

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Баус С. С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Плотникова И. В.
национальный исследовательский Томский политехнический университет
ssb@tpu.ru

Математическое моделирование – одна из наиболее перспективных методов или систем реального физического мира. В настоящее время значение математического моделирования стремительно возрастает в связи с широким внедрением достижений науки почти во все сферы деятельности человека. Сложность технологий, необходимость принятия оперативных решений и т.п. являются объективными предпосылками к использованию математического моделирования и в научно-исследовательской деятельности.

Сложность воспроизводимости процесса на практике, недостаточная изученность проблематики научным сообществом, наличие множества всевозможных неучтенных факторов, которые не влияют на физический процесс и природу поведения ослабления интенсивности, все это является причинами выбора математического моделирования. Ведь системы научного или промышленного назначения, разработанные без применения инструментов математического моделирования, во многих случаях не обладают необходимыми качествами (эффективностью, точностью отображения реальной физической явления или объекта, заложенных свойств и т.д.).

Наиболее наглядно значение математического моделирования проявляется при конструировании рентгеновских систем для неразрушающего контроля. Если при конструировании томографа, а в частности выбора параметров работы системы, применять физическое моделирование, то, во-первых, дело сведется к перебору всех возможных сочетаний элементов томографа, который, даже если это и возможно, потребует значительного времени; во-вторых, это потребует больших затрат времени и материальных ресурсов. Если же в целях сокращения затрат времени и средств воспользоваться методом экспертных оценок, то результат будет зависеть от субъективных представлений самих экспертов. Таким образом, использование математического моделирования в проектировании томографических систем представляет собой путь повышения эффективности и качества разработки томографических систем за счет моделирования процесса ослабления интенсивности рентгеновского излучения, излучаемого рентгеновской трубкой, после прохождения через исследуемый материал.

Для решения данной проблематики можно применить корреляционно-регрессионный анализ.

Математические модели строятся и используются для трех обобщенных целей:

- для объяснения;
- для предсказания;
- для управления.

Пользуясь методами корреляционно-регрессионного анализа, измеряется теснота связи показателей с помощью коэффициента корреляции. При этом обнаруживаются связи, различные по силе (сильные, слабые, умеренные и др.) и различные по направлению (прямые, обратные). Если связи окажутся существенными, то целесообразно будет найти их математическое выражение в виде регрессионной модели и оценить статистическую значимость модели.

Имеется совокупность результатов наблюдений. В этой совокупности один столбец соответствует показателю, для которого необходимо установить функциональную зависимость с параметрами объекта и среды, представленными остальными столбцами. Целью которой является установить количественную взаимосвязь между показателем и факторами. В таком случае задача регрессионного анализа понимается как задача выявления такой функциональной зависимости $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, которая наилучшим образом описывает имеющиеся экспериментальные данные.

Регрессионный анализ называют основным методом современной математической статистики для выявления неявных и завуалированных связей между данными наблюдений.

Для проведения опыта были выбран титан. Титан один из наиболее частых материалов, применяемых в изготовлении различных промышленных деталей и частей в машиностроении, космостроении и т.д.

Данный эксперимент проводится в следующих условиях. Фиксируются значения толщины и вида исследуемого материала, а также мощность рентгеновской трубки. Выбранным материалом является железо, как один из самых часто встречающихся на практике. Исследуемая железная пластина имеет толщину 2 мм. Мощность рентгеновской трубки остается прежней.

Далее приводится описание эксперимента. Включаем рентгеновский микротомограф в электрическую сеть. Даем ему прогреться 2-3 минуты. Производим контрольный «прогон» импульса рентгеновского излучения без материала. Наблюдаем значение величины

интенсивности рентгеновского излучения, если данная величина сопоставима с технической документацией на прибор можно начинать производить опыт, в противном случае необходимо устранить причину отклонения значения интенсивности рентгеновского излучения от заявленных в технической документации. Убедившись, что данная система работает исправно, можно начинать просвечивание исследуемого материала. Для этого необходимо разместить исследуемый материал на рабочий стол прибора, закрыть крышку прибора, убедиться, что соблюдена техника безопасности, установить значение напряжения на рентгеновской трубке, дождаться сигнала о просвечивании материала и зафиксировать результат, представленный на индикаторе прибора, Исследуемый материал и его размер, а также величину напряжения рентгеновской трубки необходимо выбирать на основании выбранных значений эксперимента.

Для анализа были определены следующие переменные:

1. Выходная интенсивность после прохождения через исследуемый материал, кЭв.
2. Напряжение на рентгеновской трубке, кВ.

Для определения тесноты связей между показателями напряжения и выходной интенсивности, оценки факторов, оказывающих наибольшее влияние на выходную интенсивность, установления степени влияния напряжения на выходную интенсивность, выбора типа и формы неизвестных причинных связей, а также определение расчётных значений выходной интенсивности (функции регрессии) используют регрессионный анализ, что позволяет прогнозировать при работе с прибором значения выходной интенсивности для более качественного построения трехмерных теневых изображений. Как известно, важнейшим этапом построения регрессионной модели (уравнения регрессии) является выбор вида математической функции, которая наилучшим образом определяет существующие связи между анализируемыми признаками [1]. В данном случае, за результативный признак мы приняли величину выходной интенсивности, а за факторный – напряжение.

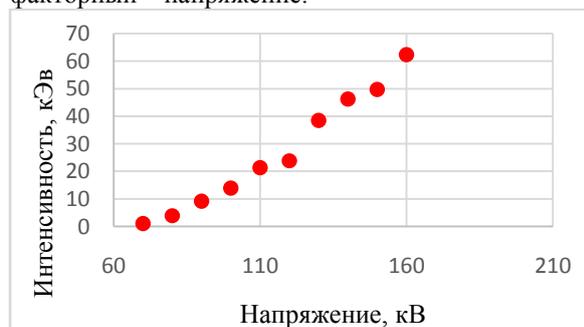


Рисунок 1. Диаграмма рассеивания

Анализ исходных данных позволяет предположить, что уравнение парной линейной корреляционной связи имеет вид функции:

$$y=b_0+b_1x.$$

На рисунке 1 можно наблюдать диаграмму рассеивания. Корреляция имеет положительную тенденцию. Произведя соответствующие вычисления в Excel получили следующие результаты. R-квадрат (коэффициент смешанной корреляции) представляет собой оценку полезности регрессионного уравнения, оценивает долю вариации переменной Y, которая объясняется независимой переменной X в регрессионной модели. Данное значение равно 0,973. Это характеризует то, что 97,3% вариации выходной интенсивности объясняется величиной напряжения и только 2,7% другими факторами. Большие значения, стремящиеся к 1, указывают на то, что X можно использовать для объяснения поведения Y.

Среднеквадратическая ошибка равна 3,6696. Это говорит о том, что в 95% случаев значения будут попадать в пределы $\pm 3,6696$ от линии регрессии. В итоге получено уравнение линейной регрессии, которое выражается следующим образом: $Y=-55,9916+0,6867*X$. Данное уравнение применимо для выбранного диапазона рабочих значений системы. Положительный наклон линейной регрессии говорит о том, что при увеличении напряжения на 1 единицу наблюдается рост значения выходной интенсивности на 0,6867.

В заключении хочется отметить, что проведён однофакторный регрессионный анализ, где откликом системы, как и в полном факторном эксперименте, являлась величина интенсивности после прохождения через толщину исследуемого материала, а за фактор было принято значение напряжения на рентгеновской трубке. Применяя данное линейное регрессионное уравнение на практике, можно легко и быстро спрогнозировать величину выходной интенсивности в зависимости от выбранного значения напряжения на рентгеновской трубке для данного диапазона работ.

Список литературы

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий // Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. Наука, 1976. – 280 с.
2. Landisa E. N., Keane D. T. X-ray microtomography [text]. - Materials Characterization. – 2010. – Pages 1305 – 1316.
3. Баус С. С. Система автоматизированного проектирования (САПР) рентгеновской трубки открытого и закрытого типа для нужд неразрушающего контроля // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 274-279.