

распределение, Вейбулла, гамма-распределения). Задача состоит в нахождении вероятностей различных показателей.

Метод Монте-Карло. Для исследования сложных процессов вероятностного характера применяют метод Монте-Карло. С помощью этого метода решают задачи по нахождению наилучшего решения из

множества рассматриваемых вариантов. Метод Монте-Карло иначе еще называют методом статистического моделирования. Это численный метод, он основан на использовании случайных чисел, моделирующих вероятностные процессы. Математической основой метода является закон больших чисел, который формулируется следующим образом: *при большом числе статистических испытаний вероятность того, что среднееарифметическое значение случайной величины стремится к ее математическому ожиданию, равна 1:*

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \frac{\sum x}{n} - m(x) \right| < \varepsilon \right\} \rightarrow 1,$$

где ε – любое малое положительное число.

ЛЕКЦИЯ 4. МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Методология экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования – это один из основных способов получения научных данных. В их основе лежит эксперимент, который представляет собой научно поставленный опыт в условиях, позволяющих следить за его ходом, управлять им и воссоздать при необходимости. От пассивного наблюдения эксперимент отличается активным воздействием исследователя на изучаемое явление. Цель эксперимента – проверка теоретических предположений, а также более широкое и глубокое изучение предмета исследования. Различают эксперименты в естественных и искусственных условиях. Естественный эксперимент проводят в открытых системах при сложном влиянии внешних факторов (социальный, производственный и т.д.). Искусственный эксперимент широко применяется в технических науках, с его помощью изучают изолированное явление в специальных условиях с целью его оценки в количественном или качественном отношении.

Экспериментальные исследования делятся на *лабораторные и производственные*. Лабораторные опыты проводят с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов. Они позволяют получить научную информацию с минимальными затратами, но не всегда полностью моделируют реальное явление или процесс. Поэтому часто возникает потребность в производственных экспериментальных исследованиях. Они имеют целью изучить процесс в реальных условиях с учетом воздействия различных случайных факторов. К производственным исследованиям относят также специальные полевые экспедиции по обследованию эксплуатируемых объектов. Одной из разновидностей производственного эксперимента является собирание материалов в организациях, которые накапливают их по стандартным формам. Такие данные подвергаются обработке методами математической статистики (анкетирование). Производственный эксперимент может проводиться в виде опытов на специальных полигонах. Зачастую на эксперимент затрачивается много средств и времени, проводится большое количество наблюдений и измерений, получают множество графиков, на обработку и анализ затрачивается много труда. Иногда оказывается, что сделано много лишнего, а иногда, что экспериментатор не четко организовал эксперимент, не правильно выбрал цель, а на её основе сформулировал задачи исследований. Поэтому прежде чем

приступить к экспериментальным исследованиям, необходимо четко продумать методологию эксперимента.

Методология эксперимента – это общие принципы, структура эксперимента, его постановка и последовательность выполнения. Методология эксперимента включает в себя следующие основные этапы:

- разработку плана-программы эксперимента;
- выбор средств для проведения эксперимента;
- проведение эксперимента;
- обработку и анализ экспериментальных данных.

Для того чтобы правильно организовать эксперимент, применяют математическую теорию планирования эксперимента, позволяющую повысить точность и уменьшить объем экспериментальных исследований.

Определение цели и задач исследования – это один из основных этапов эксперимента. Обосновывают цель на основе анализа информации, рабочей гипотезы или результатов теоретических исследований. Имеющаяся до начала эксперимента научная информация позволяет судить об ожидаемых закономерностях, а, следовательно, она позволяет сформулировать задачи эксперимента (3-4 задачи). Выбор варьируемых факторов заключается в установлении основных и второстепенных факторов, влияющих на исследуемый процесс и составления из них убывающего по важности ряда (ранжирование). Основным принципом установления степени важности характеристики является её роль в исследуемом процессе. Для этого изучают процесс в зависимости от какой-то одной переменной при остальных постоянных. Это возможно при небольшом количестве факторов, если же переменных величин много, целесообразно использовать многофакторный анализ и математическое планирование эксперимента. Выбор необходимых для наблюдений и измерений приборов, оборудования, машин и др. производится на базе выпускаемых каталогов и с помощью специальной науки – метрологии. В первую очередь используют стандартные приборы и машины, работа на которых регламентируется стандартами. В отдельных случаях возникает потребность в создании уникальных приборов, установок и стендов. При этом разработка и конструирование приборов и других средств должна быть тщательно обоснована теоретическими расчетами и практическими соображениями. При экспериментальном исследовании процесса или явления повторные отчеты, как правило, не одинаковы. Отклонения объясняются различными причинами: неоднородностью свойств объекта исследований, не современностью приборов и классом их точности, особенностями эксперимента и др. Чем больше случайных факторов, влияющих на опыт, тем больше отклонения отдельных измерений от среднего значения. Это требует повторных измерений, следовательно, необходимо знать их потребное минимальное количество. Под минимальным количеством измерений понимают такое их количество, которое в данном опыте обеспечивает устойчивое среднее значение измеряемой величины, удовлетворяющее заданной степени точности.

Установление потребного минимального количества измерений имеет большое значение, поскольку обеспечивает получение объективных результатов при минимальных затратах времени и средств. Иногда для исключения систематической ошибки, возникающей при субъектном назначении последовательности испытаний, очередность опытов устанавливают с использованием метода рандомизации, суть которого заключается в случайной последовательности опытов, назначаемой с помощью таблицы случайных чисел. В методике подробно описывают процесс проведения эксперимента. Вначале разрабатывают очередность выполнения операций наблюдения и измерений, а затем описывают каждую операцию в отдельности с учетом выбранных средств измерений. При этом уделяют внимание контролю качества операций, обеспечивая высокую надежность и заданную точность при минимальном количестве измерений.

Важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа результатов эксперимента. Результаты экспериментов систематизируются и анализируются, затем их представляют в виде таблиц, графиков, номограмм, формул, что позволяет быстро сопоставлять полученные данные. Особое место занимают математические методы обработки и анализа опытных данных; установление эмпирических зависимостей; аппроксимация связей между факторами; нахождение критериев и доверительных интервалов и др. Объем и трудоемкость экспериментальных исследований во многом зависят также от глубины теоретических разработок. Например, если теоретически получена аналитическая зависимость, $y=3 e^{-2x}$, однозначно определяющая процесс, то объем эксперимента минимален и направлен на подтверждение зависимости. Если установлен общий вид зависимости $y=a_1 e^{-a_2 x}$, то в этом случае задано семейство кривых и в задачу эксперимента входит определение параметров a_1 и a_2 . Объем эксперимента возрастает. И, наконец, при поисковом эксперименте, если теоретических зависимостей не получено, объем экспериментальных работ наиболее значителен, и в этом случае уместно использовать метод математического планирования эксперимента. На объем и трудоемкость эксперимента также влияет его вид. Как правило, полевые эксперименты имеют большую трудоемкость, чем лабораторные.

ЛЕКЦИЯ 5. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Эксперимент - система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях

Опыт- воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов

План эксперимента - совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов

Планирование эксперимента - выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям.

Фактор (ндп. *Параметр*) - переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента.

Уровень фактора - фиксированное значение фактора относительно начала отсчета

Основной уровень фактора - натуральное значение фактора, соответствующее нулю в безразмерной шкале.

Нормализация факторов - преобразование натуральных значений факторов в безразмерные значения.