

Simulación a Eventos Discretos

Tema 10: Diseño de experimentos

Diseño de experimentos: terminología

Experimento: Ejecución de un modelo computacional de simulación.

Factores: Parámetros de entrada y suposiciones estructurales del modelo; los objetivos del estudio determinan cuales son fijos y cuales se pueden variar.

Respuestas: Medidas de desempeño, generalmente más de una.

Tipos de factores

Cuantitativos: Toman valores numéricos.

Cualitativos (o categóricos): Asunciones estructurales que no son naturalmente cuantificables.

Los factores también se pueden clasificar en *controlables* y *no controlables*, dependiendo si representan opciones de acciones para quien toma las decisiones en el sistema real.

Notar que en el modelo tenemos control sobre todos los factores, más allá de que en el sistema real tengamos o no el control.

Diseño de experimentos en SED

Principal propósito de la experimentación: Determinar el efecto de los factores sobre las respuestas de interés, haciendo uso racional de los recursos computacionales (a veces no es posible simular todas las combinaciones).

Diferencias/ventajas de experimentar con un modelo SED en lugar del sistema real:

- Oportunidad de controlar factores que en la realidad no son controlables. Por ejemplo, una tasa de arribos de entidades al sistema.
- Naturaleza determinística de los generadores de números pseudoaleatorios. Permite reproducir experimentos y controlar la variabilidad.
- En el sistema real pueden obtenerse resultados sesgados, por ejemplo por las condiciones ambientales. Esto no ocurre en un modelo de SED, si el generador de números pseudoaleatorios funciona correctamente.
- En algunos sistemas reales es posible hacer solamente una replicación de un experimento para una combinación dada de factores.

Diseño factorial de experimentos

El número de factores y los niveles en cada uno debe mantenerse acotado, dado que la cantidad de experimentos crece de forma factorial, lo que puede implicar altos requerimientos de cómputo y complejidad en el análisis de los resultados.

Generalmente interesa analizar el impacto de un factor sobre la(s) respuesta(s) de interés del sistema; e incluso, cómo interactúan los diferentes factores.

2^k diseño factorial

- Se consideran k diferentes factores.
- Para cada factor se identifican dos valores relativamente diferentes en el rango de variación, denominados valor $-$ y valor $+$.
- Se corre la simulación para cada una de las posibles 2^k combinaciones de niveles de factores (puntos de diseño).

2^k diseño factorial

Por ejemplo, para $k = 3$ se construye la siguiente tabla, donde R_i es el valor de la respuesta de interés correspondiente a la combinación i de niveles de factores.

Combinación	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Respuesta
1	-	-	-	R_1
2	+	-	-	R_2
3	-	+	-	R_3
4	+	+	-	R_4
5	-	-	+	R_5
6	+	-	+	R_6
7	-	+	+	R_7
8	+	+	+	R_8

2^k diseño factorial: efecto de un factor

El principal efecto del factor 1 se calcula como el cambio promedio en la respuesta, frente a cambios en el factor desde su valor + a su valor -, cuando los demás factores están fijos:

$$e_1 = \frac{(R_2 - R_1) + (R_4 - R_3) + (R_6 - R_5) + (R_8 - R_7)}{4}$$

Tener en cuenta que:

- Lo anterior asume que el efecto de los factores sobre las respuestas es lineal.
- Los resultados se deben analizar a la luz del estado actual del sistema y sus correspondientes niveles de factores.

2^k diseño factorial: efecto de interacción entre dos factores

Diferencia entre el efecto promedio del factor j_1 cuando j_2 está en su nivel + (y todos los demás están constantes) y el efecto promedio del factor j_1 cuando j_2 está en su nivel -:

$$e_{12} = \frac{1}{2} \left[\frac{(R_4 - R_3) + (R_8 - R_7)}{2} - \frac{(R_2 - R_1) + (R_6 - R_5)}{2} \right]$$

Lo anterior se puede generalizar para más factores hasta k , aunque se dificulta la interpretación.

2^k diseño factorial: significancia estadística

Las R_i son variables aleatorias, por lo tanto los efectos también lo son.

Entonces replicamos todos los 2^k experimentos para tener n respuestas i.i.d. de los efectos.

Obtenemos n valores e^i del efecto.

Estimamos media, varianza e intervalo de confianza de la forma vista en el tema 5.

Si el intervalo de confianza no contiene al cero, se concluye que el efecto es estadísticamente significativo.

Otros métodos: 2^{k-p} diseño factorial fraccional

Se aplica cuando k es un número elevado y la realización de todos los experimentos es computacionalmente costosa o incluso inviable.

Idea básica: se descartan (o consideran menos influyentes) $p < k$ factores.

Se realizan 2^{k-p} experimentos, reduciendo la cantidad total en una fracción $1/2^p$.

Se deben establecer a priori hipótesis complejas sobre las interacciones entre los factores.