**9. ПЛАНИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Факторы, учитываемые при планировании модельного эксперимента:

* исследователь и на этапе планирования эксперимента должен помнить, к какому классу относится моделируемая система (статическая или динамическая, детерминированная или стохастическая и т.д.).
* он должен определить, какой режим работы системы его интересует: стационарный (установившийся) или нестационарный.
* необходимо знать, в течение какого промежутка времени следует наблюдать за поведением (функционированием) системы.
* какой объем испытаний (т.е повторных экспериментов) сможет обеспечить требуемую точность оценок ( в статическом смысле) исследуемых характеристик системы.

Цели планирования эксперимента

* сокращение общего объема испытаний при соблюдении требований к достоверности и точности их результатов;
* повышение информативности каждого из экспериментов в отдельности.

***Факторное пространство*** – это множество внешних и внутренних параметров модели, значения которых исследователь может контролировать в ходе подготовки и проведения модельного эксперимента.

Значения факторов обычно называют уровнями.

Точка в факторном пространстве, соответствующая нулевым уровням всех факторов, называется центром плана.

***Интервалом варьирования фактора*** называется некоторое число J, прибавление которого к нулевому уровню дает верхний уровень, а вычитание – нижний.

Значение наблюдаемой переменной, полученное в ходе эксперимента, складывается из двух составляющих:

y = f(x) + e(x),

где f(x) – функция отклика (неслучайная функция факторов);

e(x) – ошибка эксперимента (случайная величина) ;

x – точка в факторном пространстве (определенное сочетание уровней факторов);

Существует два основных варианта постановки задачи планирования имитационного эксперимента:

Из всех допустимых выбрать такой план, который позволили бы получить задачи планирования имитационного эксперимента:

1. Из всех допустимых выбрать такой план, который позволил бы получить наиболее достоверное значение функции отклика f(x) при фиксированном числе опытов.
2. Выбрать такой допустимый план, при котором статистическая оценка функции отклика может быть получена с заданной точностью при минимальном объеме испытаний.

**9.1.Стратегическое планирование имитационного эксперимента.**

При стратегическом планировании эксперимента должны быть решены две основные задачи:

* Идентификация факторов;
* Выбор уровней факторов.

Выбор уровней факторов производится с учетом двух противоречивых требований:

* Уровни фактора должны перекрывать (заполнять) весь возможный диапазон его изменения;
* Общее количество уровней по всем факторам не должно приводить к чрезмерному объему моделирования.

Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, называется *полным факторным экспериментом* (ПФЭ).

Общее число различных комбинаций уровней в ПФЭ для k факторов можно вычислить так: *N = l1\* l2\*…\*lk,*

где *li* – число уровней i-го фактора.

ЧФЭ -- частичный факторный эксперимент .

Любой ЧФЭ применим только при отсутствии взаимодействия между факторами.

1. *Рандомизированный план* .
2. *Латинский план («латинский квадрат»)* Пусть в эксперименте используется первичный фактор А и два вторичных фактора – В и С; число уровней факторов *l* равно 4.

Таблица 9.1. Пример латинского плана

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Значение  фактора В | Значение фактора С | | | |
| С1 | С2 | С3 | С4 |
| B1 | A1 | A2 | A3 | A4 |
| B2 | A2 | A3 | A4 | A1 |
| B3 | A3 | A2 | A1 | A4 |
| B4 | A4 | A1 | A2 | A3 |

В результате имеем план, требующий 4\*4 = 16 прогонов, в отличие от ПФЭ, для которого нужно 43 = 64 прогона.

1. *Эксперимент с изменением факторов по одному*.

*N = l1+ l2+…+ln*

*Дробный факторный эксперимент*.

Таблица 9.2. Матрица плана дробного факторного эксперимента для k=2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер  эксперимента | Значение факторов | |
| х1 | х2 |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 1 |

Таблица 9.3 Матрица плана дробного факторного эксперимента для k=3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер  эксперимента | Значение факторов | | |
| х1 | х2 | х3 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 1 |

**9.2.Тактическое планирование эксперимента.**

Совокупность методов установления необходимого объема испытаний относят к тактическому планированию экспериментов.

В общем случае объем испытаний (величина выборки), необходимый для получения оценок наблюдаемой переменной с заданной точностью, зависит от следующих факторов:

* Вида распределения наблюдаемой переменной y (напомним, что при статистическом эксперименте она является случайной величиной);
* Коррелированности между собой элементов выборки;
* Наличия и длительности переходного режима функционирования моделируемой системы.

Общее число прогонов модели, необходимое для достижения цели моделирования, равно произведению Nc\*Nt

Nc  - число сочетаний уровней факторов по стратегическому плану;

Nt – число прогонов модели для каждого сочетания, вычисленное при тактическом планировании.

Рассмотрим несколько основных вариантов вычисления необходимого объема испытаний(величину Nt).

1.Если случайные значения наблюдаемой переменной не коррелированны и их распределение не изменяется от прогона к прогону

2. Если наблюдаемая переменная – вектор, то оценку необходимого числа прогонов выполняют отдельно для каждой компоненты вектора. Наибольшее и полученных значений М принимают в качестве числа прогонов Nt.

Методы понижения дисперсии и делятся на три группы:

* *Активные*(предусматривают формирование выборки специальным образом);
* *Пассивные*(применяются после того, как выборка уже сформирована);
* *Косвенные*( в которых для получения оценок наблюдаемой переменной используются значения некоторых величин).

**Активные.** Существует три основных метода уменьшения ошибок, обусловленных наличием переходного периода:

1. Значительное увеличение длительности прогона.
2. Исключение и рассмотрения переходного периода
3. Инициализация модели при некоторых специально выбранных начальных условиях.

На практике снижения влияния переходного периода обычно добиваются одним из следующих способов:

* + Методом повторений
  + Методом подинтервалов
  + Методом циклов

**Пассивные методы** влияют на подготовку и проведение эксперимента, но реализуются на этапе обработки и анализа результатов моделирования. Метод стратифицированной выборки.

**Косвенные методы** понижения дисперсии основаны на том, что зачастую некоторые из выходных характеристик можно получить (вычислить) легче, чем другие. Их использование предполагает не только весьма глубокое знание сущности процессов, протекающих в системе, но и наличие формального описания взаимной зависимости параметров модели.