

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Кафедра информационных систем и программной инженерии

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания к практическим занятиям

В двух частях

Часть 2

Составитель
Р. И. МАКАРОВ



Владимир 2014

УДК 004 (076)

ББК 32.97я7

А64

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой мехатроники и электронных систем автомобилей
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
А. А. Кобзев

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Анализ и синтез информационных систем : метод. указания к А64 практ. занятиям. В 2 ч. Ч. 2 / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых ; сост. Р. И. Макаров. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014. – 43 с.

Курс знакомит магистрантов с методами анализа и синтеза информационных систем. Приведены основы оценки сложных систем, моделирование информационных систем, математические методы, применяемые при исследовании систем. Во 2-й части методических указаний рассматриваются темы, изучаемые во втором учебном семестре и позволяющие освоить методы синтеза и моделирования информационных систем.

Предназначены для подготовки магистров по дисциплине профессионального цикла по направлению 230400 «Информационные системы и технологии» по профилю «Информационные системы и технологии».

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения.

Ил. 12. Табл. 15. Библиогр.: 8 назв.

УДК 004 (076)

ББК 32.97я7

Занятие 1. СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА. ПРИНЦИПЫ СИНТЕЗА СИСТЕМ

1.1. Понятие, цели и задачи синтеза

В отличие от анализа в исследовании заданной информационной системы, под синтезом понимается процесс создания новой системы путем определения ее рациональных или оптимальных свойств и соответствующих показателей [1].

Цели синтеза информационной системы:

- создание новой информационной системы на основе новых достижений науки и техники;
- совершенствование существующей информационной системы на основе выявленных недостатков, а также появления новых задач и требований.

В общем виде задачи синтеза информационной системы заключаются в определении структуры и параметров системы исходя из заданных требований к значениям показателей эффективности ее функционирования, а также способов обеспечения целей функционирования системы.

Синтез, или структурный синтез, является центральным звеном создания информационной системы. Он включает следующие компоненты.

а) Синтез структуры информационной системы:

- 1) выбор числа уровней и подсистем (иерархии системы);
- 2) выбор принципов организации, т.е. установление между уровнями правильных взаимоотношений (это связано с согласованием целей подсистем разных уровней, распределением прав и ответственности, созданием контуров принятия решений и др.);
- 3) оптимальное распределение выполняемых функций между людьми и средствами вычислительной техники;
- 4) выбор организационной иерархии.

б) Синтез структуры системы передачи и обработки информации. В том числе:

- 1) синтез структуры системы передачи и обработки информации;
- 2) синтез структуры информационного комплекса (в том числе размещение абонентских пунктов).

Синтез представляет собой многошаговый итеративный процесс, включающий последовательное решение следующих основных задач:

- формирование замысла и цели создания информационной системы;

- формирование вариантов новой системы;
- приведение описаний вариантов системы во взаимное соответствие;
- оценка эффективности вариантов и принятия решения о выборе варианта новой системы;
- разработка требований к информационной системе;
- разработка программ реализации требований к информационной системе;
- реализация разработанных требований к информационной системе.

1.2. Решение задач синтеза информационной системы

а) Формирование замысла и цели создания информационной системы. Замысел возникает на основании полученного задания, выделения недостатков существующей системы, появления практической потребности или новых научных достижений.

Результатами решения задачи формирования замысла и цели создания информационной системы должны быть:

- определение назначения информационной системы;
- постановка цели (целевой функции);
- определение задач системы;
- формулирование основной идеи создания системы;
- определение направлений разработки системы.

б) Формирование вариантов новой системы.

Варианты системы формируются на основе анализа общей цели создания системы, изучения общественных потребностей, предполагаемого объема удовлетворения этих потребностей, изучения состояния и перспектив развития аналогичных отечественных и зарубежных систем.

Процесс формирования каждого варианта новой системы может быть описан концептуальной и математической моделями.

в) Приведение описаний варианта системы во взаимное соответствие.

Приведение описаний варианта системы во взаимное соответствие включает:

- сопоставление описаний (структурного, функционального, информационного, параметрического);
- устранение противоречий;
- объединение названных описаний.

На основании морфологического и функционального описания вычисляются (без требования совместимости) наиболее близкие из достижимых параметров, входящих в параметрическое описание. Здесь может быть два случая:

- требуемые значения параметров недостижимы;
- требуемые значения параметров достижимы порознь, но несовместимы.

В первом случае необходимы выдвижение идей, перестройка морфологии или функциональных возможностей, во втором – конструктивная перестройка.

Функциональная недостаточность является исходным толчком для обнаружения коренного противоречия. Выявление сущности противоречия требует анализа морфологических и информационных свойств системы. Устранение противоречия путем компромисса, чтобы общее их сочетание было удовлетворительным, редко бывает перспективным. В этом случае требуются новые идеи, т.е. включение в систему подсистем или элементов с принципиально новыми свойствами, радикальная перестройка структуры и связей, создание новых процессов и т.д. Этап является многошаговым и заканчивается новым описанием системы.

Объединение описаний. Составление единого описания, охватывающего морфологические, функциональные, информационные свойства и параметры в полном объеме.

г) Оценка эффективности вариантов и принятия решения о выборе варианта новой системы.

Решение данной задачи включает:

- определение значений выбранных показателей эффективности каждого исследуемого варианта создаваемой системы;
- сравнительную оценку эффективности, которая производится в соответствии с заданным правилом предпочтений и установленным критерием;
- принятие решения о выборе наилучшего варианта системы.

После выбора окончательного варианта системы уточняется критерий эффективности системы, формируется исходный вариант значений показателей системы управления и производится повторный синтез системы, который приобретает каждый раз все большую определенность.

д) Разработка требований к информационной системе. Для искусственных систем организационного или эргатического (человеко-машинного) типа

четко сформулировать цель очень сложно. Цель вырабатывается в виде количественно-качественных требований к существенным свойствам системы, определяющим ситуацию или область ситуации в n -мерном пространстве, которая должна быть достигнута при функционировании системы (величина n обуславливается количеством выделенных существенных свойств объекта).

Требования формируются в виде показателей (количественные) и характеристик (качественные). Как правило, требования задаются в виде ограничения на допустимые пределы значений показателей.

Требования разрабатываются в процессе решения всех перечисленных выше задач. Общие требования к системе документально оформляются, а затем уточняются отдельные требования к ее элементам, включая элементы, выделяемые при морфологическом (структурном), функциональном, информационном и параметрическом описании системы.

1.3. Принципы синтеза информационных систем

Сформулированные задачи синтеза информационных систем имеют следующие особенности [1]:

- высокую размерность, определяемую большим количеством и разнообразием показателей;
- наличие множества альтернативных показателей эффективности, по которым осуществляется поиск рационального решения;
- отсутствие приемлемых аналитических зависимостей и процедур для определения искомых показателей;
- значительную неопределенность исходных данных.

Исходя из этого поставленные задачи не могут быть эффективно решены с помощью известных методов одноуровневой оптимизации, использующих достаточно простые аналитические выражения для целевых функций, и требуют применения иных подходов на основе принципов декомпозиции многоуровневого моделирования, позволяющих снизить размерность решаемых задач, и многошаговых итеративных процедур выработки решений.

Рассмотрим единые принципы существования и действия сложных систем.

а) Принцип физичности и его постулаты: всякой системе (независимо от ее природы) присущи законы (закономерности), возможно, уникальные, определяющие внутренние причинно-следственные связи ее суще-

ствования и функционирования. Принцип физичности включает несколько постулатов:

- постулат целостности. Сложная система должна рассматриваться как единое целое;

- постулат декомпозиции систем. Значения свойств (характеристик) синтезируемой системы определяются в ходе многоуровневой процедуры выработки решений, начиная с рассматриваемых в рамках системы более высокого ранга и кончая детальными свойствами (характеристиками) элементов (подсистем) синтезируемой системы;

- постулат автономности. С точки зрения постулата целостности раз-нообразие декомпозиции помогает выявлению системных свойств. С точки зрения постулата автономности большинство декомпозиций, а может быть все, кроме одной, отпадут.

б) Принцип моделируемости. Сложная система может быть представлена конечным множеством моделей, каждая из которых отражает определенную грань ее сущности.

Этот важный принцип дает возможность исследовать определенное свойство сложной системы при помощи одной или нескольких упрощенных (узкоориентированных) моделей.

Занятие 2. СИНТЕЗ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Сущностью структурного синтеза является разработка (создание, проектирование, совершенствование, реорганизация и организация) информационной системы, которая должна обладать желаемыми свойствами.

Структурный синтез проводится с целью обоснования множества элементов структуры, отношений и связей между ними, характеристик элементов и связей, обеспечивающих в совокупности максимальную степень соответствия заданным требованиям.

Объектами исследования структурного синтеза являются различные варианты разрабатываемых (совершенствуемых) структур информационных систем.

Рассмотрим модель оптимизации иерархической структуры комплекса технических средств (КТС) [2].

Задана трехуровневая вычислительная сеть (ВС), приведенная на рис. 2.1. Известно множество абонентских пунктов (АП) $M = \{M_i\}$, $i=1,2, \dots, m$ и множество пунктов размещения локальных серверов (ЛС) $N = \{N_j\}$, $j=1, 2, \dots, n$, причем $N \subset M$.

Для каждого локального сервера задано конечное множество вариантов $r = 1, 2, \dots, l$, учитывающих тип ЭВМ. В каждом пункте может быть размещено не более одного локального сервера, т.е.

$$\sum_{r=1}^l y_{jr} = 1, \quad (2.1)$$

где $y_{jr} = \begin{cases} 1, & \text{если в пункте } j^* \text{ организуется СС } r\text{-го варианта,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$.

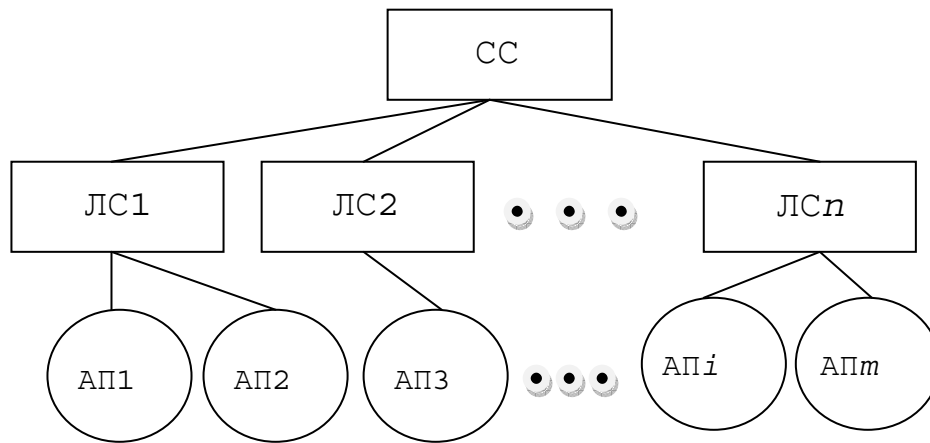


Рис. 2.1. Структурная схема КТС вычислительной сети

Для структуры комплекса технических средств с одним сетевым сервером (СС) справедливо ограничение

$$\sum_{j^*=1}^n \sum_{r=1}^l y_{j^*r}^0 = 1, \quad (2.2)$$

где $y_{j^*r}^0 = \begin{cases} 1, & \text{если в пункте } j^* \text{ организуется СС } r\text{-го варианта,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$,

Пусть общее количество ЛС не должно превышать заданного числа p

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^l y_{jr} \leq p. \quad (2.3)$$

Ограничение в структуре заключается в том, что каждый абонент может подключаться только к одному локальному серверу

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = 1, \quad (2.4)$$

где $z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й абонент подключен к } j\text{-му ЛС,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$
 $i = 1, 2, \dots, m.$

Каждый из абонентских пунктов характеризуется требуемой пропускной способностью v_{ij} сигнала передачи информации между i -м абонентом и j -м локальным сервером.

Допустим, что j -й ЛС, выполненный в r -м варианте, характеризуется эквивалентной вычислительной мощностью w_{jr} (размерность совпадает с v_{ij}).

Требуемые ресурсы j -го ЛС на обработку информации w_{jr} пропорциональны сумме требуемых пропускных способностей каналов передачи информации, соединяющих данный локальный сервер с абонентскими пунктами. Тогда суммарная мощность всех ЛС должна быть не менее

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq \sum_{r=1}^l w_{jr} y_{jr} \quad (j \in N), \quad (2.5)$$

где $x_{ij} = \begin{cases} v_{ij}, & \text{если } i\text{-й АП соединен с } j\text{-м ЛС,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (2.6)$

Информация на сетевой сервер поступает от локального сервера по каналам передачи информации с требуемой пропускной способностью v_{jj^*} . Требуемые ресурсы СС на обработку информации пропорциональны сумме требуемых пропускных способностей каналов передачи информации, соединяющих локальный сервер с сетевым сервером. Тогда необходимая мощность СС w^0 , который может быть размещен в одном из n пунктов возможного размещения СС, должна быть не менее

$$\sum_{j=1}^n \sum_{j^*=1}^n x_{jj^*} \leq \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^i w_{jr}^0 y_{j^*r}^0, \quad (2.7)$$

где $x_{jj^*} = \begin{cases} v_{jj^*} & \text{если СС размещен в } j\text{-м месте,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$

Задача синтеза состоит в распределении абонентов между локальными серверами, в определении числа ЛС, пунктов размещения и выбора варианта укомплектования каждого вычислительного центра по минимуму критерия:

$$\begin{aligned}
F = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ij} + S_{ij}) x_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{j^*=1}^n (C_{jj^*} + S_{jj^*}) x_{jj^*} + \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^l C_{jr} y_{jr} + \\
& + \sum_{j^*=1}^n \sum_{r=1}^l C_{j^*r}^0 y_{j^*r}^0 \rightarrow \min .
\end{aligned} \tag{2.8}$$

где C_{ij} – приведенные затраты на обмен информацией между i -м абонентским пунктом и j -м локальным сервером;

C_{jj^*} – приведенные затраты на обмен информацией между i -м локальным сервером и сетевым сервером, расположенным по j^* адресу;

S_{ij}, S_{ij^*} – приведенные затраты на обработку информации соответственно в локальном сервере и сетевом сервере;

$C_{jr}, C_{j^*r}^0$ – капитальные затраты на реализацию r -го варианта соответственно локального сервера в j -м, а сетевого сервера в j^* пунктах.

Первое слагаемое критерия отражает затраты на обработку и обмен информации в локальных серверах, размещенных по j -м адресам, к которым подключены абонентские пункты, размещенные по i -м адресам.

Второе слагаемое критерия отражает затраты на обработку и обмен информации в сетевом сервере, размещенном по j^* адресу, к которому подключены локальные серверы, размещенные по j -м адресам.

Третье и четвертое слагаемые представляют собой капитальные затраты на реализацию r -го варианта локальных серверов в пунктах j и сетевого сервера в пункте j^* .

Синтез иерархической структуры комплекса технических средств относится к числу задач целочисленного программирования с булевыми переменными

$$y_{jr}, y_{j^*r}, z_{jr}, x_{ij} = V_{ij} z_{ij}. \tag{2.9}$$

Для решения задачи можно использовать комбинаторные алгоритмы (аддитивный алгоритм Балаша) и др.

Пример. Синтезировать структуру 3-уровневой вычислительной сети (ВС) при следующих исходных данных: множество абонентских пунктов $M = (A_i), i = 1, 2, 3, 4, 5$; множество пунктов размещения локальных серверов $N = (L_j), j = 1, 2, 3$; общее количество локальных серверов не должно превышать $p = 2$; множество вариантов выполнения серверов $r = 1$.

Каждый абонент может подключаться только к одному локальному серверу. Сетевой сервер размещается в одном из пунктов размещения локального сервера.

Пропускная способность абонентских каналов передачи информации V_{jj^*} приведена в табл. 2.1. Локальные серверы характеризуются вычислительной мощностью (в условных единицах), которая зависит от места расположения ЛС: $w_1 = 9$, $w_2 = 7$, $w_3 = 15$.

Пропускная способность каналов передачи информации от локального сервера к сетевому (в условных единицах) зависит от места их расположения и равна: $V_{11^*} = 10$, $V_{22^*} = 20$.

Мощность сетевого сервера зависит от выбора места расположения и равна (в условных единицах) $w_1^0 = 30$, $w_2^0 = 20$, $w_3^0 = 25$.

Распределить абонентские пункты между локальными серверами, определить пункты расположения локальных серверов и место расположения сетевого сервера по минимуму эксплуатационных и капитальных затрат ВС (2.8). Приведенные эксплуатационные затраты на обмен информацией по каналам связи C_{ij} , C_{jj^*} , на обработку информации в серверах S_{ij} , S_{ij^*} , приведенные капитальные затраты на реализацию серверов в различных пунктах расположения C_{jr} , $C_{j^*r}^0$ даны в табл. 2.2 – 2.6.

Задачу решаем методом перебора. Оценим число возможных вариантов перебора решений задачи, используя формулу вычисления числа

сочетаний $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$. Число вариантов подключения 5 АП к локальным серверам равно $C_5^1 + C_5^2 + C_5^3 + 2C_5^5 = 32$. Число вариантов размещения 2 ЛС по 5 адресам равно: $C_5^2 = 10$. Число вариантов размещения одного СС по двум адресам равно: $C_2^1 = 2$.

Фактическое число перебора вариантов ограничивается необходимостью согласования мощностей локальных серверов, располагаемых по адресам, и мощностей абонентских пунктов (2.5).

Таблица 2.1. Пропускная способность каналов V_{jj^*}

$i \setminus j$	1	2	3
1	3	3	3
2	5	5	5
3	4	4	4
4	4	4	4
5	5	5	5

Таблица 2.2. Затраты C_{ij}

$i \setminus j$	1	2	3
1	3	4	5
2	5	6	7
3	6	5	4
4	6	5	4
5	6	5	5

Таблица 2.3. Затраты C_{jj^*}

$j \setminus j^*$	1	2	3
1	9	10	11
2	8	7	9
3	15	16	16

Таблица 2.4. Затраты S_{ij}

$i \setminus j$	1	2	3
1	1,5	2	2,5
2	2,5	3	3,5
3	3	2,5	2
4	3	2,5	2
5	3	2,5	2,5

Таблица 2.5. Затраты S_{ij^*}

$j \setminus j^*$	1	2	3
1	4,5	5	5,5
2	4	3,5	4,5
3	7,5	8	8

Таблица 2.6. Затраты C_{jr} и $C_{j^*r}^0, r=1$

j	1	2	3
$C_{jr}, r=1$	9	10	15
$C_{j^*r}^0, r=1$	24	23	25

К первому локальному серверу мощностью $w_1 = 9$, расположенному по адресу $j = 1$, можно подключить АП1 и АП2: $x_{1,1} = 3, x_{2,1} = 5$, т.к. $(3+5) < 9$.

Ко второму локальному серверу, расположенному по адресу $j = 3$, мощностью $W_3 = 15$ можно подключить остальные АП: $x_{3,3} = 4, x_{4,3} = 4, x_{5,3} = 5$, т.к. $(4+4+5) < 15$.

Сетевой сервер размещаем по адресу $j^*=1$ с учетом согласования его мощности $w_1^0 = 30$ (в условных единицах) с мощностями подключаемых ЛС1 $w_1 = 9$ и ЛС2 $w_3 = 15$ (2.7): $(9+15) < 30$. Структурная схема разработанной вычислительной сети приведена на рис. 2.2.

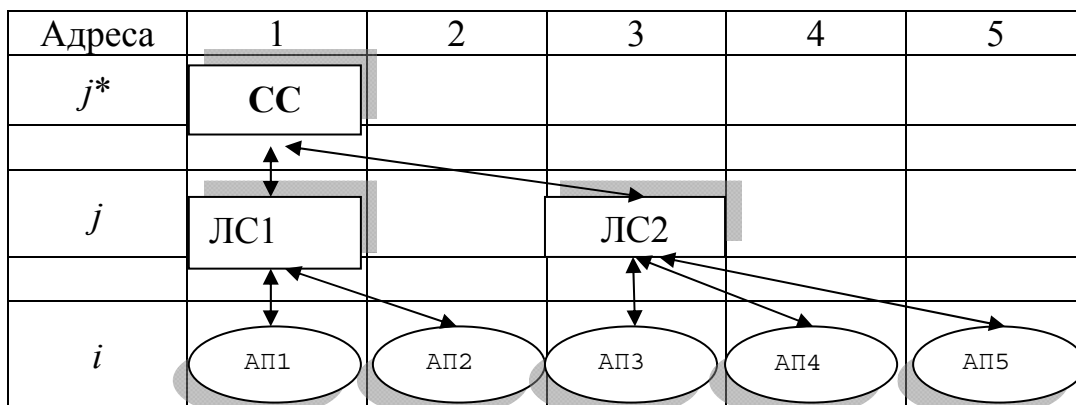


Рис. 2.2. Структурная схема вычислительной сети

Варианты заданий к практическим занятиям

Варианты заданий приведены в табл. 2.7. Вариант выполнения серверов принять равным $r = 1$.

Таблица 2.7. Варианты заданий разработки структурных схем ВС

Номер варианта	Множество абонентских пунктов $M = (АPi), i = 1, 2, 3, 4, 5$	Множество пунктов размещения локальных серверов $N = (ЛСj), j = 1, 2, 3$	Количество локальных серверов
1	$i = 1, 2, 3, 4, 5$	$j = 1, 2, 3$	3
2	$i = 1, 2, 3, 4$	$j = 1, 2, 3$	2
3	$i = 1, 2, 3, 5$	$j = 1, 2, 3$	2
4	$i = 1, 2, 4, 5$	$j = 1, 2, 3$	2
5	$i = 1, 3, 4, 5$	$j = 1, 2, 3$	2
6	$i = 2, 3, 4, 5$	$j = 1, 2, 3$	2
7	$i = 2, 3, 4, 5$	$j = 1, 2, 3$	3
8	$i = 1, 3, 4, 5$	$j = 1, 2, 3$	3

Контрольные вопросы

1. Что понимается под синтезом информационных систем? Цели синтеза информационной системы.
2. Какую последовательность решения задач включает структурный синтез?
3. Какими моделями описывается процесс формирования каждого варианта новой информационной системы?
4. Особенности задач синтеза информационных систем.
5. Принципы существования и действия сложных информационных систем?
6. В чем сущность структурного синтеза информационной системы и его цель?

Занятие 3. СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Синтез функциональной структуры информационной системы (ИС) включает в себя распределение решаемых задач (операций управления) по подсистемам и уровням организационной структуры [3]. Наиболее распространенный количественный критерий объединения решаемых организацией задач в подсистемы связан с понятием «близости» решаемых задач и

выполняемых операций. Близость может выражаться в том, что решение одной из них невозможно без решения другой. Задачи могут считаться близкими вследствие принадлежности к одной и той же теме или в связи с использованием при выполнении одних и тех же ресурсов. Близость может оцениваться также по величине потока информации, которой обмениваются подразделения, или по степени изменения взаимосвязей по времени.

Объединение в одну подсистему наиболее близких задач облегчает управление ходом решения задач внутри самих подсистем и координацию деятельности подсистем в целом. Если в подсистему объединяются наиболее связанные задачи, то объем информации, которым обмениваются подсистемы, значительно сокращается. Благодаря этому уменьшается время, затрачиваемое на обмен информацией, упрощается координация деятельности подсистем.

Решаемые задачи (операции) связаны между собой. Связь операций удобно представить графом $\Gamma^1(E, H^1)$ без петель, множество вершин которого E соответствует задачам e_1, e_2, \dots, e_n , а каждая дуга h'_{ij} множества H^1 указывает на то, что выход операции e_i является входом операции e_j .

Задача синтеза функциональной структуры состоит в разбиении множества операций E на n независимых подмножеств:

$$E_1, E_2, \dots, E_n, \quad (3.1)$$

где $E_i \in E$ и $E_i \cap E_j = 0$ для $i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$, и $\bigcup_{i=1}^{i=n} E_i = E$.

Задача состоит в том, чтобы получить разбиение, которое минимизирует функцию

$$\sum_{i=1}^n C(E_i) \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

где $C(E_i)$ – функция, определенная на множестве разбиений $E_i, i = 1, 2, \dots, n$.

Разбиение системы E на подмножества E_1, E_2, \dots, E_n может проводиться при различных критериях разбиения. При этом близость операции e_i к e_j будем характеризовать величиной m_{ij} , где m_{ij} – значение потока по дуге h_{ij} графа Γ^1 , измеряемое объемом информации или количеством связей.

Можно выделить два принципа декомпозиции:

- 1) разложение переменных;
- 2) разложение ограничений.

Разложение систем на несколько относительно автономных подсистем приводит к необходимости создания координирующего органа. Фор-

мальными способами воздействия координирующего органа могут служить плата за взаимодействие, фиксирование взаимодействий, оценки и предсказания взаимодействий.

Рассмотрим матричную модель производственной системы, представленную ресурсным графом $\Gamma^2 = (E \cup V, H^2)$, в котором E – множество видов продукции, V – множество вершин, представляющие источники ресурсов, H^2 – множество дуг. Каждая дуга h^2_{ki} показывает, что для изготовления e_i продукции требуются ресурсы k -го типа V_k . Используемые ресурсы в системе ограничены

$$AX \leq U; \quad X \geq 0, \quad (3.3)$$

где A – матрица затрат ресурсов (a_{ki} – затраты ресурса k -го вида на изготовление продукции i -го вида);

X – вектор-столбец, множество видов выработанной продукции (x_i – количество выработанной продукции i -го вида);

U – вектор-столбец с ресурсными ограничениями;

C – вектор-строка стоимости продукции (или прибыли).

Задача состоит в том, чтобы получить разбиение, которое максимизирует функцию

$$CX \rightarrow \max. \quad (3.4)$$

Дана квазиблочная матрица:

$$\left| \begin{array}{c|c} A_1 & A_i \\ \hline A_k & a_{ki} \\ \hline A_2 & \end{array} \right| * \left| \begin{array}{c} x_1 \\ x_i \\ x_2 \end{array} \right| \leq \left| \begin{array}{c} u_1 \\ u_k \\ u_2 \end{array} \right|, \quad (3.5)$$

где A_1, A_2, A_k и A_i – подматрицы (блоки) матрицы A ;

x_1, x_2, u_1, u_2 – вектор-столбцы;

a_k – вектор-строка.

Для того чтобы матрица A распалась на две независимые подматрицы, воспользуемся принципом разложения переменных. По этому принципу подразделения минимизируемой структуры объединяются в соответствии с типом используемых ими ресурсов (т.е. по функциональному признаку). При декомпозиции применяется разложение переменных x_i на x_i' и x_i'' . Получаются два независимых подразделения: первое оптимизирует x_1 и x_i' при ограничениях

$$\left| \begin{array}{c|c} A_1 & A_i \\ \hline \end{array} \right| * \left| \begin{array}{c} x_1 \\ x_i' \end{array} \right| \leq u_1, \quad (3.6)$$

второе – x_2 и x_i'' при ограничениях

$$\begin{vmatrix} a_k & A_k \\ 0 & A_2 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} x_i'' \\ x_2 \end{vmatrix} \leq \begin{vmatrix} u_k \\ u_2 \end{vmatrix}. \quad (3.7)$$

Координирующий орган воздействует на подсистемы таким образом, чтобы

$$x_i' + x_i'' = x_i. \quad (3.8)$$

Иллюстрацией модели систем (3.3) и (3.4) может служить управляющий орган, выполняющий функцию планирования, формализуемую в виде задачи линейного программирования, имеющую матрицу условий рассматриваемого вида, например задач планирования выпуска продукции предприятием.

Пример 3.1 Дана квазиблочная матрица (3.5), состоящая из блоков A_1, A_2, A_k и A_i . Разделить матрицу A на две независимые подматрицы $\begin{vmatrix} A_1 & A_i \\ 0 & A_2 \end{vmatrix}$ и $\begin{vmatrix} A_k & a_{ki} \\ 0 & A_2 \end{vmatrix}$ где:

$$A_1 = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 & 5 \\ 3 & 5 & 3 & 5 & 1 \\ 1 & 2 & 5 & 3 & 3 \end{vmatrix} \quad A_2 = \begin{vmatrix} 10 & 8 & 10 & 0 \\ 9 & 11 & 0 & 9 \\ 8 & 0 & 12 & 8 \\ 0 & 9 & 8 & 13 \end{vmatrix} \quad A_k = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 3 \end{vmatrix}$$

$$A_i = \begin{vmatrix} 4 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 3 \end{vmatrix} \quad a_k = \begin{vmatrix} 6 & 8 & 7 & 9 \end{vmatrix} \quad U_1 = \begin{vmatrix} 100 \\ 200 \\ 300 \end{vmatrix} \quad U_2 = \begin{vmatrix} 700 \\ 500 \\ 500 \\ 600 \end{vmatrix} \quad U_k = \begin{vmatrix} 100 \\ 400 \end{vmatrix}$$

Множество видов продукции, подлежащее производству двумя цехами предприятия, представлено транспонированными матрицами:

$$x_1^T = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \end{vmatrix}$$

$$x_i^T = \begin{vmatrix} x_{i1} & x_{i2} & x_{i3} & x_{i4} & x_{i5} & x_{i6} \end{vmatrix}$$

$$x_2^T = \begin{vmatrix} x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \end{vmatrix}.$$

Стоимость производимой продукции задана вектор-строками:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \begin{vmatrix} 10 & 15 & 20 & 25 & 10 \end{vmatrix} \\
 C_i &= \begin{vmatrix} 10 & 15 & 20 & 40 & 30 & 25 \end{vmatrix} \\
 C_2 &= \begin{vmatrix} 5 & 15 & 25 & 35 \end{vmatrix}.
 \end{aligned}$$

Максимальное значение стоимости выпускаемой продукции (3.4) должно достигаться за счет оптимального планирования выпуска продукции x_1 , x_i , x_2 двумя цехами. При этом должны выполняться ограничения (3.5), накладываемые запасами сырья:

	A_1					A_i														
5	1	0	0	5	4	0	1	1	0	0					x_1	}	x_{11}			
3	5	3	5	1	1	4	0	4	0	0							x_{12}			
1	2	5	3	3	0	1	4	0	0	0					x_{13}					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 2	0 0	0 0	x_i	}	x_{14}				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 3	6 8	7 9			x_{i1}				
											10 8	10 0	x_2	}	x_{15}					
											9 11	0 9			x_{i2}					
											8 0	12 8	x_{i3}							
											0 9	8 13	x_{i4}							
											10 8	10 0	x_{i5}							
											9 11	0 9	x_{i6}							
											8 0	12 8	x_{21}							
											0 9	8 13	x_{22}							
											10 8	10 0	x_{23}							
											9 11	0 9	x_{24}							
											8 0	12 8								
											0 9	8 13								

100

200

300

100

400

700

500

500

600

≤

U_1

U_k

U_2

Для разделения матрицы A на две независимые подматрицы координирующий орган должен распределить выпуск продукции x_i по двум цехам таким образом, чтобы выполнялось соотношение (3.8).

При этом суммарная стоимость выпускаемой продукции двумя цехами должна быть максимальной.

Рассмотрим случай координации планирования выпуска продукции, таким образом, при котором первый цех будет выпускать часть продукции x_i' , а второй – x_i'' , при котором:

$$x_i' = \begin{vmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \\ x_{i3} \\ x_{i4} \end{vmatrix} \quad x_i'' = \begin{vmatrix} x_{i5} \\ x_{i6} \end{vmatrix}$$

Получаются две независимые задачи математического программирования: первая оптимизирует x_1 и x_i' при ограничениях (3.6):

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 5 & 1 & 0 & 0 & 5 \\ \hline 3 & 5 & 3 & 5 & 1 \\ \hline 1 & 2 & 5 & 3 & 3 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 4 & 0 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 4 & 0 & 4 \\ \hline 0 & 1 & 4 & 0 \\ \hline \end{array} * \begin{array}{|c|} \hline x_{11} \\ \hline x_{12} \\ \hline x_{13} \\ \hline x_{14} \\ \hline x_{15} \\ \hline x_{i1} \\ \hline x_{i2} \\ \hline x_{i3} \\ \hline x_{i4} \\ \hline \end{array} \leq \begin{array}{|c|} \hline 100 \\ \hline 200 \\ \hline 300 \\ \hline \end{array}$$

Критерий оптимизации, отражающий стоимость выпускаемой продукции первым цехом, должен быть максимальным:

$$C_1 = 10x_{11} + 15x_{12} + 20x_{13} + 25x_{14} + 10x_{15} + 10x_{i1} + 15x_{i2} + 20x_{i3} + 40x_{i4}.$$

В результате решения первой задачи целочисленного программирования (при целочисленных данных x) получили следующий план производства продукции первым цехом:

$$x_1^T = (0, 0, 12, 0, 0), \quad x_i' = (0, 0, 59, 41).$$

При этом стоимость выпускаемой продукции первым цехом составит $C_1 = 3060$ усл. д.е.

Вторая задача оптимизирует производство товаров x_2 и x_i'' при ограничениях (3.7):

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 4 & 3 & 6 & 8 & 7 & 9 \\ \hline 0 & 0 & 10 & 8 & 10 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 9 & 11 & 0 & 9 \\ \hline 0 & 0 & 8 & 0 & 12 & 8 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 9 & 8 & 13 \\ \hline \end{array} * \begin{array}{|c|} \hline x_{i5} \\ \hline x_{i6} \\ \hline x_{21} \\ \hline x_{22} \\ \hline x_{23} \\ \hline x_{24} \\ \hline \end{array} \leq \begin{array}{|c|} \hline 100 \\ \hline 400 \\ \hline 700 \\ \hline 500 \\ \hline 500 \\ \hline 600 \\ \hline \end{array}$$

Критерий оптимизации, отражающий стоимость выпускаемой продукции вторым цехом, должен быть максимальным:

$$C_1 = 30x_{i5} + 25x_{i6} + 5x_{21} + 15x_{22} + 25x_{23} + 35x_{24}.$$

В результате решения второй задачи целочисленного программирования (при целочисленных данных x) получили следующий план производства продукции вторым цехом:

$$x_i'' = (1, 99), \quad x_2 = (0, 0, 0, 22).$$

При этом стоимость выпускаемой продукции вторым цехом составит

$$C_2 = 3275 \text{ усл. д.е.}$$

Общая стоимость выпускаемой продукции предприятием равна

$$C_1 + C_2 = 3060 + 3275 = 6335 \text{ усл. д.е.}$$

3.1. Варианты заданий к практическим занятиям

Составить план производства продукции предприятия, обеспечивающий максимальную стоимость выпускаемой продукции при имеющихся ограничениях запаса сырья за счет оптимального планирования производства продукции $x_i' + x_i'' = x_i$ двумя цехами предприятия. Возможное число вариантов плана $C_6^2 = 6! / \{2!(6-2)!\} = 15$. Варианты заданий даны в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Варианты заданий для решений

Варианты задания	Планирование производства цехами	
	Первый цех	Второй цех
1	$x_1, x_{i1} - x_{i4}$	x_{i5}, x_{i6}, x_2
2	$x_1, x_{i1} - x_{i3}, x_{i6}$	x_{i4}, x_{i5}, x_2
3	$x_1, x_{i1} - x_{i3}, x_{i5}$	x_{i4}, x_{i6}, x_2
4	$x_1, x_{i2} - x_{i4}, x_{i5}$	x_{i1}, x_{i6}, x_2
5	$x_1, x_{i2} - x_{i4}, x_{i6}$	x_{i1}, x_{i5}, x_2

Для указанного варианта разработать план выпуска продукции с учетом ограничений, накладываемых производственными мощностями цехов. Цех не может выпускать более 20 штук изделий каждого вида в планируемый период времени.

Сопоставить результаты решений планирования производства без учета и с учетом производственных мощностей.

3.2. Решение задачи оптимального распределения функций по подсистемам АСУ

При определении оптимального распределения функций по подсистемам АСУ исходными являются:

- 1) выполняемые системой функции, формализованные в виде множества решаемых задач;
- 2) множество возможных алгоритмов решения задач;
- 3) множество подсистем АСУ;
- 4) потребность в вычислительных ресурсах по всем задачам и алгоритмам решения.

Задача выбора оптимальной структуры ставится как нелинейная задача математического программирования

$$\begin{aligned}
 &F_0(x_{ijk}) \rightarrow \min; \\
 &F_n(x_{ijk}) \leq B_n \quad n=1, 2, \dots, m; \\
 &\sum_{jk} x_{ijk} = 1 \quad (i=1, 2, \dots, n).
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

где x_{ijk} – булева переменная, равна единице, если функциональная задача i решается с помощью алгоритма k в j -й подсистеме, и равна нулю в противном случае;

F_0 – критериальная функция, определяет требуемые вычислительные ресурсы для решения заданного множества задач в АСУ;

F_n – ограничения вычислительных ресурсов, выделенных для подсистем.

Модель позволяет учитывать такие характеристики эффективности вариантов структуры системы, как стоимость, оперативность, надежность и др. Разработанные методы дают решение задачи синтеза структуры АСУ в случае аддитивных функций. Оптимальную структуру определяют при ограничениях на ресурсы, загрузку ТС, на своевременное решение задач и т.д.

Пример 3.2. Определить оптимальное распределение задач по подсистемам АСУ при исходных данных, приведенных в табл. 3.2 и 3.3. В качестве критерия выбрать суммарную величину требуемых вычислительных ресурсов.

Таблица 3.2. Варианты решения задач разными алгоритмами

k	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5
$k1$	1	0	1	0	0
$k2$	0	1	1	0	0
$k3$	0	0	0	1	0
$k4$	1	1	0	0	0
$k5$	0	0	0	1	1
$k6$	0	0	1	0	1
$k7$	0	1	0	0	1

Таблица 3.3. Ресурсная матрица

k	j_1	j_2	j_3
$k1$	500	200	700
$k2$	600	1000	400
$k3$	600	700	500
$k4$	300^2	400	500
$k5$	200^{45}	1000	600
$k6$	1000	400	1000
$k7$	600	1000	1000

Задачи аддитивные, при этих условиях минимальное значение критерия достигается при выборе по ресурсной матрице подсистем, в которых реализация выбранного алгоритма решения задачи требует минимальных вычислительных ресурсов.

Задача решается с использованием методов целочисленного программирования с булевыми переменными i, k, j . В рассматриваемом примере решение получено методом перебора (табл. 3.4).

Таблица 3.4. Результаты решения задачи 3.2

Задача	Алгоритм решения	Подсистема	Требуемые ресурсы
i_1	k_1	j_2	200
i_2	k_4	j_1	300
i_3	k_1	j_2	200
i_4	k_5	j_1	200
i_5	k_5	j_1	200
Итого:	-	-	1100

3.3. Задание к самостоятельной работе

Определить оптимальное распределение задач из примера 3.2 при дополнительных ограничениях:

- в подсистемах не может быть больше двух задач;
- задачи i_1 и i_2 должны быть в одной подсистеме;
- задачи i_2 и i_3 должны решаться с использованием одного и того же алгоритма и находиться в одной подсистеме.

Контрольные вопросы

1. Каковы задачи синтеза функциональной структуры системы?
2. Какие критерии объединения в подсистемы решаемых организацией задач вы можете назвать?
3. Синтез функциональной структуры на графовых моделях.
4. Разбиение системы E на подмножества E_i . Перечислите принципы декомпозиции.
5. Квазиблочная матрица, принципы разбиения ее на несвязанные блоки.

6. Каково влияние производственных мощностей на планирование выпуска продукции и величину стоимости выпускаемой продукции?

7. Сформулируйте задачи оптимального распределения функций по подсистемам АСУ.

Занятие 4. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

4.1. Принципы и подходы к построению моделей систем.

Этапы построения моделей

В современных исследованиях очень широко используются методы моделирования. Суть их заключается в том, что реальные объекты исследования, особенно если они недоступны или если нельзя вмешиваться в их функционирование, заменяются соответствующими моделями, пользуясь которыми можно провести эксперимент, изучать их поведение при изменениях параметров внешней и внутренней среды.

Модель – это копия реального объекта, обладающая его основными характеристиками и способная имитировать его поведение.

Особенностью модели является то, что она находится всегда в определенном отношении с реальным объектом. Это значит, что она до определенных пределов может замещать изучаемый объект. И пределы эти должны быть известны и учитываться в оперировании моделями. Модель – это всегда упрощенное отражение объекта. Очень часто необходимо намеренное упрощение действительности модели, чтобы выделить главное, «отсечь» от второстепенного, случайного, преходящего. Можно использовать целую совокупность моделей одного и того же объекта, каждая из которых отличается степенью сложности и составом учитываемых характеристик.

Модель должна соответствовать некоторым требованиям:

1) достаточно полно отражать особенности и сущность исследуемого объекта, чтобы можно было замещать его при исследовании;

2) представлять объект в упрощенном виде, но с допустимой степенью простоты для данного вида и цели исследования;

3) давать возможность перехода от модельной информации к реальной. Это должно быть учтено в правилах построения модели.

В исследовании управления часто используются компьютерные модели [4]. Они могут быть представлены в виде структуры системы управления, технологической схемы процесса управления, комплекса характе-

ристик управления, факторов, влияющих на эффективность управления, структуры информации, взаимодействия функций управления и пр.

Модель изучаемой системы в самом общем виде можно представить в виде зависимости

$$E = f(X, Y). \quad (4.1)$$

где E – некоторый количественный показатель эффективности системы в плане достижения цели ее существования, будем называть его критерием эффективности;

X – управляемые переменные системы – те, на которые мы можем воздействовать, или управляющие воздействия;

Y – неуправляемые, внешние по отношению к системе воздействия; их иногда называют состояниями природы.

Заметим, прежде всего, что возможны ситуации, в которых нет никакой необходимости учитывать состояния природы. Так, например, решается стандартная задача размещения запасов нескольких видов продукции и при этом можем найти E вполне однозначно, если известны значения X_i и, кроме того, некоторая информация о свойствах анализируемой системы.

В таком случае принято говорить о принятии управляющих решений или о стратегии управления в условиях определенности.

Если же с воздействиями окружающей среды, с состояниями природы мы вынуждены считаться, то приходится управлять системой в условиях неопределенности или, еще хуже, при наличии противодействия.

При построении моделей руководствуются следующими принципами:

- адекватности;
- соответствия модели решаемой задаче;
- упрощения при сохранении существенных свойств;
- соответствия между точностью и сложностью модели;
- баланса погрешностей;
- многовариантности реализаций элементов модели;
- блочного строения.

Этапы построения математических моделей приведены на рис. 4.1. Для уменьшения сложности разработанной модели можно пользоваться следующими рекомендациями:

- изменение числа переменных;
- изменение природы переменных;
- изменение функциональной зависимости между переменными;

- изменение ограничений;
- ограничение точности моделей и др.



Рис. 4.1. Этапы построения математических моделей

В качестве примера приведем модель структуры общего менеджмента предприятия (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Модель структуры общего менеджмента предприятия

4.2. Моделирование информационных систем. Принципы и последовательность моделирования

Моделирование – это замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом или другим объектом (моделью) и изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели.

Использование математических моделей может быть весьма эффективным в проведении исследования информационных систем, однако следует иметь в виду, что методы исследования только в совокупности и комплексе дают ощутимый эффект и действительный результат. Моделирование наиболее эффективно тогда, когда исследователь имеет дело с хорошо структурированными проблемами, когда достаточно информации для оценки ситуаций и проблем, когда отработана методология работы с моделями.

Целями моделирования являются проверка разных аспектов функционирования системы, ее устойчивости по отношению к внешним факторам и оценка эффективности (по функциональному и физическому критерию) ее функционирования в разных условиях работы. Отработка модели включает создание всего оценочного аппарата. Моделирование позволяет повысить эффективность системы (по физическому критерию) путем дополнительного изменения ее морфологии и функциональных свойств. На основании результатов моделирования делается вывод о переходе к следующему этапу разработки системы или уточнения требований.

При моделировании систем необходимо выполнять следующие принципы:

- осуществимости;
- параметризации;
- информационной достаточности;
- множественности;
- принцип агрегирования.

Постановка любой задачи заключается в том, чтобы перевести ее словесное (вербальное) описание в формальное.

Аналитическое моделирование основано на косвенном описании моделируемого объекта с помощью математических формул. Рассмотрим пример моделирования вычислительного процесса с использованием аналитического описания.

Моделирование вычислительных процессов и обслуживания вычислительных задач

Процесс обработки данных в информационной технологии преследует определенную цель – решение с помощью ЭВМ вычислительных задач, отображающих функциональные задачи той системы, в которой ведется управление. Для реализации этой цели должны существовать модели обработки данных, соответствующие алгоритмы управления и воплощенные в машинных программах [3]. При организации и планировании процесса обработки данных в вычислительной системе (ВС) возможны различные методы организации и обслуживания очередей заданий. При этом преследуется цель получения лучших значений таких показателей, как производительность, загруженность ресурсов, малое время простоя, высокая пропускная способность, разумное время ожидания в очереди заданий.

В вычислительной системе моменты появления заданий считаются случайными и случайным является момент окончания вычислительной обработки. Поэтому при проектировании пользуются статистическими данными о среднем количестве поступающих заявок в единицу времени на обработку в ВС, а также о среднем времени решения одной задачи. Эти данные позволяют рассматривать процедуру организации ВП с помощью теории систем массового обслуживания [5]. ОВП можно представить схемой, приведенной на рис. 4.3.

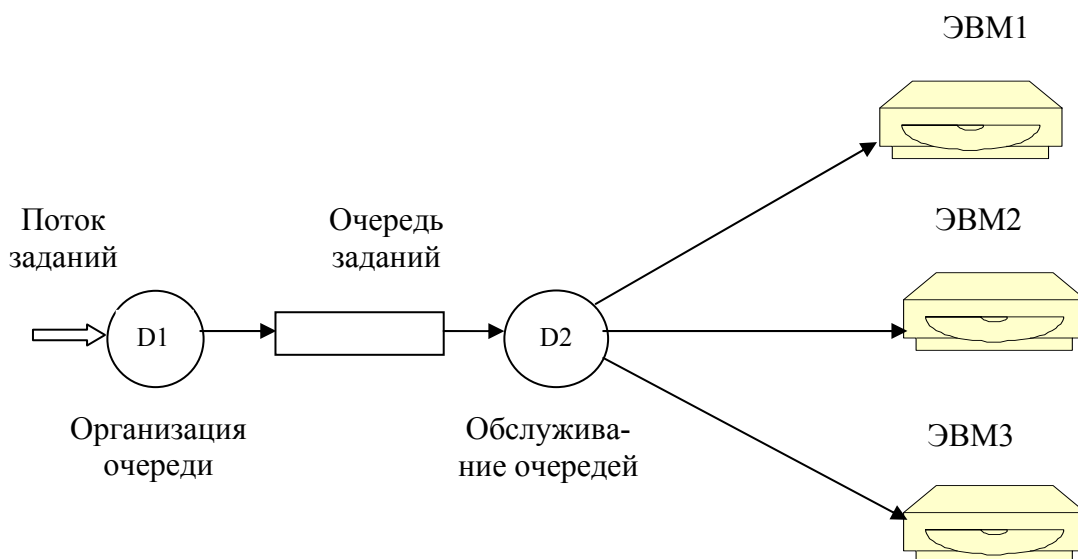


Рис. 4.3. Организация обслуживания заданий в многомашинной ВС

Такая схема может быть охарактеризована как система с дискретными состояниями и непрерывным временем. Под дискретным состоянием понимается то, что в любой момент времени система может находиться только в одном состоянии. Число состояний ограничено. Под непрерывным временем подразумевают, что границы перехода из одного состояния в другое не фиксированы. Состояние системы характеризуется числом заданий в очереди плюс число заданий, обрабатываемых ЭВМ. Очередь уменьшается, когда ЭВМ заканчивает обработку задания. Число заданий в системе растет благодаря потоку заданий.

Поток заданий характеризуется интенсивностью λ – средним количеством заданий, поступающим в единицу времени. Среднее время обслуживания одного задания ЭВМ определяет интенсивность потока обслуживания μ

$$\mu = 1/t_{\text{обсл}}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{обсл}}$ – среднее время обработки одного задания.

Рассмотрим модель обслуживания вычислительных заданий (см. рис. 4.3), введя следующие предположения:

- в системе протекают марковские случайные процессы;
- потоки событий (появление заданий, окончание их обработки) являются простейшими;
- число заданий в очереди не ограничено, но конечно.

Случайный процесс, протекающий в системе, называется марковским. Простейший поток событий характеризуется стационарностью (независимость параметров во времени), ординарностью (события в потоке появляются поодиночке) и «беспоследствием» (появляющиеся события не зависят друг от друга).

Обозначим состояния рассматриваемой системы:

S_0 – в системе нет заданий;

S_1 – в системе одно задание и оно обрабатывается на ЭВМ1;

S_n – в системе n заданий и они обрабатываются на ЭВМ1, ЭВМ2, ..., ЭВМ n ;

S_{n+1} – в системе $(n+1)$ задание, n заданий обрабатываются на ЭВМ и одно задание стоит в очереди;

S_{n+m} – в системе $(n+m)$ заданий, n заданий обрабатываются на ЭВМ и m заданий стоят в очереди.

Рост числа заявок в системе происходит под воздействием их потока с интенсивностью λ , а уменьшение – под воздействием потока обслужива-

ния с интенсивностью μ . Размеченный граф состояний системы приведен на рис. 4.4.

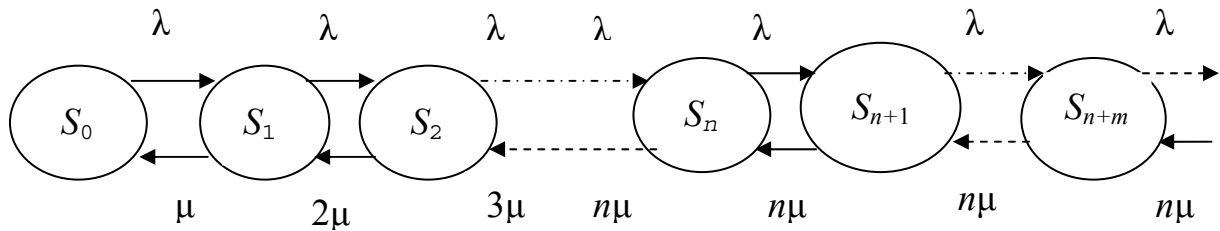


Рис. 4.4. Граф состояний многоканальной системы обслуживания с неограниченной очередью

Дискретная система в любой момент времени может находиться только в одном состоянии, поэтому

$$\sum_{i=1}^k P_i(t) = 1, \quad (4.3)$$

где k – число возможных состояний системы.

В процессе работы реальные вычислительные системы быстро достигают установившегося режима. Тогда вероятности состояний не будут зависеть от времени. Для вычисления финальных вероятностей используют систему дифференциальных уравнений Колмогорова, которые превращаются в систему алгебраических уравнений. На основе графа (см. рис. 4.4) может быть записана следующая система алгебраических уравнений [5]:

$$\begin{aligned} \lambda P_0 &= \mu P_1; \\ (1\mu + \lambda)P_1 &= \lambda P_0 + 2\mu P_2; \\ (2\mu + \lambda)P_2 &= \lambda P_1 + 3\mu P_3; \\ &\dots\dots\dots \\ (n\mu + \lambda)P_n &= \lambda P_{n-1} + n\mu P_{n+1}; \\ (n\mu + \lambda)P_n &= \lambda P_{n-1} + n\mu P_{n+1}; \\ (n\mu + \lambda)P_{n+1} &= \lambda P_n + n\mu P_{n+2}; \\ &\dots\dots\dots \\ (n\mu + \lambda)P_{n+j} &= \lambda P_{n+j-1} + n\mu P_{n+j+1}; \quad j \geq 1. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Финальные вероятности состояний системы в результате решения системы уравнений описываются следующими уравнениями:

$$P_0 = \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \right)^{-1},$$

$$P_i = \frac{\rho^i}{i!} P_0, \quad i=1,2,\dots, n,$$

$$P_{n+j} = \frac{\rho^{n+j}}{n^n n!} P_0, \quad j=1,2,\dots, m,$$
(4.5)

где P_0 – вероятность состояния S_0 , при котором в системе заявок нет;
 $\rho = \lambda/\mu$ – параметр системы, показывающий, сколько в среднем заявок приходит в систему за время обслуживания заявки одним каналом обслуживания;

P_i – вероятность состояния системы S_i , $i = 1, 2, \dots, n$;

P_n – вероятность того, что все ЭВМ заняты обслуживанием заявок;

P_{n+j} – вероятность того, что все n ЭВМ системы заняты обработкой заданий и j заявок стоят в очереди.

Приведенные формулы имеют смысл тогда, когда очередь конечна, т.е. $\rho/n < 1$ или $\lambda/n\mu < 1$. Это выражение говорит о том, что в среднем число заданий, приходящих в вычислительную систему в единицу времени, должно быть меньше числа обрабатываемых заданий в единицу времени всеми ЭВМ системы. При $\rho/n > 1$ очередь растет до бесконечности и такая система не справится с потоком заданий. Тут появляются задания, ожидающие обработки вечно.

Основными показателями эффективности работы системы являются:

- среднее число занятых каналов (ЭВМ)

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} = \rho; \tag{4.6}$$

- среднее число заданий в очереди

$$L_{оч} = \frac{\rho^{n+1} P_0}{n n! (1 - \rho/n)^2}; \tag{4.7}$$

- среднее число заданий в системе

$$L_{сист} = L_{оч} + \bar{k}; \tag{4.8}$$

- среднее время пребывания задания в системе

$$W_{ист} = \frac{L_{сист}}{\lambda}; \tag{4.9}$$

- среднее время пребывания задания в очереди

$$W_{\text{оч}} = \frac{L_{\text{оч}}}{\lambda}. \quad (4.10)$$

Для уменьшения времени пребывания задания в системе, а значит, и в очереди требуется при заданной интенсивности потока заявок либо увеличивать число обслуживающих ЭВМ, либо уменьшить время обслуживания каждой ЭВМ, либо и то и другое вместе.

С помощью теории массового обслуживания можно получить аналитические выражения и при других дисциплинах обслуживания очереди и конфигурациях вычислительной системы.

При немарковских процессах в системе и непростейших потоках аналитические выражения получить трудно. В таких случаях моделирование проводят с помощью метода статистических испытаний (метод Монте – Карло), который позволяет создать алгоритмическую модель, включающую элементы случайности. Путем многократного запуска модели получают статистические данные, обработка которых дает значения финальных вероятностей состояний.

Варианты заданий к практическим занятиям

Рассчитать основные показатели работы многоканальной системы обслуживания с неограниченной очередью при заданной интенсивности потока заявок λ и среднем времени обработки одного задания $t_{\text{обсл}}$.

Вариант задания	Интенсивность потока заявок λ , 1/с	Время обработки одного задания $t_{\text{обсл}}$, с	Количество ЭВМ, n
1	48	0,1	5
2	30	0,1	5
3	30	0,1	4
4	39	0,1	4
5	95	0,05	5
6	75	0,05	4
7	30	0,05	2
8	18	0,1	2

Контрольные вопросы

1. Общее описание моделей. Требования, предъявляемые к моделям.
2. Какими принципами руководствуются при построении моделей?
3. Этапы построения математических моделей, их содержание.
4. Моделирование информационных систем. Цели моделирования.

5. Какие принципы следует выполнять при моделировании систем?
6. Модели систем массового обслуживания. Область применения.
7. Моделирование вычислительных процессов и обслуживания вычислительных задач.
8. Какие предположения принимаются при построении модели обслуживания вычислительных заданий?
9. Построение графа состояний многоканальной системы обслуживания с неограниченной очередью.
10. Вычисление финальных вероятностей состояний многоканальной системы обслуживания.
11. Каковы основные показатели эффективности работы многоканальной системы обслуживания с неограниченной очередью?

4.3. Ситуационное моделирование, или ситуационное управление

Метод ситуационного управления возник в связи с необходимостью моделирования процессов принятия решений в системах с активным элементом (человеком). В его основе лежат три основные предпосылки [6].

Первая предпосылка – это психология, которая начала изучать принципы и модели принятия решений человеком в оперативных ситуациях. Основой построения модели являются понятийные представления об объектах и отношениях между ними, отражающие семантику выделенной сферы деятельности человека (предметной области). В.Н. Пушкин впервые выделил три важные особенности процесса принятия решений: наличие возможности классификации ситуаций в соответствии с типовыми решениями по управлению; принципиальная открытость больших систем; существенная ограниченность языка описания пространства состояний и решений объекта управления.

Второй предпосылкой метода ситуационного управления стали представления, полученные в исследованиях по семиотике – науке о *знаковых системах*. В прикладной семиотике знаки, вариантами которых являются слова, предложения, тексты, стали рассматриваться как системы, замещающие реальные объекты, процессы, события внешнего мира. Совокупности знаков с отношениями между ними, таким образом, стали моделирующими псевдофизическими аналогами реальных систем функционирования и управления.

Третья предпосылка связана с разработками в области *информационно-поисковых систем* и попытками создания формального языка

описания и представления технических наук с целью автоматизации работ по реферированию научных публикаций и организации процессов поиска, хранения и представления информации.

Сформулирована новая кибернетическая концепция управления большими системами в виде метода ситуационного управления. Сущность метода состоит в следующем:

- за основу управления принято понятие *ситуация* как основной объект описания, анализа и принятия решений. Следовательно, необходимы соответствующие средства описания, классификации, обучения и трансформации ситуаций в соответствии с принимаемыми решениями;

- классификация ситуаций обосновывалась существованием исходя из анализа структуры задач управления в больших системах.

Задача принятия решений трактовалась как задача поиска такого разбиения множества ситуаций на классы, при котором каждому классу соответствовало решение, наиболее целесообразное с позиции заданных критериев функционирования. При наличии такого разбиения поиск решения в конкретной ситуации сводился к поиску класса и соотнесения ему решения по управлению. Такая постановка задачи справедлива для систем управления, в которых число потенциально возможных ситуаций (ПВС) существенно превышает (иногда на несколько порядков) число возможных решений по управлению. Этот случай соответствует контекстно-независимому способу вывода решений, когда все множество ПВС разбивается на классы таким образом, чтобы каждому классу в соответствие ставилось решение по управлению.

Важнейшая идея метода – формирование семиотической модели объекта путем обучения принятию решений. При этом рассматривались два режима обучения: экспертом, хорошо знающим исследуемую предметную область, либо на основе анализа множества конкретных ситуаций и решений по управлению. Очевидно, что последний случай более длителен, не гарантирует полноту описания, требует наличия статистики ситуаций и принятых в них решений, что далеко не всегда возможно.

4.3.1. Моделирование процессов принятия решений в системах с активным элементом (человеком)

Рассмотрим методику разработки ситуационной модели на основе анализа и формализации действий ЛПР на примере управления технологическим процессом варки-выработки листового стекла [7]. Отклонения ре-

жимных переменных рассматриваются как появление ситуаций (начальных) s_H на объекте управления, а нахождение режимных переменных в пределах допусков как конечная ситуация s_K . Управление можно представить как перевод объекта из начальной ситуации $s_H \in S_H$ в конечную ситуацию $s_K \in S_K$ под действием управляющих воздействий:

$$\begin{array}{cccc}
 u_1 & u_2 & u_3 & u_n \\
 s_H \rightarrow s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow \dots s_i \rightarrow \dots s_K, & & &
 \end{array} \quad (4.11)$$

где s_H, s_K – множества начальных и конечных ситуаций;

$s_i, i=1, \dots, n$ – множества промежуточных ситуаций;

$u_i, i=1, \dots, n$ – управляющие воздействия по шагам управления.

В зависимости от числа последовательно выполняемых управляющих воздействий по переводу объекта из начальной ситуации в конечную управление может быть многошаговым (4.11) или одношаговым

$$\begin{array}{c}
 u_1 \\
 s_H \rightarrow s_K.
 \end{array} \quad (4.12)$$

Наличие возможности классификации ситуаций в соответствии с типовыми решениями по управлению позволяет использовать машинную процедуру формирования понятий *CLS-9* для построения ситуационной модели управления [8]. Понятия представляются в виде деревьев классификаций, устанавливающих соответствие между дискретными представлениями произвольных ситуаций и выбираемыми управляющими воздействиями. Действия ЛПР формализуются на основе высказываний экспертов о принимаемых управляющих решениях в тех или иных технологических ситуациях, возникающих на объекте управления.

Формирование понятий может рассматриваться как задача распознавания образов, когда по признакам (ситуации) определяется значение управляющего воздействия, т.е. из множества критериальных классов управляющего воздействия выбирается нужный класс.

Совокупность всевозможных признаков зависит от количества переменных, характеризующих признаки, и числа возможных значений каждого признака. При трех значениях каждого признака $V_i = 3$, учитывающих знак отклонения переменной от задаваемого интервала:

“-1” – выход за пределы нормы в сторону уменьшения (меньше);

“0” – значение переменной в допустимых пределах (норма);

“+1” – выход за пределы нормы в сторону увеличения (больше) и числе переменных ситуаций n , генеральная совокупность признаков будет

иметь размерность 3^n . При этом каждая ситуация будет кодироваться n разрядным (троичным) числом.

Множество критериальных классов для каждого управляющего воздействия ограничивается тремя элементами

$$K = \{ -, =, + \}, \quad (4.13)$$

где “-” – отрицательное приращение управляющего воздействия (уменьшить);

“=” – нулевое приращение (не изменять);

“+” – положительное приращение (увеличить).

Процедура *CLS-9* формирует деревья по каждому управляющему воздействию. От вершин деревьев, характеризующих признак, отходят V_i ветвей. Алгоритм предусматривает использование в качестве критерия того признака, который будет наиболее полезным при классификации относящихся к данной вершине объектов. Для описания алгоритма формирования понятий вводится следующая система обозначений:

$A = \{A_j\}$ – множество признаков, не рассматривавшихся ни в одной из вершин, расположенных выше исследуемой;

$K = \{k\}$ – множество критериальных классов;

V_i – количество возможных значений признака i ;

$n_{i,j,k}$ – количество относящихся к рассматриваемой вершине объектов, которые характеризуются значением j признака i и принадлежат к классу k ;

n_{ij}^* – максимальное значение параметра $\{n_{ijk}\}$ для любого из k классов.

Процедура *CLS-9* определяет все члены множества $\{n_{ijk}\}$ и для каждого признака находит значение величины

$$H_i = \sum_{j=1}^{V_i} n_{ij}^*. \quad (4.14)$$

В качестве критерия выбирается тот признак, для которого значение H_i оказывается максимальным. Затем алгоритм формирует вершину, от которой вниз отходят ветви по числу V_i возможных значений выбранного признака i . Построенное дерево является “наилучшим из возможных” в смысле классификации всех объектов, описания которых были введены в память ЭВМ к моменту формирования дерева. Классификация всех объектов оказывается правильной.

Пример. Дана выборка для формирования понятий по выбору управляющих воздействий для процесса стекловарения в ванной печи средней производительности (табл. 4.1) [7].

Таблица 4.1. Выборка для разработки ситуационной модели управления процессом стекловарения

Ситуация	Признаки							Принимаемые решения по управлению		
	$\Theta_{гс}$	$\Theta_{см}$	$Q_{г}$	P	$L_{ш}$	$L_{п}$	M	$\mu_{г}$	$\mu_{в}$	$\mu_{ш}$
1	+1	-1	0	0	0	0	0	=	-	=
2	+1	-1	0	+1	-1	0	0	=	+	-
3	+1	-1	0	-1	-1	-1	0	=	=	+
4	+1	-1	0	1	-1	+1	0	=	-	-
5	+1	-1	-1	+1	0	0	-1	+	=	-
5	+1	-1	+1	+1	-1	0	0	=	=	-
7	-1	-1	+1	+1	-1	0	0	=	+	-
8	-1	-1	-1	+1	-1	0	-1	+	+	-
9	+1	-1	-1	-1	-1	0	-1	+	=	+
10	+1	-1	+1	+1	-1	0	-1	=	=	-
11	+1	-1	-1	0	-1	-1	-1	+	=	=
12	+1	-1	+1	+1	-1	-1	0	=	=	-
13	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+	=	+
14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+	+	+
15	+1	-1	+1	+1	-1	+1	-1	=	-	-
16	+1	-1	-1	-1	-1	+1	-1	+	-	=

Обозначения признаков: $\Theta_{гс}$ – температура газовой среды в ванной печи; $\Theta_{см}$ – температура стекломассы в ванной печи; $Q_{г}$ – расход газа на ванную стекловаренную печь; P – давление газового пространства в ванной печи; $L_{ш}$ – граница варочной шихты в ванной печи; $L_{п}$ – граница варочной пены в ванной печи; M – число работающих машин вертикального вытягивания стекла.

Обозначения управляющих воздействий: $\mu_{г}$ – расход природного газа на горелки; $\mu_{в}$ – расход воздуха на горение; $\mu_{ш}$ – положение шиберы дымовой трубы (тяга дымовых газов).

Рассмотрим построение ситуационной модели $\mu_{в}$ – расхода воздуха на горение. Алгоритм построения модели состоит из следующих шагов:

1) построить таблицу частот n_{ij} распределения значений (-1,0,1) признаков по критериальным классам $\mu_{в}$ (-, =, +) (табл. 4.2);

- 2) определить максимальное число попаданий n_{ij}^* для каждого значения признака в один из критериальных классов n_i ;
- 3) для каждого признака рассчитать значение величины $H_i = \sum n_{ij}^*$;
- 4) в качестве критерия выбрать тот признак, для которого значение H_i оказывается максимальным. При одинаковых значениях $H_i = 11$, как в нашем случае, критерий выбирается экспертным путем либо случайным образом. Таким признаком в конкретном случае выбран признак L_{Π} ;

Таблица 4.2. Определение значения управляющего воздействия μ_b из множества критериальных классов по выборке $n = 16$

Признаки	$\Theta_{гс}$			$\Theta_{см}$			Q_r			P			$L_{ш}$			L_{Π}			M			
	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	
Значения	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	
Критериальные классы μ_b	-	0	0	4	4	0	0	1	2	1	1	1	2	3	1	0	0	1	3	2	2	0
	=	0	0	8	8	0	0	4	1	3	3	1	4	7	1	0	4	4	0	5	3	0
	+	3	0	1	4	0	0	2	1	1	1	0	3	4	0	0	1	3	0	2	2	0
n_{ij}^*	3	0	8	8	0	0	4	2	3	3	1	4	7	1	0	4	4	3	5	3	0	
$H_i = \sum n_{ij}^*$	11			8			9			8			8			11			8			

5) построить дерево классификаций, в вершину записать выбранный признак L_{Π} с наибольшим критерием. От вершины вниз отходят ветви по числу значений выбранного признака слева направо $i = -1, 0, +1$. При $i = +1$ находится решение для трех ситуаций, записанных в строках 4, 15, 16 табл. 4.1 – выбирается критериальный класс $\mu_b = (-)$. В «лист» дерева записывается символом (-). Из табл. 4.1 удаляются строки 4, 15, 16, в которых ситуации распознаны.

При значениях признака $i = -1, i = 0$ критериальные классы неразличимы, нужна дополнительная информация для получения решения (рис. 4.5);

6) для продвижения по ветви $i = -1$ признака L_{Π} необходимо образовать узел для записи второго признака. Выбирается тот признак, который не использовался выше создаваемого узла и имеет наибольшее значение H (см. табл. 4.2). Таким признаком является $\Theta_{гс}$. Из созданного узла выходят три ветви со значениями признака $\Theta_{гс}$, равными $i = -1, 0, +1$;

7) найти решение при значении признака $\Theta_{гс}$, равном $i = -1$. Находится решение $\mu_b = (+)$ для одной ситуации, находящейся в строке 14 табл. 4.1.

При $i = 0$ классификация не определена, в «листе» дерева записывается символ (?).

При $i = +1$ находятся решения по табл. 4.1 как непустое пересечение данных, содержащихся в столбцах $L_{\pi} = (-1)$, $\Theta_{\Gamma C} = (+1)$ и $\mu_{\text{в}} = (=)$. Классифицируются четыре ситуации $\mu_{\text{в}} = (=)$, содержащиеся в строках 3, 11, 12, 13 табл. 4.1;

8) найти решение для ветви $i = 0$ признака L_{π} , т.е. вершины дерева. В качестве признака выбирается повторно $\Theta_{\Gamma C}$. При значении $i = -1$ находится решение $\mu_{\text{в}} = (+)$ для двух ситуаций, содержащихся в строках 7, 8 табл. 4.1.

При $i = 0$ классификация не определена, в «листе» дерева записывается символ (?), а при $i = +1$ критериальные классы неразличимы, нужна дополнительная информация для нахождения решения;

9) в качестве третьего признака выбирать тот, который не использовался выше по дереву, в то же время имеет большее значение H (см. табл. 4.2). Таким признаком считается Q_{Γ} , который записывается в очередную вершину (срис. 4.5). Из вершины Q_{Γ} исходят три ветви со значениями, равными $i = -1, 0, +1$;

10) найти решение для ветви $i = -1$. По табл. 4.1 определяется решение $\mu_{\text{в}} (=)$ для одной ситуации 9.

При значении $i = +1$ находится решение $\mu_{\text{в}} (=)$ еще для двух ситуаций 5, 10 (см. табл. 4.1).

При $i = 0$ классификация не однозначная, нужна дополнительная информация для нахождения решения;

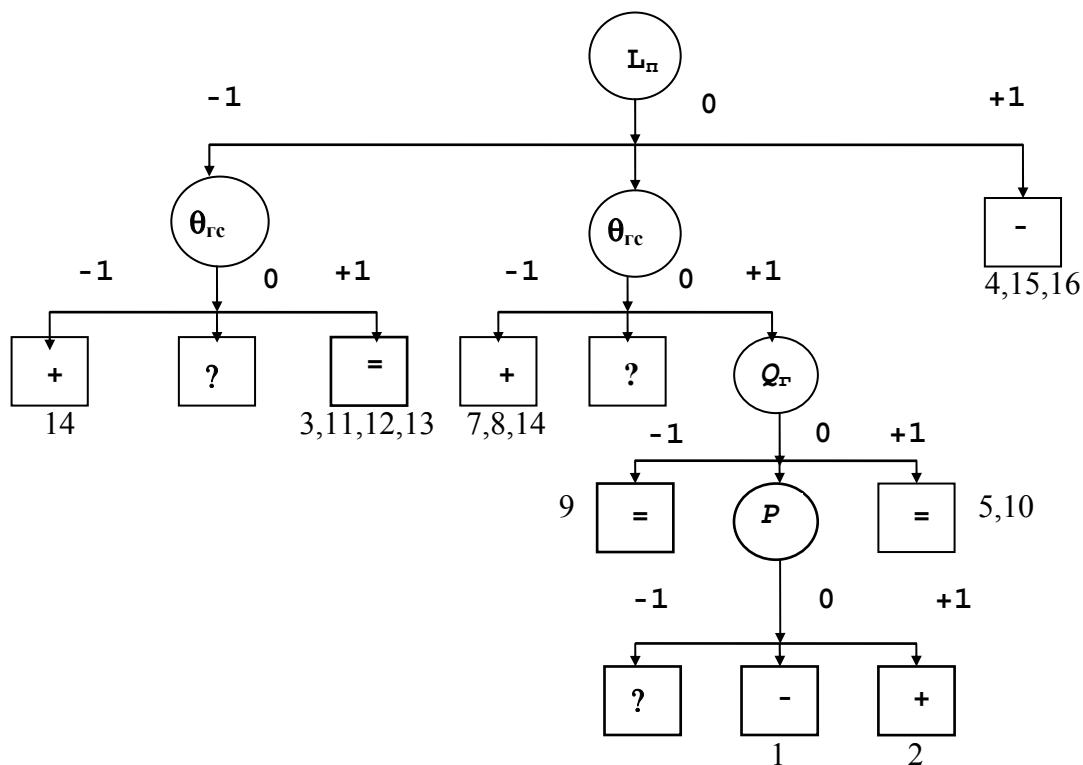


Рис. 4.5. Дерево классификации управляющего воздействия $\mu_{\text{в}}$

11) для продвижения по ветви $i = 0$ признака Q_r создается узел, в который записывается один из четырех признаков с $H=8$ (табл. 4.2). Выбираем признак P . Из созданного узла выходят три ветви со значениями $i = -1, 0, +1$;

12) найти решения для значения $i = -1$ признака P . Решение отсутствует, в «листе» записывается вопросительный знак.

При $i = 0$ признака P по табл. 4.1 находится решение $\mu_v (-)$ для 1-й ситуации.

При значении $i = +1$ признака P по табл. 4.1 находится решение $\mu_v(+)$ для 2-й ситуации.

Дерево (см. рис. 4.5) правильно классифицирует все 16 ситуаций. В «листьях» дерева записано множество критериальных классов для управляющего воздействия μ_v , которое ограничено тремя элементами: $\{ -, =, + \}$.

Рядом с листьями указаны номера классифицированных ситуаций. В трех «листьях» записана неопределенная классификация “?”. Это может быть следствием относительно малого количества ситуаций в выборке, либо может отражать тот факт, что некоторые ситуации не встречались в ходе технологического процесса, и такие опыты отсутствуют в выборке.

Приведенное на рис. 4.5 дерево правильно классифицирует управляющие воздействия для всех ситуаций обучающей выборки (табл. 4.1). Процедура *CLS* позволяет выявить сложную логическую структуру принимаемых решений ЛПР по управлению объектом, оперируя со сравнительно небольшим количеством технологических ситуаций.

Сформированные понятия могут использоваться для классификации всех ситуаций генеральной совокупности в количестве 3^7 . При этом правильность классификации новых ситуаций не гарантируется из-за отсутствия в исходной выборке примеров выбора управляющих воздействий по таким ситуациям, определяемым значениями признаков. Ошибочная классификация вновь встретившихся ситуаций требует перестройки дерева классификации управляющих воздействий. Любая возникшая в технологическом процессе ситуация, для которой обнаруживается несоответствие, требует классификации ее экспертом и внесения в качестве дополнений к исходной выборке.

Следует ожидать, что достаточен некоторый объем выборки (заранее неопределенный, но малый по сравнению с полной совокупностью ситуаций), который приведет к формированию понятия, правильно классифицирующего всю совокупность ситуаций. Такой вывод согласуется с литературными [8] и экспериментальными [7] данными.

Задача принятия решений в конкретной ситуации трактуется как поиск решения по дереву классификации ситуаций. Так для ситуации, характеризующейся значениями признаков: температура газовой среды в ванной печи ниже нормы $\Theta_{гс} = -1$, температура стекломассы в норме $\Theta_{см} = 0$, расход газа в норме $Q_{г} = 0$, граница варочной шихты укоротилась $L_{ш} = -1$, граница варочной пены в норме $L_{п} = 0$, число работающих машин вертикального вытягивания в норме $M = 0$. По дереву классификации управляющего воздействия (см. рис. 4.5) находим решение – увеличить расход воздуха $\mu_{в}(+)$. Такой ситуации в табл. 4.1 нет, что подтверждает возможность использования сформулированного понятия (дерева классификации ситуаций) для классификации ситуаций, отсутствующих в обучающей выборке.

4.3.2. Варианты заданий к практическим занятиям

Вариант 1-й. Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $\mu_{г}$ – расхода природного газа на горелки. Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.1.

Вариант 2-й. Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $\mu_{ш}$ – положение шиберы дымовой трубы (тяга дымовых газов). Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.1.

Вариант 3-й. Дана выборка, описывающая процесс формования ленты стекла в флоат-ванне (табл. 4.3) [7].

Таблица 4.3. Выборка для разработки ситуационной модели управления процессом формования ленты стекла

Ситуация	Признаки			Управляющие воздействия				
	z	$r1$	$r2$	$t1$	$t12$	$t20$	$tout$	$vbfm$
1	-1	0	0	+	+	=	=	-
2	0	+1	0	=	+	-	-	=
3	0	0	+1	=	+	-	+	=
4	-1	+1	0	+	+	-	-	-
5	0	+1	+1	=	+	-	=	=
6	-1	0	+1	+	+	-	+	-
7	-1	+1	+1	+	+	-	=	-

Признаки: z – оптические искажения типа «зебра»; $r1$ – оптические искажения типа «растр 1»; $r2$ – оптические искажения типа «растр 2».

Управляющие воздействия: $t1$ – температура в первом пролете флоат-ванны; $t12$ – температура в 12-м пролете флоат-ванны; $t20$ – температура в 20-м пролете флоат-ванны; $tout$ – температура ленты стекла на выходе флоат-ванны; $vbfm$ – скорость бортоформирующих машин.

Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $t1$ – температура в первом пролете флоат-ванны. Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.3.

Вариант 4-й. Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $t12$ – температура в 12-м пролете флоат-ванны. Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.3.

Вариант 5-й. Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $t20$ – температура в 20-м пролете флоат-ванны. Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.3.

Вариант 6-й. Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $tout$ – температура ленты стекла на выходе флоат-ванны. Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.3.

Вариант 7-й. Построить ситуационную модель (дерево классификации ситуаций) управляющего воздействия $vbfm$ – скорость бортоформирующих машин флоат-ванны. Для построения модели использовать выборку, приведенную в табл. 4.3.

Контрольные вопросы

1. Связи с чем возникло ситуационное моделирование и ситуационное управление?
2. Какие три основные предпосылки лежат в основе ситуационного моделирования?
3. Какова сущность метода ситуационного моделирования и управления?
4. Трактовка задачи принятия решений.
5. Содержание машинной процедуры формирования понятий *CLS-9* и применение ее для построения ситуационной модели управления.
6. Формирование дерева для управляющего воздействия. Выбор признаков и их значений.
7. Алгоритм построения дерева классификации управляющего воздействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молин, А. С. Исследование системы управления : учеб. для вузов / А. С. Молин, В. И. Мухин. – М. : МГУ, 2002. – 329 с. – ISBN 5-7598-0192-9.
2. Хетагуров, Я. А. Проектирование информационно-вычислительных комплексов : учеб. для вузов по спец. «АСУ» / Я. А. Хетагуров, Ю. Г. Древс. – М. : Высш. шк., 1987. – 280 с.
3. Макаров, Р. И. Методология проектирования информационных систем: учеб. пособие / Р. И. Макаров, Е. Р. Хорошева ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 334 с. – ISBN 978-5-89368-817-7.
4. Коротков, Э. М. Исследование систем управления / Э. М. Коротков. – М. : ДеКА, 2004. – 336 с. – ISBN 5-89645-035-4.
5. Автоматизированные информационные технологии в экономике : учебник / М. И. Семенов [и др.] ; под общ. ред. И. Т. Трубилина. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 416 с. – ISBN 5-279-02162-8.
6. Теория систем и системный анализ в управлении организациями : учеб. пособие / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 848 с. – ISBN 5-279-02933-5.
7. Макаров, Р. И. Автоматизация производства листового стекла (флоат-способ) / Р. И. Макаров, Е. Р. Хорошева, С. А. Лукашин ; под ред. Р. И. Макарова; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2000. – 248 с. – ISBN 5-89368-206-8.
8. Хант, Э. Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине : пер. с англ. / Э. Хант, Дж. Марин, Ф. Стоун. – М. : Мир, 1970. – 301 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Занятие 1. Синтез информационных систем, решаемые задачи синтеза. Принципы синтеза систем	3
Занятие 2. Синтез иерархической структуры комплекса технических средств информационной системы	7
Занятие 3. Синтез функциональной структуры информационной системы.....	13
Занятие 4. Модели и моделирование информационных систем	22
Библиографический список	41

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания к практическим занятиям

Часть 2

Составитель
МАКАРОВ Руслан Ильич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор И. Е. Жигалов

Подписано в печать 12.01.14.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,56. Тираж 75 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.