

Теоретические методы исследования систем управления

Основные базовые методы
Метод линейного программирования
Метод точечной итерполяции
Метод Монте-Карло (статических испытаний)
Метод точечной интерполяции
Графические методы

4.1. Основные базовые методы

Теоретические методы исследования основаны на использовании методологий и методических положений различных научных теорий. К этой классификационной группе следует отнести следующие основные базовые методы исследования:

- формализации,
- аксиоматизации,
- идеализации,
- восхождения от абстрактного к конкретному,
- моделирования.

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ

Метод формализации основан на изучении исследуемых объектов путем отображения их в знаковой форме при помощи искусственных языков, например, математического, экономико-математического, экономико-статистического и т.п. Он взаимосвязан с другими теоретическими методами (моделирования, абстрагирования, идеализацией и т.п.) и способами, выделенными в иных классификационных группах.

Формализация обладает рядом достоинств, например:

- 1) обеспечивается обобщенность подхода к решению проблем;
- 2) символика придает краткость, однозначность и четкость фиксации значений;
- 3) однозначность символики (нет двусмысленности обычного языка);

4) возможность формирования знаковых моделей исследуемых объектов и замены при этом изучения реальных элементов СУ и процессов смоделированными.

По существу, данный метод включает совокупность способов:

- аналитические, в частности математические методы интегрального, дифференциального и вариационного исчисления, теории вероятностей, теории игр, поиска максимумов и минимумов функций (в том числе методы математического программирования, например, линейного и динамического, математической логики, теории множеств);
- статистические, в том числе методы математической статистики, исследования операций и массового обслуживания, теории информации;
- графические, включая методы теории графов, номограмм, диаграмм, гистограмм, графиков и т.п.

МЕТОДЫ АКСИОМАТИЗАЦИИ, ИДЕАЛИЗАЦИИ, ВОСХОЖДЕНИЯ ОТ АБСТРАКТНОГО К КОНКРЕТНОМУ

Метод аксиоматизации базируется на анализе объектов исследования, при котором выделяют некоторые основные исходные утверждения, не требующие доказательств, и на их базе образуют производные понятия и выводят другие аксиомы. При этом главное, чтобы все утверждения не входило в противоречие друг с другом.

Метод идеализации предполагает изучение элемента или компонента системы, наделенного некими гипотетическими идеальными свойствами, что позволяет упростить исследования и получить результаты путем математических вычислений с любой заранее заданной точностью.

Идеализация — это мысленное создание объектов, несуществующих в действительности или практически неосуществимых. Цель идеализации: лишить реальные объекты исследования некоторых присущих им свойств и наделить (мысленно) их определенными нереальными и гипотетическими свойствами. При этом достижение цели осуществляется:

1) многоступенчатым абстрагированием (например, абстрагирование от процессов, происходящих в СУ, приводит к понятию «черного ящика», подлежащего изучению);

2) мысленным переходом к предельному случаю в развитии какого-либо свойства системы (например, к абсолютной надежности ТСУ);

3) простым абстрагированием (например, признавая требования к кандидатам на выдвижение идеальными, что в идеале требуется для организации).

Использование методов идеализации возможно только при соблюдении определенных ограничений;

Метод восхождения от абстрактного к конкретному основан на получении результатов исследования на базе перехода от логического изучения абстрактно расчлененного исследуемого объекта к целостному конкретному его познанию.

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ

Метод моделирования используется при исследовании объекта на основе его модели, отражающей структуру, наиболее существенные связи, отношения и т.п. Результаты исследования моделей интерпретируются на реальный объект. Под **моделями**, как правило, понимаются мысленные или материальные системы, замещающие объект познания и служащие источником новой информации и знаний о нем. По существу, модели — это аналоги, сходство которых с оригиналом существенно, а различие несущественно.

Таким образом из определения модели следует:

- конкретное воплощение модели в виде системы (представление ее абстрактно или в виде материального объекта) не является важным для результатов исследования, так как более значимо соответствие ее оригиналу;

- главное назначение модели — замещать исследуемый объект, чтобы получить новую информацию и знания о нем.

Следовательно, моделирование - - метод исследования СУ на основе построения ее модели и изучения ее свойств, связей отношений.

Модели можно классифицировать по следующим основаниям.

1. **Способ представления** — материальные (физические, т.е. совпадающие; предметно-математические) и символические (языковые). Материальные физические модели соответствуют оригиналу, но могут отличаться от него размерами, диапазоном изменения параметров и т.п. Символические модели абстрактны и основываются на описании их различными символами, в том числе в виде фиксации объекта на чертежах, рисунках, графиках, схемах, текстов, математических формул и др. При этом они могут быть: по принципу построения — вероятностными (стохастическими) и детерминированными; по приспособляемости — адаптивными и неадаптивными; по изменению выходных переменных во времени - статическими и динамическими; по зависимости параметров модели от переменных — зависимыми и независимыми.

2. **Способ построения** — теоретические, формальные, эмпирические, комбинированные.

3. *Тип языка описания* — текстовые, графические, математические, смешанные.

Использование метода моделирования целесообразно в тех случаях, когда СУ вообще недоступна для непосредственного исследования или когда исследование невозможно из-за моральных издержек или нецелесообразно по причинам существенных величин рисков негативных последствий в СУ социального, экологического и экономического характера, или если СУ либо исследуемый ее объект являются достаточно сложными, трудоемкими и дорогостоящими для изучения.

Реализация метода моделирования для решения задач исследования в большинстве случаев включает:

- постановку задачи;
- выбор или разработку новой модели;
- исследование модели;
- интерпретирование знаний с исследуемой модели на ее оригинал.

К совокупности методов моделирования относят такие методы как статистического имитационного моделирования, моделирования операций по схемам случайных процессов и статистических испытаний — метод Монте-Карло и ряд других.

4.2. Метод линейного программирования

СУЩНОСТЬ МЕТОДА

Задачу управления отмечает особенность: возможность не одного, а множества различных решений. Это обусловлено наличием в указанных задачах множества способов организации какого-либо процесса, приводящих к достижению определенной цели. Тем не менее задачу управления можно ставить как задачу нахождения хотя бы одного из возможных способов достижения поставленной цели. Но такая постановка вопроса обычно бывает недостаточной. Следует вести речь о множестве решений и выбирать то из них, которое с некоторой принятой точки зрения является наилучшим.

При рассмотрении вариантов решения можно наложить на них добавочные требования, степень выполнения которых будет служить основанием для выбора. Очевидно, что достижение цели требует определенных ресурсов (финансовых, материальных, временных, энергетических и т.п.), и для каждого варианта достижения целевых установок необходимы разные объемы этих ресурсов. По-

этому в большинстве случаев выбирают тот вариант, который обеспечивает достижение цели с наименьшими затратами. Иногда основанием для выбора управленческого варианта выступают ограничения, налагаемые на систему управления (надежность, наличие финансовых средств и т.п.). Здесь необходимо решать задачи оптимизации, т.е. находить минимальное или максимальное значение выбранного критерия управления при наличии определенных ограничений.

Для более наглядного представления возможных ограничений вспомним о том, что управление предприятием осуществляется при наличии определенных ограничений спроса на рынке, на производственные мощности, технологические процессы и т.п. В общем случае можно при управлении предприятием выделить два вида ограничений:

- законы и условия природы и другой внешней среды, в которых осуществляется управление;
- ограниченность ресурсов, используемых при управлении, которые в силу особенностей той или иной системы не могут или не должны превосходить некоторых пределов.

При математической формулировке задачи управления эти ограничения представляются обычно алгебраическими, дифференциальными или разностными уравнениями или неравенствами, связывающими переменные, описывающие состояние системы. Задачу управления можно считать сформулированной математически, если: сформулирована цель управления, выраженная через критерий управления; определены ограничения первого вида, представляющие собой системы дифференциальных или разностных уравнений, определяющих возможные способы развития системы; определены ограничения второго вида, представляющие собой систему алгебраических уравнений или неравенств, выражающих ограниченность ресурсов или иных величин, используемых при управлении.

Управление, которое удовлетворяет всем поставленным ограничениям и обращает в минимум (максимум) критерий управления, называют обычно оптимальным управлением. Линейное программирование является составной частью теории оптимизации, изучающей методы нахождения условного экстремума функций многих переменных.

Наличие компьютерной техники и программного обеспечения создали в настоящее время реальные предпосылки широкого использования метода линейного программирования для целей исследования СУ и принятия оптимальных управленческих решений. Данный метод достаточно глубоко проработан и широко проверен на практике при решении различных задач оптимального планирования.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

С приемлемой точностью методом линейного программирования может решаться задача выбора рационального типа оргтехники и определения оптимальной потребности в таких средствах. Его применение позволяет проводить расчеты по различным критериям оптимизации выбираемых типов оргтехники с соответствующими целевыми функциями. Наиболее целесообразными и необходимыми критериями оптимизации при решении такой задачи могут быть:

- максимум выполняемой работы на рубль годовых приведенных затрат или минимум годовых приведенных затрат на единицу выполняемой работы;
- минимум годовых приведенных затрат;
- максимум производительности;
- максимум единовременных затрат;
- минимум занимаемой площади.

Целевая функция, если принять в качестве критерия оптимальности минимума годовых приведенных затрат Z , для случая с четырьмя типами оргтехники X_1, X_2, X_3, X_4 , из числа которых должен осуществляться выбор, будет иметь следующий вид:

$Z_1 X_1 + Z_2 X_2 + Z_3 X_3 + Z_4 X_4$ — стремится к минимуму годовых приведенных затрат.

Система ограничений может быть записана следующим образом:

$$\sum_{i=1}^4 (a_{ij} x_i) = b_j, \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad (4.1)$$

при $j = 1, 2, 3, \dots, m; x_i$
 $0; i = 1, 2, 3, 4; x_i$ — целое число,

где a_{ij}, b_j — константы задачи;
 m — количество ограничений.

В зависимости от условий ограничения могут быть наложены на средства для приобретения техники, занимаемую площадь, производительность, массу, потребляемую мощность и т.п.

Результат реализации программы — рассчитанная величина целевой функции (в данном случае минимума приведенных затрат) и оптимальное количество конкретных типов средств оргтехники, которые удовлетворяют требованиям принятой системы ограничений. Использование программного обеспечения по использованию метода линейного программирования существенно снижает трудоемкость расчетных работ и уменьшает сроки их выполнения, а также обеспечивает повышение объективности, обоснованности и эффективности принимаемых решений.

4.3. Метод точечной интерполяции СУЩНОСТЬ МЕТОДА

При исследовании СУ часто возникают вопросы определения максимумов и минимумов каких-либо функций (затрат, прибыли, эффектов, качества, конкурентоспособности и т.п., для которых имеются оптимумы и минимумы).

Сравнительно часто встречаются такие задачи:

- 1) достижение заданного уровня исследуемого параметра (функции) при минимуме аргумента;
- 2) достижение максимально возможного значения функции при заданных допустимых величинах аргумента;
- 3) достижение при минимуме величины аргумента максимально возможного значения функции.

Решение данных задач может предусматривать получение эмпирической зависимости исследуемой функции от аргумента, которую просто описать соответствующей кривой различными математическими методами. Для определения оптимальной величины исследуемой функции с необходимой степенью точности практически достаточно трех-четырёх точек аргумента. В этом случае для описания кривой $Z = f(K_H)$ можно воспользоваться методом точечной интерполяции.

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

Если известны три точки K_{H0}, K_{H1}, K_{H2} и соответствующие им значения функций Z_0, Z_1, Z_2 , то оптимальная величина $K_{H.опт}$ при минимуме Z методом точечной интерполяции будет определяться по формуле

$$K_{H.опт} = K_{H0} + \frac{(K_{H1} - K_{H0}) \cdot (Z_2 - Z_{H0}) - (K_{H2} - K_{H0})^2 \cdot (Z_1 - Z_0)}{2 \cdot [(K_{H1} - K_{H0}) \cdot (Z_2 - Z_0) - (K_{H2} - K_{H0}) \cdot (Z_1 - Z_0)]} \quad (4.2)$$

Для более точного нахождения оптимальной величины $K_{H.опт}$ можно воспользоваться кубической интерполяцией и наличием четырех узлов интерполяции (четырёх точек с различными величинами K_H), определяемых $K_{H0}, K_{H1}, K_{H2}, K_{H3}$ соответствующими им значениями функций Z_0, Z_1, Z_2, Z_3 . Тогда оптимальная величина $K_{H.опт}$ будет следующей:

$$K_{H.опт} = D_{H0} + \frac{D_1 \pm \sqrt{D_1^2 - 3 \cdot D_0 \cdot D_2}}{3 D_0}, \quad (4.3)$$

$$\text{где } D_0 = \left| \begin{array}{c} (K_{n1} - K_{n0})^2 \cdot (K_{n1} - K_{n0}) (z_1 - z_0) \\ (K_{n2} - K_{n0})^2 \cdot (K_{n2} - K_{n0}) (z_2 - z_0) \\ (K_{n3} - K_{n0})^2 \cdot (K_{n3} - K_{n0}) (z_3 - z_0) \end{array} \right| = \Delta z_1 \cdot b_1 - \Delta z_2 \cdot b_2 + \Delta z_3 \cdot b_3,$$

$$\text{где } \Delta z_1 = z_1 - z_0; \quad \Delta z_2 = z_2 - z_0; \quad \Delta z_3 = z_3 - z_0;$$

$$b_1 = \left[(K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0}) - (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0}) \right];$$

$$b_2 = \left[(K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0}) - (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0}) \right];$$

$$b_3 = \left[(K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0}) - (K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0}) \right];$$

$$D_1 = \left| \begin{array}{c} (K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0}) (z_1 - z_0) \\ (K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0}) (z_2 - z_0) \\ (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0}) (z_3 - z_0) \end{array} \right| = \Delta z_1 \cdot b_4 - \Delta z_2 \cdot b_5 + \Delta z_3 \cdot b_6,$$

$$b_4 = \left[(K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0}) - (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0}) \right];$$

$$b_5 = \left[(K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0}) - (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0}) \right];$$

$$b_6 = \left[(K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0}) - (K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0}) \right];$$

$$\left| (K_{n1} - K_{n0})^3 (K_{n1} - K_{n0})^3 (z_1 - z_0) \right|$$

$$D_2 = \left| \begin{array}{c} (K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0})^2 (z_2 - z_0) \\ (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0})^2 (z_3 - z_0) \\ (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0})^2 (z_3 - z_0) \end{array} \right| = \Delta z_1 \cdot b_7 - \Delta z_2 \cdot b_8 + \Delta z_3 \cdot b_9,$$

$$b_7 = \left[(K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0})^2 - (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0})^2 \right];$$

$$b_8 = \left[(K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n3} - K_{n0})^2 - (K_{n3} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0})^2 \right];$$

$$b_9 = \left[(K_{n1} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n2} - K_{n0})^2 - (K_{n2} - K_{n0})^3 \cdot (K_{n1} - K_{n0})^2 \right].$$

Например, при известной зависимости затрат на управленческий персонал (табл. 4.1) оптимальная численности персонала, рассчитанная по вышеприведенной формуле, будет равна 71 человеку.

Таблица 4.1

Пример затрат на управленческий персонал в зависимости от его численности (при наличии трех точек интерполяции)

Затраты, 10 ⁶ руб.	Численность управленческого персонала, человек
z ₀ = 10, z ₁ = 5, z ₂ = 6	K _{n0} = 30, K _{n1} = 50, K _{n2} = 120

При решении других задач можно получать выпуклую вверх эмпирическую кривую $z = f(k)$ с точкой экстремума, определяемой максимумом определяемой величины аргумента $K_{H, \text{опт}}$. В этом случае оптимальный показатель может быть рассчитан аналогичным или иным методом оптимизации.

4.4. Метод Монте-Карло (статистических испытаний)

СУЩНОСТЬ МЕТОДА

Метод Монте-Карло представляет собой расчетный численный способ решения исследовательских задач математического характера на основе моделирования случайных величин и формализованного описания неопределенности. Этот способ, называемый также методом статистических испытаний, на основе статистических данных и различного рода ограничений позволяет сформировать имитационные модели и создать множество сценариев реализации задач исследования и выбрать наиболее вероятный из них.

Название метода происходит от известного всем игорным бизнесом города Монте-Карло, так как рулетки, используемые в казино, являются простым устройством для получения случайных величин.

Разработчиками данного метода принято считать американских математиков Дж. Неймана и С. Улама (конец 40-х гг. XX в.). В нашей стране он стал известен в 1955—1956 гг. Основа метода была известна в период, когда статистики начали решать задачи с помощью случайных выборок. Однако широкого распространения

данный метод не мог получить из-за трудоемких работ моделирования случайных величин. Только с появлением ЭВМ стало возможным широкое распространение этого универсального численного метода.

СФЕРА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

Метод Монте-Карло часто применяют для анализа рисков различных проектов, используя компьютерные пакеты программ. Результатом такого анализа являются рассчитанные вероятности показателей реализации проекта (например, вероятность получения чистого дисконтированного дохода).

Составленные по методу Монте-Карло имитационные модели позволяют построить математическую модель, например проекта с неопределенными значениями параметров. Зная вероятностные распределения параметров проекта, а также корреляционную связь между изменениями параметров, можно получить распределение доходности проекта.

Метод Монте-Карло позволяет моделировать любой процесс, на протекание которого влияют случайные факторы. При этом для многих математических задач, не связанных с какими-либо случайностями, можно искусственно придумать вероятностную модель (и даже не одну), позволяющую решать эти задачи. Следовательно, метод Монте-Карло является универсальным методом решения исследовательских и управленческих задач математического характера. Однако он не позволяет решать задачи с большой точностью, т.е. он эффективен при решении тех из них, в которых результат нужен с небольшой точностью.

4.5. Графические методы

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Графические методы исследования СУ часто предполагают использование различных диаграмм, графиков и гистограмм в качестве инструмента изучения явлений. В частности, известны:

- *диаграммы* — Исикавы («рыбьего скелета» — причинно-следственной диаграммы), Парето, разброса, «радиационного» вида, системная — древовидная, матричная, сетевая и др.;
- *графики* — круговой, ленточный, Z-образный, в виде ломаных линий и др.;

• *гистограммы* — с двухсторонней симметрией, вытянутые влево или вправо, «двухгорбые», с обрезанными (ограниченными) одним или двумя краями и др.

ДИАГРАММА ИСИКАВЫ

Целью построения диаграммы Исикавы — выявление эффективного способа решения поставленного вопроса. В диаграмме исследуемый вопрос (например, характеристика качества) изображается в виде прямой горизонтальной линии, а причинные факторы, влияющие на исследуемую характеристику, даются наклонными прямыми линиями (стрелками). На диаграмме причинные факторы первого порядка изображаются большими наклонными линиями, а второго, третьего и т.д. — малыми наклонными линиями (рис. 4.1).

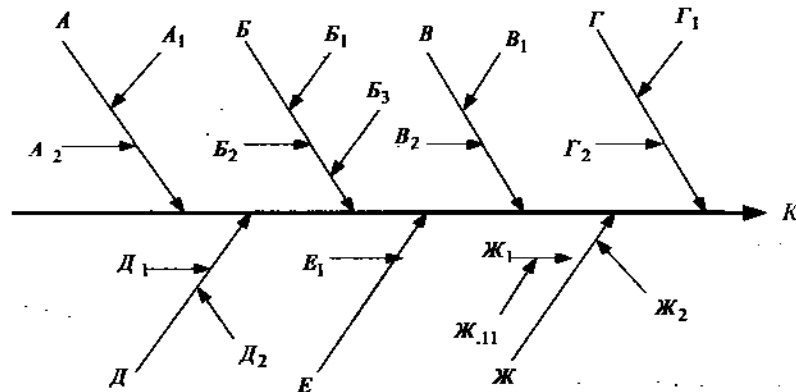


Рис. 4.1. Принцип построения причинно-следственной диаграммы (диаграммы Исикавы, «рыбьего скелета», «рыбьей кости»):

К - наименование характеристики качества; А, Б, В, Г, Д, Е, Ж - причинные факторы (материалы, оборудование, условия и т.п.); А₁, А₂, ..., Ж₂ - причины, обуславливающие причинный фактор А (для следствия А) ... (для следствия Ж); Ж_{1.1} - причина, обуславливающая причину Ж (для следствия Ж₁)

Основные работы по построению такой диаграммы включают:

- выбор «узкого» места в объекте исследования;
- проведение на диаграмме прямой горизонтальной линии, отображающей характеристику избранного для исследования объекта;
- определение причинных факторов первого порядка, влияющих на объект, и изображение их на диаграмме в виде больших наклонных линий;

- определение причинных факторов второго, затем третьего и последующих порядков влияния на объект и нанесение на диаграмму малых наклонных линий;

- выявление значимости всех причинных факторов, оказывающих влияние на исследуемый объект.

На основе результатов анализа диаграммы вырабатываются соответствующие корректирующие (управляющие) воздействия.

Пример диаграммы Исикавы для анализа брака продукции приведен на рис. 4.2.

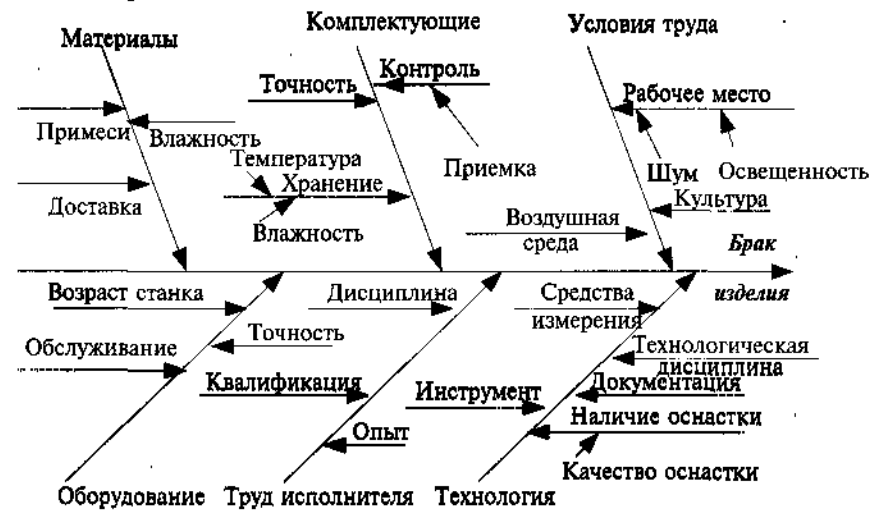


Рис. 4.2. Пример упрощенной причинно-следственной диаграммы брака изделия

ДИАГРАММА ПАРЕТО

Среди перечисленного графического инструментария нередко представляет практический интерес диаграмма Парето, которая помогает выявить причины и факторы, позитивно или негативно влияющие то или иное явление. Такой вид диаграммы наглядно показывает эти причины и факторы в порядке уменьшения значимости. Например, при определении приоритетности девяти стимулов приобретения (реализации) на внутреннем рынке телевизоров отечественного производства и представлении результатов обработки данных в виде диаграммы Парето (рис. 4.3) оказалось, что наи-

более значимым стимулом для потребителей (покупателей) является более высокий технический уровень телевизоров (эти данные были получены экспертным методом на основе парных сопоставлений при участии 20 экспертов).



Рис. 4.3. Диаграмма Парето для анализа стимулов приобретения (реализации) продукции:

1 - более высокий технический уровень; 2 - более высокий эксплуатационный уровень качества; 3 - меньшие единовременные затраты потребителя (покупателя); 4 - более высокий имидж предприятий-изготовителя; 5 - более высокий уровень сервиса (в том числе гарантии); 6 - более высокий уровень качества изготовления; 7 - меньшие текущие затраты потребителя; 8 - точные сроки поставки продукции; 9 - прочие случаи

При использовании некоторых рассмотренных методов (причинно-следственной диаграммы, диаграммы Парето и др.) решение исследовательских задач представляет собой ряд последовательно (или параллельно, или последовательно-параллельно) выполняемых группами исследователей работ. При этом для большинства работ должны быть предусмотрены обратные связи. Примерный порядок использования диаграммы Парето может быть следующим:

- 1) выбор проблемы для решения;
- 2) разработка причинно-следственной диаграммы;
- 3) определение заданий исследователям;

- 4) сбор и анализ информации для выполнения каждого задания;
 - 5) разработка причинно-следственной диаграммы в соответствии с заданием;
 - 6) разработка диаграммы Парето по проблеме;
 - 7) разработка предложений и мероприятий, направленных на ликвидацию недостатков (на основе диаграммы Парето);
 - 8) получение необходимой помощи при подготовке предложений и мероприятий;
 - 9) разработка окончательных предложений и мероприятий по решению проблемы;
 - 10) внедрение предложений и реализация мероприятий;
- И) анализ и обсуждение технико-экономических и социальных результатов внедрения предложений и реализации мероприятий.

ГРАФИКИ И КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Графики, отображаемые ломаной линией, как правило, используют при изучении характера изменений исследуемого объекта от времени (рис. 4.4).

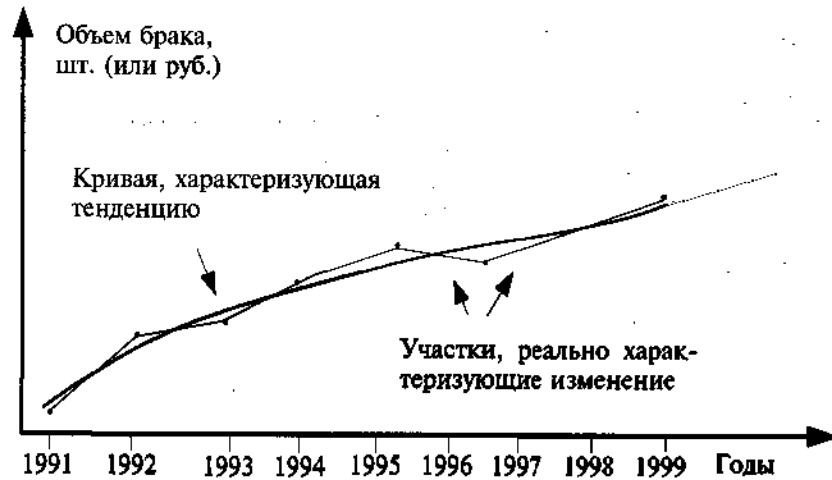


Рис. 4.4. Характер изменения брака (в зависимости от времени)

При этом данные могут обрабатываться, например, методом наименьших квадратов. Подобного рода графики позволяют выявить тенденцию изменения объекта, а в некоторых случаях (при соблюдении определенных условий) — дать прогноз такого изменения.

Графики в виде контрольных карт отличаются от обычных наличием линий, называемых границами регулирования (контрольными границами). Они чаще всего используются при контроле качества продукции и регулировании технологических процессов. В зависимости от вида контроля различают контрольные карты, применяемые при контроле и регулировании по количественному (в том числе альтернативному) и качественному признакам. В первом случае используются численные значения показателей качества единиц продукции, во втором — единицы продукции делят на несколько групп качества и решение о контролируемой продукции принимают в зависимости от соотношений единиц продукции разных групп.

Пример одной из контрольных карт по количественному признаку j представлен на рис. 4.5. Как видно на карте, 18-я выборка имеет восемь дефектных единиц продукции, что совпадает с браковочным числом (со значением границ регулирования). Следовательно, в этом случае технологический процесс должен быть признан разлаженным и требующим регулирования.



Рис. 4.5. Контрольная карта числа дефектных единиц продукции:

P_r — карта для статистического регулирования технологических процессов методом учета дефектов; d — браковочное число (оно означает минимальное число дефектных единиц в выборке, по достижении которого технологический процесс признается разлаженным)

КРУГОВАЯ ДИАГРАММА

Очень часто для анализа различных данных используют **круговые диаграммы**, пример которой представлен на рис. 4.6.

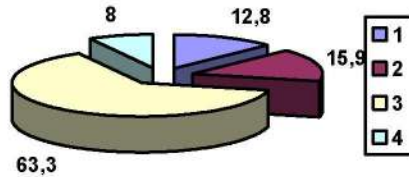


Рис. 4.6. Пример круговой диаграммы, отображающей удельные весомости причин брака продукции (в %):

1 - поверхностные дефекты; 2 - качество оснастки; 3 - механическая обработка; 4 - механические свойства

СЕТЕВЫЕ ГРАФИКИ

Помимо других графических методов, в управлении в целом и в исследованиях СУ в частности используются сетевые графики. **Сетевой график** — полная графическая модель направленных на выполнение единого задания комплекса работ, в которой представлена логическая взаимосвязь, последовательность работ и взаимосвязь между ними. Основными элементами сетевого графика являются работа, событие, критический путь.

Событие — результат (но не процесс) предшествующего ему управленческого или производственного процесса. События могут быть исходными, завершающими, начальными и конечными.

Работа на сетевом графике является действием, которое следует совершить для перехода от одного события к другому. Для каждой работы на графике может быть указана ее продолжительность (в днях, часах или минутах).

Вся непрерывная последовательность работ на графике составляет *путь* определенной суммарной продолжительности. Этой продолжительности следует уделять особое внимание, так как при сравнении продолжительности всех путей на графике (от исходного до завершающего события) можно определить тот, который имеет по продолжительности наибольшее значение. Его называют *крити-*

ческим, поскольку он обуславливает время окончания всего комплекса работ.

События на графике отображаются в виде кружков с номером события внутри, а работы -- в виде стрелок, направленных от начального события к следующему, а в итоге к конечному. Событий с одинаковыми номерами и работ с одними же кодами не должно быть. При необходимости вводят промежуточные события.

Строят график от исходного события к конечному. При этом не должно быть событий, кроме исходного, которым не предшествует ни одна работа, а также не должно быть тупиковых событий (из которого бы не выходила ни одна работа), кроме завершающего.

Пример сетевого графика приведен на рис. 4.7, а в табл. 4.1 дан пример сетевой матрицы для этого графика.

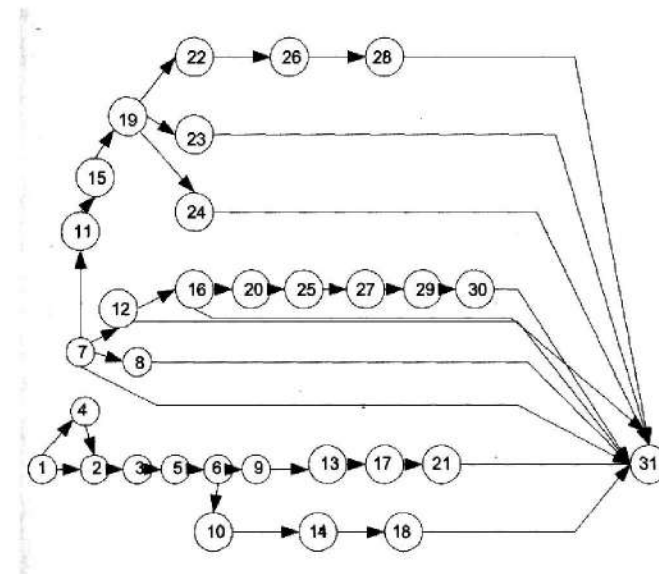


Рис. 4.7. Сетевой график плана реализации организационно-управленческих нововведений по увеличению объемов производства на предприятии

Таблица 4.1

Сетевая матрица

Номер предшествующих работ	№ п/п	Наименование работ	Трудоемкость, человеко-дней	Количество исполнителей и ответственных	Продолжительность дней	Код	
						i	j
1	2	3	4	5	6	7	8
-	1	Организация специальной комиссии					
1	2	Изучение проектного решения					
2	3	Изучение опыта других фирм					
2	4	Рассмотрение экономической эффективности проекта					
4	5	Рассмотрение плана реализации проекта					
3; 4; 5	6	Утверждение плана реализации проекта					
6	7	Поиски подрядчиков					
11	8	Составление перечня потребителей выпускаемых изделий и комплектование портфеля заказов					
22	9	Составление перечня поставщиков сырья и полуфабрикатов					
6	10	Определение объема проектно-конструкторских работ					
28	11	Организационный реинжиниринг отделов маркетинга и реализации					
28; 20	12	Создание службы качества и разработка плана улучшения контроля качества продукции					
28; 20	13	Создание планово-экономической службы					
28; 12	14	Реализация мероприятий по повышению стабильности качества изделий					
24	15	Разработка положений о подразделениях ОАО «Курс»					

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
28	16	Контроль за реализацией мероприятий по повышению стабильности качества изделий					
14	17	Создание службы документационного обеспечения в управлении					
13; 28; 20	18	Разработка плана подготовки и повышения квалификации кадров					
28	19	Корректировка положений о подразделениях					
15	20	Утверждение положений о подразделениях					
19	21	Разработка должностных инструкций персонала					
20	22	Выявление возможности получения новых полуфабрикатов и комплектующих изделий, сырья и материалов					
11	23	Разработка конструкторской документации (первая очередь)					
10	24	Разработка плана аттестации изделия					
12	25	Повышение квалификации кадров					
18	26	Завершение выпуска конструкторской документации					
23	27	Согласование с подрядчиком проектов смет					
7	28	Проведение мероприятий по повышению эффективности использования рабочего времени					
6	29	Технологическая регламентация выполняемых работ сотрудниками и нормирование					
28	30	Утверждение нового штатного расписания					
28; 21	31	Изготовление технологической оснастки					
26	32	Приобретение и установка необходимого оборудования					
27	33	Контроль за изготовлением оснастки, приобретением оборудования					

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
32	34	Прием-сдача оборудования в эксплуатацию					
33	35	Получение новых полуфабрикатов и комплектующих изделий, сырья и материалов					
22	36	Изготовление пробной партии продукции					
35	37	Проверка качества изготовления изделий в условиях стендового испытания					
36	38	Доработка продукции					
37	39	Приемка изделий комиссией					
38	40	Предъявление изделия аттестационной комиссии по сертификации продукции и аттестация					
37; 39		Серийное производство продукции					

Сетевой график обладает рядом преимуществ по сравнению с другими формами представления планов. Он позволяет рассчитать ранние и поздние сроки начала и окончания каждой работы, определить критический путь, общие и частные резервы времени. В то же время сетевой график недостаточно информативен и нагляден, так как в нем не указаны исполнители работ, а основные показатели не изображаются, а рассчитываются.

Поэтому можно использовать *сетевую матрицу*, которая объединяет наглядность ленточного графика с достоинством сетевого графика.

Сетевые матрицы, как правило, строят в масштабе времени, где указывают исполнителей каждой работы, а также резервы времени. Сетевая матрица строится в следующей последовательности:

- по горизонтали указывают принадлежность работы определенному исполнителю;
- допустимая продолжительность каждой работы определяется расстоянием по сплошной линии между центрами двух событий;
- длина волнистой стрелки показывает частный резерв времени;
- зависимость, идущая по вертикали, обозначается пунктирной прямой, другие зависимости изображаются разорванной волнистой линией.

При исследовании СУ используются и другие методы теоретической направленности: математические методы интегрального, дифференциального

и вариационного исчисления; методы теории вероятностей, теории игр, динамического программирования, математической логики, теории множеств, исследования операций и массового обслуживания, теории информации, теории графов, номограмм, гистограмм, статистического имитационного моделирования.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные теоретические базовые методы и определите их сущность?
2. Раскройте сущность метода линейного программирования.
3. Определите сущность и сферу использования метода Монте-Карло.
4. Назовите основные положения метода точечной интерполяции.
5. Изложите основные положения диаграммы Исикавы и Парето.
6. В чем заключается сущность построения и использования графиков, отображаемых ломаной линией, и контрольных карт?
7. Какова сущность и основы построения круговых диаграмм?
8. Раскройте сущность сетевых графиков.