



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes
México

Bernal Galván, Salvador; Sánchez Mares, Francisco; Vega Navarro, Eleazar
Software para el análisis de arreglos ortogonales
Conciencia Tecnológica, núm. 25, 2004
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94402502>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DE ARREGLOS ORTOGONALES

(Divulgación Tecnológica)

M.C. Salvador Bernal Galván
Francisco Sánchez Mares
Ing. Eleazar Vega Navarro

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
sbernalmx@yahoo.com
Av. López Mateos 1801 Ote., Esq. Av. Tecnológico Aguascalientes, Ags.,
Tel. 9105002 Ext. 103 fax (0149) 700423 C.P.20256

RESUMEN

La obtención de datos implica un alto costo y el auxilio de un programa que analice esta información da por resultado un ahorro de tiempo y de dinero. Un software que realice análisis de datos experimentales es una necesidad surgida de quien hace investigación y de toda persona que trabaja con datos experimentales. Los paquetes que actualmente existen son sumamente sofisticados aptos para realizar complejos análisis de datos. La mayoría de estos programas exigen largos y costosos procesos de

aprendizaje a sus usuarios, que, además, no siempre acaban siendo capaces de hacer uso de su potencial al completo. El costo del software de análisis de datos experimentales es injustificadamente elevado, el más económico en el mercado tiene un costo de cien dólares. El software generado cumple con las expectativas del analista y presenta una alternativa novedosa para analizar información mediante arreglos ortogonales.

Palabras clave: Arreglo ortogonal, C++ builder.

INTRODUCCIÓN

La biología, la ingeniería, la mercadotecnia, la sociología, la publicidad y otras muchas disciplinas descansan cada vez más en procedimientos empíricos. Es decir, gran parte de las actividades relacionadas con su ejercicio consiste en la recopilación de información. En muchos casos, la dificultad del análisis de los datos rebasa el alcance de las técnicas que se exponen en los cursos introductorios e intermedios de estadística.

En gran parte de los estudios, principalmente los descriptivos, los datos que es preciso analizar ya fueron obtenidos. Esto suele ser la norma en estudios en el ámbito de la economía, la ecología, la salud, las finanzas y la sociología. El análisis ha de realizarse sobre bases de datos previamente confeccionadas.

Sin embargo, en otras disciplinas, sobre todo las experimentales como la ingeniería, la biología y la medicina, es posible planificar de antemano el procedimiento de extracción de los datos para adecuarlo en la medida de lo posible a las exigencias de los procedimientos de análisis que vayan a emplearse después. De la calidad del examen previo

depende, en gran medida, el grado de significación del estudio posterior.

Como la obtención de datos es siempre costosa, contar con un programa que optimice su uso posterior puede suponer un considerable ahorro.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Los métodos del Dr. Taguchi resultan atractivos para los ingenieros y administradores, debido al ahorro de costos que implica el grado de eficiencia que tienen para extraer gran cantidad de información a partir de experimentos realizados en pequeña escala. Las herramientas básicas para obtener esta información son los Arreglos Ortogonales^[1] y las Gráficas lineales.

En diseño de experimentos ortogonal significa “balanceado”, “separado”, “no mezclado”. Una característica importante del uso que el Dr. Taguchi hace de los arreglos ortogonales es la flexibilidad y capacidad para asignarles un número de variables.

Una característica, todavía mas importante, es el hecho de que las conclusiones derivadas de los experimentos en pequeña escala pueden repetirse y reproducirse en los laboratorios de investigación y desarrollo para el diseño del producto y proceso, a la vez que en la fabrica misma.

El diseño de parámetros tiene como propósito determinar los parámetros dentro de los que un producto o proceso es funcional, tiene un alto nivel de rendimiento y es menos sensible a los factores de ruido.

Un experimento con diseño de parámetros implica dos tipos de factores: los factores de control y los factores de ruido. Un factor de control es aquel cuyos niveles se pueden fijar y mantener. Un factor de ruido es aquel cuyos niveles no se pueden fijar ni mantener, aún cuando afecte el rendimiento de una característica funcional.

El diseño de parámetros examina las interacciones entre los factores de control y los de ruido, con el fin de robustecer un producto/proceso. Busca los niveles de parámetros en los que la característica de calidad es estable, a pesar del uso de componentes y materiales baratos y de las condiciones ambientales.

La medida estadística del rendimiento que se usa para evaluar la calidad producto es la denominada relación señal/ruido. Esta relación mide el rendimiento y el efecto de los factores de ruido en dicho rendimiento.

La forma de la relación señal/ruido esta ligada directamente con la función de pérdida. Es una evaluación de la estabilidad del rendimiento de una característica de calidad. La función de pérdida permite evaluar el efecto de dicha estabilidad en términos monetarios. Alto rendimiento, medido como alta relación s/r, implica una pérdida menor, medida con su correspondiente función de pérdida. Al igual que la función de pérdida, la relación s/r es una medida objetiva de la calidad ya que toma en cuenta tanto la media como la variación.

Al igual que en la función de pérdida, los tres tipos estándar de relación s/r son:

- Menor es mejor (SN_S)
- Mayor es mejor (SN_L)
- Nominal es mejor (SN_T)

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en el Departamento de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Aguascalientes. El paquete empleado fue el C ++ Builder^[2], ya que cubre perfectamente las condiciones necesarias para este software. Es un lenguaje potente enfocado a objetos, con una excelente visualización y es uno de los programas con más alta precisión numérica en los resultados generados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El software generado cuenta con los nueve arreglos ortogonales más utilizados en el análisis de datos por su número de factores, corridas y niveles, de los cuales cuatro son arreglos en serie 2^n : L_4 (2^3), L_8 (2^7), L_{12} (2^{11}) y L_{16} (2^{15}); dos arreglos ortogonales series 3^n : L_9 (3^4) y L_{27} (3^{13}); y tres arreglos ortogonales especiales como lo son: L_{18} ($2^1 \times 3^7$), L_{25} (5^6) y L_{16} (4^5). Se elaboró un manual que contiene la información necesaria para que el usuario sea capaz de utilizar el software sin ningún problema. La figura 1 muestra el menú de acceso del software.



Figura 1. Menú principal del software para analizar datos experimentales.

Con el software elaborado evaluamos un problema práctico. El problema es el siguiente: El experimento implica hallar un método para ensamblar un conector elastomérico a un tubo de nylon que ejerza la tracción necesaria para su uso en una aplicación en un motor de automóvil. El objetivo específico del experimento es maximizar la fuerza de tracción^[3].

Se identificaron cuatro factores de ruido controlables y tres incontrolables. Estos factores se definen en la tabla 1.

Se desea encontrar los niveles de los factores controlables que son menos influidos por los factores de ruido y que proporcionan la máxima fuerza de

tracción. Obsérvese que aunque los factores de ruido no son controlables durante las operaciones normales de trabajo, pueden controlarse para los fines de una prueba. Cada factor controlable se prueba a tres niveles, y cada factor de ruido se prueba a dos niveles.

Tabla 1. Factores y niveles para el ejemplo de la aplicación del software.

Factores controlables		Niveles		
A = Interferencia	Reducida	Intermedia	Grande	
B = Espesor de la pared del conector	Reducido	Intermedio	Grande	
C = Profundidad de inserción	Reducida	Intermedia	Grande	
D = Porcentaje de Adhesivo en la inmersión previa del conector	Reducido	Intermedio	Grande	
Factores incontrolables		Niveles		
E = Tiempo de acondicionamiento	24 h	120 h		
F = Temperatura de acondicionamiento	72 ° F	150 ° F		
G = Humedad relativa de acondicionamiento	25%	75%		

En la metodología de diseño de parámetros de Taguchi, se selecciona un diseño experimental para los factores controlables y otro para los factores de ruido o incontrolables.

El panel (a) de dicha tabla tiene un arreglo ortogonal L_9 ; esto es, una tabla de enteros cuyos elementos de columna (1, 2 y 3) representan los niveles bajo, medio y alto de los factores de columna. Cada renglón del arreglo ortogonal representa una corrida; esto es, un conjunto específico de niveles factoriales por probar. El arreglo ortogonal L_9 dará cabida a cuatro factores de tres niveles cada uno, en nueve corridas.

El panel (b) de la tabla contiene el arreglo ortogonal L_8 ; esto es, un diseño hasta para siete factores a dos niveles cada uno, en ocho corridas.

El arreglo L_8 de este ejemplo contiene solo tres factores E, F y G, de modo que las columnas restantes pueden emplearse para estimar interacciones. El objetivo del arreglo de factores de ruido es crear variación con el fin de poder identificar los niveles a los cuales los factores controlables son menos sensibles a los factores de ruido.

Los dos diseños se combinan. En esta configuración de diseño de parámetros completa, el arreglo L_9 , que contiene los factores controlables, se denomina *arreglo interno*, y el arreglo L_8 , que contiene los factores de ruido, se llama *arreglo externo*. Literalmente, cada una de las nueve corridas del arreglo interno se prueba a lo largo de las ocho corridas del arreglo externo, para un tamaño muestral

de 72 corridas. La fuerza de tracción observada se informa en la tabla 2.

Tabla 2. Datos experimentales obtenidos del ejemplo.

Corrida	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
1	15.6	9.5	16.9	19.9	19.6	19.6	20.0	19.1
2	15.0	16.2	19.4	19.2	19.7	19.8	24.2	21.9
3	16.3	16.7	19.1	15.6	22.6	18.2	23.3	20.4
4	18.3	17.4	18.9	18.6	21.0	18.9	23.2	24.7
5	19.7	18.6	19.4	25.1	25.6	21.4	27.5	25.3
6	16.2	16.3	20.0	19.8	14.7	19.6	22.5	24.7
7	16.4	19.1	18.4	23.6	16.8	18.6	24.3	21.6
8	14.2	15.6	15.1	16.8	17.8	19.6	23.2	24.2
9	16.1	19.9	19.3	17.3	23.1	22.7	22.6	28.6

Teniendo los datos generados los ingresamos en el software. Se ejecuta el software, apareciendo el menú principal, se elige el arreglo externo L_9 , presionando el botón de ejecución que contenga este arreglo. El cual será el encargado de analizar los datos experimentales generados.

Al presionar el botón de ejecución del arreglo ortogonal L_9 , inmediatamente será llamado el programa que contiene este arreglo, el cual estará listo para que se le ingresen los datos experimentales generados del arreglo interno. En el siguiente esquema se da un ejemplo del como ingresar los datos experimentales obtenidos en arreglo ortogonal escogido (para este caso L_9).

	Replica 1	Replica 2	Replica 3	Replica 4
Corrida 1	15.6	9.5	16.9	19.9
Corrida 2	15.0	16.2	19.4	19.2
Corrida 3	16.3	16.7	19.1	15.6
Corrida 4	18.3	17.4	18.9	18.6
Corrida 5	19.7	18.6	19.4	25.1
Corrida 6	16.2	16.3	20.0	19.8
Corrida 7	16.4	19.1	18.4	23.6
Corrida 8	14.2	15.6	15.1	16.8
Corrida 9	16.1	19.9	19.3	17.3

Figura 2. Ingreso de los datos experimentales.

Obsérvese que en el ejemplo sólo se muestran cuatro réplicas, es decir faltan otras cuatro para completar el arreglo ortogonal L_8 .

Ya ingresadas las ocho réplicas completas se procede al análisis de los datos experimentales, el cual se ejecuta presionando la SN adecuada al proceso o producto. Para el caso de este problema se desea una maximización, por lo tanto los análisis adecuados son uno de media y una señal a ruido mayor es mejor (SN_L).

Como el arreglo ortogonal es el L_8 entonces se presiona para el análisis de media y su respectiva tabla de resultados para el ultimo botón de ejecución donde se encuentran las ocho réplicas. Y para la señal a ruido se presiona el botón de ejecución que representa a dicha señal a ruido. En el problema se necesita maximizar por lo tanto se presiona SN_L . Ver figura 3.

	Replica 5	Replica 6	Replica 7	Replica 8
Corrida 1	15.6	9.5	16.9	19.9
Corrida 2	15.0	16.2	19.4	19.2
Corrida 3	16.3	16.7	19.1	15.6
Corrida 4	18.3	17.4	18.9	18.6
Corrida 5	19.7	18.6	19.4	25.1
Corrida 6	16.2	16.3	20.0	19.8
Corrida 7	16.4	19.1	18.4	23.6
Corrida 8	14.2	15.6	15.1	16.8
Corrida 9	16.1	19.9	19.3	17.3

5 replicas	6 replicas	7 replicas	8 replicas
SNT	SNT	SNT	SNT
SNL	SNL	SNL	SNL
SNS	SNS	SNS	SNS

Figura 3. Obtención de la tabla de respuesta de media (la flecha del mouse presiona el botón de ejecución de ocho réplicas).

Después de presionar el botón de ejecución se obtienen los siguientes datos:

Promedio
17.5249996185303
19.4249992370605
19.0249996185303
20.125
22.8250007629395
19.2250003814697
19.8500003814697
18.3125
21.2000007629395

Figura 4. Obtención del promedio en cada corrida.

Obsérvese que cada promedio corresponde a las corridas de la uno a la nueve, al presionar el botón de ejecución de medias también obtenemos la siguiente tabla de respuesta:

TABLA DE RESPUESTA			
A	B	C	D
18.658332824707	19.1666660308838	18.3541660308838	20.5166664123535
20.7250003814697	20.1875	20.25	19.5
19.7875003814697	19.8166675567627	20.5666675567627	19.154167175293

Figura 5. Tabla de respuesta de media.

En el siguiente esquema se muestra la ejecución de la señal a ruido mayor es mejor, la cual también se obtiene con la presión del botón de ejecución SN_L .

S/N
24.0253448486328
25.5004768371582
25.3347606658936
25.9042530059814
26.9075298309326
25.3257446289063
25.7108058929443
24.8277072906494
26.1519775390625

Figura 6. Respuesta de la señal a ruido mayor es mejor de cada una de las nueve corridas.

Obsérvese que cada señal a ruido mayor es mejor corresponde a cada corrida efectuada.

TABLA DE RESPUESTA			
A	B	C	D
24.9535274505615	25.2134685516357	24.7262649536133	25.6949501037598
26.0458431243896	25.7452373504639	25.8522357940674	25.5123424530029
25.563497543335	25.6041603088379	25.9843654632568	25.3555736541748

Figura 7. Tabla de respuesta de la señal a ruido mayor es mejor.

CONCLUSIONES

El programa es llamativo visualmente, mostrando en pantalla una presentación agradable de cada arreglo ortogonal. Al comparar el software generado con uno comercial como STATISTICA, se observa que los resultados son correctos y con mayor precisión que los generados por este, ya que tiene una gama más amplia de decimales. La obtención de las tres diferentes señales a ruido es satisfactoria, proporcionando de inmediato al usuario los resultados necesarios para obtener las conclusiones pertinentes, mismas que serán primordiales en la optimización del proceso. El

manual elaborado para el uso de este programa lleva al usuario al desarrollo del potencial completo del software.

REFERENCIAS

[1] Taguchi Genichi (1987). Arreglos Ortogonales y graficas lineales. Ed. ASI PRESS.

[2] <http://www.borland.com/techpubs/bcppbuilder/V5/qs/program.html>.

[3] Taguchi Genichi (1992). Introduction to orthogonal arrays. In Techniques for Quality engineering.