспечивает наглядность и облегчает задачу ЛПР, работа которого затрудняется в том случае, когда число критериев, за которыми он должен следить одновременно, превышает два-три.

Метод ОМД может применяться для анализа как основного варианта имитационной системы (и в этом случае он используется в пакетном режиме, до расчетов), так и упрощенных вариантов системы

I) Ввиду различий в системе предпочтений разных ЛПР, возникает неоднозначность в принимаемых ими решениях, а это, в свою очередь, приводит к неоднозначности окончания имитационных экспериментов, так как один и тот же вариант может оказаться для одного из экспериментов окончательным и не удовлетворить другого, который будет продолжать дальнейшие расчеты.

(в этом случае оказывается возможным его включение в состав диалога). Таким образом, формируется комплекс экономико-математических моделей, взаимосвязанных между собой через деятельность ЛПР, который координирует их работу в соответствии с этапами расчетов имитационной модели и разработанным сценарием диалога.

Четвертый путь, эргономический, состоит в обеспечении удобства ЛПР проведения имитационных расчетов. Если первые три перечисленные выше пути обеспечивают главным образом интеллектуальную "разгрузку" ЛПР, то четвертый - психологическую. Этот путь связан с применением режима диалога ЭВМ-ЛПР, использованием видеотерминальных устройств, обработкой получаемых результатов в наглядной и привычной для пользователя форме и т.д.

Здесь следует иметь в виду, что между понятиями удобства пользования системой и диалоговым режимом существуют не только прямые, но и обратные связи. Диалог с одной стороны является фактором удобства работы с системой (см. одно из правил построения имитационных систем), а с другой само удобство пользования системой является условием, обеспечивающим непрерывность этого диалога.

Проблемой, противоположной проблеме перегруженности ЛПР является "перегруженность" ЭВМ в процессе диалога с чрезмерным увеличением времени отклика на запрос ЛПР. Эта проблема вызывается необходимостью учета при ее разработке двух противоположных требований: большой длительности обработки массивов реальной информации (которые обычно имеют большую размерность), а также работы ЭВМ со сложными алгоритмами - с одной стороны и сравнительно небольшим временем, которое должно определять паузу в диалоге ЛПР-ЭВМ.

Решение этой проблемы может осуществляться различными путями, представленными в табл. I-2-2.I, которые связаны главным образом с требованиями программной реализации системы.

9. Экспериментальный стенд и имитация

Имитация как одно из направлений экономико-математического моделирования сформировалась значительно позднее теории оптимального планирования, оптимального управления, игр, общей теории систем и т.д. Это вызывает проникновение в сферу имитационного моделирования целого ряда понятий из самых различных областей экономико-математических исследований. Так, один из видов имитационного моделирования – машинные деловые игры – в значительной степени сформировались под влиянием таких понятий теории игр как "игрок", "стратегия", "выигрыш", "игра с природой" и т.д. Общеупотребимыми в имитационных экспериментах являются также такие термины, как управление, фазовые переменные, входные и выходные состояния системы, используемые в теории оптимального управления и общей теории систем.

Аналогичная ситуация произошла также и с термином экспериментальный стенд. Этот термин широко используется в экспериментальной физике и в технических науках (при проектировании и испытании новых систем ускорителей, новых моделей самолетов, автомобилей, ракетных установок и т.д.), а в последнее время стал применяться и в экономических исследованиях.)

Экспериментальный стенд – это способ активного изучения объекта в отличие от пассивного способа наблюдения за ним, сбора, анализа и систематизации фактов. При этом изучаемая техническая система, или чаще всего, ее физическая модель (например, макет самолета), помещается в экспериментальный стенд (например, в аэродинамическую трубу). Анализ проведенных на стенде испытаний (экспе-

34

риментов), осуществляемый обычно с помощью методов математической статистики, позволяет с определенным "уровнем доверия" делать выводы о поведении изучаемой реальной технической или физической моделируемой системы в заданных условиях (например, в экстремальных ситуациях) или об оптимальных режимах работы новых, проектируемых систем и т.д. Принципы организации экспериментов и методы обработки получаемых результатов сформулированы в теории планирования эксперимента / 20, 21 /.

В экономических исследованиях роль макета выполняет соответствующая экономико-математическая модель экономического объекта, реализованная на ЭВМ, а аналогом экспериментальной установки (стенда) является "внешняя" по отношению к этой модели среда, которая специальным образом моделируется с помощью ЭВМ и отражает экзогенные воздействия на объект (либо в виде специальных сценариев работы экспериментатора с моделью, либо в виде генераторов случайных чисел, либо в виде решения других формализованных моделей экономических процессов) / 1, 22 /.

Как и в технике, в экономических исследованиях можно различать два типа экспериментальных стендов: 1) для отработки лучших плановых решений (лучших режимов работы) в заданных экономических условиях; 2) для отработки новых экономических условий работы объекта (проектирование новых систем и моделей экономических механизмов).

В настоящее время нет строгого определения понятия о стенде экономического эксперимента, хотя оно широко используется в научных обсуждениях. В приводимых выше рассуждениях использовалась традиционная трактовка этого понятия, предполагающая довольно расширенное его толкование. В работе / 1 / дается более узкое определение стенда экономического эксперимента, как сложного образования, содержащего по крайней мере три необходимых компонента:

1) банк информационных массивов с развитой системой управления им;

2) банк моделей, где каждая модель описана единообразно, стандартизованным образом;

3) систему управления стендом, обладающую широким набором средств для генерации систем моделей, формулировки сценариев и планирования экономических экспериментов, обработки их результатов, корректировки экспериментов по ходу выполнения и т.д.

Заметим, что в данном определении не оговаривается класс моделей, содержащихся в банке моделей. Роль модели, над которой проводят эксперимент может выполнять, вообще говоря, экономико-математическая модель любого типа. И в этом смысле стенд является более широким понятием, чем такой инструмент как имитационное моделирование: он может содержать как имитационные модели, так и модели других типов - оптимизационные, регрессионные и т.д. Однако уже упоминавшиеся хорошие подражательные и адаптивные свойства имитационных моделей, их "открытость" в сторону исследователя, делают их наиболее пригодными к использованию в эксперименте. Более того, любая имитационная модель может быть рассмотрена как очень упрощенный вариант стенда, на котором приводятся испытания с помощью системы управляющих параметров. В условиях же испытаний на стенде происходит вариация не только управляющих параметров модели, но и ее отдельных блоков (процесс генерации моделей), что является основным отличием стенда от имитационной модели.

Продолжая эту же мысль дальше, можно говорить об этапности развития имитационного моделирования, которое неизбежно приводит к идее разработки стенда экономического эксперимента.

Анализ истории имитационного моделирования позволяет выделить (разумеется, очень условно) несколько этапов:

1. Модели первого этапа, это, как правило, динамические модели, с наличием небольшого числа управляющих параметров. Роль ЛПР сравнительно незначительна и состоит в переборе управляющих параметров и анализе получаемых вариантов в целях отбора одного, наиболее предпочтительного из них / 23 /. Таким образом, ЛПР участвует только на начальной и завершающей стадиях имитационного эксперимента по типу: "вход-выход", обращаясь с имитационной моделью как с черным ящиком.

2. Модели второго этапа характеризуются интерактивностью, взаимодействием отдельных блоков модели через управляющие параметры, задаваемые ЛПР (это так называемые "распыленные" модели). В этом случае человек непосредственно участвует в процессе формирования решения; здесь уже можно говорить о диалоге, возникающем между ЭВМ, реализующей модель и ЛПР / 24, 25 /.

3. Модели третьего этапа содержат в себе вспомогательные блоки, облегчающие ЛПР процесс принятия решения. В качестве таких блоков могут выступать оптимизационные модели или модели других типов. Возможность использования таких блоков в значительной степени обусловлена интерактивностью модели: большая задача теперь разбита на более мелкие составные части, которые в ряде случаев могут быть хорошо описаны стандартными моделями. С другой стороны, использование таких блоков позволяет избежать многократного возвращения к предыдущим блокам модели, то есть предотвращает "зацикливание" внутри одного варианта имитации и сокращает время его расчета. Здесь уже следует говорить об имитационных системах (или об имитационных комплексах), в центре которых располагается имитационная модель процесса (объекта), взаимодействующая со вспомогательными моделями, информационной базой, специализированными диалоговыми системами и т.д. / 26 /.

37

4. Наконец, на четвертом этапе развития имитационных методов невозможно выделить какую-либо одну имитационную модель экономического объекта или процесса: в ходе имитации происходит генерация различных вариантов модели путем сборки ее по некоторому правилу из имеющихся функциональных блоков. При этом каждый из получаемых вариантов модели имеет равноправное значение и может быть снабжен блоками обработки результатов, принятия решения и т.д. Полученное сложное образование уже нельзя называть машинной моделью объекта (процесса). Это не модель, а некоторый инструмент, с помощью которого можно испытывать различные модели. Поскольку речь идет об испытаниях, то естественно называть это стендом / 1,

2.3 /.

Итак, между имитационной моделью (системой) и стендом может быть, по нашему мнению, определено следующее отношение:

1. Любая имитационная система может рассматриваться как очень упрощенный вариант стенда (без генерации моделей), но любой стенд не может быть представлен как усложненная имитационная система (например, в плане дополнения ее набором средств генерации моделей), так как он может содержать вообще говоря, модели различных типов. (Иными словами, свойство "быть экспериментальным стендом" является необходимым, но недостаточным условием наличия имитационной системы);

2. Экспериментальный стенд, содержащий в банке моделей модели имитационного типа, является наиболее высоким этапом развития имитационных исследований и может рассматриваться в качестве его перспективного направления.

Итак, одним из перспективных методов экономико-математического моделирования, исследующим процессы планирования как в теоретическом так и в практическом направлениях, является метод имитации экономических процессов. Этот метод позволяет в значительной

степени расширить возможности адекватного отражения этих процессов, что достигается органическим сочетанием формальных методов с неформальными процедурами на основе нового методического подхода к моделированию сложных экономических процессов. Подход, развиваемый методом имитационного моделирования, состоит в отображении реального планового процесса как феномена (в данном случае процесса СПР) и исследовании его с помощью специально организованного машинного эксперимента, проводимого над моделью этого процесса.

Каковы перспективы развития этого метода?

Они в значительной степени определяются рассмотренными выше его особенностями и возможностями. Обобщая эти возможности, можно отметить два основных аспекта: гносеологический и прикладной.

Первый из этих аспектов состоит в том, что имитационное моделирование позволяет более точно отображать сложные экономические процессы. Это обусловлено, во-первых, отсутствием привязки имитационной модели к фиксированному алгоритму решения, что позволяет "свободное" описание процесса; а, во-вторых, деятельностью функционирующих в системе ЛПР, которые являются носителями целей и интересов и способны учитывать многие неформальные аспекты рассматриваемой задачи (в результате чего такие трудноформализуемые понятия как экономический интерес, хозрасчетный критерий функционирования объекта, интегральная оценка варианта и т.д., получают свое неявное отражение при формировании плановых решений).

И в этом аспекте имитационные модели могут существенно дополнить известные теоретические модели математической экономики, благодаря чему можно рассчитывать на более глубокое понимание основных закономерностей экономических явлений.

Особенно широкие перспективы открываются при рассмотрении второго, прикладного аспекта имитационных методов. Действительно, одной из важнейших задач современности является формирование новой

технологии планирования и управления производством, предполагающей компьютеризацию плановых расчетов на базе математических моделей и методов экономических систем. Успешное решение этой задачи во многом зависит от выбора путей ее осуществления.

Экономика – живой и развивающийся организм. Реакция "отторжения", обычно возникающая при внедрении новых методов планирования и управления, может протекать различным образом в зависимости как от состава внедряемых моделей, так и от способов этого внедрения. Очевидно, что здесь необходимо соблюдать принцип постепенности, учитывать "переходные процессы", использовать на первых этапах модели, наиболее приближенные к хозяйственной практике. Реализацию такого подхода возможно, осуществить через функционирование имитационных систем в практической плановой деятельности. Эти системы, как правило, частично отражают существующую технологию планирования (и поэтому понятны пользователям) и содержат элементы оптимизации (и поэтому могут служить отправной точкой для специалиста по моделированию). Кроме того, они обладают достаточной гибкостью для отражения в своей структуре особенностей изменений, производимых как в планово-производственной деятельности, так и в области хозяйственных отношений. Последняя особенность позволяет рассматривать их в качестве инструментов, формирующих "реакцию" объекта планирования на то или иное плановое решение или нововведение по совершенствованию хозяйственного механизма.

Роль имитационного моделирования в развитии экономико-математического инструментария для решения прикладных задач становится наиболее понятной в историческом аспекте. Здесь можно выделить три этапа.

На первом из них применялись экономико-математические методы, основывающиеся на некоторых достаточно жестких гипотезах. Примером

таких методов являются линейно-программные модели, получившие наибольшее распространение в прикладных работах и практике планирования. Однако оказалось, что значительная часть задач планирования относится к слабоструктуризованным проблемам, которые плохо описываются подобными моделями, и, по-видимому, не могут быть описаны только формальными методами.

Это привело к появлению на втором этапе человеко-машинных систем, предполагающих взаимодействие формальных и неформальных методов. В этих системах плановик, эксперт непосредственно включается в процесс формирования решения (как правило, он работает с ЭВМ в режиме реального диалога) и использует свои знания, опыт и интуицию там, где формализация оказывается невозможной (или неадекватной) ввиду неполной изученности ситуации или невозможности описать ее имеющимися формальными методами. Именно такая система излагается в данной работе.

Кроме утилитарного (прикладного) назначения подобных систем определяемого решением некоторой сформулированной проблемы, они выполняют и гносеологические функции.

Во-первых, они являются инструментом проверки научных гипотез о поведении экономического объекта и в этом смысле выступают в качестве экспериментального стенда. Таким образом, имитационное моделирование выступает в качестве метода экспериментального изучения экономики (по аналогии с методами экспериментальной физики).

Во-вторых, их роль состоит в продуцировании некоторого нового знания на основе анализа работы системы и наблюдения за решениями, принимаемыми экспертом. В том случае, если в таких системах осуществляется формирование базы знаний, следует говорить о следующей ступени развития человеко-машинных систем - экспертных системах.

К настоящему времени разработаны основные принципы конструи-

41

рования экспертных систем; имеются примеры их практической реализации в медицине, геологии, технике и других областях. Можно ожидать, что применение их в области экономики будет означать переход к новому этапу развития методов моделирования экономических процессов вообще и процессов планирования, в частности. Действительно, ликвидация имеющихся "белых пятен" позволит часть слабоструктуризованных проблем перевести в разряд хорошо структуризованных проблем, которые в ряде случаев могут быть решены стандартными методами (исследования операций, оптимального планирования и т.д.). Однако возвращение к методам первого этапа будет производиться на качественно новом уровне. На первом этапе формализация сопровождалась внесением в модель априорных соображений, которые зачастую не проверялись не только на основе более общих теоретических моделей, но даже и экспериментально (например, гипотезы о виде и параметрах используемых зависимостей). На третьем этапе она будет осуществляться на основе накопленных знаний, что сделает модели более точными и отвечающими реальности. Например, с помощью экспертной системы, основная идея организации которой описана в /26/, можно выявить функцию предпочтения определенной группы специалистов. Эта информация может оказаться необходимой при решении задач многокритериальной оптимизации. Заглядывая в более отдаленное будущее можно ожидать, что новые знания, полученные на основе человеко-машинных систем, дадут импульс для разработки и введения новых понятий, гипотез, принципиально новых методов и теорий, т.е. окажут существенное влияние на развитие экономической науки в целом.

Процесс накопления знаний должен быть поставлен на индустриальную основу. Естественно, что скорость протекания этого процесса будет зависеть от того, насколько массовым явлением станут человеко-машинные системы. Одним из путей внедрения компьютерной тех-

42

нологии является, в частности, создание АРМов (экономиста, плановика и т.д.). Вероятно, имеет смысл рассмотреть вопрос о включении в АРМ различных человеко-машинных и экспертных систем. Так, рассмотренная имитационная система, наряду со стандартными алгоритмами может служить одним из модулей АРМа планового работника управленческого персонала изучаемой отрасли.

Несмотря на то, что имитационное моделирование на современном этапе представляется весьма эффективным инструментом решения рассматриваемых проблем планирования, не следует считать его возможности неограниченными. Здесь существует два ракурса. Во-первых, для метода имитационного моделирования (как и вообще для моделирования в целом) присуща известная ограниченность каждой рассматриваемой модели при бесконечности и неисчерпаемости данного способа познания природы экономических явлений.

Действительно, модель всегда открывает определенные аспекты изучаемого явления, при этом другие его стороны обязательно оказываются вне поля нашего рассмотрения, так как каждая модель "работает" в определенной системе аксиом и гипотез. Таким образом, каждая новая модель — это либо более детальное рассмотрение изучаемого явления с прежней позиции, либо изменение угла зрения и переход к новым позициям его рассмотрения.

Во-вторых, имитационное моделирование как метод экспериментального изучения экономики нуждается в продуцировании новых содержательных гипотез, что может быть осуществлено на базе развития теоретических моделей экономики. Кроме того, как человеко-машинный метод изучения экономической реальности, имитационное моделирование нуждается в эффективных методах обработки информации, в математических алгоритмах, обеспечивающих процессы принятия и анализа решений и т.д. Таким образом, дальнейшее развитие имитацион-

ных методов должно осуществляться по пути все большего взаимодействия с другими методами экономико-математического моделирования.

Выводы

Данная глава посвящена центральному вопросу работы - методологии разработки имитационных систем, включающей в себя общие принципы их построения и проблемы их применения в конкретных задачах планирования. При этом основное внимание уделяется определенному виду имитационных систем - имитационным системам, предназначенным для решения задач межуровневого согласования плановых решений.

Эти системы характеризуются определенной спецификой, обусловленной применением следующих общих основ при их конструировании:

1) общностью концептуальных основ, заключающейся в постановке задачи межуровневого СПР на базе модели целевого планирования - модели векторного оптимума с наличием целевой точки (см. § 3, главы Iэ);

2) общностью структуры их построения, определяемой системной схемой процесса СПР (см. рис. I-1-2.4), которая предполагает наличие ядра - модели (комплекса моделей) функционирования объекта и специальных процедур, обеспечивающих сближение плановых предложений уровней (механизмов СПР);

3) однотипностью способа модельного описания объекта (обычно это имитационная динамическая модель с наличием обратных связей, описывающая хозрасчетное функционирование объекта);

4) инвариантностью механизмов межуровневого СПР и классификацией управляющих параметров модели по сферам компетенции участников процесса согласования (в процессе СПР участвует не менее двух сторон);

5) сочетанием формальных и неформальных процедур в ходе решения задачи на основе взаимодействия ЛПР-ЭВМ в режиме диалога;

44

- -

6) наличием общих принципов расчета ожидаемой эффективности их использования (см. Приложение 2).

Данная методология была использована при разработке имитационных систем, излагаемых в двух следующих разделах работы и апробирована на конкретных экономических объектах.

Таким образом, широкое применение имитационных систем - одно из необходимых условий решения проблемы согласования плановых решений. Одновременно с этим оно является важнейшим стимулом дальнейшего совершенствования теории и практики планирования на базе повсеместного развития и применения экономико-математических методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров В.Л. О развитии экономико-математического инструментария на современном этапе.- ЭММ, т.ХХП, 1986, вып. 3, с. 412-426.
2. Сахал Д. Технический прогресс : концепции, модели, оценки.- М.: Финансы и статистика, 1985.- 368 с.
3. Моисеев Н.Н. Социализм и информатика.- М.: Политиздат, 1988.- 285 с.
4. Реформа управления экономикой. Проблемы и поиск. Под ред. А.Г. Аганбегяна.- М.: Экономика, 1987.- 318 с.
5. Закон Союза Советских Социалистических Республик, 30 июня 1987 года. О Государственном предприятии (объединении).- О коренной перестройке управления экономикой : Сборник документов.- М.: Политиздат, 1987, с. 3-52 .
6. Попов Г.Х. Экономический механизм управления.- Наука и жизнь, 1987, № II, с. 56-66 .
7. Канторович Л.В., Горстко А.Б. Оптимальные решения в экономике.- М.: Наука, 1972.- 231 с.
8. Ханин Г.И. Альтернативные оценки результатов хозяйственной деятельности производственных ячеек промышленности. Изв. АН СССР, серия экономическая, № 6, 1981, с. 35-43.
9. Ханин Г.И. Пути совершенствования информационного обеспечения сводных планов народнохозяйственных ресурсов. Изв. АН СССР, серия экономическая, № 3, 1984, с. 58-67.
10. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем.- М.: Наука, 1981.- 383 с.
- II. Емельянов С.В. и др. Подготовка и принятие решений в организационных системах управления.- В кн.: Итоги науки и техники, серия Автоматика и радиоэлектроника, раздел " Техническая кибернетика "- М.: ВНИИТИ, 1971, с. 89-117.

- 46
12. Моргенштерн О. О точности экономико-статистических наблюдений.- М.: Статистика, 1968.- 320 с.
 13. Бешелев С.Д., Турвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок.- М.: Статистика, 1980.- 150 с.
 14. Ларичев С.И. Наука и искусство принятия решений.- М.: Наука, 1979.- 180 с.
 15. Геронимус Ю.В. О некоторых аспектах применения и конструирования имитационных моделей.- ЭИИ, т. ХУИ, № 3, 1982, с.424-435.
 16. Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика.- М.: Молодая гвардия.- 1988.- 255 с.
 17. Песпелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ.- М.: Наука, 1985.- 430 с.
 18. Алексеева Е.Ф., Стефанюк В.Л. Экспертные системы.- Состояние и перспективы.- Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1984, № 5, с.153-167.
 19. Представление знаний в человеко-машинных и робототехнических системах, т. А, В, С.- М., 1984, ВЦ АН СССР, ВИНТИ, т. С. Прикладные человеко-машинные системы, ориентированные на знание.- 380 с.
 20. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем.- М.: Наука, 1976.- 320 с.
 21. Финни Д. Введение в теорию планирования эксперимента.- М.: Наука, 1970.- 120 с.
 22. Массарский Л.В., Шуб Л.Л. Моделирующий стенд- многоцелевая проблемно-ориентированная система имитации.- Электронная техника, серия- экономика и системы управления. Вып. 2 (39), 1981, с. 30-35 .
 23. Багриновский К.А., Егорова Н.Е. Динамическая модель предприятия, работающего в условиях хозяйственной реформы.- В кн.: Математический анализ экономических моделей.- Новосибирск,

47

СО АН СССР, 1971, с. 112-129.

24. Багриновский К.А., Егорова Н.Е. Диалоговая система для решения многокритериальной задачи отраслевого планирования. — ЭММ, т. ХУШ, вып. 3, 1982, с. 483-492.
25. Багриновский К.А., Егорова Н.Е., Логвинец В.В., Муромцева Л.Г. Имитационная система согласования плановых решений на уровне "отрасль-народное хозяйство". — В кн. : Методология моделирования и имитационные модели для исследования экономического механизма. — М.: МЭИИИУ, 1985, с. 49-58.
26. Егорова Н.Е. Вопросы согласования плановых решений с использованием имитационных систем. — М.: Наука, 1987. — 141 с.
27. Бушенков В.А., Лотов А.В. Методы построения и использования обобщенных множеств достижимости. — М.: ВЦ АН СССР, 1982. — 54 с.
28. Лотов А.В. Анализ потенциальных возможностей экономических систем. — ЭММ, т. ХУП, вып. 2, 1981, с. 377-381.