

ПЛАНИРОВАНИЕ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Павлов Г. С., Малуха З.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Листопад Н.И. – д.т.н., заведующий

Аннотация. Статистическая обработка, графическая интерпретация результатов научных исследований, математическое планирование эксперимента для прогнозирования функционирования системы в каком-либо технологическом процессе в большинстве случаев проводится с использованием устройств измерения и компьютерных программ STATISTICA и STATGRAPHICS, позволяющих определить коэффициенты уравнений регрессии, адекватно описывающих полученные зависимости.

Ключевые слова: статистическая обработка экспериментальных данных, регрессионный анализ, полный факторный эксперимент.

Прогнозирование функционирования системы в производственном процессе является одной из наиболее распространенных научно-технических задач, возникающих при установлении возможности проведения проектируемого технологического процесса и необходимости определения оптимальных условий, режимов, параметров его реализации. При проектировании сложных технических объектов и их производстве широко используются математические методы планирования, позволяющие исследователю интенсифицировать процесс, оптимизировать функционирование того или иного устройства, оптимизировать параметры, увеличить статистическую достоверность выводов исследований и как следствие обеспечить высокое качество создаваемых устройств, объектов, технических средств [1]. Так, задача определения оптимальных условий протекания технологических процессов (стадий) в пищевых технологиях часто решается посредством планирования экспериментов, математических методов их обработки, посредством регрессионного анализа – статистического метода, позволяющего исследовать связь нескольких переменных [2–3]. Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения задачи с требуемой точностью, при этом значимо следующее: стремление к минимизации общего числа опытов и повышению точности измерения, одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора.

Экспериментальные исследования сопряжены с погрешностями, неточностью измерений, влиянием неконтролируемых факторов, поэтому важным и ответственным моментом при проведении и использовании результатов любых экспериментов является установление адекватности полученных решений, что особенно актуально при поиске оптимальных условий, режимов, параметров. В связи с чем, основная цель регрессионного анализа – предсказать значение одной переменной (зависимой переменной, или отклика) на основе одной или нескольких других переменных (независимых переменных, или предикторов). При этом регрессионный анализ помогает выявить, насколько тесно эти переменные связаны и как одна из них влияет на другую. В основе регрессионного анализа лежит построение математической модели, которая описывает, как изменения независимых переменных приводят к изменениям зависимой переменной [4]. Для построения эффективной математической модели целесообразно провести предварительный анализ значимости факторов (степени влияния на функцию), их ранжирование и исключить малозначащие факторы, в рамках регрессионных анализов проводятся полные факторные эксперименты. При проведении полных факторных экспериментов количество опытов определяется по формуле:

$$N = p^k,$$

где N – число опытов;

p – число уровней;

k – число факторов (внешних и внутренних).

Число уровней варьирования обычно не ниже 3.

Планирование, проведение и обработка результатов полных факторных экспериментов состоит из следующих этапов:

- кодирование факторов;
- составление плана матрицы эксперимента;
- реализация плана эксперимента;

- проверка воспроизводимости опытов;
- оценка значимости коэффициентов регрессии;
- проверка адекватности линейной модели.

Кодирование факторов необходимо для перевода натуральных факторов в безразмерные величины, чтобы иметь возможность построить стандартную ортогональную план-матрицу эксперимента. После выбора факторов для каждого из них устанавливается основной уровень (т.е. исходное значение) и интервал варьирования (изменения). Прибавление интервала варьирования к основному уровню даёт верхний, а вычитание – нижний уровень фактора (таблица 1).

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Фактор	Условное обозначение фактора	Уровень			Интервал варьирования (λ)
		Нижний (-)	Средний (0)	Верхний (+)	
Температура, °C	X_1	10	30	50	20
pH	X_2	2	4	6	2
Экспозиция, мин	X_3	10	30	50	20

Далее осуществляется построение матрицы планирования эксперимента посредством программы STATGRAPHICS, интерпретация полученных результатов достоверными факторами и их сочетаниями, построение уравнений регрессии, подтверждение полученной математической модели процесса предоставлением критерия адекватности (коэффициента детерминации) R^2 . Построение поверхностей отклика, позволяющих выбрать диапазоны варьирования факторов, обуславливающих получение искомого значения контролируемого показателя, осуществляется в программе STATISTICA 10.0 (рисунок 1).

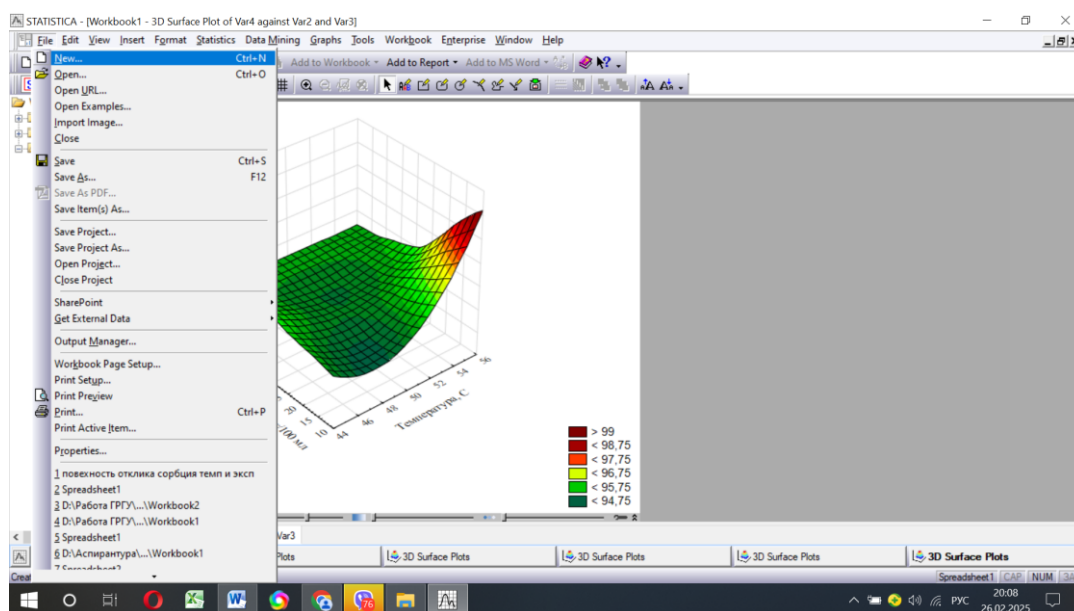


Рисунок 1 – Построение поверхности отклика

Поверхность отклика является перспективной оценкой изменения контролируемого показателя, и позволяет исследователю предположить целесообразность выбора другого диапазона варьирования факторов либо остановить эксперимент. А также для графического отображения влияния исследуемых факторов на контролируемый показатель, расширения диапазона варьирования факторов и уточнения их оптимальных значений.

Таким образом, планирование экспериментов, обработка экспериментальных данных осуществляется посредством программ STATISTICA и STATGRAPHICS, которые позволяют определить коэффициенты уравнений регрессии, адекватно описывающих полученные зависимости.

Список использованных источников:

61-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2025 г.

1. Ковель, А.А. Математическое планирование эксперимента при отработке электронных элементов /А.А. Ковель, С.В. Покидько // Известия ВУЗов. Приборостроение. – 2008. – Т. 52. – №8. – С. 13-17.
2. Pavlova, O. Optimisation of conditions for deacetylation of chitin-containing raw materials / O. Pavlova, M. Trusova // Food science and technology. – 2021. – Vol. 15, № 3. – P. 63–70.
3. Ловкис, З.В. Эффективность использования хитозана как сорбента и стабилизатора в технологии пива/ З. В. Ловкис, О.В. Павлова, М.М. Трусова, Н.А. Политаева // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2023. – Т. 105. – № 3. – С. 102-113.
4. Бугаев, Ю.В. О статистической устойчивости оптимального решения, найденного по уравнению регрессии / Ю.В. Бугаев, Л.А. Коробова, И.Ю. Шурупова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2024. – 86(2). –С. 48-55.