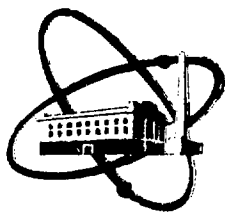


SU 8801265



ФЭИ-1774

ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

С. И. ШЕРБАКОВ, С. Д. ТАМБОВЦЕВ

Способ линеаризации таблиц результатов

Обнинск — 1986

УДК 519.24

С. И. Щербаков, С. Д. Тамбовцев.

Способ линеаризации таблиц результатов.

ФЭИ-1774. Обнинск: ФЭИ, 1986. — 7 с.

Изложен способ обработки таблиц данных, представленных в форме типа латинского квадрата, позволяющий построить линейную аналитическую модель.

Развитие численных методов расчёта режимов работы оборудования, в частности для АЭС, привело к углублённому анализу локальных характеристик в пространстве рассматриваемых объектов, полученных на основе двумерных, трёхмерных приближений. Наряду с возможностью более квалифицированной оценки работоспособности оборудования, численные методы, предоставляя информацию в виде совокупности конкретных значений, зависящих от исходных данных, не дают наглядного представления о степени влияния тех или иных факторов на полученные результаты, что существенно снижает ценность численных методов для оценки перспективности вариантов конструкции оборудования, анализа допустимых режимов работы, оптимизации конструкции и режимов работы. В связи с этим возникает задача описания полученных численным путём (или в результате натурального эксперимента) характеристик оборудования в виде аналитических функций (или табличных функций) исходных данных (факторов).

Типичная трудность, возникающая при проведении численного эксперимента, например, для теплового оборудования АЭС, заключается в большом количестве влияющих факторов, что, соответственно, требует большого количества вычислительных работ. К настоящему времени разработаны методики планирования многофакторных экспериментов [1], обеспечивающие существенное сокращение вычислительных работ, как минимум в n раз, где n - число уровней одного из факторов. Суть методики, основанной, например, на применении латинского квадрата, заключается в выделении из полного факторного эксперимента n^n реплик $1/n$, $1/n^2$ и т.д., то есть выделении из полной совокупности части опытов при таких значениях уровней факторов, которые образуют сбалансированный в отношении основных эффектов план (рис.1).

Возможность описания с помощью неполного эксперимента

поведения исследуемой величины во всём диапазоне изменения факторов определяется степенью аддитивности влияния каждого из факторов на исследуемую величину (эффекты взаимодействия незначимы), что оценивается критерием ошибки по результатам дисперсионного анализа [1] полученных результатов. Аддитивность влияния факторов означает, что исследуемая величина представляет собой сумму функций, каждая из которых зависит только от одного фактора. В тех случаях, когда факторы зависимы друг от друга (а это выясняется после проведения эксперимента), эксперимент следует повторить, выбрав иную комбинацию факторов или дополнив их совокупность. Таким образом, на основе неполного эксперимента [1] можно построить количественную модель лишь в редких случаях.

В данной работе предлагается способ обработки таблицы результатов, позволяющий построить линейную модель практически всегда. Способ основан на следующем допущении: исследуемую величину можно заменить другой, удовлетворяющей условию аддитивности, из которой исследуемая может быть вычислена однозначным образом. То есть существует некоторый оператор L над таблицей результатов исследуемой величины \mathcal{U} , определяющий новую таблицу $L(\mathcal{U})$, которая удовлетворяет условию аддитивности влияния факторов :

$$L(\mathcal{U}) = A(x) + B(y) + C(z) + D \quad (1)$$

Возможность построения такого оператора над таблицей результатов определяется дискретным характером табличной функции \mathcal{U} . Такая функция может быть аппроксимирована полиномом вида :

$$\mathcal{U}(x, y, z) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + \dots \quad (2)$$

Такой полином содержит известное, ограниченное число членов,

содержащих произведения факторов. Выполняя над табличными значениями Ψ некоторую процедуру (например, возведение в степень) можно получить ряд новых таблиц, каждую из которых можно аппроксимировать функцией вида (2). Таким образом можно получить систему уравнений : $\Psi = \dots, \Psi^2 = \dots, \dots, \Psi^{n+1} = \dots$, где n - число членов разложения (2), содержащих произведения факторов. Используя полученную систему, методом последовательного исключения можно получить соотношение, не содержащее произведений факторов :

$$\Psi + k_1 \Psi^2 + k_2 \Psi^3 + \dots + k_n \Psi^{n+1} = \dots \quad (3)$$

Левая часть этого равенства представляет собой оператор L (Ψ). Описанная процедура приводит к нахождению явного вида оператора L (Ψ). Однако существует более удобный способ, не требующий знания коэффициентов разложения (2).

Если составить сумму значений $L_{i,j,k,\dots}(\Psi)$, где i, j, k, \dots - уровни факторов, расположенных в позициях плана таким образом, что каждый фактор в сумме $\sum_{i,j,k,\dots} L_{i,j,k,\dots}(\Psi)$ встречается на всех своих уровнях и по одному разу на каждом уровне, то такие суммы будут равны между собой, так как для них равны правые части (3).

Разумеется, число таких сумм, или число коэффициентов в разложении L (Ψ) велико и растёт пропорционально квадрату числа уровней. Учитывая, что таблица значений Ψ , отражающая собой решение какой-то физической задачи, не может быть сколь угодно произвольной, в ряде случаев, повидимому, сложность описания L (Ψ) можно существенно ограничить, оставив её на уровне сложности членов в правой части (3). Такой подход при определении коэффициентов в разложении L (Ψ) предполагает проведение оптимизационных вычислительных процедур, но позво-

ляет существенно сократить объём перерабатываемой информации.

Таким образом, обработка исходной таблицы с целью получения новой таблицы, удовлетворяющей условию аддитивности влияния факторов, сводится к определению вида оператора L по равенствам частных сумм значений $L(\varphi)$. Это условие и является способом нахождения вида L , который может быть записан в виде полинома с искомыми коэффициентами. Для случая рис. I полином L должен содержать два искомых коэффициента.

Следует отметить, что предлагаемый способ возможен для таблиц с равным и нечётным количеством уровней для каждого фактора. Для таблицы, представленной на рис. I, позиции, содержащие значения, входящие в одну из сумм, имеют разную штриховку.

На вид оператора L накладывается ограничение, связанное с однозначностью определения φ по $L(\varphi)$, то есть величина $L(\varphi)$ должна быть монотонной функцией φ . В ряде случаев, в частности, когда все значения исследуемой величины для позиций, входящих в одну сумму, находятся вне диапазонов изменения φ , входящих в другие суммы, $L(\varphi)$ становится периодической функцией φ . В этих случаях оператор L должен включать, помимо непрерывного полинома, изменение знака разности $\varphi - \varphi_{ext}$ для позиций, лежащих по одну сторону границы, объединяющей экстремальные значения φ . Это обеспечивает расширение диапазона изменения φ и монотонность характера оператора $L(\varphi)$. При вычислении значений φ по $L(\varphi)$ нужно проделать обратную операцию для всех φ , меньших (больших) φ_{ext} .

Преимущество представления характеристик исследуемых объектов как сум независимых функций различных параметров (например, по сравнению с представлением в виде полинома) состоит в наглядности сравнительной оценки степени влияния

различных параметров на исследуемые характеристики, в простом описания многопараметрических зависимостей, существенном упрощении аналогового моделирования объектов .

В качестве примера представлены : таблица значений термической эффективности теплообменника [2], полученная численным расчётом (двумерное приближение для полей характеристик течения и теплообмена) для ряда фиксированных значений трёх параметров (расходов греющей, нагреваемой сред и мощности); функция, аппроксимирующая полученные данные, определённая по изложенной методике .

Список литературы.

1. Маркова Е. В. Руководство по применению латинских планов при планировании эксперимента с качественными факторами. Челябинск, 1971.
2. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. М. Атомиздат, 1979.

уровни фактора B	1	ψ_{11} I	ψ_{21} 3	ψ_{31} 2
	2	ψ_{12} 3	ψ_{22} 2	ψ_{32} 1
	3	ψ_{13} 2	ψ_{23} 1	ψ_{33} 3
		I	2	3
		уровни фактора A		

Рис. 1. Латинский квадрат для трёхфакторного трёхуровневого эксперимента. Цифры внутри квадрата - уровни фактора С.

Таблица результатов термической эффективности теплообменника и аппроксимирующие формулы .

.9214	.9220	.9825
.9631	.9216	.9189
.9727	.9664	.9273

$$\psi(1 + .336\psi - .136\psi^2) = \exp(-((x - .646)/.205)^2) + \exp(-((y - 1.04)/.207)^2) + \exp(-((z - .671)/.629)^2) - .8467$$

$$x = G/C_{НОМ} ; y = g/c_{НОМ} ; z = \psi/\psi_{НОМ}$$

$$3 \cdot | .09 \quad -.14 | + .91$$

Технический редактор Н.П.Герасимова.

Подписано к печати 26.02.1986 г. Т-07724 Формат 60x90 1/16
Офсетная печать Усл.п.л. 0,5 Уч.-изд.л. 0,4 Тираж 80 экз.
Цена 6 коп. ФЭИ-1774 Индекс 3624

Отпечатано на ротапринтере ФЭИ, г. Обнинск.

6 коп.

Индекс 362А

**Способ линеаризации таблиц результатов.
ФЭИ-1774, 1986, 1-7.**