

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Кафедра «Дизайн и конструирование изделий легкой промышленности»

**Курс лекций по дисциплине**

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Для студентов заочной формы обучения

направления подготовки 29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

Рукавишникова А.С., доц. к.т.н.

Ростов-на-Дону, 2023

**Лекция №1**

**Сущность исследования и связь понятий**

Потребность решения многочисленных технических, управленческих, экономических проблем современного производства, сопровождающаяся недостатком сущностной информации об их источниках, масштабах и возможных последствиях, предопределяет необходимость проведения различного рода эмпирических прикладных исследований.

Под ***исследованием*** в общем случае понимают профессиональную деятельность по получению новой информации (нового знания), исходя из минимального объема имеющейся, и осуществляемую по определенным правилам (алгоритмам) с использованием различных методов. Можно сказать и по-другому: исследование – процесс познания, а его результат – новое знание, «нарощенное» на имеющееся.

В качестве **объекта исследования** практически всегда выступают определенные явления и процессы природного или социального характера, отдельные свойства предметов, процессов и явлений.

Общая последовательность (алгоритм) проведения любого исследования может быть представлена на рис. 1.

Несмотря на высокую эффективность теоретических методов, при рассмотрении конкретных технологических проблем, особенно в условиях действующего производства, зачастую приходится сталкиваться с задачами, решение которых практически невозможно без организации и проведения того или иного экспериментального исследования. Сам по себе эксперимент представляет собой один из способов, причем самых дорогостоящих, целенаправленного получения (или сбора) информации, необходимой для доказательства или опровержения выдвинутой при исследовании гипотезы, которую нельзя получить никаким другим способом.

В технической литературе термину **эксперимент** дается следующее определение – система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях. Иначе под **экспериментом** понимают «помещение» объекта исследования в специальные условия, наблюдение за его поведением, обусловленным изменением условий, и фиксацию информации (показателей), отражающей это поведение. Исходя из результатов наблюдений выдвинутая гипотеза может быть подтверждена или опровергнута. Являясь источником познания и критерием истинности теорий и гипотез, эксперимент играет очень важную роль как в науке, так и в инженерной практике.

Хотя объекты исследования очень разнообразны, методы экспериментальных исследований имеют много общего:

- независимо от сложности эксперимента вначале необходимо выбрать план его проведения;

**1. Выявление проблемы**

**2. Распознавание проблемы, выявление ее актуальности, значимости, масштабов и т.д.**

**3.Выявление объекта и предмета исследования. Постановка его целей.**

**4. Выбор подхода к исследованию и его концепции.**

**5. Выдвижение исследовательской гипотезы (гипотез).**

**6.Сбор недостающей информации, включая постановку эксперимента.**

**7. Обработка, визуализация, представление информации в удобном для восприятия виде.**

**8. Формулировка выводов: подтверждение или опровержение гипотезы (гипотез).**

**9. Верификация нового знания.**

**10.Составление модели изучаемого объекта. Верификация модели.**

**11. Модельное экспериментирование. Прогнозирование поведения объекта исследования.**

**12. Выработка предложений по использованию полученного знания.**

Рисунок 1 – Обобщенная схема исследования

- для уменьшения объема эксперимента необходимо сократить число рассматриваемых переменных;

- необходимо контролировать ход эксперимента;

- необходимо исключить влияние случайных внешних воздействий;

- необходимо оценить точность измерительных приборов и точность получения данных;

- в процессе любого эксперимента анализируются полученные результаты и дается их интерпретация.

Любой эксперимент предполагает проведение тех или иных опытов. **Опыт** представляет собой единичный эксперимент и определяется как воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов. В эксперименте ставится, как правило, серия или несколько серий однообразных опытов. Современные методы планирования и обработки его результатов, разработанные на основе теории вероятности и математической статистики, позволяют существенно сократить число необходимых опытов.

По цели проведения и форме полученных результатов эксперимент делят на качественный и количественный.

***Качественный эксперимент*** устанавливает только сам факт существования какого-либо явления, но при этом не дает никаких количественных характеристик объекта исследования. Качественный эксперимент предусматривает только словесное описание его результатов, которое не позволяет дать количественных рекомендаций, проанализировать свойства объекта в иных условиях.

Поэтому в инженерной практике основное содержание эксперимента представляется числом и количественными зависимостями.

***Количественный эксперимент*** не только фиксирует факт того или иного явления, но и позволяет установить соотношения между количественными характеристиками явления и количественными характеристиками способов внешнего воздействия на объект исследования. Таким образом, количественный эксперимент прежде всего предполагает количественное определение всех тех способов внешнего воздействия на объект исследования, от которых зависит его поведение – количественное описание всех факторов.

***Фактор*** – переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента.

**КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Основу всякого производства составляет производственный про­цесс, т. е. совокупность всех процессов, превращающих исход­ный материал в промышленное изделие. Непосредственная пере­работка сырья или полуфабриката, направленная на получение готовой продукции, называется технологическим процессом. Ус­пешное осуществление любого технологического процесса требует выполнения определенных предписаний, инструкций, правил, норм, т. е. соблюдения технологии производства (технологической мето­дики, технологического регламента). Технологией производства устанавливаются требования к исходным сырью и материалам, оборудованию и условиям проведения технологического процесса, а также к конечному продукту.

Каждый технологический процесс или его отдельный участок характеризуется различными величинами. Так, например, величи­нами, характеризующими процесс сушки кож в конвективных сушилках, могут служить температура и влажность воздуха в су­шилке, влажность высушенной кожи, давление пара, подаваемого в калорифер, и пр. Среди величин, характеризующих процесс, можно выделить *основные*, определяющие при прочих равных условиях течение процесса и качество обработки полуфабриката, и *второстепенные*. Основные величины, в достаточной степени определяющие и характеризующие технологический процесс, называются **технологическими параметрами**. Так, процесс конвек­тивной сушки кож достаточно полно характеризуется температу­рой и влажностью воздуха в сушилке и влажностью высушенной кожи.

Значения технологических параметров, которые должны поддерживаться для успешного осуществления технологического процесса, предписываются технологией производства.

Для оценки хода технологического процесса, обеспечения за­данных условий его проведения сопоставляют заданные значе­ния технологических параметров с их фактическими значениями. Фактические значения технологических параметров определяют в результате технологических измерений.

Таким образом, технологические измерения являются источ­ником объективной информации о технологическом процессе и иг­рают чрезвычайно важную и всевозрастающую роль в современ­ных производственных процессах текстильной и легкой промыш­ленности.

Знание основных параметров является основой правильного управления процессом, позволяет вести обработку полуфабриката при заданных режимах и воздействовать на процесс в нужном направлении. Технологические измерения служат основой контро­ля технологических процессов, установления соответствия между фактическим и требуемым значением того или иного параметра, без чего немыслимо получение высококачественной продукции.

Еще более возрастает роль технологических измерений при автоматизации производства, при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и гибких автоматизированных производств на базе современной интенсивной технологии и микропроцессорных управляющих ком­плексов.

Следовательно, в современном производстве правильное и точ­ное измерение того или иного параметра в ходе технологического процесса имеет большое значение. В настоящее время разрабо­таны и применяются различные методы контроля и современные средства измерений, позволяющие перейти от органолептической оценки и лабораторных методов контроля к автоматическому измерению и контролю на всех стадиях обработки полуфабриката в текстильной и легкой промышленности. При автоматическом контроле значительно улучшается качество выпускаемой про­дукции, экономятся материалы и улучшаются условия труда.

**Измерение** - это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Под значением физической величины понимается ее оценка в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Единица физической величины - это физическая величина, которой присвоено числовое значение, равное 1. Следовательно, измерить какую-либо вели­чину - значит сравнить ее с другой однородной величиной, приня­той за единицу.

Задача измерения состоит в определении числового значения измеряемой величины, т. е. отношения измеряемой физической величины к единице физической величины. Основное уравнение измерения имеет вид

*x=qu,*

где *х* - измеряемая величина; *q* - единица физической величины; *и* - числовое значение измеряемой величины.

Результат измерения выражается величиной qu и всегда является именованным числом. Числовое значение измеряемой величины зависит от выбранной единицы, причем чем больше размер единицы физической величины, тем меньше числовое зна­чение измеряемой величины, и наоборот.

Следовательно, для измерения любой величины необходимо прежде всего установить определенные единицы физических ве­личин. Единицы физических величин устанавливают не обособлен­но, а в системах, представляющих собой совокупность основных и производных единиц, относящихся к некоторой системе величин и образованных в соответствии с определенными принципами. Основные единицы принимают произвольно, независимо от разме­ров других единиц.

Производные единицы физических величин образуются по определяющим их уравнениям из других единиц данной системы. Кроме основных и производных в систему также включаются дополнительные единицы, которые служат, в частности, для удоб­ства образования производных единиц.

Производные единицы, как правило, принято именовать через названия соответствующих основных или других производных единиц, с помощью которых выражаются искомые. Например, единица скорости (метр в секунду) выражена через две основные единицы: метр и секунда; единица плотности (килограмм на кубический метр) - через основную единицу - килограмм и производную - кубический метр.

Вместе с тем, ряд производных единиц имеет собственные наименования, присвоенные им в большинстве своем по именам выдающихся ученых, например, единица частоты - герц (Гц), силы - ньютон (Н), электрического напряжения - вольт (В), электрического сопротивления - ом (Ом), электрической прово­димости - сименс (См). Система, в которой все производные единицы являются когерентными, называется когерентной.

Кроме этого имеются еще кратные и дольные единицы физи­ческих величин, в целое число раз большие или в целое число раз меньшие основных и производных единиц. Кратные и дольные единицы образуются умножением или делением основной или производной единицы на 10 в определенной степени. Наимено­вания кратных и дольных единиц получаются прибавлением к на­именованию исходной единицы соответствующей приставки, на­пример, «кило» для единицы в 103 больше исходной, «санти» ­в 102 меньше исходной и т. п.

Международная система единиц СИ является когерентной и базируется на семи основных единицах: длины (L) - метр, массы (М) - килограмм, време­ни (т) - секунда, силы электрического тока (1) - ампер, термо­динамической температуры (8) - Кельвин, количества веще­ства (N) - моль, силы света (1) - кандела и двух дополнитель­ных единицах плоского угла - радиан, телесного угла - стера-диан.

Основными преимуществами Международной системы единиц являются: ее универсальность, т. е. охват всех отраслей науки и техники; простота и стройность; устранение множественности единиц для измерения величин одного и того же рода; упрощение расчетов благодаря когерентности и устранению из формул коэффициентов, обусловленных выбором единиц величин; четкое разграничение понятий массы (килограмм), веса и силы (ньютон). Наряду с Международной системой единиц допускается при­менение ряда внесистемных единиц, получивших широкое распро­странение, например час, минута, тонна, литр и др.

**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ**

Для получения результата измерения используют прямые, кос­венные, совокупные и совместные измерения.

Если искомое значение измеряемой величины находят непо­средственно из опытных данных, например определяют массу с помощью гиревых весов, объем по показаниям объемного счет­чика, то это - **п р я м ы е и з м е р е н и я**.

При **к о с в е н н ы х и з м е р е н и я х** искомое значение вели­чины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, например определение температуры при помощи измерения сопро­тивления металлического проводника. Косвенные измерения яв­ляются наиболее распространенными. К с о в о к у п н ы м и з­ м е р е н и я м относят производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Например, измерения, при которых массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравне­ний масс различных сочетаний гирь.

При с о в м е с т н ы х и з м е р е н и я х одновременно проводят измерения двух или нескольких неодноименных величин для нахождения зависимости между ними, например определение температурного коэффициента линейного расширения по резуль­татам измерения длины при различных температурах.

**ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормируемые метрологические характеристики, называются с р е д с т в а м и и з м е р е н и й. Средства измерений включают меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки и измерительные системы.

Средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера,- это мера. К мерам относятся, например, гири, линейки, катушки индуктивности. Мера может быть однозначной, воспроизводящей физическую величину одного размера (гиря, конденсатор постоянной емкости), или многозначной, воспроизводящей ряд одноименных величин раз­личного размера (линейка с нанесенными миллиметровыми деле­ниями, конденсатор переменной емкости). Меры могут быть объединены в набор - комплект мер, применяемых не только по отдельности, но и в различных сочетаниях для воспроизведения ряда одноименных величин различного размера (набор гирь, магазин индуктивностей). Однако измерение при помощи мер имеет весьма ограниченную область применения (например, из­мерение объема жидкости мерной колбой, измерение длины мер­ной линейкой).

Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосред­ственного восприятия наблюдателем (например, показывающий манометр для измерения давления), называют и з м е р и т е л ь­ н ы м при б о ром.

Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не под­дающейся непосредственному восприятию человеком (например, пневматический датчик давления, электрический термометр сопро­тивления), называют и з м е р и т е л ь н ы м п р е о б р а з о в а­ т е л е м. Он реализует одно частное преобразование (например, в электрическом термометре сопротивления - температура ­сопротивление) и выполнен на основе определенного физического принципа. В зависимости от места в измерительной цепи измери­тельный преобразователь может быть первичным, промежуточ­ным или передающим, предназначенным для передачи сигнала измерительной информации.

И з м е р и т е л ь н а я у с т а н о в к а - совокупность функ­ционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте и предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия (например, установка для определения физико-механических показателей кожи, уста­новка для определения цвета ткани).

И з м е р и т е л ь н а я с и с т е м а - совокупность средств измерения и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических (авто­матизированных) системах управления (например, система цен­трализованного автоматического измерения и контроля темпера­туры прессов в обувном и швейном производствах, информацион­но-вычислительная система измерения и учета энергетических параметров).

Наибольшее распространение на предприятиях текстильной и легкой промышленности имеют измерительные преобразователи и измерительные приборы. Вместе с тем с ростом уровня меха­низации и автоматизации производства и широким внедрением средств вычислительной техники и автоматизированных систем управления технологическими процессами в легкой промышлен­ности все более ускоренное развитие получают измерительные системы.

**ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Значение той или иной физической величины, полученное в ре­зультате измерения, как бы тщательно оно ни производилось, отличается от истинного ее значения. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины назы­вается п о г р е ш н о с т ь ю и з м е р е н и я. Погрешность изме­рения, выраженная в единицах измеряемой величины, называется а б с о л ю т н о й п о г р е ш н о с т ь ю. Абсолютная погрешность определяется соотношением

*Хабс= Хизм-Х*

где *Хабс* - абсолютная погрешность; *Хизм* - значение, полученное при измерении; *Х* - истинное значение измеряемой величины.

Отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины называется о т н о с и т е л ь н о й п о г р е ш н о с т ь ю. Относительная погрешность (%) выра­жается формулой



При этом следует учесть, что истинное значение измеряемой величины определить совершенно точно невозможно. Поэтому на практике для нахождения погрешности вместо неизвестного истинного значения Х применяют действительное значение изме­ряемой величины, т. е. значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истин­ному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него. действительное значение на практике находят путем заведомо более точного измерения той же величины. Погрешности измерения обусловлены самыми разнообразными причинами: различными недостатками приборов, изменениями условий изме­рений, субъективными факторами и т. д. и могут быть различными по величине. Поэтому измерения могут быть практически прием­лемыми и полезными лишь в том случае, если известна погреш­ность или пределы ее возможных значений.

По способу учета погрешностей методы измерения подразде­ляют на *лабораторные и технические*. При лабораторных методах измерения погрешность учитывается в виде определенной по­правки, определяемой в ходе измерений. При технических изме­рениях погрешность не учитывается, а степень достоверности полученного результата определяется применяемыми средствами измерений, погрешность которых не превышает заданных до­пустимых пределов.

В зависимости от причин возникновения погрешностей разли­чают:

а) *инструментальную погрешность* - составляющую погрешности измерения, зависящую от погрешностей применяемых средств измерения, например из-за неправильной сборки измери­тельных приборов, трения в механизмах, из-за недостаточного количества нанесенных отметок шкалы и т. п.;

б) *погрешность метода измерения* - теоретическую погреш­ность, составляющую погрешности, происходящую от несовер­шенства метода измерения, из-за неполного знания всех обстоя­тельств, сопровождающих измерения. Например, при измерении поверхностной плотности радиоизотопными приборами на резуль­тат измерения оказывают влияние геометрическая толщина ма­териала, при измерении влажности ткани диэлькометрическим способом результат измерения зависит не только от влажности, но и от структуры и состава ткани;

в) *погрешность отсчитывания* - составляющую погрешности измерения, происходящую от недостаточно точного отсчитывания показания средств измерения.

По характеру проявления различают погрешности системати­ческие, грубые (промахи) и случайные.

*С и с т е м а т и ч е с к и м и* называются погрешности измере­ния, остающиеся постоянными или закономерно изменяющиеся при повторных измерениях одной и той же величины. Природа и характер систематических погрешностей либо известны, либо могут быть изучены, так как они обусловлены совершенно опреде­ленными факторами. К систематическим относят, например, по­грешности, вызванные ,неправильной установкой измерительного прибора (при измерении температуры термометром сопротивления в случае неполного погружения чувствительного элемента, в слу­чае неправильной подгонки сопротивления соединительных линий и т. п.).

Систематические погрешности обнаруживаются многократным измерением одной и той же величины измерительным и другим, более точным, образцовым прибором. Разность результатов изме­рения рабочим и образцовым приборами является системати­ческой погрешностью. Систематические погрешности, полученные для каждого показания прибора и взятые с обратным знаком, составляют таблицу поправок к показаниям прибора. Исключение систематической погрешности из результатов измерения произво­дится прибавлением к показаниям прибора соответствующей поправки.

*Г р у б ы м и* называются погрешности измерения, существенно превышающие ожидаемые при данных условиях значения и явно искажающие результат измерения. Промахи могут быть вызваны неправильным отсчетом по шкале прибора, неправильным вклю­чением прибора и т. п. Промахи исключаются при сопоставлении ряда измерений.

*С л у ч а й н ы м и* называются составляющие погрешности измерения, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Появление случайных погрешностей вызывается влиянием на процесс измерения различ­ных, часто неизвестных случайных факторов.

Случайные погрешности обнаруживаются многократным изме­рением одной и той же величины одним и тем же прибором в одних и тех же условиях. При этом результаты измерения несколько отличаются один от другого. Величина случайной погрешности для каждого отдельного измерения неизвестна и поэтому не может быть учтена. Влияние случайных погрешностей на результат измерения можно определить путем многократного измерения искомой величины и применения статистических методов к полу­ченным результатам отдельных измерений.

Случайная погрешность отдельного измерения, содержащего только случайные погрешности, составляет



где *хi*– результат *i*-того измерения, *х* – истинное значение измеряемой величины.

При очень большом числе измерений случайные погрешности, равные по величине, но обратные по знаку, встречаются одинаково часто (аксиома случайности), а малые погрешности бывают чаще, чем большие (аксиома распределения).

В соответствии с аксиомой случайности при безграничном увеличении числа измерений n среднее арифметическое *Хср* резуль­татов измерений, содержащих лишь случайные погрешности,



совпадает с истинным значением измеряемой величины, так как

при 

Обычно распределение случайных погрешностей по величине и знаку подчиняется закону Гаусса, выражаемому зависимостью



где *у* - частота появления случайных погрешностей, равных по величине ; ­- случайная погрешность измерения; - среднеквадратичная погрешность;



Наиболее распространенным при измерениях является нормальный закон распределения. Для некоторой измеряемой величины *X* кривая 1 распределения плотности вероятности p(X) для закона нормального распределения имеет вид, показанный на рисунке 1.1, а. При этом плотность вероятности (или плотность распределения) характеризует плотность, с которой распределяются значения случайной погрешности в данной точке. На рис. 1-1 приведены кривые нормального распределения случайных погрешностей при различных значениях среднеквад­ратичных погрешностей . Абсциссы точек кривой выражают величину случайной погрешности , а ординаты - относительное число измерений, обладающих такой погрешностью. С уменьше­нием среднеквадратичной погрешности относительное число малых погрешностей увеличивается, а больших уменьшается.

Наибольшее число измерений имеет наименьшую погрешность, что соответствует среднему арифметическому значению результатов изме­рения, т. е. истинному значению измеряемой величины.



Рисунок 1.1 Кривые распределения случайных величин и их погрешностей

Рис. 1-1. Кривые распределения случайных погрешностей: 1- =*а*; 1- =2*а*; 1- =3*а*;

Таким образом, среднеквадратичная погрешность ряда измере­ний полностью характеризует точность измерения, т. е. степень достоверности получаемых числовых значений измеряемой вели­чины.

**Дисперсия** (от лат. dispersio - рассеяние) в математической статистике и теории вероятностей - [мера](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/NT0002FB42) рассеивания (отклонения от среднего). В статистике дисперсия есть среднее арифметическое из квадратов отклонений наблюденных значений (x1, x2,...,xn) случайной величины от их среднего арифметического. В теории вероятностей дисперсия случайной величины - [математическое ожидание](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/NT0002ED0A) квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания.

Величину дисперсии находят из уравнения:



Дисперсия измерений равна отношению суммы квадратов отклонений от среднего к числу степеней свободы. Под числом степеней свободы принимается число независимых сравнений или число независимых измерений (общее число измерений минус число наложенных связей). В нашем случае на измерения наложена одна связь (для вычислений требуется значение лишь средней величины): поэтому .

Средней квадратической ошибкой (отклонением) называют величину, которая равна положительному корню квадратному из дисперсии:



Дисперсия и среднеквадратическое отклонение  характеризуют разброс экспериментальных данных относительно выборочных средних . Точность характеризуется доверительным интервалом.

Обозначим истинное значение измеряемой величины через , а погрешность измерения  через , тогда:



где  - доверительная вероятность (вероятность того, что результат измерений попадает в доверительный интервал от  до ).

На практике часто принимают, что  =0,95.

Погрешность измерения  определяется из следующего соотношения:



где  - критерий Стьюдента. Значение  при разных и  приведены в табл.1.1 [4].

При практических измерениях результат каждого измерения содержит как систематическую, так и случайную погрешность. Кроме того, число измерений обычно невелико и истинное значе­ние измеряемой величины неизвестно. Это необходимо учитывать при нахождении результата измерений и определении степени его достоверности. Систематические погрешности, как уже указывалось, устраняются поправкой, алгебраически прибавляемой к показаниям прибора.

После исключения систематических погрешностей для получе­ния наиболее достоверного значения измеряемой величины нахо­дят среднее арифметическое результатов отдельных измерений:



Отклонения отдельных измерений от среднего значения носят название остаточных погрешностей.



где *i* - остаточные погрешности.

При статистической обработке результатов измерения повы­шается точность измерения благодаря учету влияния и частич­ному исключению случайных погрешностей, но эта обработка не дает возможности уменьшить систематическую погрешность изме­рения и увеличить чувствительность прибора. Поэтому результат измерения не может иметь погрешность меньшую, чем систе­матическая ошибка каждого измерения. Так, если длину тела опре­деляют с точностью до 1 мм, то и результат измерения должен быть округлен до 1 мм, хотя среднее арифметическое ряда изме­рений может быть вычислено с точностью до десятых и сотых долей миллиметра.

Способ учета погрешностей применяют в том случае, если отсчет показаний производят непосредственно в единицах изме­ряемой величины.

Результат косвенных измерений находят в соответствии с опре­деленной функциональной зависимостью, связывающей его с ре­зультатами прямых измерений. Неточность каждого прямого изме­рения вызывает соответствующую погрешность результата косвен­ного измерения, причем влияние неточности прямых измерений различных величин на конечный результат различно и зависит от характера функциональной зависимости между результатами прямого и косвенного измерений. Общая погрешность результата косвенного измерения представляет собой суммарную погреш­ность, вызванную одновременным влиянием неточности резуль­татов всех прямых измерений, входящих в данную функциональ­ную зависимость.

Таким образом, если необходимо выяснить, содержит ли выборка наблюдений грубую ошибку, поступают следующим образом:

* Выявляют максимальное и минимальное значение  признака;
* Проверяют ;
* ;
* по формуле определяют расчетное значение критерия Стьюдента:

;

* при   признают грубой ошибкой и записывают выборку без значения  (число наблюдений  при этом уменьшают на единицу);
* аналогичным образом проверяют ближайшее к  значение наблюдений;
* проверку производят до значения , при котором , после чего считают выборку проверенной «снизу»;
* аналогичным образом проверяют выборку «сверху» (исключив из выборки отброшенные значения признака при проверке «снизу»).

###### Лекция 2

###### АПРИОРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ

Начальной стадией решения технической задачи является с опубликованными в литературе материалами и данными, полученными в результате опроса специалистов, работающих в данной и смежной областях. Обработка этой априорной информации дает возможность ориентировочно оценить число факторов, влияющих на процесс и их роль [5].

В настоящее время наиболее подробно разработана методика, состоящая в оценке согласованности экспертных оценок (мнений специалистов) и определения их обобщенной оценки. Она позволяет более правильно спроектировать объект исследования, принять или отвергнуть некоторые предварительные, дать сравнительную оценку влияния различных факторов на параметры оптимизации и тем самым правильно отобрать факторы для последующего активного эксперимента [2].

При решении подобных задач можно использовать метод априорного ранжирования, основанный на известных методах ранговой корреляции[2].

Особенность метода априорного ранжирования факторов заключается в том, что рассматриваемые факторы ранжируются в порядке убывания вносимого ими вклада в параметр оптимизации. Вклад каждого фактора оценивается по величине *ранга* – места, которое отведено ему исследователем (специалистом при опросе, автором статьи и т.п.).

При сборе мнений при опросе специалистов каждому из них предлагается заполнить анкету, к которой перечислены факторы. Они могут быть качественными и количественными, но из анкеты должен быть понятен их физический смысл, а для последних приведены размерность и предполагаемые интервалы варьирования. Заполняя анкету, специалист определяет место факторов в ранжированном ряду.

После сбора анкет составляют сводную таблицу – матрицу рангов.

Результаты опроса специалистов (или ранжирования по литературным источникам) обрабатываются следующим образом. Сначала определяют сумму рангов по факторам (), а затем разность () между суммой каждого фактора и средней суммой рангов:

 (2.1)

где -ранг каждого -го фактора у -го исследователя;

- число исследователей;

- число факторов;

- средняя сумма рангов.

Рассчитывают сумму квадратов отклонений ():

 (2.2)

Полученные данные позволяют построить среднюю априорную диаграмму. Однако при полной противоположности мнений экспертов суммы квадратов отклонений будут близки к 0, а при полной согласованности мнений экспертов суммы квадратов отклонений будут максимальны и примерно одинаковы, что не позволит оценить исследуемые факторы [5].

Поэтому предварительно необходимо оценивать степень согласованности мнений всех исследователей. В качестве характеристики степени согласованности мнений экспертов вычисляют коэффициент конкордации:

 (2.3)

где ;

-число одинаковых рангов в - ом ранжировании.

При =1 – теоретически полная согласованность мнений экспертов, а при  - полное отсутствие согласованности. Строить среднюю априорную диаграмму рангов и делать выводы по ней можно, если коэффициент конкордации существенно отличается от нуля (между мнениями экспертов есть существенная связь) и от 1 (исследователи неодинаково ранжируют факторы): . [5]

Использовать коэффициент конкордации можно после оценки его значимости, которая возможна с помощью специальных таблиц или известных статистических распределений. Для оценки значимости коэффициента конкордации рассчитывают критерий конкордации:

 (2.4)

Гипотеза о наличии согласия исследователей может быть принята, если при заданном числе степеней свободы табличное значение  (табл.2.1) меньше расчетного для 5%-го уровня значимости.

Оценив согласованность мнений всех исследователей, строят среднюю диаграмму рангов, откладывая по одной оси факторы (), а по другой – соответствующие суммы рангов (). Чем меньше сумма рангов данного фактора, тем выше его место на диаграмме. С помощью последней оценивается значимость факторов. В случае неравномерного экспоненциального убывания распределения часть факторов, находящихся за переломом кривой, можно исключить из дальнейшего рассмотрения, отнеся их влияние к шумовому полю. Если же распределение равномерное, то в эксперимент рекомендуется включать все факторы.

* При присвоении факторам рангов (баллов) рекомендуется максимальный ранг принимать равным числу факторов . Тогда каждая точка матрицы представляет натуральный ряд от 1 до . Если влияние нескольких факторов на процесс оценивается одинаково, то необходимо сумму мест, где расположены эти факторы, разделить на их число . Например, двум факторам присвоили места 4-5. Им присваивается ранг (4+5)/2=4,5.

В случае, если при ранжировании каждая строчка представляет натуральный ряд, средняя сумма рангов может быть определена как .

Указанная методика позволяет сравнивать влияние различных факторов на параметр оптимизации процесса [5].

###### Лекция 3

###### МЕТОД СЛУЧАЙНОГО БАЛАНСА

При сравнительно большом числе факторов () отсеивающие эксперименты являются обязательными, так как они позволяют исключить из дальнейшего изучения ряд незначительных факторов на начальном этапе исследований и могут существенно упростить описание и изучение поверхности отклика.

После того, как составлен список факторов для физического эксперимента, возникает вопрос о выборе метода планирования. При большом числе оставшихся факторов после проведения априорного ранжирования их дальнейшее отсеивание осуществляется экспериментально методом случайного баланса.

Метод случайного баланса основан на том, что если все эффекты, ответственный за объект исследования, расположились в порядке убывания их влияния, то получится ранжированный ряд с убыванием экспоненциального типа. По результатам относительно небольшого числа опытов этого ранжированного ряда можно выделить незначимые эффекты, которые относятся к шумовому полю, и несколько существенных эффектов, которые учитывают в дальнейших исследованиях.

Задача отсеивания – получить предварительные сведения об относительной роли факторов.

Предполагая, что модель объекта исследований является линейной, а часть эффектов относится к шумовому полю, получают расщепление модели в следующем виде:

, (3.1)

, (3.2)

где -общее число эффектов;

-число эффектов, отнесенных к шумовому полю;

 - число значимых эффектов;

-ошибка опыта.

С помощью регрессионного анализа можно оценить значимые эффекты на шумовом поле, созданном  - эффектами по их вкладу в дисперсию.

При отсеивающих экспериментах с помощью метода случайного баланса работа осуществляется в две стадии: сначала по матрице случайного баланса ведут эксперимент с небольшим числом опытов и по диаграмме рассеяния узнают образ экспоненциальной кривой (характеризующей степень влияния факторов на параметр оптимизации), а затем эффекты, отобранные на шумовом поле с помощью диаграмм рассеяния визуально, уточняют посредством вычислений, известных из обычного дисперсионного анализа.

Для осуществления отсеивания выбирают нулевую точку оптимизации, а затем указывают интервалы варьирования вокруг нее и число уровней варьирования. На интервал накладывают 2 ограничения: сверху и снизу. Сверху величина интервала ограничена областью определения, снизу – двойной ошибкой опыта. Число уровней каждого фактора не менее 2.

Наиболее распространенный случай планирования на 2-х уровнях и соответственно называется верхним и нижним (+1 и –1) или (+ и -).

Уровни, записанные в таком виде, называют кодированные. В 1956 году был предложен метод случайного баланса, основан на том, что все эффекты, ответственные за объект исследований, располагают в порядке убывания вносимого ими вклада, получается ранжированный ряд, в котором с помощью небольшого числа опытов можно выделить незначимые эффекты, относящиеся к нулевому полю и несколько существенных эффектов, которые учитывают в дальнейшей работе.

Метод случайного баланса учитывает 3 этапа:

1. Построение матрицы планирования.
2. Проведение опыта.
3. Обработка результатов.

Начальной стадией метода является построение матрицы случайного баланса. Для этого необходимо произвести кодирование и выбор уровней варьирования факторов.

*Фактором* называется независимая переменная, соответствующая одному из возможных способов воздействия на объект исследования. Фактор считается заданным, если указаны его назначения и область определения.

Уровнем варьирования фактора называется количественное и качественное состояние фактора, выбранное для эксперимента.

Значения факторов, соответствующие определенным уровням их варьирования, выражают в кодированных величинах (для простоты указывают только знаки: плюс или минус). В центре эксперимента факторы имеют нулевой уровень.

В процессе кодирования факторов осуществляется линейное преобразование координат факторного пространства с переносом начала координат в нулевую точку и выбором масштабов по осям в единицах интервалов варьирования факторов. Используя соотношение:

, (3.3)

где -кодированное значение фактора (безразмерная величина);  
 и - натуральные значения (соответственно его текущее значение и значение на нулевом уровне);

- натуральное значение интервала варьирования фактора ().

Для построения матрицы случайного баланса используют случайный механизм (отсюда и название метода). Число опытов в матрице выбирают с расчетом, чтобы оно было кратным 2 и превышало , где -число факторов.

Матрицу планирования эксперимента строят *двумя методами*: случайное распределение уровней по столбцам с помощью известных таблиц случайных чисел (*чистый случайный баланс); случайное смешивание регулярных дробных реплик* факторного эксперимента. Второй путь считается более эффективным, поэтому чистый случайный баланс применяется только в случаях, когда ближайшая степень 2 значительно больше желаемого числа опытов, или при варьировании факторов на разном числе уровней.

Дробные реплики различают на регулярные и нерегулярные. Регулярная реплика образуется из матрицы ПФЭ делением ее на число частей, кратное 2 в какой-либо степени (на 2,4,8,16 и т.д.). Соответственно получается ½-реплика, ¼-реплика и т.д. Нерегулярные реплики получают, если берут ¾ или 5/8 матрицы ПФЭ.

Рассмотрим построение плана полного факторного эксперимента и дробных реплик.

В матрице ПФЭ в первом столбце указывают кодированное значение фиктивной переменной (= +1), ее «оценка» дает величину свободного члена ( ) в уравнении регрессии. Число столбцов матрицы равно числу учитываемых факторов. Число строк определяется из условия . В отдельном столбце указывают номера опытов. Последовательное достраивание матрицы ПФЭ при увеличении  от 2 до 5 показано в табл.3.1.

Факторы распределяются по столбцам таким образом, чтобы в первой части были ***факторы***, которые согласно априорной информации являются наиболее ***существенными***. [6]. В некоторых ситуация это может сократить последующий эксперимент, поскольку позволяет сразу после анализа результатов переходить к движению по поверхности отклика.

Когда ***матрица*** случайного баланса построена, ее пригодность проверяется специальными приемами. Матрица пригодна, если в ней нет полностью ***закоррелированных столбцов*** (знаки в столбцах двух различных эффектов не должны полностью совпадать или не совпадать). В матрице не должно быть столбцов, скалярное произведение которых на любой другой столбец дает столбцы с одинаковыми знаками.

После проведения эксперимента полученные данные обрабатываются и анализируются с помощью ***диаграмм рассеяния*** результатов наблюдений по отдельным эффектам (рисунок). Для каждого эффекта на диаграмму наносят все точки, подразделяя их на группы, соответствующие уровням, где находился фактор в том или ином опыте. Каждый эффект рассматривается независимо от других, число исходных диаграмм рассеяния обычно соответствует числу факторов. Степень влияния факторов оценивается визуально по разнице между некоторыми средними значениями для их уровней (в качестве средней берется ***медиана*** – значение признака, которое делит всю статистическую совокупность величин на две равные по числу вариантов части) и по числу так называемых выделяющихся точек в верхней и нижней частях диаграмм рассеяния для каждого уровня факторов.

Эффекты, выделенные визуально, оцениваются количественно с помощью вспомогательных таблиц с несколькими входами.

Значимость выделенных эффектов проверяется с помощью -критерия с учетом 95%-й доверительной вероятности.

После выделения 2-3 эффектов результаты наблюдений корректируют, как бы снимая выделенные эффекты. Для этого ко всем значениям параметра оптимизации, которые соответствуют верхнему уровню выделенного эффекта, прибавляют его значения с обратным знаком.

После снятия значимых эффектов получают новый набор значений параметров оптимизации и опять строят диаграммы рассеяния для выделения следующих эффектов, учитывая также и эффекты взаимодействия. Исследуя взаимодействия только тех факторов, которые имеют выделяющиеся точки на одинаковых и разных уровнях. Коэффициент значим, если эффект и эффект  имеет выделяющиеся точки на верхних и нижних уровнях. Выделяющиеся точки для  могут быть на верхнем уровне, если факторы  и  имеют такие точки на уровнях с одинаковыми знаками, и на нижнем, если они имеют такие точки на уровнях с разными знаками.

Момент прекращения отсеивания эффектов оценивается с помощью критерия Фишера [6]:

, (3.1)

где - дисперсия результатов опыта относительно среднего арифметического этих результатов;

- дисперсия, посчитанная по результатам нескольких параллельных опытов в центре эксперимента.

Критерий Фишера, или -критерий, равный отношению двух дисперсий – большей к меньшей – определяют для некоторой доверительной вероятности при двух значениях чисел свободы, соответствующих рассматриваемым дисперсиям.

Величину определяют после каждой корректировки результатов, вычисляя соответствующее значение критерия Фишера, которое сравнивают с табличными значениями для выбранного уровня значимости. Отсеивание эффектов прекращается, если установлено, что оставшийся разброс точек существенно не отличается от рассеяния, связанного с ошибкой эксперимента.

**Лекция 4**

**ПОЛНЫЙ ФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**

Начальным этапом исследований является построение линейной модели процесса – уравнения, которое позволит предсказывать значения критерия оптимизации в различных точках изучаемого факторного пространства. Построение линейных моделей связано с проведением полного (ПФЭ) и дробного (ДФЭ) экспериментов. В ПФЭ реализуются все возможные комбинации рассматриваемых уровней факторов, а результаты оцениваются с помощью статистического анализа.

Построению плана эксперимента предшествует выбор локальной области факторного пространства. В полном (ПФЭ) и дробном (ДФЭ) экспериментах каждый из факторов варьируется на двух уровнях. Поэтому всегда можно провести нормализацию факторов так, чтобы рассматриваемым уровням каждого фактора соответствовали значения +1 (верхний уровень) и –1 (нижний уровень).

В качестве нулевого уровня выбирают точку, соответствующую лучшим условиям протекания технологического процесса, определенным из анализа априорной информации или предварительного эксперимента. Интервал варьирования не может быть меньше ошибки фактора и должен обеспечивать нахождение фактора в области определения.

**К термину «Коэффициент регрессии» (п. 35)**

Под коэффициентом регрессии обычно понимают параметры регрессионной модели, линейной по параметрам. Их чаще всего обозначают буквой .

Модель, которую можно построить, используя ПФЭ, включает в себя все линейные факторы и все эффекты взаимодействия. Так, для 3-х факторов можно построить модель вида

,

где ,  – эффекты взаимодействия.

Число точек спектра плана ПФЭ . Геометрически точки плана ПФЭ  размещаются в вершинах гиперкуба.

План называется насыщенным, если число точек плана равно числу оцениваемых параметров модели. По отношению к модели, учитывающей все эффекты взаимодействия, ПФЭ представляет собой насыщенный план. Для рассматриваемого примера плана  матрица  имеет вид таблицы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| +  +  +  +  +  +  +  + | +  –  +  –  +  –  +  – | +  +  –  –  +  +  –  – | +  +  +  +  –  –  –  – | +  –  –  +  +  –  –  + | +  +  –  –  –  –  +  + | +  –  +  –  –  +  –  + | +  –  –  +  –  +  +  – |

Матрица  ПФЭ обладает свойствами

1.  при , ;
2.  при ,  – свойство ортогональности;
3. , .

Информационная матрица Фишера  для ПФЭ является диагональной:

, обратная 

Решение системы нормальных уравнений методом наименьших квадратов дает вектор коэффициентов

.

Для ПФЭ коэффициенты можно рассчитывать по упрощенной формуле:

, .

Проверка воспроизводимости представляет собой проверку предпосылки регрессионного анализа о постоянстве дисперсии шума:

.

Считается, что это условие выполнено, если справедлива гипотеза о равенстве построчных дисперсий матрицы плана

.

Для проверки этой гипотезы в каждой строке спектра плана проводятся   параллельных опытов:

, , .

Проверка проводится с помощью критерия Кохрена. Статистика критерия Кохрена имеет вид:

.

Если , то считается, что экспериментальные данные на уровне значимости  не противоречат гипотезе о равенстве дисперсий (обычно ).

***Оценка дисперсии шума вычисляется по формуле***

.

Число степеней свободы . Коэффициенты модели рассчитываются по формуле (1). Дисперсия оценок коэффициентов  рассчитывается:

, .

В случае отсутствия параллельных опытов дисперсия равна:

.

Проверка значимости коэффициентов – это проверка значимости отличия их шумовой компоненты.

Статистика для проверки этой гипотезы:

.

Если , то гипотеза о незначимости  принимается.

Если , то коэффициенты  значимы.

Здесь  – квантиль распределения Стьюдента с числом степеней свободы  и уровнем значимости .

Незначимые коэффициенты исключаются из модели без пересчета остальных.

Причины незначимости:

1. переменная не влияет на отклик ;
2. действие переменной не проявляется на фоне помехи; в этом случае надо увеличить физический интервал варьирования данным параметром;
3. центр плана находится в районе частного экстремума по данному фактору.

Проверка адекватности модели основывается на оценке отклонения предсказанного модельного отклика  от результата .

Рассчитывается дисперсия адекватности:

,

где  – число значимых коэффициентов, включая .

Проверка адекватности производится по F-критерию Фишера.

Если

;

где ; ,

то можно считать, что модель адекватна при заданном уровне . Если модель неадекватна, то необходимо либо уменьшить интервал варьирования факторов, либо усложнить модель.

Адекватность модель можно оценить и другим способом.

Рассчитывается постоянная составляющая , равная среднему значению в центре плана:

.

Оценивается значимое различие  с помощью критерия Стьюдента:

.

Если  , то разница между  и  значима и полученная модель неадекватна.

**Дробный факторный эксперимент**

Реальные объекты, как правило, могут быть описаны с помощью моделей с меньшим числом составляющих, чем при ПФЭ.

Задача ДФЭ состоит в сокращении числа опытов, с сохранением при этом оптимальных свойств матрицы X.

Построение матрицы дробного факторного эксперимента на примере ПФЭ типа , производится приравниваем произведения  к третьей независимой переменной .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| +  +  +  + | –  +  –  + | –  –  +  + | +  –  –  + |

Реализация такого плана позволяет вычислить , , , .

При ДФЭ происходит смешивание теоретических коэффициентов модели. Каждый коэффициент рассматриваемой модели является оценкой двух теоретических коэффициентов:

;

;

;

.

Коэффициенты, входящие в сумму правой части, не могут быть оценены раздельно. ДФЭ, представляющий половину плана ПФЭ типа , носит название "полуреплики" от ПФЭ типа , или плана . Смешивание необходимо проводить таким образом, чтобы основные коэффициенты  смешивались при коэффициентах при взаимодействиях, которые на основании априорных сведений не оказывают влияния на объект.

При большом числе переменных для получения линейного приближения строятся дробной реплике ,  переменных приравнены к произведениям переменных. ДФЭ строится путем приравнивания переменных к различным произведениям. При этом меняется система совместных оценок теоретических коэффициентов.

В ДФЭ существуют два специальных термина: генерирующее соотношение и определяющий контраст.

Так для полуреплики  генерирующими соотношениями могут служить

 и .

Следует отметить, что проведение эксперимента, проверка воспроизводимости, получение математической модели при ДФЭ и проверка ее адекватности совпадают с аналогичными процедурами ПФЭ

**Лекция 5**

**ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**

В таких случаях приходится отыскивать наилучший способ. Человек, совершая те или иные деяния, стремился вести себя таким образом, чтобы результат, достигаемый как следствие некоторого поступка, оказался в определенном смысле наилучшим. Строя жилище, он искал такую его геометрию, которая при наименьшем расходе топлива, обеспечивала приемлемо комфортные условия существования. Можно легко продолжить перечень подобных примеров. Однако в различных ситуациях наилучшими могут быть совершенно разные решения. Все зависит от выбранного или заданного критерия. На практике оказывается, что в большинстве случаев понятие «наилучший» может быть выражено количественными критериями – минимум затрат, минимум времени, максимум прибыли и т.д. Поэтому возможна постановка математических задач отыскания оптимального (optimum – наилучший) результата, так как принципиальных различий в отыскании наименьшего или наибольшего значения нет. Задачи на отыскание оптимального решения называются задачами оптимизации. Оптимальный результат, как правило, находится не сразу, а в результате процесса, называемого процессом оптимизации. Применяемые в процессе оптимизации методы получили название методов оптимизации. Чтобы решить практическую задачу надо перевести ее на математический язык, то есть составить ее математическую модель.

Задачей оптимизации в [математике](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) называется задача о нахождении [экстремума](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%83%D0%BC) ([минимума](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BC) или [максимума](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D1%83%D0%BC)) [вещественной](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) [функции](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) в некоторой области. Как правило, рассматриваются области, принадлежащие \mathbb{R}^nи заданные набором равенств и неравенств.

Классификация методов оптимизации

Методы, посредством которых решают задачи оптимизации, подразделяются на виды, соответствующие задачам, к которым они применяются:

Локальные методы: сходятся к какому-нибудь локальному экстремуму целевой функции. В случае унимодальной целевой функции, этот экстремум единственен, и будет глобальным максимумом/минимумом.

Глобальные методы: имеют дело с многоэкстремальными целевыми функциями. При глобальном поиске основной задачей является выявление тенденций глобального поведения целевой функции.

Существующие в настоящее время методы поиска можно разбить на три большие группы:

детерминированные;

случайные (стохастические);

комбинированные.

По критерию размерности допустимого множества, методы оптимизации делят на методы одномерной оптимизации и методы многомерной оптимизации.

Наилучшие в определенном смысле решения задач принято называть оптимальными. Без использования принципов оптимизации в настоящее время не решается ни одна более или менее сложная проблема. При постановке и решении задач оптимизации возникают два вопроса: что и как оптимизировать?

Ответ на первый вопрос получается как результат глубокого изучения проблемы, которую предстоит решить. Выявляется тот параметр, который определяет степень совершенства решения возникшей проблемы. Этот параметр обычно называют целевой функцией или критерием качества. Далее устанавливается совокупность величин, которые определяют целевую функцию. Наконец, формулируются все ограничения, которые должны учитываться при решении задачи. После этого строится математическая модель, заключающаяся в установлении аналитической зависимости целевой функции от всех аргументов и аналитической формулировки сопутствующих задаче ограничений. Далее приступают к поиску ответа на второй вопрос.

В настоящее время линейное программирование является одним из наиболее употребительных аппаратов математической теории оптимального принятия решения. Для решения задач линейного программирования разработано сложное программное обеспечение, дающее возможность эффективно и надежно решать практические задачи больших объемов. Эти программы и системы снабжены развитыми системами подготовки исходных данных, средствами их анализа и представления полученных результатов.

Под линейным программированием понимают раздел прикладной математики, имеющий дело с теорией и численными методами минимизации линейных функций при наличии ограничений, описываемых конечными системами линейных неравенств. Впервые постановка задачи линейного программирования в виде предложения по составлению оптимального плана перевозок; позволяющего минимизировать суммарной километраж, была дана в работе советского экономиста А. Н. Толстого в 1930 году.

Систематические исследования задач линейного программирования и разработка общих методов их решения получили дальнейшее развитие в работах российских математиков Л. В. Канторовича, В. С. Немчинова и других математиков и экономистов. Также методам  линейного программирования посвящено много работ зарубежных и прежде всего американских ученых.

Значительное развитие теория и алгоритмический аппарат линейного программирования получили с изобретением и распространением ЭВМ и формулировкой американским математиком Дж. Данцингом симплекс-метода.