4. Крохин В.В., Маслов Ю.Н., Пирогов А.И., Хитрук О.И. Методика расчёта процессов перемагничивания магнитных сердечников в динамическом режиме. - Изв. Вузов СССР, Приборостроение, 1984, т.27,№4.
5. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. – М.: Энергия, 1968.

ЭЛЕМЕНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

А.Д. Краснощеков, П.А.Кулагин
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Эффективность деятельности предприятий и регионов зависит от качества управленческих решений. Проблема принятия решений носит фундаментальный характер, что определяется ролью, которую играют решения в любой сфере человеческой деятельности.

В условиях конкуренции для усиления позиций предприятия актуальность приобретают вопросы повышения научной обоснованности, качества и оперативности принимаемых управленческих решений.

Для достижения значительных успехов в разработке теории и практики организации управления и принятия решений на транспорте могут быть использованы имитационные модели (ИМ).

На некотором уровне управления функционирование ИМ с позиций оптимизаций может быть описано следующим образом. В качестве объекта управления рассматриваются представленные в компьютере ИМ. Имеется некоторое число решателей R_k (k=1,k) того или иного типа, от действий которых при заданных начальных условиях зависит все развитие процесса. Состояние ИМ в любой момент времени может быть описано достаточно большим набором переменных, из которых контролируется только некоторая часть называемая *фазовыми переменными* x_i. Значения фазовых переменных имеются в конкретных точках сети. В случайные моменты времени t_τ в том или ином решателе возникают конфликтная ситуация, разрешаемая путем принятия решения этим решателем.

Заранее известен набор решений $(r)_k$ для каждого решателя R_k, которыми он может пользоваться при разрешении возникающих в сфере его действия конфликтных ситуаций. Конкретный набор решений $(r)_k$ определяется типом решателя.

Различают 3 последовательности событий в процессе функционирования ИМ.

1. Последовательность моментов имитации (ось времени моделирования) t=1,2,...,T.

2. Последовательность моментов t_δ изменений фазовых переменных x_i, $\delta=1,2,...,\Xi$.

3. Последовательность моментов t_τ срабатывания решателей, $\tau=1,2,...,T$.

Последовательности $\{t_\delta\}$ и $\{t_\tau\}$ имеют случайный характер. Значения фазовых переменных сложным образом зависят от всей предыстории процесса и начальных условий. Аналитический вид этой зависимости неизвестен.

Задача оптимизации состоит в определении оптимальной, в смысле заданного критерия, последовательности таких решений в R_k.
Качество управления оценивается величиной функционала, вычисляемого па векторе значений фазовых переменных в конечный момент времени T. Рассмотренная задача является задачей оптимизации конечного состояния системы.

В процессе перемещения дискретных объектов на сети имеется огромное число точек воздействия или точек управления. Решения, которые принимаются в этих точках, оказывают влияние на весь последующий ход процесса по времени. Такими точками являются точки ветвления потока и точки выбора объектов из очереди на обслуживание. В этих точках в ИМ располагаются решатели. На транспорте точки ветвления потока первоначально были названы *замечательными точками сети.* В настоящее время идея об ограниченности точек воздействия на систему, в частности на социально-экономическую систему прослеживается в работах по системной динамике. Решатели, используемые в ИМ,— это операторы специального вида, реализуемые в виде программы со свободным полем памяти, заполняемым извне перед каждым вариантом имитации процесса. В точках ветвления потока будем располагать решатели *B-типа (R(B))*, в точках выбора объектов на обслуживание — решатели *П-типа (R(П))*. В этих же последних точках может располагаться третий тип решателей — решатели *К-типа*, осуществляющие составление сложных дискретных объектов из более простых. Решатели К-типа могут формировать составы на железнодорожном и водном транспорте, организовывать групповое обслуживание транспортных единиц в «узких местах», например при проходе через мосты, затрудненные участки пути, шлюзованные каналы и т.п. Па рис.1 графически проиллюстрирована работа решателей В-типа (а), П-типа (б), К-типа (в) на потоке дискретных объектов.

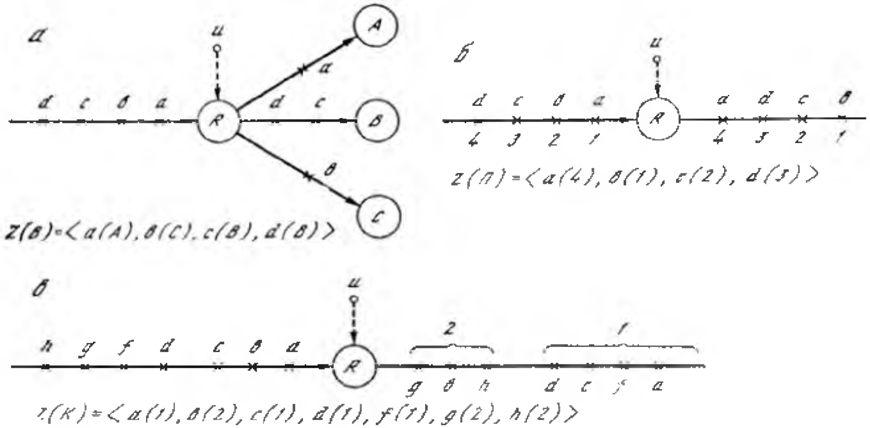

Рис.1. Работа решателей В-типа.

Решатели характеризуются своим вектором управления, содержащим информацию, которая заносится перед началом работы ИМ в свободное поле памяти программы решателя. Вектор управления, или вектор заполнения, решателя задается в виде *кортежа Z*. Кортеж Z решателя В-типа состоит из номеров вершин-адресатов, кортеж решателя П-типа содержит указания, какие дискретные объекты с каким приоритетом должны выбираться из очереди па обслуживание. Указания могут быть персонифицированы с точностью до конкретного объекта либо относиться к целому классу дискретных объектов. В решателе В-типа адреса назначения присваиваются дискретным объектам одного типа по мере завершения ими обслуживания.

Решатели К-типа в моделях M_2 – имитационная модель для построения расписания движения объектов на сети и M_3 – ИМ для корректировки расписания движения объектов на сети не используются, поэтому здесь подробно не рассматриваются. Перечень вариантов задания решателей, как и самих типов решателей, может быть продолжен.

Рассмотрим задачу распределения решателей по уровням управления. В результате процедуры замещения структурных элементов концептуальной схемы модели M_1 – модель формирования структуры оперативной сети структурными элементами моделей имитации (рис.2) может быть сформирована диаграмма состояний $Д_0$, содержащая все виды решателей, используемых на дискретном уровне управления. Имеется, однако, определенное соответствие между типами решателей и теми задачами, которые могут решаться с их помощью на базе ИМ. В частности решатели ветвления весьма характерны при построении расписания.

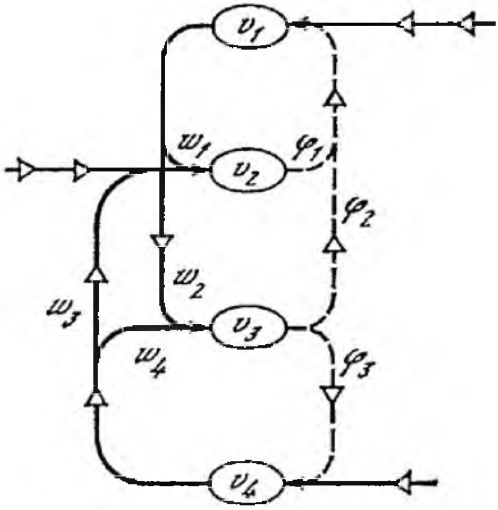

Рис.2. Модель формирования структуры оперативной сети

Решатели П-типа могут оказывать лишь некоторое корректирующее воздействие на траекторию движения того пли иного объекта на сети и т.д. В связи с этим вслед за постановкой тех или иных задач управления на базе ИМ возникает задача «прикрепления к ним» соответствующих типов решателей. После ее решения возникает задача согласования режимов работы решателей, используемых в ИМ на разных уровнях управления.

В соответствии с динамическими структурами предложенной ранее иерархии моделей M_1, M_2, M_3 в работе имитационных моделей можно выделить три различных режима.

1. Основной режим, в ходе которого па базе M_ν решается оптимизационная задача ν-го уровня управления.

2. Режим коррекции ранее полученного решения задачи ν-го уровня. Особенность режима состоит в том, что задача оптимизации решается с учетом ранее полученных решений, при этом стремятся получить повое решение, не слишком отличное от старого.

3. Режим одновариантной экстраполяции процесса, когда стоит задача определения последствий подействовавших возмущений.

Перечисленными режимами использования $ИМ_\nu$ в иерархии определяются режимы работы решателей в модели ν-го промежуточного уровня управления.

1. Режим оптимизации, когда $ИМ_{\nu}$ работает во взаимодействии с той или иной процедурой оптимизации, изменяющей заполнение решателей после каждого шага оптимизации.

2. Режим координации, возникающий по всех тех случаях, когда решатель используется в ИМ с некоторым зафиксированным, ранее найденным заполнением. В режиме координации в $ИМ_{\nu}$ ν-го уровня работают нее решатели, которые не участвуют в решении оптимизационной задачи ν-го уровня, но присутствуют в модели для восприятия управляющих воздействий с вышележащего уровня иерархии для передачи таких воздействий на нижележащий уровень иерархии.

В ИМ, содержащей решатели в качестве средства управления, могут быть реализованы различные промежуточные режимы, когда в активную работу включаются не все решатели одного типа, а только часть их и т.д.

На основе изложенных представлений решатели можно расценивать как гибкое средство решения задач управления комбинаторного типа, позволяющее синтезировать в ИМ большое разнообразие процедур и методов поиска решений с учетом накопленного практического опыта и эвристик.

В иерархии моделей M_1, M_2, M_3 задача z_2 решается с использованием решателей В-типа, а z_3 — решателей П-типа. Другие типы решателей в моделях M_2 и M_3 не используются. Соответствие между режимами моделей M_2, M_3 и режимами решателей R(В) и R(П) показано в таб 1.

Таблица 1. Соответствие между режимами модели и решателя

Режим решателей	Режим ИМ					
	M_2			M_3		
	Оптимизация	Коррекция	Экстраполяция	Оптимизация	Коррекция	Экстраполяция
Оптимизация	R(В)	R(В)	-	R(П)	R(П)	-
Координация	R(П)	R(П)	R(В)	R(В)	R(В)	R(В)
			R(П)			R(П)

В процессе решения задач z_2, z_3 ищутся такие заполнения решателей В- и П-типов, при которых оптимизируются критерии оптимизации поставленных задач.

Можно указать ряд общих черт приведенных задач оптимизации. Обе они являются задачами оптимизации конечного состояния и относятся к классу задач дискретного управления. В них не делается допущений о независимости или слабом влиянии предыстории процесса па развитие событии в будущем. В приведенных задачах решение описывается с учетом факта последействия. Рассматриваемые в этих задачах процессы не имеют аналитического описания и представляются в ЭВМ в виде ИМ. Области решений заданы как комбинаторные множества U. Можно указать два основных подхода к решению задач рассматриваемого типа. Эти подходы связываются с понятиями одно- и многошаговой оптимизации. Одношаговая оптимизация понимается здесь следующим образом. Если тем или иным способом определить заполнение решателей R_k, то, располагая имитационной моделью, можно получить один вариант функционирования ИМ на отрезке 0—Т. По аналогии е задачами одношаговой оптимизации можно считать, что заполнением решателей задается некоторая точка в пространстве оптимизации. Каждой такой точке ставится в соответствие матрица U_s, строками которой являются заполнения решателей R_k. Матрицу U_s будем называть *матрицей управления*.

При многошаговой оптимизации задача решается путем последовательного во времени принятия решений в решателях. Решения принимаются по мере возникновения конфликтных ситуаций. Задача оптимизации состоит в том, чтобы для каждого решателя с учетом имеющихся ограничений найти такие последовательности решений, при которых критерий оптимизируется. Основные трудности, которые возникают на этих путях, рассмотрим на примере задач z_2 и z_3.

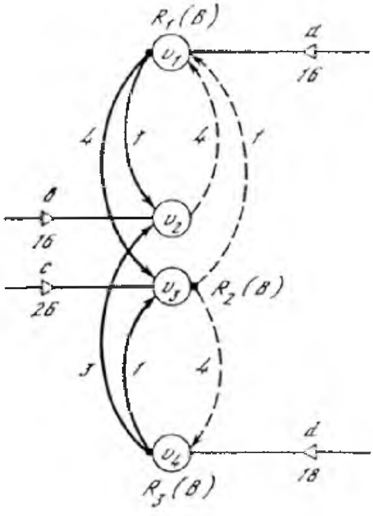

Рис.3. Транспортная сеть

Рассмотрим транспортную сеть, заданную в виде графа (рис.3) с нанесенной начальной дислокацией подвижных объектов и потребным числом отправлений, которое нужно осуществить по трассам сети за время 0-Т.

Матрицы управления $U_s^{(2)}$ и для задачи z_2 имеют вид:

$$U_1^{(2)} = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 4 & 4 & 4 & 1 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 3 & \blacksquare \end{pmatrix}, \quad U_2^{(2)} = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 2 & 3 & 2 & 2 & \blacksquare \end{pmatrix};$$

где строки матриц – заполнения решателей $R_1(B)$, $R_2(B)$, $R_3(B)$; элементы строка – номера вершин назначения.

Реализовав с помощью ИМ в задаче z_2 матрицу $U_s^{(2)}$, получим некоторый план $\Pi(v_i)$ прибытия объектов в каждую вершину. Для $U_s^{(2)} = U_1^{(2)}$ план прибытия имеет вид $\Pi(v_1)=\langle a,b,d,b,c\rangle$; $\Pi(v_5)=\langle b,d,a,c,a\rangle$; $\Pi(v_3)=\langle c,d,a,b\rangle$; $\Pi(v_4)=\langle d,c,a,d\rangle$. Для задачи z_3 матрица управления при значениях приоритета $p=\{1,2,3\}$ принимает вид:

$$U_1^{(3)} = \begin{pmatrix} a(1) & b(1) & d(2) & b(1) & c(2) \\ b(2) & d(1) & a(3) & c(1) & a(1) \\ c(1) & d(1) & a(2) & b(1) & \blacksquare \\ d(2) & c(2) & a(1) & d(2) & \blacksquare \end{pmatrix},$$

где стоящий в скобках элемент i–й строки и j–го столбца есть величина приоритета, с которым объект, прибывая j–м по порядку, проходит обслуживание в i–й вершине.

Приведенные матрицы управления трудно упорядочить, в результате в условиях одношаговой оптимизации область изменения переменных задается в виде неупорядоченных множеств $U^{(2)}$, $U^{(3)}$ соответственно для задач z_2, z_3.

Мощность множества $U^{(2)}$ для однослойной сети может быть оценена по формуле:

$$\prod_{k=1}^{K} \left[\frac{Q_k!}{\prod_{\lambda=1}^{\Lambda_k} (Q_\lambda)^k} \right],$$

где Q_k — число заполненных мест в k-й строке матрицы $U_s^{(2)}$; K-число строк матрицы $U_s^{(2)}$, $k=1,K$; Q_λ — число мест в k-й строке матрицы $U_s^{(2)}$, занятых λ-м номером, $\lambda=1,\Lambda_k$; Λ_k - число различных номеров в i-й строке матрицы.

Для поминальной сети, состоящей из 10 слоев, содержащих 34 решателя со средней длиной заполнения, равной 6, степенью ветвления Λ_k=2,4, мощность пространства управления составляет $3 \cdot 10^{43}$. Мощность множества $U^{(3)}$ для однослойной сети оценивается формулой:

$$\prod_{i=1}^{I} P^{N_i} ,$$

где N_i — число заполненных мест в i-й строке матрицы управления $U_s^{(3)}$; Р- число значений приоритета; 1 — число строк матрицы $U_s^{(3)}$.

В настоящее время не представляется возможным говорить о предпочтительности сведения рассмотренных задач z_2, z_3 к задачам одношаговой или многошаговой оптимизации. Можно лишь заметить, что решение задачи оптимизации конечного состояния системы в случае использования многошаговой процедуры требует разработки локального критерия, достаточно хорошо коррелированного с критерием, описывающим конечную ситуацию. В связи с дополнительной сложностью этой задачи предпочтительнее работать непосредственно с конечной ситуацией и использовать процедуры одношаговой оптимизации конечного состояния на сети.

Список использованных источников

1. Рыбников К.А. Введение в кибернетический анализ. МГУ.
2. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. Прогресс.
3. Краснощеков А.Д. Межуровневая координация задач регионального развития. Сборник научных трудов. Одесса, 2006.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.Н. Нестеров

Самарский государственный технический университет, г. Самара

В последние годы одной из актуальных задач стала задача обеспечения надёжности сложных технических систем ответственного назначения, отказы которых связаны с большими материальными потерями или катастрофическими последствиями [1].

Доминирующий в теории надёжности вероятностно-статистический подход не позволяет найти достаточно эффективные пути решения этой проблемы. Это связано с тем, что в его основе лежит предположение о статистической однородности и массовости изучаемых отказов. Высокая цена отказов в этом случае заставляет ставить задачу их предотвращения при длительной эксплуатации таких систем при различных состояниях внут-