

# **Simulación a Eventos Discretos**

Tema 8: Verificación y validación

# Verificación y validación en SED

Fases complejas en el proceso de desarrollo de un modelo de SED.

Credibilidad: confianza que el usuario tiene en el modelo.

Propósitos de la validación:

1. Producir un modelo que representa razonablemente a la realidad, para que pueda ser usado en experimentación, en lugar de usar el sistema real.
2. Aumentar la credibilidad del modelo, para que el usuario pueda utilizarlo con confianza.

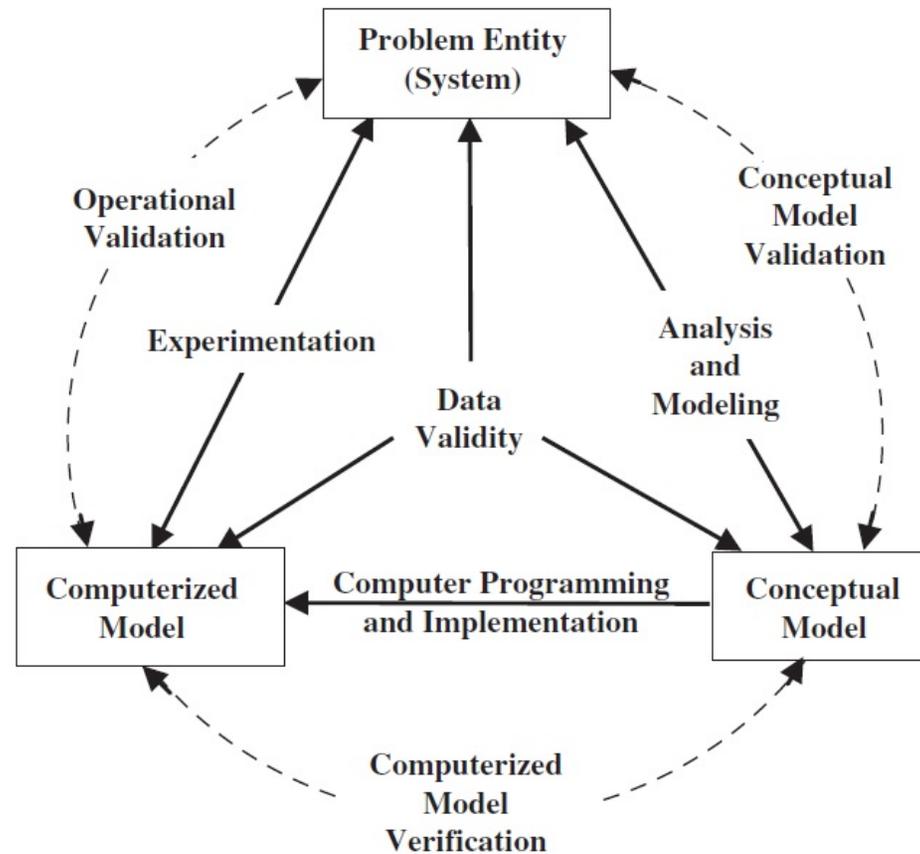
# Verificación y validación

La validación está presente durante todo el ciclo de vida del modelo, sin embargo hay una etapa del proceso que se centra específicamente en:

- **Verificación:** Asegurarse que el programa computacional es una implementación correcta del modelo conceptual.
- **Validación:** Asegurarse que el modelo es una representación ajustada de la realidad.

Métodos: comparaciones informales y subjetivas, algunos estadísticos.

# Verificación y validación<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Sargent, R. Verification and validation of simulation models. Journal of Simulation 7:12-24, 2013.

# Verificación

Sugerencias de sentido común (algunas tienen relación con los métodos de la Ingeniería de Software):

- Chequeo del programa por parte de alguien distinto a quien lo desarrolló.
- Ejecutar todas las posibles trayectorias de las entidades.
- Examinar las salidas numéricas (por ejemplo, contadores actuales y totales) para un amplio rango de entradas.
- Si existe salida visual, inspeccionar el resultado.
- Observar trazas de la ejecución, durante o al finalizar la misma.

# Validación

Tres componentes principales:

- Validación con el usuario.
- Validación de hipótesis asumidas.
- Comparación de transformaciones entrada-salida.

La validación usualmente se alterna con una fase de ajuste (también denominada calibración) del modelo.

## Validación con el usuario

- Involucrar al usuario en el desarrollo del modelo, por ejemplo, en la especificación del aspecto dinámico.
- Es deseable que el usuario realice chequeos del modelo, siempre que sea posible.
- Lo anterior aumentará la validez percibida y la credibilidad en el modelo.
- Análisis de sensibilidad: consultar al usuario si es razonable la reacción del modelo ante cambios en la entrada, en base a su conocimiento del sistema real.

# Validación de hipótesis asumidas

Dos clases de hipótesis:

- Sobre la **estructura**: Refieren a la operación del sistema y a las simplificaciones realizadas. Por ejemplo, si se asume o no que los clientes se cambian de cola si observan que una es más rápida, o que se habilitan más servidores si las colas son muy largas.
- Sobre los **datos**: Refieren a la recolección y al tratamiento estadístico. Por ejemplo, si corresponden a horarios pico o valle, si se tomaron en varios días. Chequeos de correlación, combinación de conjuntos de datos.

## **Validación de transformaciones entrada-salida**

Objetivo primordial de un modelo de SED: predecir el futuro, en el sentido de poder dar respuestas adecuadas ante hipotéticos cambios en su estructura y en los parámetros de entrada.

Modelo visto como una transformación entrada-salida. Por ejemplo, diferentes tasas de arribo producen diferentes largos de colas.

Si se cuenta con datos de entrada y de salida, se puede reservar una parte de ellos para la validación.

Para los propósitos de la validación, una predicción del pasado puede sustituir a la predicción del futuro.

Se valida en base a las respuesta de interés; si estas cambian, el modelo se debe validar nuevamente.

## **Validación de transformaciones entrada-salida**

Condición necesaria para poder aplicar este tipo validación: alguna versión del sistema bajo estudio debe existir.

Transferencia de confianza en el modelo: si se tiene un modelo validado para un sistema existente, un modelo para un sistema similar (por ejemplo, uno resultante de introducir algunos cambios en el original) también se podría considerar validado.

Cambios que pueden ocurrir (de menor a mayor impacto en la validez de la transferencia de confianza):

- Cambios en parámetros numéricos.
- Cambios en las distribuciones de probabilidad.
- Cambios en la estructura lógica.
- Cambios mayores en la organización del sistema.

# Validación de transformaciones entrada-salida: tests estadísticos

Pueden ser usados para:

- Evaluar si el modelo de simulación y el sistema real son los mismos respecto a alguna medida de respuesta (test de hipótesis).
- Evaluar si las salidas de ambos son suficientemente cercanas (intervalo de confianza).

## **Validación de transformaciones entrada-salida: datos históricos**

Se puede realizar cuando se dispone de trazas entrada-salida registradas en el sistema real.

Se alimenta el modelo con la traza (determinística) de entrada y se verifica que la salida coincida con la del sistema, correspondiente a esa traza.

Si se dispone de varias trazas independientes, se puede realizar un análisis estadístico.

# **Validación de transformaciones entrada-salida: test de Turing**

Alternativa cuando hay pocos datos para realizar algunos de los test anteriores.

Se combinan reportes de desempeño medidos sobre el sistema real, con reportes generados por el modelo.

Se mezclan, se seleccionan varios aleatoriamente y se pide a un experto que los distinga.

Si el experto no puede distinguir un número considerable de reportes del modelo, es un elemento significativo para aumentar la credibilidad en el modelo.