

Методология моделирования и оптимизации производства.....	3
3.1. Структура производственных задач.....	3
3.1.1. Структурный анализ производства.....	3
3.1.2. Структурная классификация производственных задач.....	5
3.2. Методологические основы моделирования производственных задач.....	12
3.2.1. Виды представления знаний в моделях производства.....	12
3.2.2. Алгоритмизация моделируемых производственных задач.....	16
3.2.3. Алгоритмизация решения производственных задач на основе логико-лингвистических моделей.....	17
3.2.4. Алгоритмизация решения производственных задач на основе численных моделей прямого расчета.....	23
3.2.5. Алгоритмизация решения производственных задач на основе численных моделей косвенного расчета.....	29
3.2.6. Рекомендации по использованию различных алгоритмов решений производственных задач.....	39

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Кафедра ИБМ-2 «Экономика и организация производства»
МУХИН АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
Моделирование и оптимизация производственных систем.
Методология моделирования и оптимизации производства
Электронное учебное пособие
МОСКВА
2010 год МГТУ им. Баумана

Методология моделирования и оптимизации производства.

3.1. Структура производственных задач.

3.1.1. Структурный анализ производства.

Производство отличается огромным числом сложных, взаимосвязанных задач стратегического, оперативно-тактического и оперативного характера. Состав задач и их взаимосвязь с модельными знаниями по их решению удобнее устанавливать на основе структурного анализа (SADT), имеющего универсальный характер для различного рода систем. Структурный анализ производственной системы необходимо начинать, абстрагируясь от конкретного вида производства.

В разделе 1.3.3 приведено описание любой производственной системы на абстрактном уровне в виде продукционной системы (рис.1.14).

Структурный анализ ПдС проведем с использованием такого подхода, где в качестве объекта анализа выбирается предмет, а входные и выходные системы представляются в виде операций создания предмета и его использования соответственно. На рис.3.1 на уровне А-О представлена в виде предмета модель ПдС. В качестве операции – создания этой модели выступает операция идентификации как структурно-функционального описания. Операцией использования модели ПдС является операция оптимизации параметров производства, т.е. выбор или расчет наилучших параметров совокупности производственных объектов. Для того чтобы конкретизировать состав объектов производства и их параметры, необходимо декомпонировать модель ПдС на составляющие.

На рис.3.2 представлен результат декомпозиции модели ПдС в соответствии с ее описанием в разделе 1.3.3. Модель ПдС структурно состоит из модели ПрС, модели БВС и модели продукта. Соответственно и операция идентификации модели ПдС распадается на структурно-функциональное описание модели ПрС, структурное описание модели БВС и структурное описание модели продукта. В свою очередь оптимизация производства распадается на операции оптимизации ПрС, оптимизации БВС (заготовки) и оптимизации показателей продукта. Последние операции конкретизируют на этом уровне декомпозиции состав производственных задач. Далее проводится структурный анализ модели ПрС, модели БВС и модели продукта соответственно.

На рис.3.3 представлен результат структурного анализа модели ПрС, проводимого в соответствии с двухуровневой моделью ПдС (рис.1.15). Модель ПрС представляет собой совокупность знаний в виде закономерностей, правил, способов представления строения (структуры) ПрС, функции ПрС в виде закономерностей, правил способов преобразования БВС с целью получения определенного продукта. Модель И-ПрС представляет собой модель знаний для выработки проектных управляющих воздействий на М-ПдС. Например, модель И-ПрС может включать знания по проектированию технологического процесса

изготовления детали на станках М-ПдС или по проектированию рабочего места, цеха, завода. Другими словами, модель И-ПрС используется для активного продуцирования интеллектуального продукта и для управляющего воздействия на интеллектуальную БВС (И-БВС). Модель М-ПрС представляет собой совокупность знаний о строении ПрС и функцией отдельных частей М-ПрС и используется для активного продуцирования материального продукта (М-П) и управляющего воздействия на материальную БВС (М-БВС).

Дальнейший структурный анализ связан с декомпозицией И-ПрС (рис.3.4). И-ПрС декомпозируется на технологическую модель И-ПрС и организационно-технологическую модель И-ПрС. Технологическая модель И-ПрС представляет собой совокупность знаний по оптимизации параметров ТПП, включая выбор технологических методов обработки, проектирование маршрутных и операционных технологических процессов, выбор и проектирование оборудования, оснастки и инструмента, т.е. средств технологического оснащения (СТО), выбор заготовок. Таким образом, технологическая модель И-ПрС предназначена для активного технологического продуцирования И-П и управляющего технологического воздействия на И-БВС.

Организационно-технологическая модель И-ПрС представляет собой совокупность знаний по оптимизации структуры ПрС, включая выбор оптимального состава оборудования, структуры участков, цехов, заводов и интегрированных объединений. Модель М-ПрС, так же, как и И-ПрС декомпозируется на технологическую модель М-ПрС и организационно-технологическую модель М-ПрС (рис.3.5). Технологическая модель М-ПрС, в отличие от технологической модели И-ПрС представлена для решения не проектных задач ТПП, а для выработки реальных оптимальных управляющих действий на М-БВС.

Например, функционирование любой АСУТП в производстве опирается на технологическую модель М-ПрС, включающей зависимости (формулы) фактического состояния элементов технологического оборудования и требуемые изменения в них для достижения нужного М-П.

По аналогии с предыдущими утверждениями организационно-технологическая модель М-ПрС отличается от организационно-технологической модели И-ПрС тем, что с ее помощью оптимизируются не проектные, а фактические структурные параметры и параметры движения материалов, энергии, информации.

Модель БВС, представленная на рис. 3.2., декомпозируется, так же, как и ПрС, на И-БВС и М-БВС (рис.3.6).

Модель И-БВС представляет собой совокупность знаний о способах получения заготовок с учетом геометрических и вещественных свойств, о выборе заготовок по различным критериям предпочтительности. Эта модель используется для оптимизации проектных геометрических и вещественных параметров заготовок с целью продуцирования И-П.

Модель М-БВС представляет собой совокупность знаний об оценке и оптимизации реальных свойств заготовок с целью достижения заданных параметров М-П.

Наконец, модель продукта, представлена на рис. 3.2 по аналогии с предыдущим объектом декомпозируется на И-П и М-П (рис.3.7). Модель И-П представляет собой совокупность знаний о структуре продукта, о способах его получения и достижения требуемых показателей качества. Эта модель используется при оптимизации проектных параметров продукта с учетом воздействия на него ПрС и свойств заготовок.

Модель М-П представляет собой совокупность знаний об оценке и оптимизации реальных показателей продукта.

3.1.2. Структурная классификация производственных задач.

Структурный анализ производства позволяет выявить не только модели отдельных частей и производственной системы в целом, но и структурные признаки классификации производственных задач.

Эти признаки удобно представить в виде соответствующих шкал (рис.3.8):

- шкала элементов производственной системы;
- шкала стадийности решения задач;
- шкала специализированного профиля производственных задач.

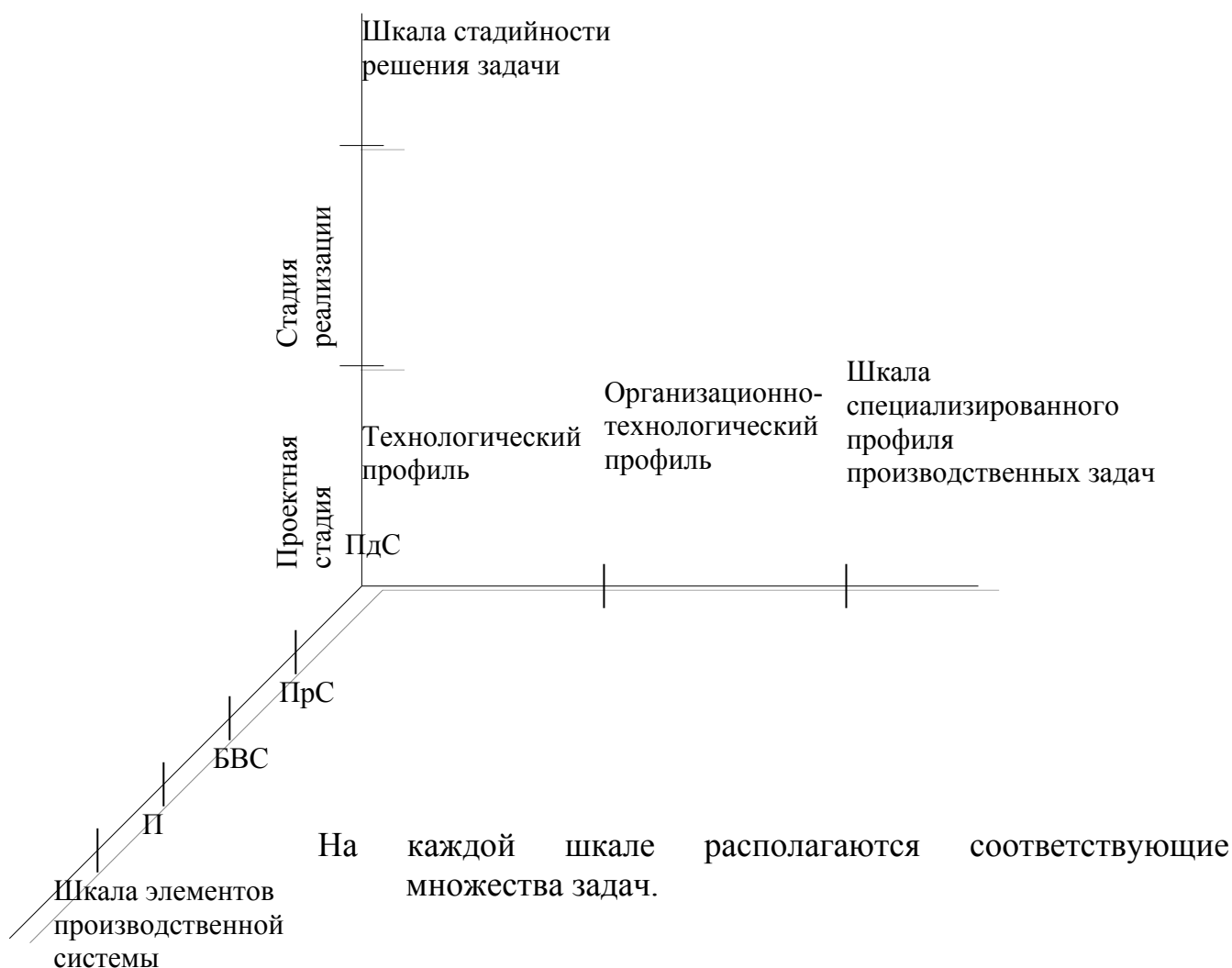


Рис. 3.8.

На шкале элементов производственной системы располагаются множества задач, относящихся к ПдС, ПрС, БВС и П соответственно.

На шкале стадийности располагаются множество задач, относящихся к проектной стадии и стадии реализации проекта в производстве.

На шкале специализированных профилей располагаются множества задач технологического и организационно-технологического профиля.

Структурным классом производственных задач назовем множество задач, обладающих совокупностью признаков, взятых по одному из каждой шкалы.

Например, классом задач является множество, обладающее признаками (ПдС, проектная стадия, технологический профиль). Другим отличительным классом является множество задач с признаками (ПдС, проектная стадия, организационно-технологический профиль). В соответствии с градацией шкал, приведенной на рис.3.8, образуется 16 классов производственных задач, где каждый класс, в свою очередь, включает такое число задач в множестве, которое образуется путем соответствующего перечисления задач в первичном множестве (множество задач ПдС, множество задач технологического профиля и т.д.)

В таблице 3.1. приведено структурное описание производственных задач и примерное описание содержания задач, входящих в тот или иной класс (в структурном описании классов введены обозначения: Т - технологический профиль; ОТ – организационно-технологический; ПР – проектная стадия; Р – стадия реализации).

Таблица 3.1.

№ п/п	Структура признаков класса	Примерное содержание задач класса
1	ПдС – Т – ПР	Технологическое проектирование производственной системы, включая: - определение состава оборудования; -разработка технологических планировок
2	ПдС – Т – Р	Технологическое обеспечение производственного процесса в реальном масштабе времени, включая: - управление качеством и производительностью производственного процесса технологическими средствами.
3	ПдС – ОТ – ПР	Организационно-технологические проектирование производственной системы, включая: -выбор типа специализации производства и направлений его оснащения; -определение структуры производственной системы по технологическим переделам.
4	ПдС – ОТ – Р	Организационно-технологическое обеспечение производственного процесса в

		реальном масштабе времени, включая: -периодическую организационную реконструкцию производства; -технологическое переоснащение в соответствии с организационной реконструкцией.
5	ПрС – Т – ПР	Технологическое проектирование средств оснащения производства, включая: -выбор или проектирование оборудования; -выбор или проектирование приспособлений; -выбор или проектирование инструмента; -выбор или разработка технологического метода
6	ПрС – Т – Р	Технологическое обеспечение функционирования в реальном масштабе времени средств оснащения, включая: -функционирования оборудования; -работоспособности приспособлений; -работоспособности инструмента; -работу ПрС в режиме АСУТП.
7	ПрС – ОТ – ПР	Организационно-технологическое проектирование ПрС, включая: -разработку маршрутных технологических процессов изготовления; -разработку операционных технологических процессов изготовления.
8	ПрС – ОТ – Р	Организационно-технологическое обеспечение функционирования ПрС, включая: -организацию контроля технического состояния оборудования, приспособлений, инструмента; -организацию ремонта и замены технических устройств ПрС.
9	БВС – Т – ПР	Технологическое проектирование заготовок, включая: -определение геометрических параметров заготовок; -выбор способов изготовления заготовок.
10	БВС – Т – Р	Технологическое обеспечение качества заготовок, включая: -управление технологическим процессом изготовления заготовок.

11	БВС – ОТ – ПР	Организационно-технологическое проектирование заготовок, включая: -разработку маршрутных и операционных процессов изготовления заготовок.
12	БВС – ОТ – Р	Организационно-технологическое обеспечение качества заготовок, включая: -организацию контроля и управления процессов изготовления заготовок.
13	П – Т – ПР	Технологическое проектирование продукта, включая -назначение показателей технологичности П.
14	П – Т – Р	Технологическое обеспечение показателей качества П, включая: -показатели назначения П; -показатели технологичности П.
15	П – ОТ – ПР	Организационно-технологическое проектирование продукта, включая: -организацию системы отработки П на технологичность.
16	П – ОТ – Р	Организационно-технологическое обеспечение технологичности продукта, включая: -организацию внедрения в производство новых методов, средств оснащения, улучшение показателя технологичности продукта.

Приведенное в таблице 3.1. структурное описание классов производственных задач дает полное представление о множестве этих задач только с учетом представленного на рис 3.8. шкалирования признаков. Так как расположенные на шкалах соответствующие задачи сами представляются в виде множеств, они могут быть структурированы последовательно с помощью других признаков.

Рассмотрим на одном примере, каким образом можно структурировать задачи с помощью языка ЯГТ (см. тему 2).

Допустим, что логическая формула производства продукта в результате подстановки соответствующих свойств получила следующий вид:

$$(3.1)$$

Это означает, что ПрС, имея энергетическое свойство, воздействует на БВС, обладающую пространственным свойством, с целью изменения этого свойства для получения продукта П.

Допустим, что заданными являются БВС и П, т.е. $P(A'_2)$ и $P(A'_3)$, где:

A'_2 – заданный индивид из класса A_2 , а A'_3 – заданный индивид из класса A_3 . Следовательно, стоит задача выбора «наилучшей» ПрС, т.е. установления (A'_1), чтобы $E(A'_1)$ удовлетворял заданному критерию, например, min вариативности действий $E(A'_1)$. Будем исходить из очевидного утверждения, что одноместные предикаты типа $E(E)$, $P(P)$ и т.д. всегда истинны, т.е. истинные при любых значениях E, P и т.д.

Будем также предполагать, что наши знания о физическом мире дают нам возможность установить множество значений базовых понятий E, P и т.д.

Например, для E множеством значений (индивидов, исключаящих друг друга по физическому смыслу) будут:

- механическая энергия = $A'_1 E_1$
- тепловая энергия = $A'_1 E_2$
- электрическая энергия = $A'_1 E_3$
- химическая энергия = $A'_1 E_4$
- ядерная энергия = $A'_1 E_5$

Тогда истинными являются предикаты:

$$E(A'_1 E_1), E(A'_1 E_2), E(A'_1 E_3), E(A'_1 E_4), E(A'_1 E_5)$$

Для базового понятия P множеством его значений является;

- расположение = $A'_1 P_1$
- направление = $A'_1 P_2$

Истинными являются предикаты: $P(A'_1 P_1); P(A'_1 P_2)$.

Действительно, вещь или объект не могут и располагаться в пространстве, занимая определенную его часть, и направляться при этом в другую его часть. Аналогичные множества значений существуют и для других базовых понятий (J, V, Q, K, \dots).

Допустим, что заданными являются $A'_2 P_2, A'_3 P_2$. Если из заданных условий $A'_2 P_2$ является заданным расположением A_2 , то $A'_1 P_1$ является, соответственно, измененным расположением A_3 .

Для поиска «наилучших» ПрС в заданных условиях нужно учесть, что

$A_1 = FD(A)$, т.е. A_1 является индивидом, обладающим не только свойством продуцирования F , но и свойством активного воздействия D . Базовое понятие D обладает следующим множеством значений: $D = \{\text{получение, преобразование, перемещение, хранение}\}$.

Тогда с помощью декартова произведения можно отыскать множество значений $E(A_1)$:

$$E(A_1) \left. \begin{array}{l} E \text{ (получение мех. энергией)} \\ E \text{ (преобразование мех. энергией)} \\ \dots\dots\dots \\ E \text{ (перемещение тепл. энергией)} \end{array} \right\} N \text{ вариантов } E(A_1)$$

.....

 E (хранение яд. энергией)

Число N вытекает из декартова произведения

Где $n(A_1^E)$ - число значений E;
 $n(A_1^D)$ - число значений D.

разнообразие $E(A_1)$ в общем случае можно представить в виде схемы:



где e – число значений E;
 d – число значений D.

Для заданных условий схема взаимодействия ПдС, БВС и П может быть представлена следующим образом:

$$E(A_1) \wedge p(A_2^{R_1}) \rightarrow p(A_3^{R_1})$$

Для поиска наилучшего $E(A_1)$ на начальном уровне описания, т.е. на уровне базовых понятий и их значений нужно рассмотреть наличие физических явлений и эффектов, применяемых к конкретной задаче. Если на этом уровне физическое явление или эффект отсутствует, необходимо переходить к следующему уровню абстрагирования. Это означает, что БВС и П нужно конкретизировать, навешивая соответствующие свойства из числа базовых понятий.

Например, навешивая на БВС и П свойство V и, учитывая множество значений базового понятия $V = (ТВ. \text{ Тело; жидкость; газ})$, получим столбцы предикатов:

$$PV(A_2') = \left| \begin{array}{l} PV (\text{расположение твердого тела}) \\ PV (\text{расположение жидкости}) \\ PV (\text{расположение газа}) \end{array} \right|$$

$$PV(A_2') = \left| \begin{array}{l} PV (\text{измененное расположение твердого тела}) \\ PV (\text{измененное расположение жидкости}) \\ PV (\text{измененное расположение газа}) \end{array} \right|$$

Для схемы

$$E(A_1) \wedge PV(A_2^{VP}) \rightarrow PV(A_3^{VR_1})$$

нужно снова вести поиск физических явлений и эффектов применительно к данным условиям.

В общем случае переход от одного уровня абстрагирования к другому путем навешивания дополнительных свойств приводит к конечному уровню:

$$E(A_1) \wedge PVTQK(A_2^{QJTKP_1}) \rightarrow PQJTK(A_3^{QJTKP_1})$$

Мы рассмотрели здесь продвижение по уровням абстрагирования только для одного значения свойства пространства – $P_1 = \text{«расположение»}$. Аналогично строится цепь уровней и по значению $P_2 = \text{«направление»}$, а также для других свойств, заданных в условии задачи. В соответствии с приведенными рассуждениями уровни абстрагирования (уровни «по горизонтали») могут быть представлены в следующем виде (рис.3.9).

Число уровней абстрагирования конечно и определяется числом базовых понятий (свойств), описывающих A_2 (и A_3). Число строк в каждом уровне определяется декартовым произведением числа значений базовых понятий и также является конечным.

Переходя от одного уровня абстрагирования к другому «слева-направо», обнаружим на определенном уровне наличие физических явлений, отличных друг от друга в зависимости от значений E .

Например, для случая

все известные в настоящее время физические явления неразличимы между собой по виду энергии (механическая, тепловая и др.).

Это означает, что в реальности не существует решения задачи по выбору $E(A_1')$ для $E(A_1^{P_1})$ и $E(A_1^{P_2})$. Но если при переходе «вправо» мы решаем эту же задачу для $A_2 = \text{форма}$ и $A_3 = \text{измененная форма}$, то для различных значений E (механическая энергия, тепловая энергия и др.) мы обнаруживаем конкретные физические явления, которые позволяют оценивать решения с учетом разнообразия действий.

Например, известны такие физические явления при использовании механической энергии, которые приводят к изменению формы:

- эффект клина;
- эффект сжатия;
- эффект растяжения.

Если допустить, что при использовании тепловой энергии мы не обнаруживаем соответствующих эффектов, приводящих к изменению формы, то выбор решения по $E(A_1')$ очевиден:

разнообразие (вариативность) действий при $A_2^{E_1}$ будет всегда меньше, чем при $A_2^{E_2}$, т.к. отсутствие эффектов равносильно ∞ вариативности действий (для $E(A_2^{E_1})$ это число конечно).

Таким образом, число реальных задач всегда меньше общего числа строк по всем уровням абстрагирования.

В отличие от реальных задач существуют задачи мнимые – это те задачи, для которых невозможно в реальных условиях отыскать решение по соображениям, приведенным выше. Тем не менее, мнимые задачи мы будем также включать в

полное число задач, с тем чтобы не «разрывать» взаимосвязь структуры задач со структурой описания полного множества объектов.

На рис. 3.9. для $E(A_1)$ на различных уровнях абстрагирования представлено полное множество объектов A_2 и A_3 и, соответственно, полное число задач, включая задачи реальные и мнимые.

Очевидно, что $E(A_1)$ не включает полного множества объектов A_1 . На рис.3.9 представлен только один уровень описания A_1 . Назовем этот уровень эшелон – эшелон 1-го порядка.

В соответствии с числом навешиваемых на A_1 свойств (помимо E) могут быть рассмотрены эшелоны 2-го, 3-го и т.д. порядка. Вид навешиваемого свойства определяет слой внутри соответствующего эшелона.

Например, $EV(A_1)$ представляет вещественный слой, EP – пространственный слой, EJ – информационный слой и т.д. внутри эшелона 2-го порядка,

$EVI(A_1)$ = вещественно-информационный слой для эшелона 3-го порядка и т.д. Для любого слоя любого эшелона происходит стратификация уровней абстрагирования так, как изображено на рис. 3.9.

Тогда общее число описываемых объектов и, соответственно, полное число задач (реальных и мнимых), может быть представлено в виде структурной схемы на рис. 3.10.



Рис.3.10 Полное число задач.

Здесь приведено полное число задач только по поиску наилучшей ПрС при заданных БВС и П. На практике этим нельзя ограничиться, т.к. определенность или неопределенность элемента ПдС может быть различной и комбинаторика

задач может быть представлена так, как показано, к примеру, в табл.1.1.(см. тему 1).

Огромное число производственных задач может создать, казалось бы, непреодолимые трудности в поиске стандартных методов их решения.

Однако облегчить этот поиск могут следующие обстоятельства:

-использование единого языка описания понятий в производстве (ЯТТ) позволяет использовать стандартные базы данных на языке ЯТТ и тем самым алгоритмизировать задачи;

-несмотря на огромное число производственных задач, можно отыскать такие методы их решения, которые позволяют по-новому сгруппировать различные задачи, находящиеся в определенных отношениях со стандартными методами их решения.

3.2. Методологические основы моделирования производственных задач.

3.2.1. Виды представления знаний в моделях производства.

Не существует строгого определения «знания». В энциклопедическом словаре приводится следующее толкование знания: «знание – проверенный практикой результат познания действительности, верное ее отражение в мышлении человека». С практической точки зрения знания можно квалифицировать по различным признакам и одно такое приведено на рис.3.11. С точки зрения законов преобразования трудовой деятельности человека, основанных на разных видах мышления, знания также можно разделить на интуитивные (ИЗ), как результат прямого усмотрения истинности любых утверждений без их доказательств, и формально-логические (рутинные: РЗ), как результат обработки эмпирических данных, полученных в результате повторных опытов (см. рис. 3.11).

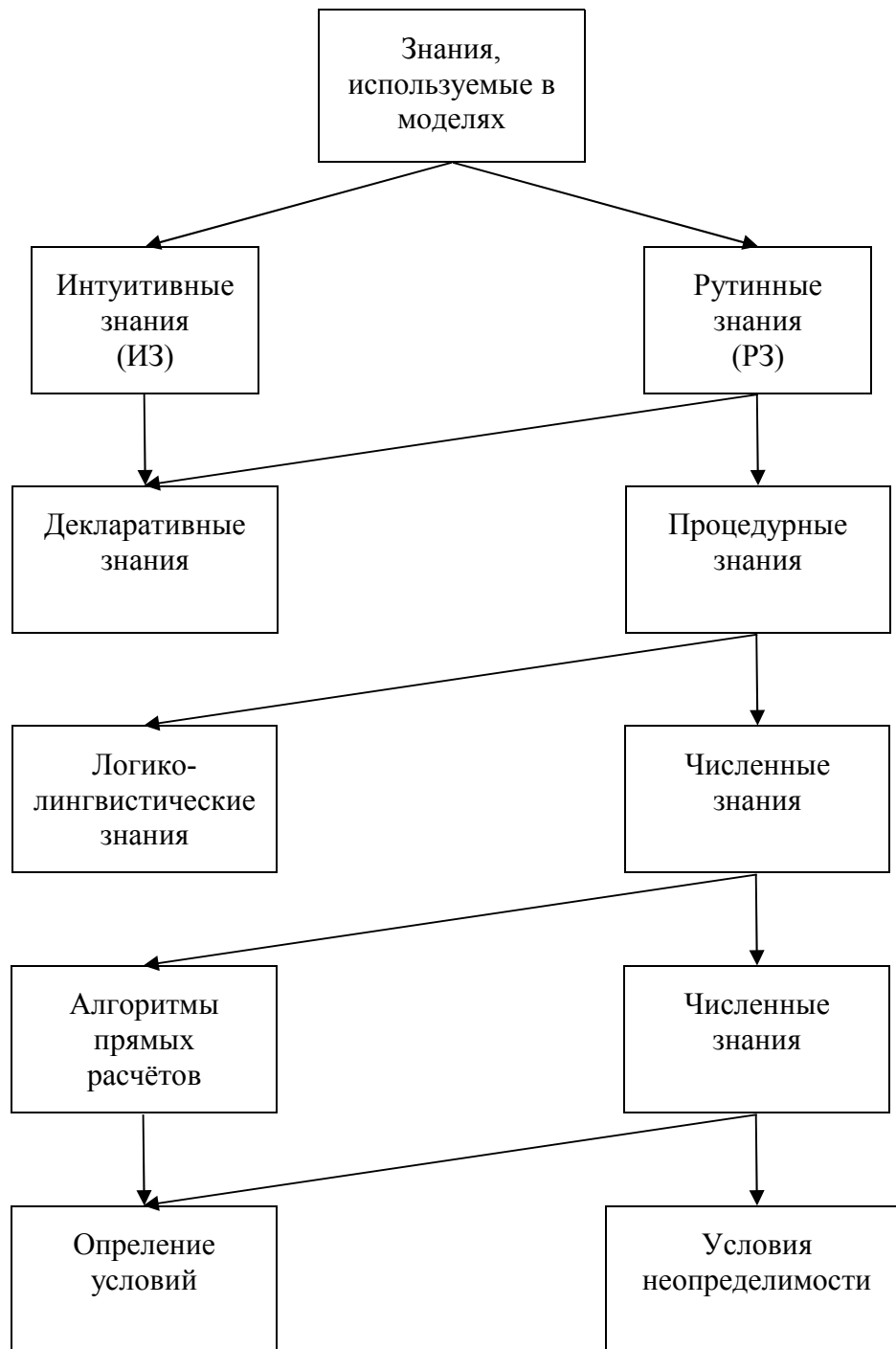


Рис. 3.11. Структурная схема видов знания

В соответствии с такой закономерностью ИЗ на одной стадии развития деятельности человека постепенно переходят в РЗ, которые на другой стадии вообще-то не могут быть использованы, поэтому динамика (эволюция) знаний может быть представлена в виде

$$ИЗ_i \rightarrow РЗ_i \rightarrow ИЗ_j \quad (3.2)$$

При других признаках классификации знания делят на декларативные и процедурные (рис.3.11).

К декларативным относят знания, не содержащие в явном виде процедуры решения задач.

К процедурным относят знания, хранение которых содержится в описании алгоритмов.

Исходя из общей закономерности развития производства и структуры производственной системы (рис.1.14) можно утверждать, что время существования $ИЗ_i$ ограничивается интервалом между первым появлением i -ой ситуации и повторным ее появлением (рис.3.12).

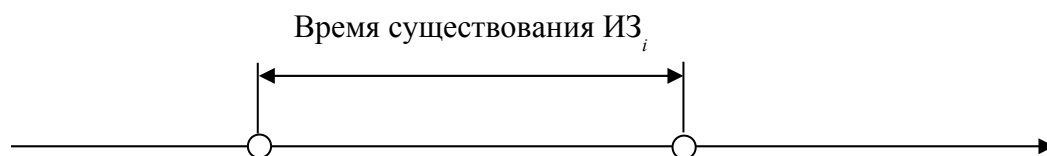


Рис. 3.12. Время существования $ИЗ_i$

t_{i1} – время первого появления i -ой ситуации;

t_{i2} – время второго (повторного) появления i -ой ситуации.

По определению $ИЗ_i$ не могут быть процедурными и однозначно являются декларативными.

С момента t_{i2} знания $ИЗ_i$ начинают превращаться в $РЗ_i$; процесс $ИЗ_i \rightarrow РЗ_i$ может продолжаться некоторое время, что связано с субъективными особенностями ЛПР (лица, принимающего решение).

На рис.3.13 на оси t отложено время превращения $ИЗ_i \rightarrow РЗ_i$

Где: t_{i3} – время превращения $ИЗ_i \rightarrow РЗ_i$.

В момент времени t_{i3} знания $ИЗ_i$ превращаются в $РЗ_i$; при этом их декларативный вид необязательно меняется на процедурный (рис.3.11). превращение декларативных знаний в процедурные подразумевает значение фактора повторяемости как необходимого, но отнюдь не достаточного. Достаточным фактором превращения декларативных знаний в процедурные

является переход от естественного (разговорного) языка описания знаний к искусственным. Переход к искусственным языкам определяется желанием автоматизировать процедуры принятия решений, т.е. социогенными факторами и потому не формализован через временные параметры.

Процедурные знания подразделяются на логико-лингвистические и численные (рис. 3.11).

К логико-лингвистическим знаниям относятся знания, которые опираются, в основном, на качественные показатели ситуаций, событий и участвующих в них объектов. Задачи ТПП ввиду слабой численной формализуемости как правило опираются на логико-лингвистические знания. Наиболее привычным видом процедурных знаний являются «численные» знания, т.е. знания, которые связаны с количественными показателями управляемых ситуаций и событий (рис. 3. 11).

При условии строгой детерминированности в зависимостях, определяющих производственную ситуацию, используют знания, содержащие прямые методы расчета, а в условиях полной или частичной неопределенности используют косвенные методы расчета (рис.3.11). между видами знаний, представленных на схеме (рис.3.11) и видом производственных задач, представленных в табл. 3.1. нет строгой взаимосвязи и предопределенности.

Поэтому необходимо рассматривать возможность и целесообразность применения тех или иных видов представления знаний через алгоритмизацию производственных задач.

3.2.2. Алгоритмизация моделируемых производственных задач.

Производственные задачи, решение которых опирается на процедурные знания представляются, как правило, в виде типового алгоритма (рис. 3.14). Решаемая задача W представляется как объект управления. Например, задача № 6 в табл. 3.1. трансформируется в задачу выбора управляющих воздействий в АСУТП, где PrC в своем функционировании должна обеспечить необходимый вектор управляющих воздействий. В то же время в задаче № 13 из этой же таблицы объектом управления является конструкторское решение, при котором обеспечиваются прямые показатели технологичности.

Для непосредственного воплощения результатов решения задачи служит выходной преобразователь R . Для рассматриваемой задачи № 6 этим преобразователем является исполнительный механизм АСУТП; в то же время для задачи № 13 выходным преобразователем являются или специальные документы, фиксирующие показатели технологичности, или непосредственно конструкторская документация.

Входным преобразователем D являются или исходные данные для решения задачи, или промежуточные результаты решения, находящиеся в цепи обратной связи. Для уже рассмотренных задач входными преобразователями являются: для задачи № 6 – сигналы, поступающие от датчиковой системы АСУТП, а для задачи № 13 – ограничения, накладываемые производством на решение задачи отработки на технологичность.

Важную роль в процедуре решения задачи играют блоки F , M и J .

Блок F представляет собой совокупность определенных процедур выработки решений. Заложенные в F процедуры могут быть детерминированные, или вероятностные; вычислительные или логические. Например, для задачи № 6 при функционировании АСУТП процедура, заложенная в F, может содержать продукцию типа «D→ R», а для задачи № 13 процедурами в F могут быть регламентированные документами вычисления разных показателей технологичности в зависимости от того или иного конструктивного решения. Необходимость выделения знаний из F в специальный блок M объясняется двумя причинами: во-первых, в ряде случаев представление знаний об объекте в модели оказывается более компактным, чем их отражение в F, следствием чего является существенное упрощение описания процедуры решения задачи; во-вторых, удобство разделения информации между блоками M и F связано с тем, что сменить информацию в M гораздо легче, чем придумать и написать новые процедуры для блока F. В этом случае поиск необходимых знаний входит в функции блока F.

Перестройка модели M происходит с помощью специального блока J.

Основной его задачей является интерпретация наблюдаемых «решений» в терминах блока M. это осуществляется с помощью специальных процедур, реализуемых в интерпретаторе, таких как выделение причинно-следственных цепочек, обнаружение закономерностей, фиксация фактов и т.п. Например, в рассмотренной задаче № 6 блок J служит для статистической обработки описания техпроцесса в реальном масштабе времени и корректировки уравнений регрессии, входящих в блок M; в задаче № 13 функция J заключается в том, что этот блок меняет структуру зависимостей типа «конструктивные решение – производственные затраты» при изменении программы выпуска изделий, изменении поставщиков комплектующих изделий и др.

Для каждого вида процедурных знаний существуют свои типовые блок-схемы алгоритмов. Типовые блок-схемы алгоритмов можно отразить через классификацию процедурных знаний (рис. 3.15). Далее рассмотрим алгоритмы, опирающиеся на различные M, т.е. алгоритмы, опирающиеся на логико-лингвистические модели, численные прямые и численные косвенные M.

3.2.3 Алгоритмизация решения производственных задач на основе логико-лингвистических моделей.

Алгоритм решения производственных задач с применением логико-лингвистических моделей в общем виде выглядит в соответствии с типовой блок-схемой (рис. 3.14). Отличительной возможностью же рассматриваемого алгоритма являются в первую очередь особенности F, M и J.

Из самого названия алгоритма следует, что М представляет собой лингвистические описания события или ситуации, внутри которых семантические объекты связаны между собой логически.

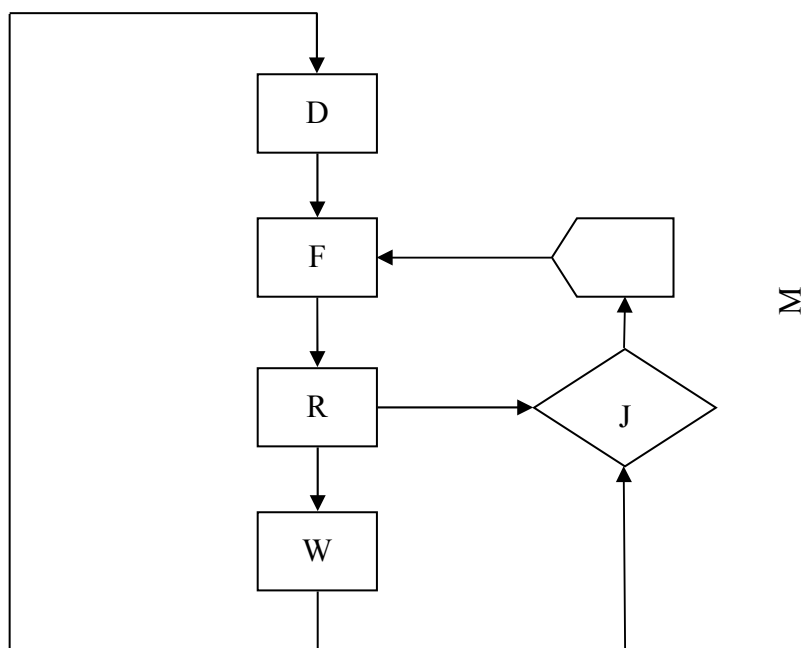


Рис. 3.14. Типовая блок-схема алгоритма решения задачи

Например, при проектировании техпроцесса технолог часто прибегает к утверждению: «чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается». На семантическом уровне это утверждение понятно любому технологю и поэтому при «ручном» проектировании техпроцесса это утверждение никак не структурируется и не подвергается никакому преобразованию. В то же время при алгоритмизации процесса выбора решения о последовательности обработки с последующей автоматизацией встает вопрос о замене естественного F (технолога) искусственным решением). Независимо от типа искусственного решателя F для «нормального» его функционирования требуется преобразовать M в вид, понятный искусственному F. Поэтому M преобразовывают без потери семантики в логическую формулу на каком-либо искусственном проблемно-ориентированном языке. При этом исходят из того, что для обеспечения логической выводимости целесообразней использовать предикатный язык.

Таким образом, преобразование M распадается на следующие этапы:

- выявление понятий, входящих в искомое утверждение;
- запись понятий и отношений между ними на предикатном языке.

Первый этап состоит из следующих стадий:

- преобразование первичного содержательного утверждения в структурированную форму, отражающую взаимодействие подсистем в производственной системе;
- выявление понятий части предметной области.

Для рассматриваемого утверждения это выглядит следующим образом:

- утверждение: «чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается» преобразуется с помощью логической формулы

$$(A_1 \wedge A_2) \rightarrow A_3,$$

где: A_1 – преобразующая подсистема;

A_2 – преобразуемая подсистема (БВС);

A_3 – продукт.

В утверждении, очевидно, два продукта

A_{31} и A_{32} ,

где: A_{31} – более точная поверхность детали;

A_{32} – менее точная поверхность детали.

Примем для простоты, что деталь характеризуют две поверхности: A_{31} и A_{32} (две части детали).

Очевидно, что двум частям детали соответствует две части обрабатываемой БВС: A_{21} и A_{22} .

Если обе части заготовки обрабатывает одна и та же преобразующая подсистема, то структурированная логическая форма выглядит следующим образом:

$$((A_1 \wedge A_{21}) \rightarrow A_{31}) \wedge ((A_1 \wedge A_{22}) \rightarrow A_{32}) \quad (3.3)$$

Но так как в первичном утверждении упоминается временное отношение, то правильнее считать, что существуют две преобразующие подсистемы: A_{11} и A_{12} , где: A_{11} – преобразующая подсистема в более поздний момент времени; A_{12} – преобразующая подсистема в более ранний момент времени. Тогда выражение (3.3) преобразуется в (3.4)

$$((A_{11} \wedge A_{21}) \rightarrow A_{31}) \wedge ((A_{12} \wedge A_{22}) \rightarrow A_{32}) \quad (3.4)$$

Полученное выражение (3.4) является «заготовкой» M для F , но использовать ее пока нельзя, так как присутствующие в (3.4) понятия необходимо перевести в предикатную форму.

Эту роль в блок-схеме алгоритма (рис.3.15) играет интерпретатор J . В соответствии с назначением J и необходимостью формализации задачи интерпретатор представляет собой механизм перевода понятий с естественного языка на искусственный (предикатный).

Основой механизма перевода является сформулированный тезаурус понятий предметной области производства и технологии. Схематично этот тезаурус, рассматриваемый в разделе 2, выглядит в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2.

№ п/п	Понятия на уровне содержательного описания	Понятия на предикатном языке
1	Станок как активный продукт на основе механической энергии.	$F(x) \wedge D_1(x) \wedge E_1(x)$
...
№	Нагревание как действие по передачи теплоты.	$F(x) \wedge D_2(x) \wedge E_2(x)$

где: D_1 – действие преобразования;
 D_2 – действие перемещения;
 E_1 – механическая энергия;
 E_2 – тепловая энергия.

Используя тезаурус в виде механизма перевода и опуская подробности, формула (3.4) преобразуется без изменения смысла в формулу (3.5)

$$(((F(x) \wedge D_1(x) \wedge T_{11}(x)) \wedge (F(y) \wedge Q_{11}(y))) \rightarrow P_{11}(z)) \wedge (((F(x) \wedge D_1(x) \wedge T_{12}(x)) \wedge (F(y) \wedge Q_{12}(y))) \rightarrow P_{12}(z)) \quad (3.5)$$

где: (x) – множество активных продуцентов;
 F – предикат продуцирования;
 D_1 - действие преобразования;
 T_1 – иметь период времени;
 T_{11} – более поздний период времени;
 (y) – множество состояний заготовки;
 Q_1 – быть частью;
 Q_{11} – 1-ая часть заготовки;

- (z) – множество пространственных объектов;
- P₁ – быть поверхностью;
- P₁₁ – более точная поверхность детали;
- T₁₂ – более ранний период времени;
- Q₁₂ – 2-ая часть заготовки;
- P₁₂ – менее точная поверхность детали.

Формула (3.5) отражает, таким образом, рассмотренное ранее утверждение «чем точнее ..., тем позже...» в виде предикатного описания объектов. Другими словами, так изображается модель М для рассматриваемого случая.

Далее модель М в виде (3.5) поступает в решатель F для решения конкретной задачи, которую формулируем следующим образом:

«Допустим, что деталь характеризуют две поверхности – цилиндр и конус; при этом цилиндр точнее конуса».

Необходимо выстроить последовательность их обработки. Любое предположение относительно последовательности обработки можно сформировать в виде гипотезы – утверждения. Гипотетическое утверждение необходимо оценить с точки зрения истинности, т.е. нужно эту истинность (или ложность) доказать.

В теории логико-лингвистического моделирования имеются стандартные процедуры выводы. Одной из самых распространенных таких процедур является процедура, основанная на методе резольвенты.

Резольвента образуется из двух дизъюнктов, в которых имеется дополнительная пара. При получении резольвентов она исключается, а то, что после этого остается, и образует резольвенту. Например из двух дизъюнктов $\neg Q(y)$ и $\neg R(x) \vee Q(y)$ можно вывести новый дизъюнкт $\neg R(x)$, который называется резольвентой этой пары дизъюнктов.

Метод резольвенты лежит в основе доказательства истинности выведенной формулы «f» при множестве посылок {fi}. Доказано, что нет общей процедуры для общезначимости формул логики предикатов первого порядка. Однако существуют процедуры, основанные на доказательстве противоречивости ее отрицания, т.е. на доказательстве ложности формулы $\bar{f} \vee \{f_i\}$. Подразумевается при этом, что множество {fi} есть, по существу, некоторое множество дизъюнктов S.

Последовательное вычеркивание дополнительных пар приводит к образованию резольвенты, и если резольвентой является пустой дизъюнкт, то это свидетельствует о том, что процесс вывода закончен и найдено опровержение для S.

На примере утверждения (3.5) и исходных данных для решаемой задачи можно записать логическую формулу: (3.6)

$$\begin{aligned} & ((FD_1T_{11}(x) \wedge FQ_{11}(y)) \rightarrow P_{11}(z)) \wedge ((FD_1T_{12}(x) \wedge FQ_{12}(y)) \rightarrow P_{12}(z)) \wedge (\text{цил}(z) \leftarrow P_{11}(z)) \wedge \\ & \wedge (P_{12}(z) \rightarrow \text{кон}(z)) \wedge (((FD_1T_{11}(x) \wedge FQ_{11}(y)) \rightarrow \text{цил}(z)) \wedge (FD_1T_{12}(x) \wedge FQ_{12}(y)) \rightarrow \text{кон}(z)) \end{aligned}$$

Применим к формуле (3.6) метод резольвенты. С этой целью преобразуем формулу, приведя ее к конъюнктивной нормальной форме:

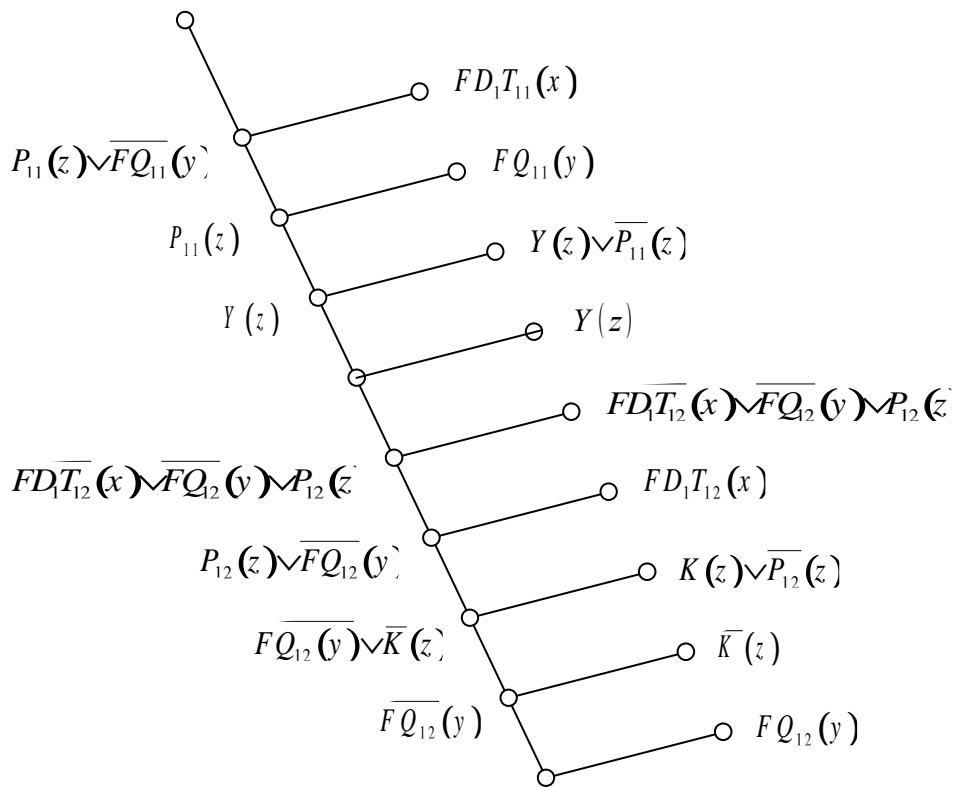
$$FD_1T_{11}(x) \wedge FQ_{11}(y) \vee P_{11}(z); FD_1T_{12}(x) \wedge FQ_{12}(y) \vee P_{12}(z); \text{цмл}(z) \vee P_{11}(z); \text{кон}(z) \vee P_{12}(z) \\ (FD_1T_{11}(x) \wedge FQ_{11}(y) \vee \text{цмл}(z)) \wedge (FD_1T_{12}(x) \wedge FQ_{12}(y) \vee \text{кон}(z))$$

После соответствующих преобразований получаем следующее множество дизъюнктов(3.7).

$$\overline{FD_1T_{11}(x)} \vee \overline{FQ_{11}(y)}; P_{11}(z) \vee \overline{FD_1T_{12}(x)} \vee \overline{FQ_{12}(y)} \vee P_{12}(z); \text{цмл}(z) \vee \overline{P_{11}(z)}; \text{кон}(z) \vee \overline{P_{12}(z)}; \\ FD_1T_{11}(x); FQ_{11}(y); \overline{\text{цмл}(z)}; FD_1T_{12}(x); FQ_{12}(y); \overline{K(z)}$$

Процесс поиска резолювенты на множестве (3.7) представлен в виде дерева вывода (рис. 3.16).

$$FD_1T_{11}(x) \vee FQ_{11}(y) \vee P_{11}(z)$$



Конечная резолювента представляет собой пустой дизъюнкт. Это означает, что формула (3.6) противоречива, что в свою очередь означает, что выдвинутое гипотетическое утверждение верно: «вначале следует обрабатывать коническую поверхность, а затем цилиндрическую».

Логический вывод на основе метода резолювенты позволяет алгоритмически решать любую задачу, сформулированную в виде предикатов первого порядка.

3.2.4. Алгоритмизация решения производственных задач на основе численных моделей прямого расчета.

Численные модели прямого расчета, в отличие от логико-лингвистических моделей, являются настолько традиционными, насколько полно можно на практике использовать принцип количественного измерения и последующего вычисления. Хотя не все производственные задачи опираются на количественные соотношения, численные модели прямого расчета занимают большое место в практике производственного проектирования и управления.

Обратимся к рис.3.14. Здесь под W понимается расчетная решаемая задача, которая в практике проектирования и управления производством может принимать различные виды.

Например, расчетным путем решается задача количества станков, исходя из проектной трудоемкости и, соответственно, станкоемкости.

Технолог расчетным путем решает задачу выбора режимов резания исходя из геометрических параметров и материалов заготовки.

Расчетным путем определяется штучное время и другие показатели производительности, а также такой важный показатель производства как себестоимость.

В общем случае перечисленные показатели (количество станков, режимы резания, себестоимость и др.) являются характеристиками состояния системы, в качестве которой выступает участок, цех, завод, операция, технологическая производственная система. Здесь рассматривается случай, когда характеристики состояния системы измеряются и выражаются количественно.

Предполагается, что система описывается определенным числом количественных параметров, связь которых с характеристиками состояния системы описывается с помощью системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= f_1(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_K) \\ x_2 &= f_2(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_K) \\ &\dots \\ x_n &= f_n(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_K) \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

где X_1, X_2, \dots, X_n – характеристики состояния системы;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_K$ – параметры системы

Система уравнений (3.8) представляет собой в общем виде модель М (рис.3.14). В случае детерминированности связи параметров с характеристиками интерпретатор в блок-схеме (рис.3.14) отсутствует.

При стохастической связи интерпретатор играет роль «поднастройщика» модели М в зависимости от результатов пассивного или активного экспериментов. С точки зрения различия возможных ситуаций использования модели М при решении расчетных задач играют роль две противоположности:

- случай, когда одинаковое по знаку изменение параметров приводит к улучшениям (или ухудшениям) всех характеристик состояния системы;

- случай, когда одинаковое по знаку изменение параметров приводит к улучшению одних характеристик и ухудшению других (хотя бы одной). В первом случае имеют дело с внутренне непротиворечивой моделью М; во втором случае имеют дело с внутренне противоречивой моделью М. Заметим, что когда в системе (3.8) имеется только одно уравнение, - это всегда внутренне непротиворечивая модель.

Наличие внутренне противоречивой модели М приводит к необходимости решения задачи оптимизации (задачи разрешения противоречия).

Рассмотрим два типа моделей отдельно.

Внутренне непротиворечивая модель.

При таком типе модели М механизма решений F (рис.3.14) принимает от Д численные значения параметров модели и производит арифметические действия, вычисляя характеристики состояния системы.

Выходной преобразователь R использует результаты вычислений для практической реализации в W в зависимости от типа решаемой задачи.

В случае использования внутренне непротиворечивой модели имеют дело с однозначностью решения, какой бы сложный вид не имела функция

$$f_i(\alpha_1, \dots, \alpha_k).$$

Внутренне противоречивая модель.

Любое отдельно взятое уравнение из системы (3.8) может рассматриваться как внутренне непротиворечивая модель и оставаться в этом качестве до тех пор, пока в системе (3.8) не обнаружится другое уравнение, связанное с первым противоречивым образом.

Покажем это на примере.

Характер влияния различных затрат на себестоимость операции показан на рис.3.17

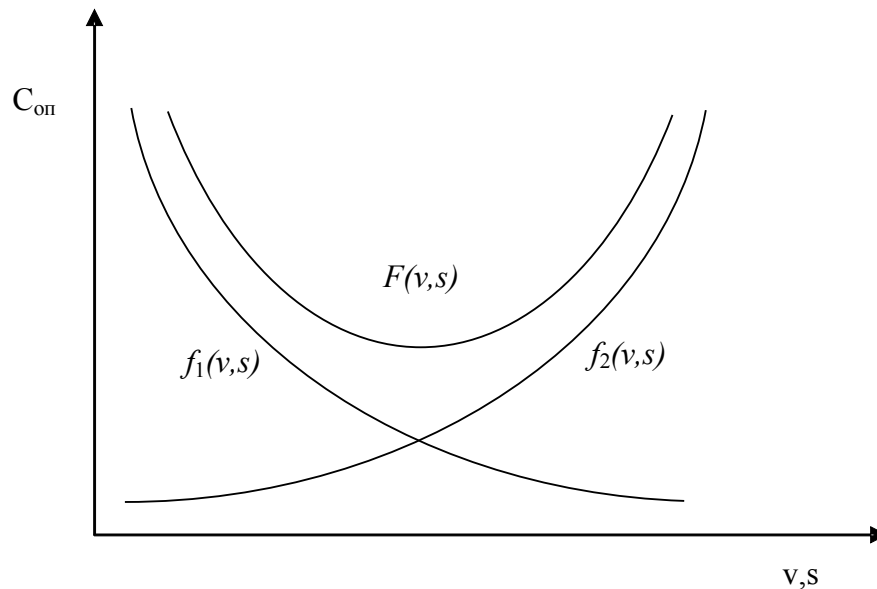


Рис. 3.17.

Здесь: $f_1(U,S)$ – функция затрат, пропорциональных времени обработки, которые уменьшаются с сокращением машинного времени;

$f_2(U,S)$ – функция инструментальных затрат которые увеличиваются с увеличением U и S .

Здесь в наглядном виде представлено противоречие, заложенное в совместном рассмотрении функций $f_1(U,S)$ и $f_2(U,S)$. В этом случае задача разрешается путем отыскания минимума суммарных затрат $F(U,S)$. т.е. $F(U,S) = f_1(U,S) + f_2(U,S)$.

Значения $U_{опт}$ (или $S_{опт}$) считаются оптимальными, а сам метод нахождения наилучшего решения называется оптимизацией. Функция, для которой ищется экстремальное значение, называется целевой функцией. Метод, показанный наглядно с помощью рис.3.17 называется компромиссным, но не является единственным при решении задач оптимизации. Наибольший практический интерес представляют многомерные задачи оптимизации: в них целевая функция зависит от нескольких аргументов. Многие производственные задачи принадлежат к классу задач, для которых целевая функция непрерывна и дифференцируема.

Если ищется минимальное значение целевой функции, то можно применить следующие методы:

Метод покоординатного спуска.

Пусть нужно найти наименьшее значение целевой функции

$$f(M) = f(X_1, X_2, \dots X_n).$$

Здесь через M обозначена точка n – мерного пространства с координатами $X_1, \dots X_n$:

$$M = (X_1, X_2, \dots X_n).$$

Выберем какую-нибудь начальную точку $M_0 = (X_{10}, X_{20}, \dots X_{n0})$ и рассмотрим функцию f при фиксированных значениях всех переменных, кроме первой:

$$f(X_1, X_{20}, X_{30}, \dots X_{n0}).$$

Тогда она превратится в функцию одной переменной X_1 . Изменяя эту переменную, будем двигаться от начальной точки $X_1 = X_{1,0}$ в сторону убывания функции, пока не дойдем до ее минимума при $X_1 = X_{1,1}$, после которого она начнет вырастать. Точку с координатами $(X_{1,1}, X_{2,0}, X_{3,0}, \dots, X_{n,0})$ обозначим через M_1 , при этом $f(M_0) \geq f(M_1)$.

Фиксируем теперь переменные: $X_{1,1} = X_{1,1}$; $X_{3,0} = X_{3,0}$; ... $X_n = X_{n,0}$ и рассмотрим функцию f как функцию одной переменной $X_2 : f(X_1, X_{2,0}, X_{3,0}, \dots, X_{n,0})$. Изменяя X_2 , будем опять двигаться от начального значения $X_2 = X_{2,0}$ в сторону убывания функции, пока не дойдем до минимума при $X_2 = X_{2,1}$.

Точку с координатами $(X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,0}, \dots, X_{n,0})$ обозначим через M_2 , при этом $f(M_1) \geq f(M_2)$.

Проведем такую же минимизацию целевой функции по переменным X_3, X_4, \dots, X_n . Дойдя до конца, снова вернёмся к переменной X_1 и продолжим процесс. Таким образом строится последовательность точек M_0, M_1, M_2, \dots , которой соответствует монотонная последовательность значений функции

$f(M_0) \geq f(M_1) \geq f(M_2) \geq \dots$. Обрывая ее на некотором шаге r , можно приближенно принять значение функции $f(M_r)$ за ее наименьшее значение в рассматриваемой области.

На рис.3.18 нарисованы линии уровня некоторой функции двух переменных $u = f(X, y)$ и показана траектория поиска ее наименьшего значения, которое достигается в точке O с помощью метода покоординатного спуска.

Метод градиентного спуска.

Выберем начальную точку, вычислим в ней градиент рассматриваемой функции и сделаем шаг в обратном антиградиентном направлении. В результате мы придем в точку, в которой значение функции будет меньше первоначального. В новой точке повторим процедуру. Продолжая этот процесс, будем двигаться в сторону убывания функции. Этот метод требует вычисления градиента целевой функции на каждом шаге. Если целевая функция задана аналитически, то

$$\text{grad } f(x, y) \approx \frac{\partial f}{\partial x}(x, y)_i + \frac{\partial f}{\partial y}(x, y)_j$$

где: i, j – единичные векторы, параллельные координатным осям x и y .

В противном случае частные производные в нужных точках вычисляются приближенно через разностные отношения

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} \approx \frac{f(x_1, \dots, x_i + \Delta x_i, \dots, x_n) - f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)}{\Delta x_i}$$

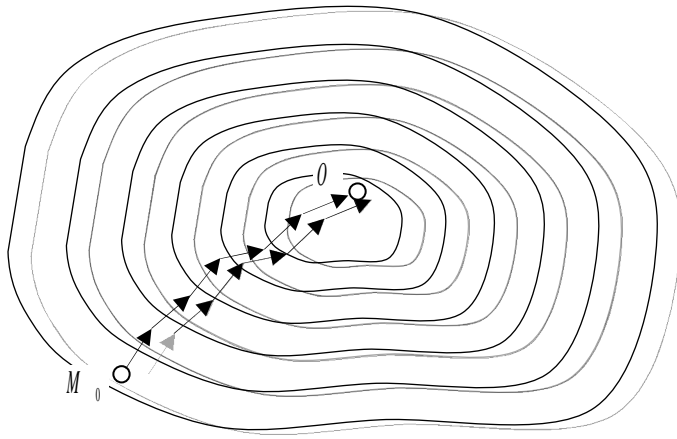


Рис. 3.19.

На рис. 3.19 нарисованы линии уровня той же функции двух переменных, что и на рисунке 3.18, и приведена траектория поиска ее минимума с помощью метода градиентного спуска.

Метод наибоыстрейшего спуска.

Подсчет градиента обычно более сложная операция, чем подсчет самой функции. Поэтому часто пользуются модификацией градиентного метода, получившего название метода наибоыстрейшего спуска.

Согласно этому методу после вычисления в начальной точке градиента функции делают в направлении антиградиента не маленький шаг, а двигаются до тех пор, пока функция убывает. Достигнув точки минимума на выбираемом направлении, снова вычисляют градиент функции и повторяют описанную процедуру. При этом градиент вычисляется гораздо реже, только при смене направлений движения.

На рис.3.20 показано траектория поиска наименьшего значения целевой функции по методу наибоыстрейшего спуска. Функция выбрана та же, что и на рис.3.18 и 3.19. Хотя траектория ведет к цели не так быстро, как на рис.3.19, экономия машинного времени за счет более редкого вычисления градиента существенна.

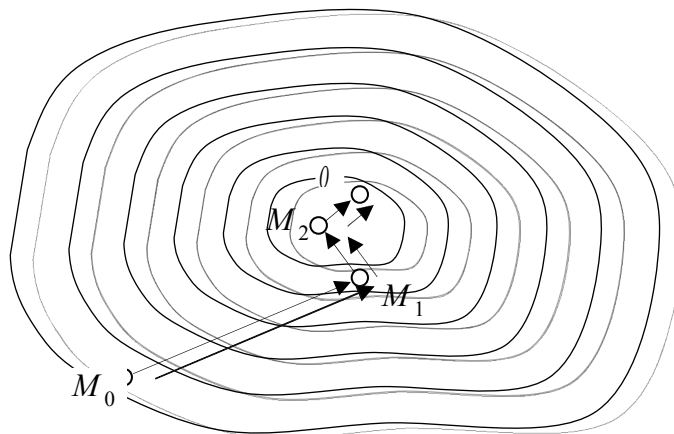


Рис. 3.20.

Линейное программирование.

Оптимизация методом линейного программирования производится тогда, когда целевая функция является линейной функцией независимых переменных, а условия, определяющие допустимые значения этих переменных, имеют вид линейных уравнений и неравенств.

Стандартная постановка задачи линейного программирования заключается в следующем: найти значение переменных

$$x_1, x_2, \dots, x_n,$$

которые являются неотрицательными

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0,$$

удовлетворяют системе уравнений

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1,$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2,$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m,$$

и дают наименьшее или наибольшее значение функции

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n.$$

Решение задачи линейного программирования удобно продемонстрировать графически для случая двух переменных. Допустим, что по условиям задачи имеется система неравенств, отражающая заданные ограничения:

$$-2x_1 + x_2 \leq 2$$

$$-x_1 + 5x_2 \leq 37$$

$$5x_1 + x_2 \leq 49$$

$$3x_1 - 4x_2 \leq 11$$

$$3x_1 + x_2 \geq 19$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

(3.9)

Необходимо найти $x_1(\text{опт})$ и $x_2(\text{опт})$, исходя из требования (3.10)

$$Z = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \max \quad (3.10)$$

На рис.3.21 показано графическое решение этой задачи.

Линии Z_{\min} и Z_{\max} перпендикулярны градиенту $c = (3,4)$. Решение задачи совпадает с точкой $x(\text{опт})$, лежащей на пересечении прямых $Vx_{\text{опт}}$ и $Dx_{\text{опт}}$. В этой точке $x_1 = 8$ и $x_2 = 9$.

Соответствующее значение функции:

$$Z_{\max} = 3 \cdot 8 + 4 \cdot 9 = 60$$

Для решения n – мерной задачи используется симплекс – метод, для которого разработаны и используются стандартные компьютерные программы.

3.2.5. Алгоритмизация решения производственных задач на основе численных моделей косвенного расчета.

В процессе технологической подготовки производства принимается множество решений, оказывающих существенное влияние на эффективность производства.

Одной из проблем принятия решений при ТПП является наличие неопределённостей и рисков в деятельности предприятий. Специалисты в области стратегического и оперативного управлений выделяют несколько категорий рисков, среди которых природно-естественные (стихийные силы природы), экономические, политические, международные, имущественные, социально-демографические, финансовые и др.

Особую категорию рисков составляют производственно-хозяйственные риски как следствие неопределённости экономического характера. Не умаляя силы воздействия различных категорий риска на деятельность технолога при ТПП, нужно отметить, что непосредственное влияние на эффективность принимаемых решений при ТПП оказывают факторы экономической неопределённости.

Под степенью неопределённости понимают частичное или полное отсутствие экономической информации о некоторых закономерных или случайных явлениях. Если закономерные явления в определённой степени можно вычислить путем моделирования ситуации, то появление случайных явлений можно оценить лишь приблизительно и с некоторой степенью вероятности. Случайный характер присущ большому количеству экономических явлений и процессов в производстве.

Возникающий при этом экономический риск выражается через вероятность (возможность) принятия решения, достичь выбранной цели, которые условно делятся на две категории:

- Цели обеспечения заданных показателей назначения (эксплуатационных характеристик) изделия;
- Цели обеспечения минимума производственных затрат при изготовлении изделия заданного качества.

Так как в общем случае эти цели противоречивы, технологу приходится искать оптимальное решение путём разрешения противоречий между качеством и

производственными затратами. Как правило, модель оптимизации представляется в виде:

$$C = f(x_1, \dots, x_n) \rightarrow \min \quad (3.11)$$

$$K = f(x_1, \dots, x_n) \leq K_{\text{зад}}$$

где: C – функция производственных затрат, играющая роль целевой функции;

K – функция качества, играющая роль функции ограничения;

$\{x_i\}_{i=1, \dots, n}$ – множество технологических объектов, выбираемых технологом

в ТПП.

Часть проблем, связанных с моделью (3.11), носит рутинный характер и требует лишь привнесения определённых знаний. Так, например, всегда считалось что вид целевой функции и функции ограничений или заранее известны, или требуют привлечения статистических методов моделирования для построения уравнений регрессии. Проще при этом решается задача построения функции - качества и труднее решается задача построения функции – затрат.

Устоявшаяся методика решения оптимальных задач ТПП складывалась в течение долгого времени и основывалась на устойчивом характере производства, когда господствующим был массовый тип производства. В тех условиях также существовали элементы экономической неопределённости.

Так, например, периодический переход к новому конструкторско-технологическому облику изделий вызывал известную неопределённость по ценам заготовок из новых материалов, по величине трудоёмкости отдельных агрегатов или изделия в целом. В определенных случаях для разрешения подобных проблем существует информационно-методическая оценка в прогнозировании производственных затрат.

Такие случаи характерны при узаконенной нормативной базе производства. По узаконенным нормативам можно относительно быстро пересчитать составляющие себестоимости продукции, даже если она обладает существенной новизной. При этом все участники производственного процесса, - поставщики и потребители, в одинаковой степени могут быть проинформированы о нормативно-калькуляционной базе назначения цен на продукцию.

Таким образом, цена на любой продукт в рассматриваемом случае представляет собой если не детерминированную, то, по крайней мере, стохастически определяемую величину.

Ситуация существенным образом изменяется при переходе к единичному производству. Главенствующим фактором ценообразования стала не столько себестоимость продукта, рассчитываемая калькуляционно-нормативным способом, а рыночный спрос на единичную продукцию. Фактор рыночного спроса на единичную продукцию для одной и той же себестоимости может привести или к убытку или к сверхприбыли. Такая особенность единичного производства в рыночной экономике усугубляется с ростом кооперации, с увеличением зависимости предприятия от множества поставщиков сырья, заготовок, комплектующих.

Фактическую величину затрат, исходя из складывающихся условий на рынке, конечно же можно определить для конкретного момента времени.

Намного сложнее складывается ситуация на ранних стадиях проектирования (проектирование изделия и ТПП). Отсутствие традиционной нормативно-калькуляционной базы фактически приводит к потере меры производственных затрат.

Восстановить такую меру возможно двумя способами:

- на основе анализа флуктуации цен на рынке производственных услуг;
- на основе выявления такой меры производственных затрат, которую можно было бы считать устойчивой.

Первый способ традиционен для решения любых задач преодоления негативных последствий неопределенности – он основан на известных приёмах математической статистики и не нуждается в дополнительных разъяснениях. Недостатком этого метода является то обстоятельство, что для построения закономерностей в условиях единичного производства потребуется много времени, так что по существу процесс невозможно закончить. Поэтому предпочтительным является второй способ отыскания подходящей меры оценки производственных затрат, основанный на анализе факторов производственных затрат.

Факторы производственных затрат условно можно разделить на несколько групп: эндогенные – отражающие внутренние структурные, параметрические и структурно-параметрические; экзогенные – отражающие структурные, параметрические и структурно-параметрические факторы внешней среды; эндогенно-экзогенные факторы той же природы, отражающие совокупный их характер. На рис. 3.22 в наглядном виде представлены 9 групп, полученных пересечением множеств факторов эндогенной, экзогенной, структурной и параметрической природы.

Если рассмотреть факторы каждой из девяти групп, можно выявить не только причины, вызывающие экономическую неопределённость, но и область поиска устойчивой меры производственных затрат.

Очевидно, что факторы 3-й, 4-й и 7-й групп, относящиеся к экзогенной области, не могут по определению содержать устойчивую меру производственных затрат, т. к. находятся в области рыночных колебаний: конъюнктуры, спекулятивных цен и др. Кроме того, эти факторы «окрашивают» и факторы 6-й, 8-й и 9-й групп. Так, например, в области 8 находится такой показатель, как себестоимость, который очень часто используется при технико-экономическом анализе производства. На самом деле этот показатель не может рассматриваться в качестве устойчивой меры производственных затрат, т. к. в структуре формулы себестоимости помимо эндогенных факторов (штучное время, скорость обработки и др.) присутствуют и экзогенные факторы (стоимость материалов, инструмента, заготовок и др.). Даже заработная плата основных и вспомогательных рабочих в сильной степени зависит от рыночной конъюнктуры, т. е. от экзогенных факторов.

Обращает на себя внимание тот факт, что очень многие экономические показатели производства входят в экзогенную группу (себестоимость, трудоёмкость, материалоёмкость и др.). Эти факторы являются основными источниками экономической неопределенности.

Таким образом круг поиска устойчивой меры производственных затрат сузился до трех групп (1, 2, 5), которые включают в себя эндогенные факторы. Факторы, входящие в группу 1, отражают структуру производства и технологии. Известно, что эти факторы в наибольшей степени отражают устойчивость производственных систем в динамике.

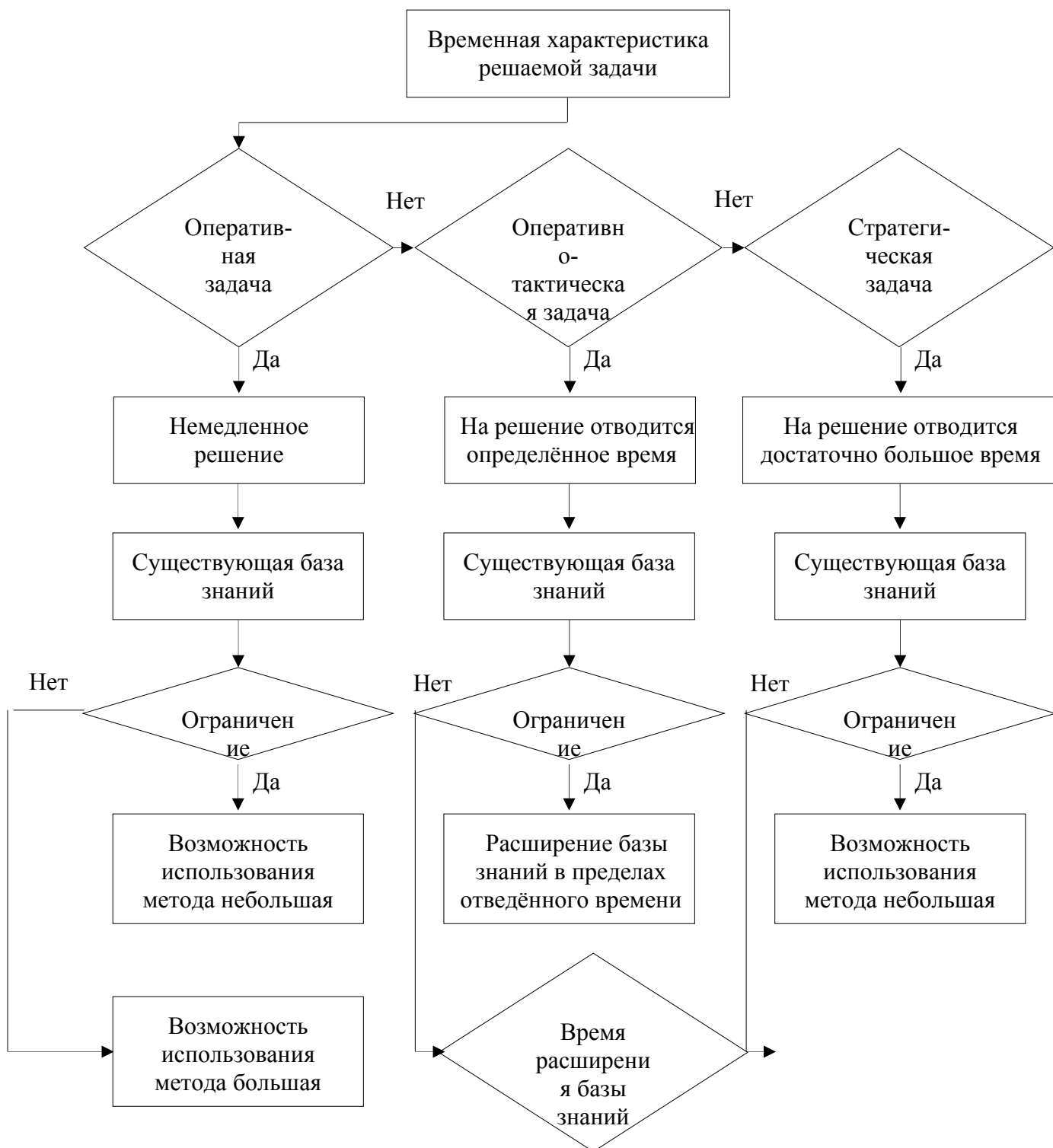
Всё многообразие промышленных продуктов, изготовленных человечеством на протяжении многих веков активной производственной деятельности, создано с помощью весьма ограниченного набора технологических методов (литьё, горячая и холодная обработка давлением, резание и др.). Считается, что совокупность известных технологических методов является самым устойчивым элементом производственных систем на временной шкале.

Группа структурных эндогенных факторов могла быть принята в качестве основной области поиска устойчивой меры производственных затрат, если бы не обладала одним, определяющим эту группу недостатком: дело в том, что по определению здесь нет количественных показателей, а качественная мера не может быть использована в модели (3.16). Напротив, в группе 2 содержатся количественные меры, среди которых могут быть названы такие как: скорость обработки, скорость технологического процесса, штучное время обработки. Эти меры по своей природе не связаны с экзогенными колеблющимися факторами и в этом смысле могли быть приняты в качестве устойчивых мер производственных затрат.

В то же время и эта группа факторов обладает одним, но весьма существенным недостатком: так как подавляющее число параметров технологии (скорость обработки, штучное время и др.) определяется экспериментальным путём, то переход от массового производства к единичному «подрывает» методическую базу определения параметров; уже по этой причине эти меры производственных затрат страдают большой неопределённостью.

Следовательно, круг поиска устойчивой меры производственных затрат сузился до группы 5, содержащих структурно-параметрические факторы, параметрически описывающие структурные преобразования производства.

Поиск устойчивой меры производственных затрат в области эндогенных структурно-параметрических факторов стал более плодотворным и всесторонним с применением кибернетического подхода, основанного на представлениях о взаимодействиях управляемого и управляющего звеньев системы (см. раздел 1).



Опираясь на элементы ПдС как кибернетико-деятельностной системы, а также известные или принятые в качестве допущений технологические аксиомы была сформирована на предикатном языке формальная система логического вывода утверждения, которое первоначально было сформулировано как гипотетическое формальное утверждение – закономерность развития производства.

В таблице 3.3 приведено множество элементов ПдС (предметы, события или их различные сочетания). В графе «Генезис» буквами К или Д обозначен источник

появления данного элемента (кибернетический, деятельностный или их пересечение).

В таблице 3.4 приведены предпосылки (аксиомы) логического вывода искомого утверждения, генезис которых обозначен так же, как и в таблице 3.3.

В соответствии с известными правилами логического вывода была получена формула:

$$(q_2(\bar{q}_1(x)) \rightarrow T(\bar{q}_1(y))) \wedge (\bar{q}_2(\bar{q}_1(x)) \rightarrow P(\bar{q}_1(y))) \wedge (q_2(q_1(x)) \rightarrow T(q_1(y))) \wedge (K(P(\bar{q}_1(y))) \wedge K(T(q_1(y)))) \quad (3.12)$$

которая на вербальном уровне формулируется следующим образом:

«В новой ситуации в ПдС действия по преобразованию БВС носят творческий характер. В результате повторения ситуации творческий труд в рамках существующей ПдС постепенно преобразуется в рутинный. В силу того, что в основе рутинного труда лежат действия формально-логического характера, этот труд (в отличие от творческого) можно автоматизировать, в результате чего освобождается в том же количестве творческий потенциал для действий в следующей ПдС».

Другими словами, формула (3.12) раскрывает эргатическое преобразование трудовой деятельности в плееде ПдС. Так как творчество, как показано в работе, является причиной скачкообразного подъёма эффективности производства и научно-технического прогресса (НТП) в целом, эргатическое преобразование трудовой деятельности является закономерностью развития производства на всех этапах в силу того, что в формулировке не содержатся факторы, привязанные к отдельной эпохе, к отдельным достижениям науки и техники, отдельным общественным устройствам и т. д.

Таблица 3.3. Множество элементов ПдС.

NN п/п	Наименование элементов	Обозначение по правилам формализации	Генезис
1.	Входной сигнал в ПдС, характеризующий свойства БВС и внешней среды в комплексе.	X	К
2.	Выходной сигнал ПдС, характеризующий действие по преобразованию БВС.	Y	К
3.	Качественное свойство ПдС, характеризующее существующее её состояние.	\bar{q}_1	Д
4.	Качественное свойство ПдС, характеризующее следующее состояние.	q_1	Д
5.	Качественное свойство X, характеризующее первоначальное, новое её состояние.	q_2	Д
6.	Качественное свойство X, характеризующее повторяющееся её состояние.	\bar{q}_2	Д
7.	Свойство действия у, определяющее творческий характер.	T	Д
8.	Свойство действия у, определяющее рутинный характер.	P	Д

Таблица 3.4. Предпосылки вывода.

NN п/п	Формулировка	Обозначение по правилам формализации	Генезис
1.	Если в ПдС возникла новая ситуация, то действие по преобразованию БВС – творческое, т. е. решение принимается на основе интуитивного мышления.		К, Д
2.	Если в ПдС возникла повторяющаяся ситуация, то действие по преобразованию БВС – рутинно, т. е. решение принимается на основе формально-логического мышления.		К, Д
3.	В ПдС возникают или новые, или повторяющиеся ситуации.	$q_2(x) \vee \bar{q}_2(x)$	Д
4.	Если ситуация характерна для существующей ПдС, то творческие действия присущи ей.		Д
5.	Если ситуация характерна для существующей ПдС, то рутинные действия присущи ей.		Д
6.	Если ситуация характерна для следующей ПдС и поэтому нова, то действия носят творческий характер.		Д
7.	Рутинные действия, предыдущей ПдС переходят в творческие действия в следующей ПдС в том же количестве.		Д
8.	Творческие действия в предыдущей и последующей ПдС не тождественны.	$T(\bar{q}_1(y)) \leftrightarrow$ $\leftrightarrow T(q_1(y))$	Д

Примечание: предикатные символы T , P , q_1 , q_2 , K обозначают творчество, рутину, последовательность существования ПдС, новизну ПдС и количество труда соответственно.

Выделенная закономерность в целях наглядности была представлена в разделе I в виде аллитерации :

$$T_i \rightarrow P_i \rightarrow T_j \quad (3),$$

где: i, j – периоды существования ПдС и $i < j$.

Очевидно, что подходящим количественным показателем выведенной закономерности является скорость эргатического преобразования трудовой деятельности в производстве. Этот показатель характеризует динамику изменения эффективности ПдС. Он, безусловно, является эндогенным структурно-параметрическим показателем и его можно использовать в качестве фундамента для поиска удобного при расчетах эндогенного показателя производственных затрат. В разделе I показано, что основным структурно-параметрическим эндогенным параметром становится величина $n_{\text{аод}}$. Следует обратить внимание на то, что во многих случаях вариативности действий и производственных затрат эквивалентны.

Приведем вывод доказательного утверждения:

«Минимум производственных затрат и минимум вариативности действий эквивалентны»

В целях формализации утверждения введены следующие определения:

Вариативность действий – число вариантов действия в определённых, заданных условиях.

Вариантом действия для определённых, заданных условий является допустимая в этих условиях одна из возможных последовательностей элементарных действий, число которых постоянно для разных последовательностей.

Элементарным действием является действие по преобразованию части ближней внешней среды: элементарное действие является частью действия.

Рассмотрим схему вариативности действий на примере, приведенном на рис.3.23.

Число вариантов действий в заданных условиях (вариативность действия) приведено на рис.3.24.

Показатель вариативности действий может быть применен и для отдельных ветвей дерева. В этом случае за показатель вариативности действий удобно принимать сумму степеней вершин графа (число выходящих связей), например, 1 вариант $1+1+1 = 3$; 2 и 3 вар $2+1+1 = 4$.

В служебных целях было введено следующее определение:

Зоной действия является ближняя внешняя среда (БВС), обладающая пассивным продуцированием чего-либо (в зоне осуществляется действие, реализуемое каким-либо активным продуцентом).

Например, - зоной действия резца токарного станка является заготовка,

- зоной действия в процессе реконструкции завода является завод и т. п.

Зоны действия могут быть смежные, разведенные и совмещенные (рис.3.25).

Смежными зонами действия (рис.3.25а) являются зоны, которые:

- имеют хотя бы одно общее свойство (например, геометрическое),

- имеют свойство зависимости (предопределенности) действий.

Зоны А и В – смежные, т. к. имеют общее геометрическое свойство – линию ав – границу пространства А и пространства В и

$$(\hat{A}(\vec{A}) \rightarrow \hat{A}(\vec{A})) \vee (\hat{A}(\vec{A}) \rightarrow \hat{A}(\vec{A}))$$

Разведенными зонами действия (рис.3.25б) являются такие, которые не имеют ни одного общего свойства БВС.

Зоны А и В с точки геометрического пространства не имеют общих свойств БВС (границы).

Совмещенными зонами(А и В) действия (рис.3.25в) являются такие, которые обладают всеми свойствами этих зон.

Зоны А и В совмещены.

Действия в зонах разделяются на действия «к» $D^+(\vec{A})$ и от $D^-(\vec{A})$.

Действия $D^+(\vec{A})$ приводят к сближению зон, действия $D^-(\vec{A})$ к разведению зон (рис.2.26).

Действие $D^+(\vec{A})$ в зоне А (рис.3.27) результат – зоны А и В становится совмещенными.

Действие $D^-(\vec{A})$ в совмещенной зоне А и В(рис.3.28) результат – зоны А и В становятся смежными.

Действие $D(\dot{A})$ в зоне А (рис. 3.29) результат – зоны А и В становятся разведенными.

Здесь: действие – съём припуска (1+2+3);

- элементарное действие – съём части припуска (или 1, или 2, или 3).

- вариант действия – одна из возможных последовательностей;

- 1-2-3, 2-1-3, 2-3-1, 3-1-2, 3-2-1, 1-3-2.

- заданные условия «3 только после 2»

- в этих условиях одна из возможных последовательностей-вариантов действий 1-2-3, 2-1-3, 2-3-1.

Действия в зонах (А, В и т. д.) являются по определению элементарными. Действия называются дополнительными, которые необходимы для превращения разведённых зон в смежные. Исходя из определений, приведены аксиоматические утверждения, являющиеся предпосылками в программе логического вывода.

«Действие $D^+(\dot{A})$ в одной из смежных зон вызывает предопределённость в другой смежной зоне».

Например, $D^+(\dot{A})$ в зоне А вызывает $D^+(\dot{A})$ в зоне В (рис.3.30а). Объяснение этому аксиоматическому утверждению следующее: $D^+(\dot{A})$ в зоне А приводит (по определению к совмещению зон А и В (3.30б).

Направление $D^+(\dot{A})$ в зоне А переносится на зону В (из-за совмещенности), т. е. к действию $D^+(\dot{A})$ в зоне В.

«Действие $D^+(\dot{A})$ в одной из смежных зон приводит к разведённым зонам».

Для разведения зон характер действия в одной зоне не зависит от характера действия в другой зоне (3.31а) и в результате имеем разведение зон А и В (рис.3.31б).

Действие в зоне В не зависит от предыдущих действий в зоне А (возможно или $D^+(\dot{A})$ или $D^-(\dot{A})$, т. е. отсутствует предопределённость).

Рассмотрим следующие утверждение:

«Вариативность действий возрастает при разведении зон действий» (рис. 3.32).

Если предыдущее действие привело к разведению зон (см. рис.3.31), то для осуществления действий в другой зоне необходимо дополнительное действие. Действие эффиктора в зоне А, приводящее к разведению зон, требует возврата эффиктора в зону В (т. е. нужно дополнительное действие).

Для доказательства или вывода сформулированного утверждения воспользуемся методом резольвент.

Введём следующее обозначение предикатных символов:

ϑ - вариативность действий;

δ - дополнительность действий.

В целях сокращения опустим в формальных записях предикатные переменные Д и тогда система предпосылок выглядит следующим образом (рассмотрим начало обработки в зоне А (или 1), т. к. начало в зоне В (или 2) в силу симметрии опишется аналогично):

$$\left. \begin{array}{l} P_1^+ \vee P_1^- \\ P_1^+ \rightarrow P_2 \\ P_1^- \rightarrow \delta \wedge (P_2 \rightarrow \vartheta) \end{array} \right\} \quad (3.13)$$

Выводимое утверждение

$$P_1^- \rightarrow (\vartheta \wedge \delta). \quad (3.14)$$

В соответствии с методом резольвент нужно доказать противоречивость формулы .

$$P_1^+ \vee P_1^-; P_1^+ \rightarrow P_2; P_1^- \rightarrow \delta \wedge (P_2 \rightarrow \vartheta); (P_1^- \rightarrow (\vartheta \wedge \delta)) \quad (3.15)$$

Опуская подробности вывода, не трудно убедиться, что в результате преобразований получаем пустую резольвенту, что говорит о противоречивости формулы (3.15).

Противоречивость формулы (3.15) означает, что при появлении вариативности действий ϑ появляется дополнительность действий δ , что является прямым указанием появления дополнительных движений, т. е. дополнительных производственных затрат. Учитывая эквивалентность ϑ и δ , критерий вариативности действий можно использовать в качестве универсального критерия оптимизации в условиях экономической неопределённости.

Важно при этом отметить, что только за счет структурных преобразований можно добиться минимума вариативности действий и, следовательно, минимум производственных затрат.

Обратимся в этой связи ещё раз к примеру, который показан на рис. 3.23. Нетрудно убедиться, что возможные варианты действий могут быть представлены в виде графа (рис.3.33).

Начало обработки из зоны 2 приводит к интересной ситуации: с одной стороны, движение идёт к зонам 1 и 3, т. е. к совмещению зон, с другой стороны, зоны 1 и 3 в обоих случаях оказываются разведенными и для их сближения необходимы дополнительные действия. Совершенно другая ситуация складывается, если начало обработки происходит в зоне 1. Траектория «1-2-3» - это последовательное движение по смежным законам, которые никогда не становятся разведёнными и никогда не требуются дополнительные действия.

Нетрудно убедиться, что при начале обработки в зоне 1 вариативность действий равна 1, а при начале в зоне 2 – вариативность действий равна 2.

Это – наглядное свидетельство совмещенности, вариативности и дополнительности действий (дополнительности производственных затрат).

3.2.6. Рекомендации по использованию различных алгоритмов решений производственных задач.

Каждый из рассмотренных методов и алгоритмов решения производственных задач имеет свою область применения, исходя из специфики применяемых моделей.

Рассмотрим последовательно в этом отношении алгоритмы и методы, основанные на:

- логико-лингвистических моделях;
- численных моделях прямого расчета;
- численных моделях косвенного расчета.

Область применения логико-лингвистических моделей весьма обширна и предопределена следующими причинами:

- не все цели управления объектом могут быть выражены в виде количественных соотношений;
- между рядом параметров, оказывающих влияние на процесс управления, не удается установить точных количественных зависимостей;
- процесс управления является многошаговым, и содержание каждого шага не может быть заранее однозначно определено;
- существующие способы описания объектов и протекающих в них процессов приводят к столь громоздким конструкциям, что их практическое использование невозможно;
- цель существования самого объекта не может быть строго сформулирована и, тем более, количественно;
- объект эволюционирует во времени, меняется его структура и функции, что приводит к эволюции самого процесса управления;
- элементы, входящие в структуру управляемого объекта, имеют активную природу; их поведение может противоречить целям управления; они могут оказывать обратное воздействие на саму систему управления.

Все перечисленные причины характерны и для производственных систем. В этой связи для многих производственных задач приемлемым методом является метод, основанный на логико-лингвистических моделях.

В то же время для этого метода существуют определенные ограничения.

Рассмотрим вначале пример.

В разделе 3.2.3. приведена методика логического вывода утверждения, для которого посылкой является аксиоматическое утверждение: «чем точнее поверхность, тем позже она обрабатывается».

Были рассмотрены два продукта: A_{31} и A_{32} ,

где: A_{31} – более точная поверхность детали;

A_{32} – менее точная поверхность детали.

Известная методика «резольвенты» позволила доказать истинность последовательности обработки двух конкретных поверхностей.

Усложним пример для случая, когда в качестве исходных данных взята совокупность из трех поверхностей: V_1 , V_2 и V_3 , причем V_1 и V_2 относятся к классу более точных поверхностей, а V_3 – менее точных.

Нетрудно показать, что однозначности логического вывода с использованием все той же аксиомы добиться невозможно: истинно выводимое утверждение, что вначале следует обработать поверхность V_3 , а затем или поверхность V_1 , или поверхность V_2 , но в какой последовательности – неясно. Для такого случая нужно корректировать модель M с помощью интерпретатора J (рис.3.14). конкретно для рассматриваемого примера в аксиоматическое утверждение нужно ввести

дополнение, касающееся не двух, а трех поверхностей (в общем случае дополнение должно распространяться на n поверхностей: $(V_1, V_2 \text{ и } V_n)$).

Здесь мы имеем дело с J в форме квантификатора – меры отношений между понятиями. Квантификатор позволяет выбрать любую меру, но общий принцип следующий – интервалы между V_i и V_j всегда величина дискретная. Независимо от языка представления знаний, используемых в логико-лингвистических моделях, принципиальным ограничением в использовании подобных моделей является то обстоятельство, что их нельзя использовать для установления или определения непрерывных величин-показателей производственных систем.

В связи с тем, что в логико-лингвистических моделях число предикатных символов по определению конечно, используемая при решении задачи в конкретное время база знаний ограничена.

Ее можно расширять, но такая процедура также ограничена временными рамками.

В связи с этим рекомендации по использованию логико-лингвистических моделей тесно связаны с характером решаемых производственных задач по отношению к промежуткам времени. По такому критерию все производственные задачи удобно разделить на следующие группы:

- стратегические задачи, решение которых связано со значительным промежутком времени (10-15 лет);
- оперативно-тактические задачи, решение которых связано с осуществлением конкретных планов реконструкции и технического перевооружения (до 1 года);
- оперативные задачи, решение которых связано с текущим моментом времени.

В наглядном виде возможность выбора рассматриваемого метода решения производственных задач можно представить в виде блок-схемы алгоритма (рис.3.34).

Разница между оперативными, оперативно-тактическими и стратегическими задачами заключается в том, что для первой задачи нет времени для расширения базы знаний, для второй задачи с этой целью отводится определенное время, а для третьей задачи времени для расширения базы знаний достаточно.

Для оперативной задачи отсутствие ограничения базы знаний возможно, но является весьма маловероятным. В этой связи можно сказать, что большая возможность использования рассматриваемого метода существует для небольшого числа оперативных задач.

Для оперативно- тактических задач ограничение существующей базы знаний не является сильным препятствием, т.к. существует достаточное время для ее расширения. Тем самым круг производственных задач, решаемых рассматриваемым методом, по сравнению с оперативными задачами, заметно расширяется.

И, наконец, наличие ограниченности существующей базы знаний для решения стратегических задач перестает быть практически значимым фактором, т.к. имеем достаточно большое время для расширения базы знаний.

Таким образом, для задач, не требующих количественного расчета показателей, возможность использования рассматриваемого метода растет по мере

продвижения от оперативных задач к оперативно-тактическим и далее, к стратегическим.

Область применения численных моделей прямого расчета связана с так называемыми зонами разрешенного ограничения (ЗРО).

Зона разрешенного ограничения – это множество ожидаемых результатов решений, ограниченных вышестоящим лицом принятия решений (ЛПР).

Например, уравнение $C_1 = f(x_1, \dots, x_n)$ отражает один ожидаемый результат C_1 , а система уравнений

$$C_1 = f_1(x_1, \dots, x_n)$$

$$C_m = f_m(x_1, \dots, x_n)$$

связана с числом m ожидаемых результатов решений.

Тогда (ЗРО – 1) связана с одним результатом C_1 , а (ЗРО – m) с m результатами.

В наглядном виде (ЗРО – 1) включена в (ЗРО – m) так, как показано на рис. 3.35

Предполагая, что все мыслимые результаты зависят от одинакового множества переменных (x_1, \dots, x_n) , нетрудно представить, какие отношения существуют у разных ЛПР, представляющих разные ЗРО.

Например, ЛПР в зоне (ЗРО – 1) имеет разрешение ограничиться только одним уравнением и поэтому не «интересуется» каким образом его решение по выбору (x_1, \dots, x_n) скажется на результатах в другой зоне, например, в зоне (ЗРО – m). Такое право «не интересоваться» ему разрешено другим ЛПР, который берет на себя ответственность за решения в других зонах.

Эта ситуация характерна для всех эшелонированных иерархических структур и позволяет организовать «независимую» работу исполнителей, расположенных на разных уровнях иерархии. В то же время мера «независимости» по-разному проявляется для разных по продолжительности решений, т.е. для оперативных, оперативно-тактических и стратегических задач. На рис. 3.36 представлена блок-схема алгоритма выбора рассматриваемого метода применительно к разным зонам разрешенного ограничения. В случае, когда вышестоящее ЛПР разрешил ограничить задачу небольшим числом определяемых (вычисляемых) результатов, доведя зону ЗРО до ЗРО – 1, это означает, что нижестоящему ЛПР предписывается решать оперативную задачу. Если же ситуация заставляет ЛПР учитывать многие зависимости между переменными и результатами, требуется время для построения расширенной системы уравнений.

Если система уравнений требует относительно небольшого времени для ее «дostroения», то она может быть использована для решения оперативно-тактической задачи. Для решения стратегических задач требуется неизмеримо больше времени для построения численной модели оптимизации. Если такое время ЛПР получает, то он может рассчитывать на подобную модель для решения стратегической задачи.

Область применения численных моделей косвенного расчета, т.е. с применением критерия вариативности действий зависит от других факторов, нежели в двух первых случаях.

Так как «метод вариативности действий» возник с целью решения производственных задач в условиях разного рода экономических неопределенностей, область его применения связана с критерием устраняемой неопределенности.

Обратимся еще раз к примеру, показанному на рис. 3.23. Выбор последовательности обработки зон 1,2 и 3 припуска при поиске минимума вариативности действий приводит к такому решению: цепочка обрабатываемых зон следующая 1 – 2 – 3 (см. рис. 3.33). По критерию минимума вариативности действий менее предпочтительными цепочками являются: 2 – 1 – 3 и 2 – 3 – 1.

Подобное определение мы провели, считая, что с точки зрения производственных затрат мы имеем дело с полной неопределенностью при выборе трех возможных последовательностей обработки.

На самом деле это не так, потому что в этой задаче производственные затраты явно прослеживаются: помимо затрат на обработку каждой из зон (1,2,3) (продуктивные затраты), здесь налицо непродуктивные затраты, связанные с так называемыми «холостыми ходами» (1 – 3; 3 – 1). Эти затраты нетрудно подсчитать, т.е. экономическая неопределенность в выборе последовательности обработки отсутствует. Это означает, что ЛПР может в этом случае и не прибегать к «методу вариативности действий».

Однако существует большое число производственных задач, когда мы сталкиваемся с максимальной неопределенностью.

Известно, что неопределенность (энтропия), рассчитываемая по формуле (3.16)

$$H = - \sum_{i=1}^m p_i \log p_i \quad (3.16)$$

достигает своего максимума $H = 1$ в случае равновероятного распределения событий, т.е. когда

$$p_1 = p_2 = \dots p_i = p_m$$

на интервале от $i = 1$ до m .

Чем дальше от нас отстоят предполагаемые события, тем неопределеннее становится результат, с ними связанный.

В случае $H = 1$ метод вариативности действий становится единственно возможным, т.к. опирается не на знание о величинах предполагаемых производственных затрат, а о структуре событий, что всегда вытекает из структурного анализа.

Таким образом, рекомендации по применению метода вариативности действий в наглядном виде могут быть представлены как блок-схема соответствующего алгоритма (рис.3.36).