

Введение в теорию «Планирования и организации эксперимента»

Мысль о том, что эксперимент можно планировать восходит к глубокой древности.

Пожалуй, как только человек взял в руки палку, он уже начал заниматься проблемами планирования с целью выработки наиболее оптимального способа добычи пропитания.

Результатами подобных изысканий, проводившимся в течение столетий, стали современные блага цивилизации. Однако, первобытному человеку, да и средневековому рыцарю в том числе, абсолютно не были знакомы понятия статистики.

Подобная теория появилась (имеется в виду статистика) в начале – середине XX века.

Вслед за развитием аппарата статистического анализа, его положения стали применяться и в планировании эксперимента.

Автором идеи привлечения статистики в планирование являлся один из основоположников английской школы статистики – Рональд Фишер. Именно он доказал целесообразность использования статистических методов в проблеме поиска оптимальных условий проведения эксперимента. Так появилась совершенно новая наука, имеющая важное практическое значение – «Планирование и организация эксперимента».



Планирование эксперимента и его задачи.

Виды экспериментов

Так что же представляет собой планирование эксперимента?

Для того чтобы представить себе этот процесс достаточно сказать, что мы с Вами ежедневно, ежечасно и даже ежеминутно занимаемся планированием эксперимента, и этот эксперимент называется жизнь.

Давайте для примера представим себе одно наше утро. Просыпаясь утром и собираясь выйти из дома, мы вспоминаем уже заранее намеченные на этот день дела или же намечаем их в эту самую минуту.

При этом каждый из нас, рассматривая список предполагаемых дел, сразу проводит корректировку, что он точно способен сделать, что вероятнее всего сделает, на что сил может не хватить, но на всякий случай запишем это в реестр сегодняшних дел и т.д.

Таким образом, каждый из нас прикидывает условия существования в дне сегодняшнем, чтобы данный эксперимент (мы все по-прежнему имеем ввиду – жизнь) у нас удался.

Точно таким же образом проводятся и промышленные эксперименты.

С одной лишь оговоркой. При проведении различных лабораторных, промышленных или других экспериментов существуют какие-то нормативы точности полученных результатов.

Ну, например, вес слона к концу проведения откорма должен составлять не менее (5000 ± 150) кг. И, откармливая слона, вполне естественно вы будете планировать свою животноводческую кампанию с учетом требуемого конечного веса с точностью до 150 кг.

Учитывая сказанное, можно сформулировать следующее определение.

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

При этом, как учит нас теория, необходимо придерживаться следующих ограничений:

1. общее число опытов должно быть по возможности минимальным;
2. необходимо одновременно изменять все переменные, определяющие (влияющие) процесс. Причем это изменение должно происходить по определенным правилам–алгоритмам;
3. при описании исследований необходимо использовать математический аппарат, формализующий действия экспериментатора;
4. в процессе проведения и планирования эксперимента необходимо придерживаться четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

Задачей «Планирования эксперимента» является разработка рекомендаций или производственного процесса на основе исследования предварительных опытных данных для дальнейшей их реализации и построения математической модели исследуемого процесса с целью дальнейшего прогнозирования производства.

Как правило, результатами таких исследований являются разработки наиболее оптимальных рекомендаций, технологического процесса, имеющих важные экономические, технические, технологические последствия и влекущих за собой как модернизацию отдельного технологического процесса, так и целого производства.

В зависимости от условий эксперименты делятся на несколько видов:

- 1) промышленный – это эксперимент, поставленный в условиях предприятия с целью улучшения производства;
- 2) научно-исследовательский – эксперимент, поставленный в научно-исследовательских лабораториях с целью исследования нового или улучшения существующего процесса, явления;
- 3) лабораторный - эксперимент, поставленный в научно-исследовательских лабораториях с целью изучения хорошо известного, существующего процесса, явления;
- 4) оптимальный (экстремальный) – эксперимент, поставленный с целью поиска наиболее оптимальных условий его реализации в заранее заданном смысле. С математической точки зрения, это эксперимент по поиску экстремумов некоторой функции, отсюда и второе название эксперимента;

- 5) пошаговый – эксперимент, состоящий из отдельных серий опытов. Причем условия проведения каждой следующей серии определяются результатами предыдущих.
- 6) активный - эксперимент, в ходе которого экспериментатор имеет возможность изменять и/или поддерживать на заданном уровне сколь угодно долго значение параметров, задающих условия проведения эксперимента;
- 7) пассивный - эксперимент, в ходе которого экспериментатор НЕ имеет возможности изменять и/или поддерживать на заданном уровне сколь угодно долго значение параметров, задающих условия проведения эксперимента

На практике чаще всего приходится иметь дело со смешанным активно-пассивным экспериментом.

Как и в любой другой науке, «Планирование и организация эксперимента» имеет свой собственный язык, т.е. какие-то определенные термины, понятия.

Ниже как раз и поговорим об этом.

Параметры оптимизации и требования, предъявляемые к ним

Прежде, чем проводить любой эксперимент, неважно научный он будет или нет, каждый из нас четко определяет для себя, а чего собственно он ждет в результате своей бурной деятельности?

Причем желательно, особенно в случае промышленных или научных экспериментов, чтобы этот результат выражался количественно.

В «Планировании и организации эксперимента» результат проведения опытов называется параметром оптимизации или откликом системы на воздействие.

Параметр оптимизации (отклик) – величина, описывающая результат проведенного эксперимента и зависящая от факторов, влияющих на эксперимент

В зависимости от объекта и цели исследования параметры оптимизации могут быть самыми разнообразными. Введем классификацию параметров оптимизации:

1 класс Экономические параметры оптимизации.

К данному классу относятся прибыль, себестоимость, рентабельность (эти параметры используются при исследовании действующих промышленных объектов), затраты на эксперимент (оценивается в любых исследованиях, в т.ч. и научно-исследовательских).

2 класс Технико-экономические параметры оптимизации.

Среди этих параметров наиболее распространенными являются производительность и коэффициент полезного действия; такие параметры как стабильность, надежность, долговечность связаны с длительными наблюдениями и используются в основном при изучении дорогостоящих ответственных объектов.

3 класс Техничко-технологические параметры оптимизации.

К этим параметрам оптимизации относятся физические характеристики продукта, механические характеристики продукта, физико-химические характеристики продукта, медико-биологические характеристики продукта, выход продукта. Как видно из перечня, данная категория параметров оптимизации оценивает качество выпускаемой продукции.

4 класс Прочие

.

Эта категория содержит психологические, эстетические, статистические параметры оптимизации. Несмотря на кажущуюся простоту этой группы, данные параметры являются не менее важными, чем все предыдущие.

С ростом сложности объекта растет и психологическая нагрузка на исполнителя, отчего очень сильно может измениться качество продукции. Эстетические же параметры прежде всего учитываются в вопросах повышения реализации.

В качестве примера выбора параметра оптимизации можно рассмотреть процесс обучения студента.

Оценивать успешность проходящего процесса обучения можно различными вариантами, но наиболее оптимальным до сих пор остается балльная оценка знаний обучающегося.

Исходя из приведенной выше классификации, данный параметр оптимизации относится, скорее всего, к четвертому виду – прочие.

Рассмотрим требования, предъявляемые к параметрам оптимизации.

Требование №1.

Прежде всего, параметр оптимизации должен быть количественным, задаваться числом.

Исследователь должен иметь возможность его измерять при любом фиксированном наборе уровней факторов.

Вернемся, к оценке знаний. Не будь балльной оценки знаний, обучающемуся трудно было бы понять насколько его уровень знаний соответствует предъявляемым требованиям.

Множество значений, которые принимает параметр оптимизации, называется областью его определения.

Области определения могут быть дискретными и непрерывными.

На практике, как правило, области определения дискретные.

Измерение параметра оптимизации предполагает наличие соответствующего прибора.

В случае отсутствия такового по каким-либо причинам, приходится пользоваться приемом, называемым ранжированием:

каждому параметру оптимизации присваиваются оценки по заранее выбранной шкале (двухбалльной, пятибалльной и т.д.), и в дальнейшем пользуются такой шкалой ранговой оценки при исследованиях.

Фактически, мы качественным величинам присваиваем количественные значения.

Яркий пример ранжированного подхода – балльная система оценки знаний.

Требование №2.

Параметр оптимизации должен выражаться одним числом.

Не должно возникать таких ситуаций, когда один и тот же параметр описывается разными значениями. В противном случае возникают неясности и разночтения.

Примером таких разночтений может являться несоответствие в прочтении оценок, полученных при обучении.

Приведу один яркий исторический пример. Однажды один мой знакомый рассказал, как он посещал Царскосельский лицей и там видел табель А.С. Пушкина. «Представляешь, – воскликнул мой знакомый, – а Пушкин-то был двоечником! У него в табеле одни двойки и колы стоят!» Конечно, можно и огорчиться, какого ужасного неуча записали в гении нации, если бы не одно «НО».

В Царскосельском лицее была принята следующая система оценок:

1 – отлично разбирается в предмете, имеет к нему склонность, желание, использует творческий подход;

2 – неплохо разбирается в предмете, изучает без особого рвения, хотя и имеет склонность;

3 – слабо разбирается в предмете, изучает без особого рвения, склонности к предмету слабые;

4 – очень слабо разбирается в предмете, склонностей практически нет, изучает по принуждению;

0 – не разбирается в предмете, склонностей не обнаружено, усвоение предмета практически отсутствует.

Вот тебе и двоечник! К слову сказать, во всем табеле у Пушкина была единственная плохая отметка – ноль по математике. Ну не его это был предмет.

Требование №3.

Однозначность параметра оптимизации в статистическом смысле: заданному набору уровней факторов должно соответствовать, с точностью до ошибки эксперимента, одно значение параметра оптимизации.

При этом обратное утверждение неверно, т.е. одно и то же значение параметра оптимизации может встречаться для разных наборов факторов.

Приведу пример. Хорошо известно, что для того, чтобы закипятить воду при нормальном давлении необходимо ее нагреть до 100°C . И сколько бы раз вы не проводили этот опыт, результат будет один и тот же – при нормальном давлении и температуре 100°C вода закипит.

Однако при понижении давления температура кипения воды также снизится, т.е. получаем следующую ситуацию: другое сочетание значений температуры и давления даст тот же результат эксперимента – вода закипит.

Требование №4.

Параметр оптимизации должен быть эффективным с точки зрения достижения цели и в статистическом смысле. Фактически, это означает, что выбирать параметр оптимизации необходимо таким образом, чтобы он определялся с наибольшей возможной точностью.

Требование №5.

Параметр оптимизации должен удовлетворять требованию универсальности и полноты.

Под универсальностью и полнотой параметра понимается его способность всесторонне охарактеризовать объект исследования.

Требование №6.

Параметр оптимизации должен иметь физическим смысл, быть простым и легко вычисляемым.

Требование физического смысла объясняется необходимостью дальнейшей интерпретации результатов эксперимента. Вообще говоря, можно параметр оптимизации описывать каким угодно выражением или способом, если только потом сможете объяснить, что это описание означает.

Легкость и простота вычислений позволяют проконтролировать правильность вычисления параметра оптимизации в процессе построения модели эксперимента.

Требование №7.

И, наконец, параметр оптимизации должен существовать для всех состояний системы.

Если жизнь на Марсе невозможна ни при каких состояниях, то выбирать в качестве результата эксперимента данное требование крайне неразумно.

Исходя из перечисленных требований, видно, что выбрать подходящий параметр оптимизации является делом довольно-таки трудоемким.

Однако, именно правильный выбор параметра оптимизации является залогом успеха при дальнейшем планировании, поскольку выбор параметра оптимизации диктует вид математической модели эксперимента.