

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра дискретной математики и
информационных технологий

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТА

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 421 группы
направления 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Самаркиной Екатерины Александровны

Научный руководитель
ассистент каф. ДМиИТ

Н.Е. Тимофеева

Заведующий кафедрой
доцент, к.ф.-м.н., доцент

Л.Б. Тяпаев

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация научных исследований становится важным фактором ускорения научно-технического прогресса. Особое значение для повышения эффективности науки приобретает автоматизированная система научных исследований (АСНИ), позволяющая получать более точные и полные модели исследуемых объектов и явлений, ускорять ход научных исследований и снижать их трудоемкость, изучать сложные объекты и процессы, исследование которых традиционными методами затруднительно или невозможно. АСНИ – это программно-аппаратный комплекс на базе средств вычислительной техники.

Развитие современной науки и техники связано с созданием новых и постоянным совершенствованием существующих научных и технологических процессов. Основой их разработки и оптимизации является эксперимент. Заметное повышение эффективности экспериментальных исследований и инженерных разработок достигается использованием математических методов планирования экспериментов.

Теория эксперимента – область прикладной математики, направленная на повышение эффективности экспериментальных исследований. Проблемам теории эксперимента так же, как и вопросам внедрения методов статической теории эксперимента в практическую деятельность исследователей, за последние годы уделяется большое внимание.

Использование планирования эксперимента применяется для решения разнообразных задач, при решении которых следует найти наилучшие оптимальные условия их реализации.

Целью бакалаврской работы является разработка автоматизированной системы с использованием теории построения планов: простого, ортогонального, ротатабельного.

При этом необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих АСНИ;
- изучить и проанализировать методы планирования эксперимента: простой, ортогональный, ротатабельный;

- рассмотреть и выбрать инструментарий языка программирования С# для разработки АСНИ;
- разработать структуру АСНИ;
- программно реализовать структуру АСНИ с помощью языка программирования С#;
- создать исполняемый файл программного комплекса для построения планирования эксперимента.

Структурно работа состоит из введения, восьми глав, заключения, списка использованных источников и двенадцати приложений. Названия глав:

- 1 обзор АСНИ;
- 2 планирование эксперимента как метод научного познания;
- 3 использование простого метода при планировании эксперимента;
- 4 ортогональное композиционное планирование второго порядка;
- 5 ротатабельный центральный композиционный план;
- 6 программное обеспечение;
- 7 разработка автоматизированной системы построения планирования эксперимента;
- 8 разработка программы для установки автоматизированной системы построения планирования эксперимента.

Научная новизна работы: разработана АСНИ для построения методов планирования эксперимента, с помощью которой проведен полный факторный эксперимент по методам планирования эксперимента: простом (линейном), ортогональном, ротатабельном. Полный факторный эксперимент был реализован на основе ряда формул и комплексного алгоритма с построением уравнения регрессии, связывающие исходные факторы.

Разработанная АСНИ предназначена для повышения результативности научных исследований или испытаний образцов новой техники на основе получения и использования моделей исследуемых процессов. Применение эффективной технологии исследований позволяет существенно сократить фазу внедрения, что приводит к экономии времени и средств.

1 Основное содержание работы

1 Обзор АСНИ

На сегодняшний день процесс автоматизации систем научных исследований является одной из актуальных проблем в сфере информационных технологий, что не остается без внимания исследователей.

Авторами были изучены и проанализированы вопросы разработки метода, предназначенного для проведения численного или физического экспериментов по моделированию электродинамических характеристик волноведущих систем электровакуумных приборов СВЧ полиномами высоких порядков, приведена методика, основанная на использовании логического эксперимента, затронута проблема планирования эксперимента и обработки его результатов.

Продолжением указанной темы в настоящей работе была разработана АСНИ для построения методов планирования эксперимента.

2 Планирование эксперимента как метод научного познания

Эксперимент – это метод научного исследования воздействия на объект путем создания естественных или искусственных условий с целью получения информации о его свойствах.

План эксперимента – это проект проведения экспериментального исследования значений факторов (управляемых переменных эксперимента), т.е. это собранные данные, определяющие число, условия и порядок реализации опытов. Опыт – это отдельная часть эксперимента.

Планирование эксперимента – это процесс разработки плана эксперимента, который включает в себя деятельность по разработке стратегии экспериментирования всех этапов изучения объекта исследования, т.е. от получения начальной информации до создания работоспособной математической модели объекта исследования или определения оптимальных условий.

Основные этапы планирования эксперимента: постановка задачи, сбор априорной информации, выбор способа решения и стратегии его реализации,

проверка выбранного способа решения, реализация выбранного способа решения, анализ и интерпретация результатов.

Одной из важнейших целей при разработке и запуске процессов с непрерывным характером производства является определение и поддержание оптимального режима процесса. Оптимизацию вновь создаваемых установок можно выполнить лишь с помощью описанных выше математических моделей, адекватно отражающих процесс. Для этого могут применяться различные методы оптимизации. Определение оптимальных параметров установок или процессов по сложным, многомерным, нелинейным моделям связано со значительными вычислительными трудностями. При оптимизации действующих установок находят применение модели самых различных типов. Кроме того, имеются методы, позволяющие найти оптимальные режимы процессов без моделей. Поскольку характеристики многих технологических процессов дрейфуют, т.е. изменяются во времени, то параметры моделей, а в некоторых случаях и их структура должны корректироваться и приспособляться к новой производственной ситуации.

Важным моментом при планировании эксперимента является определение параметров, которые необходимо оптимизировать. Целью исследования является выбор аспекта, представляющего наибольший интерес. Характеристика цели эксперимента формулируется четко и должна допускать количественную оценку.

Фактор – это измеряемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени соответствующее значение. В зависимости от факторов выбирается способ воздействия на объект исследования.

В ходе эксперимента будем использовать математические модели объекта исследования. Выберем объект исследования и функцию отклика. Уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами является математической моделью. Уравнение имеет следующий вид:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.1)$$

где символ $\varphi()$ заменяет слова: «функция от» и называется функцией отклика.

Важно включить в рассмотрение все существенные факторы, которые могут влиять на процесс. Если неучтенный фактор принимал случайные значения – это значительно может увеличить ошибку опыта. Кроме того, может быть получено неверное представление о совокупности наилучших условий при поддержании фактора на некотором определенном уровне, т. к. неизвестно, является ли этот уровень оптимальным.

Если число факторов больше пятнадцати, нужно обратиться к методам отсеивания несущественных факторов или формализацией априорной информации.

Выберем модель – вид функции отклика $y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k)$. Далее будем планировать и проводить эксперимент для оценки численных значений констант (коэффициентов) этого уравнения.

Наиважнейшее требование к модели – это способность прогнозировать направление дальнейших опытов с необходимой точностью, одинаковой во всех возможных направлениях, которое не должно отличаться от фактического больше, чем на некоторую заранее заданную величину. Модель, которая удовлетворяет такому или какому-либо аналогичному требованию, называется адекватной.

В планировании экспериментов применяются в основном планы первого и второго порядков. Планы более высоких порядков используются в инженерной практике редко. Приведем краткое изложение методики составления планов эксперимента для моделей первого и второго порядков.

Под планами первого порядка понимают такие планы, которые позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего только первые степени факторов и их произведения:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq u}}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{\substack{i,j,u=1 \\ i \neq u, j \neq u}}^k b_{iju} x_i x_j x_u + \dots \quad (1.2)$$

Планы второго порядка позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего и вторые степени факторов:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq u}}^k b_{iu} x_i x_u + \dots \quad (1.3)$$

Полный факторный эксперимент типа 2^k .

Рассмотрим планы, в которых каждый фактор x_i принимает значения только на двух уровнях. Если число факторов известно, можно сразу найти число опытов, необходимое для реализации всех возможных сочетаний уровней факторов. Простая формула, которая для этого используется, $N = 2^k$, где N – число опытов, k – число факторов, 2 – число уровней.

Также существует дробный факторный эксперимент. Он строится аналогично полному факторному эксперименту 2^k , но при построении необходимо минимизировать число опытов. Например, при построении плана с тремя факторами, можно рассматривать лишь четыре, вместо восьми. При этом матрица планирования не потеряет своих оптимальных свойств.

Количество опытов в ядре плана будет равняться 2^{k-p} , где k – число факторов, p – дробность реплики (для полного факторного эксперимента $p = 0$, для полуреплики $p = 1$, для четверть-реплики $p = 2$ и т.д.).

3 Использование простого метода при планировании эксперимента

Раскрыты основные понятия, особенности и проведение обработки результатов при использовании простого метода планирования эксперимента.

4 Ортогональное композиционное планирование второго порядка

Рассмотрен и проанализирован ортогональный композиционный планирован второго порядка.

5 Ротатабельный центральный композиционный план

Охарактеризовано построение ротатабельного центрального композиционного плана.

6 Программное обеспечение

Сделан обзор используемого в настоящей работе программного обеспечения с указанием языка программирования C#, кроссплатформенной библиотеки OxyPlot для .NET Framework и библиотеки Microsoft.Office.Interop.Excel для C#.

7 Разработка автоматизированной системы построения планирования эксперимента

Разработана автоматизированная система построения планирования эксперимента. Охарактеризованы организационные основы использования автоматизированной системы построения планирования эксперимента.

С помощью данной АСНИ можно осуществлять автоматизированное планирование эксперимента с использованием методики полного факторного эксперимента и получать уравнения регрессии, связывающие исходные факторы.

При разработке использовались следующие технологии:

- язык программирования С#;
- .NET Framework 4.5;
- кроссплатформенная библиотека OxyPlot для .NET;
- библиотека Microsoft.Office.Interop.Excel для С#.

АСНИ разработана в среде Microsoft Visual Studio Community 2017 и поддерживает операционные системы класса Microsoft Windows.

Дано описание построения каждого из методов: простой (линейный), ортогональный, ротатабельный методы.

Конечным этапом построения планов эксперимента является хранение и обработка результатов.

8 Разработка программы для установки автоматизированной системы построения планирования эксперимента

Для удобства использования АСНИ построения планирования эксперимента исследователями необходимо создать исполняемый файл, с помощью программного обеспечения Nullsoft Scriptable Install System (NSIS). NSIS – это система создания установочных программ для Microsoft Windows.

Построен исполняемый файл АСНИ. Раскрыты вопросы, связанные с установкой и удалением автоматизированной системы с помощью исполняемого файла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработки АСНИ построения методов планирования эксперимента достигается сокращение числа необходимых опытов, установление оптимального порядка и условий проведения исследований в зависимости от их вида и требуемой точности результатов.

В настоящей работе была разработана АСНИ и с ее помощью проведен полный факторный эксперимент по методам планирования эксперимента: простом (линейном), ортогональном, ротатабельном. Полный факторный эксперимент был реализован на основе ряда формул и комплексного алгоритма с построением уравнения регрессии, связывающие исходные факторы.

С помощью АСНИ каждый из методов строился с использованием соответствующих математических вычислений, присущих определенному методу, с применением следующих общих этапов:

- найдены средние значения откликов и их дисперсии;
- дисперсии откликов проверены по критерию Кохрена;
- вычислены коэффициенты уравнения регрессии, а также их оценки;
- коэффициенты уравнения регрессии проверены по b -критерию Стьюдента;
- посчитана регрессионная модель;
- регрессионная модель проверена на адекватность по F -критерию Фишера;
- регрессионная модель построена на графике.

Разработанная АСНИ предназначена для повышения результативности научных исследований или испытаний образцов новой техники на основе получения и использования моделей исследуемых объектов, явлений и процессов. Применение эффективной технологии исследований позволяет существенно сократить фазу внедрения, что приводит к экономии времени и средств.

Цель работы – разработка автоматизированной системы с использованием

теории построения планов: простого, ортогонального, ротатабельного выполнена.

При этом решены следующие задачи:

- проведен анализ существующих АСНИ;
- изучены и проанализированы методы планирования эксперимента: простой, ортогональный, ротатабельный;
- рассмотрен и выбран инструментарий языка программирования С# для разработки АСНИ;
- разработана структура АСНИ;
- программно реализована структура АСНИ с помощью языка программирования С#;
- создан исполняемый файл программного комплекса для построения планирования эксперимента.