

Введение

Научно-технический прогресс в любой сфере деятельности определяется в первую очередь совершенствованием инструментов, которые в ней используются. До недавних пор наиболее бедно была обеспечена инструментами как раз та сфера деятельности, от которой главным образом зависит их совершенствование во всех других — сфера исследований, проектирования, управления. Положение быстро меняется в последние десятилетия, что связано, конечно, с появлением ЭВМ.

В настоящее время в деятельности по созданию инструментов в области исследований, проектирования, планирования, управления все более важное значение приобретают разработки конкретно-ориентированных интерактивных (диалоговых) систем, базирующихся на системно-программистских разработках, системах управления базами данных, диалоговых системах общего характера, разработках в области искусственного интеллекта.

Ниже обсуждаются некоторые проблемы, связанные с разработкой и внедрением конкретно-ориентированных интерактивных систем, предназначенных для использования в качестве инструментов в планировании, проектировании, управлении сложными процессами. Взгляды авторов на эти проблемы сформировались в результате многолетней деятельности в сфере разработки таких систем для ряда ведомств и попыток их внедрения в этих ведомствах. Авторы понимают, что имеющийся у них опыт отражает, возможно, специфику тех процессов, которыми они занимались, и специфику тех ведомств, в интересах которых велись разработки, и не претендуют на исчерпывающий анализ затронутых проблем.

1. Классификация и некоторые вопросы разработки интерактивных систем

1.1. Значительную часть существующих и разрабатываемых конкретно-ориентированных интерактивных систем можно отнести к одному из двух типов систем, условно названных оптимизационными и имитационными. Оптимизационные системы можно считать развитием (продолжением) традиционных АСУ, тем более что многие такие системы непосредственно от них произошли. Управленческая проблема (проблема планирования), инструментом решения которой предположительно должна быть система, подвергается декомпозиции на совокупность оптимизационных задач также, как это делается в традиционных АСУ. В отличие от АСУ, где дело кончается разработкой алгоритмов решения этих задач и оформлением их в виде программ, запускаемых на ЭВМ в режиме пакетной обработки, в интерактив-

ных системах набор программ, реализующих алгоритмы решения задач, снабжается режимом работы, который естественно и удобно назвать в применении к оптимизационным системам «имитационным». Экспертам, работающим с системой, предоставляется возможность в диалоговом режиме изменить полученный оптимальный план и рассчитать результаты этого изменения, т. е. оценить значения интересующих эксперта показателей при назначенном плане, зафиксировать план по некоторым позициям, а по остальным провести дооптимизацию, изменить некоторые входные параметры (например, ресурсные ограничения), оценить в терминах интересующих эксперта показатели результаты этих изменений и т. д.

Нет нужды подробно останавливаться на причинах обращения к имитационному режиму в оптимизационных системах. Этот вопрос неоднократно обсуждался. По мнению авторов, допустима следующая краткая формулировка этих причин. Оптимизация в настоящее время в подавляющем большинстве случаев является сильным и необходимым инструментом, но инструментом лишь анализа реальных управленческих и плановых задач, а не инструментом принятия практических решений. Все реальное содержание конкретных управленческих и плановых проблем в большинстве случаев не удается «втиснуть» в какую-либо оптимизационную постановку.

В настоящее время разработка интерактивных оптимизационных систем является быстрорасширяющейся сферой деятельности. Процедуры решения задач в таких системах оформляются как банк расчетных модулей, оперирующих с единым банком данных. Над банком расчетных модулей надстраиваются программы-планировщики, которые по описанию управленческой задачи па специально разработанном входном языке (который стараются сделать возможно более близким к профессиональному языку экспертов) формируют необходимую последовательность вычислений из расчетных модулей. Системы оснащаются различными сервисными возможностями — средствами визуализации получаемых результатов, выдачей документов по требуемой форме и т. д. Системы, которые с самого начала создаются как интерактивные, используют, как правило, системно программистские разработки общего характера и средства искусственного интеллекта.

Характерным примером оптимизационной диалоговой системы является система ДИСФОРП-ВЦ АН СССР [1], предназначенная для формирования на плановый период календарного плана развития мощностей отрасли и календарного плана выпуска продукции отрасли по заданной «программе-заявке», указывающей для некоторого множества (директивных) видов продукции, сколько конечной продукции каждого вида из этого множества должна произвести отрасль в каждом году планового периода, а для некоторого другого множества (недирективных) видов продукции — сколько продукции каждого вида из этого множества желательно произвести в каждом году планового периода. Укажем примеры расчетных модулей системы.

Модуль М1 (модель развития мощностей) решает задачу максимизации степени удовлетворения программы-заявки по недирективным

видам продукции путем выбора сроков начала реализации проектов строительства новых объектов или модернизации старых при заданных лимитах на фондообразующие ресурсы. Множество проектов считается заданным. Динамика потребления фондообразующих ресурсов считается определенной сроком начала строительства. Модуль M2 (модель планирования производства продукции с развитых мощностей) решает задачу максимизации степени удовлетворения программы-заявки по недирективным видам продукции путем выбора вектора, характеризующего совокупный выпуск комплектующих изделий, и вектора, характеризующего план выпуска конечной продукции при заданном ограничении на мощность отрасли.

В системе ДИСФОРП предусмотрено три уровня диалога при работе экспертов с системой. На первом (верхнем) уровне диалога реализуется управление последовательностью обращения к модулям системы. Это управление осуществляется путем обращения эксперта к так называемым «темам диалога». Содержательные примеры тем:

построение планов развития мощностей и выпуска продукции по заданной программе-заявке, формирование плана выпуска продукции с учетом различных вариантов комплектации и т. д.

Темы разбиваются на этапы. На каждом этапе работает один из оптимизационных модулей системы либо происходит корректировка экспертом полученных планов.

Второй уровень диалога реализует настройку модулей системы на конкретные условия, при которых происходит решение плановой задачи. Например, при работе с модулем M1 можно изменить программу-заявку, объемы фондообразующих ресурсов и т. д.

Третий уровень диалога реализует управление процессом решения оптимизационной задачи.

Результаты расчетов выдаются в виде таблиц, графиков, стандартных документов. Система ДИСФОРП базируется на диалоговой системе общего характера «Пульт» и использует в определенной мере ее дальнейшее развитие ДИЛОС.

В основе имитационных конкретно-ориентированных диалоговых систем лежит так называемая имитационная модель процесса, которым собираются управлять. Имитационная модель процесса — это такая его модель, которая позволяет воспроизвести процесс (или его реализации, если процесс случайный) при заданных экспертным образом управлениях. Термин «имитационная» означает, что модель собираются использовать для вариантных просчетов, т. е. для расчетов течения процесса при нескольких заранее заданных вариантах управлений с последующим сравнением этих вариантов на экспертном уровне и определением путем такого сравнения «разумного» варианта управления или разумного плана [2]. В интерактивных системах имитационная модель оформляется в виде совокупности расчетных модулей, описывающих различные стороны (подпроцессы) процесса. Воспроизведение процесса происходит в диалоговом режиме: эксперты получают информацию о течении процесса в ходе его воспроизведения и вырабатывают необходимые управляющие воздействия, анализируя эту информацию. В настоящее время имеются

системы, где явным образом моделируется информационный процесс: информация, которую получают эксперты о течении процесса, вычисляется в системе путем моделирования функционирования информационных служб, процессов передачи, хранения, обработки информации.

Точно так же, как попытки внедрения традиционных АСУ, т. е. чисто оптимизационных систем, приводят к появлению в них имитационного режима, попытки внедрения чисто имитационных систем приводят к появлению в них оптимизационного режима работы. Экспертам, работающим с системой, предоставляется возможность в ходе воспроизведения процесса с помощью имитационной модели обратиться для анализа возникающей по ходу дела управленческой проблемы к оптимизационным алгоритмам в рамках упрощенных или агрегированных моделей того процесса, который воспроизводится с помощью имитационной модели. Эти алгоритмы включаются в систему как ее расчетные модули и реализуется диалоговый режим общения с ними.

Характерным примером имитационной конкретно-ориентированной интерактивной системы является система интерактивного проектирования развития парков сложных технических систем (СИПП) [3]. Расчетные модули системы СИПП позволяют в диалоговом режиме имитировать процессы разработки, производства, эксплуатации технических изделий определенного класса на характерных временах, сравнимых с жизненным циклом изделия, т. е. промежутком времени от начала проектирования изделия до изъятия его из эксплуатации. В ходе имитации эксперты получают информацию о затратах ресурсов и развитии парка и вводят в ЭВМ свои решения, касающиеся начала или окончания разработки определенных изделий, запуска в серию или снятия с серийного производства, изменения темпа производства изделий и запасных частей к ним, перераспределения усилий в сферах проектирования, модернизации и строительства новых конструкторских бюро и заводов.

Оптимизационный режим работы позволяет в рамках более грубых моделей, чем имитационная модель, по заданному объему работ, который предполагается выполнить с помощью данной технической системы, вычислить план производства изделий и запасных частей к ним, определить политику списания изделий так, чтобы суммарные затраты на проектирование, производство, эксплуатацию изделий были минимальны. Система СИПП имеет стандартную архитектуру. Она состоит из банка имитационных моделей и оптимизационных алгоритмов, банка данных с системой его управления, сервисной подсистемы, управляющей подсистемы. Диалог в СИПП организован с помощью диалоговой системы «Пульс» ВЦ АН СССР.

1.2. Любое достаточно сложное техническое изделие в процессе своего жизненного цикла проходит через следующие стадии:

- 1) стадия общей концепции, когда известна схема изделия и основные технические характеристики;
- 2) рабочего проектирования изделия;
- 3) постройки опытных образцов;
- 4) испытаний;
- 5) производства и эксплуатации;
- 6) стадия, когда изделие снято с серийного производства, но находится в эксплуатации.

Конкретно-ориентированные интерактивные системы также характеризуются стадиями их жизненного цикла, в большой мере схожими со стадиями жизненного цикла технических изделий: 1) стадия общей концепции, когда известна схема системы, задачи, которые с ее помощью предполагается решать, примерный объем, вычислительная техника, на которой предполагается реализовать систему; 2) разработки блок-схемы модулей, формирование банка данных; 3) программирования макета системы; 4) идентификации моделей макета; 5) верификации моделей системы; 6) корректировки моделей макета и банка данных; 7) разработки основного варианта системы; 8) идентификации основного варианта; 9) опытной эксплуатации; 10) рабочей эксплуатации.

Очевидная аналогия между стадиями жизненного цикла технических изделий и интерактивных систем не случайна и отражает то обстоятельство, что те и другие являются инструментами в определенных сферах деятельности. Качество интерактивных диалоговых систем, так же как качество сложных технических систем, описывается не одной, а целым набором характеристик: объемом программ и банка данных, временем счета основных модулей, временем реакции системы на приказы пользователя, степенью близости входного языка к профессиональному языку экспертов, объемом работы, который необходим, чтобы провести идентификацию системы, и т. д. Выяснить, какой набор качеств системы наиболее рационален при решении тех или иных вопросов, можно лишь в процессе опытной эксплуатации системы.

Очень вероятно, что процессы разработки, внедрения, эксплуатационного сопровождения интерактивных систем примут те организационные формы, которые характерны для аналогичных процессов у технических изделий: по крайней мере некоторые из тех групп, которые в настоящее время заняты разработкой интерактивных систем, разовьются в организации, напоминающие по месту в процессе общественного производства, структуре и функциям конструкторские бюро.

В процессе дальнейшего развития в сфере разработки интерактивных систем будут возникать те же вопросы, которые возникают в сфере разработки технических изделий. Среди них такие, как универсализация и специализация (что лучше: одна большая система, обслуживающая весь комплекс плановых и управленческих задач, возникающих в плановом органе, требующая ЭВМ высокого быстродействия и памяти, трудная в освоении экспертами, или несколько относительно простых маленьких систем, предназначенных для использования в конкретных подразделениях), создание рационального парка интерактивных систем. Этот вопрос можно пояснить, обращаясь к приведенным выше в качестве примеров системам ДИСФОРП и СИПП. Система ДИСФОРП предназначена для формирования производственного плана отрасли на уровне комплектующих изделий и формирования плана развития мощностей отрасли. Входом в систему ДИСФОРП является план-заявка на выпуск отраслью конечной продукции.

Если оперировать терминами системы ДИСФОРП, то система СИПП предназначена для формирования плана-заявки на выпуск отрасли конечной продукции, исходя из оценки потребности в изделиях отрасли в народном хозяйстве. Возможно поэтому комплексное использование обеих систем в процессе планирования. Однако, поскольку обе системы оперируют с моделями производственных процессов в отрасли и с описанием процесса капитального строительства, они должны быть, по крайней мере информационно, согласованы.

2. Проблемы внедрения интерактивных конкретно-ориентированных систем

2.1. Коротко обсудим четыре проблемы, возникающие при попытках внедрить интерактивные системы в практику планирования, проектирования, управления: проблему идентификации, т. е. сбор для моделей системы экзогенной информации, проблему верификации, т. е. проверка адекватности модели системы, проблему обучения экспертов пользованию системой и проблему, которую мы условно назовем проблемой декомпозиции (суть ее излагается в п. 2.3). Необходимо отметить, что все эти проблемы тесно связаны в единый «гордиев узел», который, по нашему мнению, и составляет главную часть проблемы внедрения интерактивных систем.

Для понимания существа проблемы идентификации моделей сложных экономических, социальных, военных, биологических процессов необходимо иметь в виду, что экзогенные величины, появляющиеся в этих моделях и подлежащие в соответствии с общей методологией использования естественнонаучных методов экспериментальному определению, не носят, как это имеет место в моделях физических явлений, универсального характера. Описание сложных процессов простыми (содержащими небольшое количество величин) моделями часто приводит к тому, что возникающие в них экзогенные величины (коэффициенты) зависят от большого числа факторов. Некоторые из этих факторов фигурируют в модели как ее эндогенные величины — в этом случае необходимо измерять зависимость данного коэффициента от фактора, другими же в модели пренебрегают — в этом случае необходимо либо вычислять некое среднее значение коэффициента, либо считать его случайной величиной и измерять его функцию распределения.

Таким образом, возникает ситуация, когда сама модель сложного процесса определяет содержащиеся в ней экзогенные коэффициенты и процедуры их вычисления. Значения некоторого экзогенного коэффициента, который фигурирует в разных моделях, описывающих с разных сторон один и тот же сложный процесс, и имеет одно и то же содержательное определение, могут отличаться весьма существенно, потому что в разных моделях фигурируют разные наборы эндогенных величин; они могут иметь разные пространственно-временные характерные масштабы.

В качестве пояснения высказанной мысли приведем один очень характерный пример, почерпнутый из сферы исследования операций.

При описании на очень простом и агрегированном уровне процесса взаимного уничтожения в вооруженной борьбе используются так называемые уравнения Ланчестера — Осипова [4]:

$$\frac{dx}{dt} = -\beta qy, \quad \frac{dy}{dt} = -\alpha px.$$

Здесь $X(t)$ — количество непораженных боевых единиц у противника A в момент t ; α — скорострельность каждой боевой единицы противника A ; p — вероятность вывести из строя боевую единицу противника B при одном выстреле; $y(t)$, β и q — аналогичные величины, относящиеся к противнику B . Эти уравнения хорошо известны и фигурируют в исследованиях, связанных с описанием вооруженной борьбы с 1905 г. Величины $x(t)$ и $y(t)$ в этой модели — эндогенные, величины α , β , p и q — экзогенные, внешние. Рассмотрим, например, величину α , определяемую как количество выстрелов, совершаемое одной боевой единицей противника в единицу времени.

Величина этого коэффициента существенно зависит от того, что принимается за единицу времени, т. е. от того, как выбран характерный временной параметр осреднения величин в модели. Если единица времени по порядку величины есть минута, то a — это обычная техническая скорострельность оружия, которым вооружены боевые единицы. Если единица времени по порядку величины час, то a определяется, как правило, информационным процессом, происходящим одновременно с процессом уничтожения: за 1 ч боевая единица делает столько выстрелов, сколько целей появится в ее поле зрения (или сколько целей ей предоставят средства информационного обеспечения). Если единица времени по порядку величины есть сутки, то a определяется, как правило, процессом материально-технического обеспечения: за сутки каждая боевая единица делает столько выстрелов, сколько снарядов ей сумеют подвести тыловые службы. Эти три значения величины a отличаются одно от другого на несколько порядков.

Характер моделей, их пространственно-временные параметры осреднения зависят от характера задач планирования или управления, которые собираются решать с помощью системы.

В настоящее время отсутствует какая-либо служба стандартизации и унификации моделей. Разные группы исследователей, описывая один и тот же процесс, преследуя при этом одни и те же цели, приходят к разным моделям. Экзогенные коэффициенты, фигурирующие в этих моделях, даже если они имеют одну и ту же содержательную формулировку, являются, вообще говоря, разными величинами, определяемыми каждый своим набором факторов.

Практика показывает, что для надежной идентификации модели сложного процесса необходимо затратить на порядок больше труда, чем на разработку этой модели. Часто оказывается, что та информация, которая необходима для идентификации модели, не фигурирует в существующей системе отчетности. Иногда бывает видно, что для идентификации моделей необходимо организовать специальные исследования. Количество моделей, фигурирующих в настоящее время в сфере исследования, например, экономических процессов, велико и

продолжает расти быстрыми темпами. Все эти модели идентифицировать невозможно. (Это не значит, конечно, что все они бесполезны.) Повидимому, решение проблемы идентификации моделей, лежащих в • основе конкретно-ориентированных диалоговых систем, невозможно без перехода к единым системам моделирования тех сложных процессов, для управления которыми они предназначаются.

2.2. В соответствии с общей методологией использования естественнонаучных методов верифицировать математическую модель некоторого реального процесса или явления, т. е. убедиться в ее адекватности, в конечном счете можно, лишь сравнивая результаты и предсказания, которые дает модель, с реальным течением процесса. Наиболее естественным путем установления адекватности моделей, лежащих в основе конкретно-ориентированных интерактивных систем, а также установления, в какой мере правильно модели идентифицированы, является их опытная эксплуатация. По самому своему характеру интерактивные системы—инструменты в руках экспертов, и опыт их использования без экспертов недостаточен. Однако, для того чтобы научить пользоваться системами реальных экспертов в реальных плановых и управленческих органах, все модели системы должны быть правильно идентифицированы и адекватны. Этот порочный круг (чтобы систему идентифицировать и верифицировать, нужен эксперт, а чтобы эксперт пользовался системой, необходимо ее идентифицировать и верифицировать) является одной из существенных сторон проблемы внедрения интерактивных систем в практику планирования, управления, проектирования.

2.3. Существующие реальные органы планирования, управления, проектирования основаны на исторически сложившейся декомпозиции соответствующих задач. Каждый орган и каждый специалист в нем ведает своим, достаточно четко определенным кругом вопросов. Всякая декомпозиция задач Планирования, управления, проектирования основана на тех средствах сбора, переработки, передачи, хранения информации и на тех инструментах решения управленческих и плановых задач, которые имеются в распоряжении органов в момент их формирования: задачи, возникающие перед органами и отдельными специалистами, должны быть решаемы с помощью имеющихся инструментов. Новые средства информационной технологии и новые инструменты решения задач планирования, управления, проектирования требуют, вообще говоря, изменения сложившейся декомпозиции, т. е. приспособления организационной структуры к этим новым средствам и инструментам. Это обстоятельство — еще одна сторона проблемы внедрения конкретно-ориентированных диалоговых систем.

3. Единые системы моделирования сложных процессов

3.1. Авторы полагают, что одним из путей преодоления трудностей, о которых шла речь выше, могли бы стать единые системы моделирования сложных процессов определенного класса. В основе единой системы моделирования должна лежать достаточно подробная имитационная модель процесса. Эта модель не предназначается для реал

лизации на ЭВМ даже в режиме имитации, и поэтому ограничения на ее размеры и сложность практически отсутствуют. Она должна быть такова, чтобы большинство моделей, используемых в сфере исследований этого процесса, а также в сфере разработки инструментов управления им, можно было бы получить из нее некоторой комбинацией процедур упрощения, агрегирования, осреднения. Вместе с подробной моделью в единой системе должен присутствовать некоторый «стандартный» набор упрощенных и агрегированных моделей. Размеры этих моделей уже должны быть разумными; они должны допускать реализацию на существующих ЭВМ.

3.2. В настоящее время в области изучения сложных процессов математическими методами, в области создания новых инструментов планирования, проектирования, управления каждый конкретный вопрос, каждая задача вызывают построение своей модели или системы моделей, ориентированных на решение именно этого вопроса с прохождением всех стадий — разработки модели, программирования, идентификации, верификации. Наблюдающийся быстрый рост числа моделей и систем моделей настораживает. В системе существующих моделей нелегко разобраться; использовать модели невозможно вне коллективов их разработчиков; легче разработать новую модель, чем найти и приспособить уже разработанную, даже если она существует.

Единая система моделирования позволила бы: 1) внести структуру и классификацию во множество существующих моделей; 2) установить взаимосвязь между различными моделями одного и того же процесса; 3) отделить модель от разработчиков; 4) облегчить проблему идентификации моделей; 5) упростить разработку моделей для решения конкретных вопросов.

Конечно, единая система моделирования, в особенности на первых этапах своего развития, будет неполна и несовершенна и поэтому наряду с достоинствами, о которых говорилось выше, она будет иметь и отрицательные стороны: для конкретных разработчиков единая система будет тем прокрустовым ложем, куда они должны будут «втискивать» свои модели. Тем не менее, по мнению авторов, существуют классы процессов, где вопрос о создании единых систем моделирования вполне своевременен.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шафранский В. В.* Математические модели и методы планирования развития отраслей промышленности. М.: Наука, 1984. 224 с.
2. *Павловский Ю. Н., Савин Г. И.* Общая схема имитационных систем, возможности их применения и пути реализации.— В кн.: Современное состояние теории исследования операций/Под ред. Н. Н. Моисеева. М.: Наука, 1979, с. 364—380.
3. *Григорьев Ю. Я., Павловский Ю. Н., Соколов В. Б.* Система интерактивного проектирования программ развития парков технических систем.— В кн.: Вопросы кибернетики: Моделирование человеко-машинных кибернетических систем. М.: АН СССР, Науч. сов. по комплексной проблеме «Кибернетика», 1984, с. 133—145.
4. *Вентцель Е. С.* Исследование операции. М.: Сов. радио, 1972. 552 с.