

 **Workshop en simulación basada en agentes**

Bogotá, Colombia – 12 y 13 de diciembre


Simulación basada en agentes
Una metodología para la investigación en ciencia e ingeniería

David Anzola Pinzón
Nelson Gómez Cruz
John Vargas
Daniel Rodríguez
Cárdenas


Centro de Innovación - INNOVA
Escuela de Administración
Universidad del Rosario

Experimentación y análisis

 **Workshop en simulación basada en agentes**


Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería




Agenda


- Análisis - ¿Qué y por qué?
- Buenas prácticas
- Heurísticas
- Estadísticas
- Un ejemplo de experimentación – El fuego en el bosque – utilizando *BehaviourSpace*
- Consideraciones generales
- Sensibilidad, incertidumbre y robustez del análisis

Por favor interrumpa con preguntas!




 **Workshop en simulación basada en agentes**


Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería




¿Qué es análisis?

1. Entender y comprender lo que el modelo hace - ¿Qué efectos tienen las salidas cuando se cambian las entradas?
2. Entender por qué hace lo que hace
3. El análisis siempre es continuo
4. Se toman puntos “fijos” para un análisis formal



 **Workshop en simulación basada en agentes**

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



¿Por qué importa el análisis? (1)

¿cuál es el propósito de su modelo?

1. Aplicado:

- Principalmente para explorar resultados en diferentes escenarios - ¿Qué tal si?

2. Teórico:

- Principalmente para explorar y comprobar una teoría.

3. Participativo:

- Queremos presentar los resultados del modelo a expertos e investigadores de una manera muy clara.



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



¿Por qué importa el análisis? (2)

Exploración y comunicación

1. Evaluar las implicaciones de una teoría.
2. Poder formular diferentes escenarios.
3. Presentar y comunicar el comportamiento de un sistema.
4. Configurar y evaluar fenómenos que podemos experimentar



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Buenas prácticas

El proceso de cómo analizar un modelo es un tanto engorroso – depende de:

- El modelo en específico
- Las preguntas relacionadas
- El sistema objetivo
- Nuestra experiencia
- Nuestras preferencias por ciertas herramientas



Es **necesario** un análisis reproducible – siempre documente y describa sus análisis!



Workshop en simulación basada en agentes

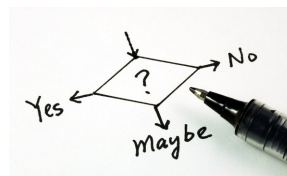
Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Heurísticas

Útiles para guiar nuestros planes

- Evalúe valores **extremos**
- Capture los **puntos de inflexión**
- Evalúe diferentes visualizaciones ¿cuáles salidas o parámetros puedo visualizar?
- Ejecute el modelo paso-a-paso ¿puede predecir el siguiente paso?
- Busque patrones extraños o llamativos para explorar más a fondo
- En los puntos de inflexión, pruebe otros parámetros
- Utilice diferentes medidas en las salidas del modelo (inspirados en el mundo-real)



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Estadísticas

¿Qué tipos de estadísticas se pueden usar?

- Media, desviación estándar
- No ignore los valores atípicos como lo haría en los datos del mundo real; estos pueden ser casos importantes en los datos de simulación.

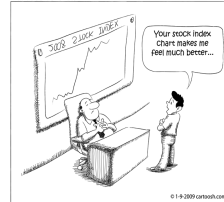
Contraste de escenarios

- Correlaciones cuantificables entre las salidas y las entradas.
- Regresiones – ayudan a encontrar patrones.

Comparación con el mundo real

- Métodos formales de análisis
- Correlación con datos del pasado en el mundo real

Cartoonish's View



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

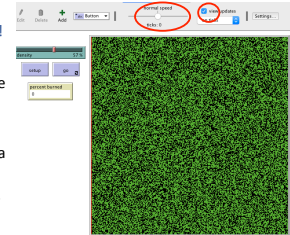


Puntos importantes en el análisis (1)

Velocidad

No calcule cosas que no necesite!

- Apague salidas y monitores que no necesite
- Apague las visualizaciones
- Limite el número de pasos en la simulación.
- Ajuste las métricas y las salidas a calcular y almacenar



Workshop en simulación basada en agentes

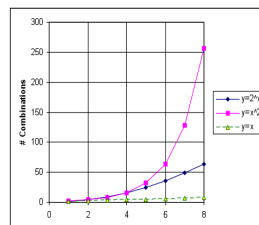
Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Puntos importantes en el análisis (2)

Explosión Factorial

1. Tenga cuidado con los valores que representen combinaciones.
Ejemplo: 6 sospechosos X 9 lugares X 6 armas = 324 combinaciones
2. Cuanto más combinaciones mayor tiempo, más difícil de visualizar y analizar



Workshop en simulación basada en agentes

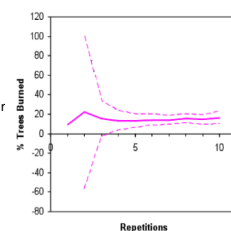
Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Puntos importantes en el análisis (3)

Repetición y fiabilidad

1. Realice más de una ejecución de la simulación con la misma configuración.
2. Estudie la media y la desviación estándar y evalúe los intervalos de confianza a lo largo de múltiples ejecuciones
3. Busque aquellas configuraciones donde las ejecuciones no tengan valor agregado.



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Sensibilidad, incertidumbre y robustez

- Generalmente, la terminología utilizada es inconsistente – pero constituyen un conjunto de buenas prácticas
- El **momento** para hacer estas pruebas no siempre es claro
 - Durante, al final o ambos
- La pregunta clave es: **¿qué tan robusto** es un resultado, **qué tan sensible** es el modelo a los cambios, y **qué tanta la incertidumbre** hay frente a los resultados?



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Análisis de Sensibilidad

¿Qué efectos se obtienen en las salidas cuando se hacen pequeños cambios en los parámetros de entrada?

Local

- Cambie el valor de una variable en el tiempo. Pequeños ajustes pueden ayudar a identificar comportamientos interesantes con menos ejecuciones

Global

- Generalmente, no es factible explorar todos los parámetros, por lo tanto, seleccione un sub-conjunto de ellos.
- Seleccione un rango de valores de ese sub-conjunto de parámetros que muestren comportamientos interesantes
- Utilice herramientas estadísticas que permitan observar esa sensibilidad del modelo



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Análisis de incertidumbre

- Similar al análisis de sensibilidad pero la pregunta clave es **cómo**.

- a) Incertidumbre sobre el valor de un parámetro y
 - b) Modelo de sensibilidad para ese parámetro
- Combinar para evaluar los parámetros inciertos

Aproximación básica

1. Identificar los parámetros inciertos
2. Definir una distribución para los valores de esos parámetros. Ejemplo: normal, uniforme
3. Ejecutar el modelo múltiples veces siguiendo los valores de distribución para esos parámetros
4. Análisis de distribución sobre los resultados del modelo. Ejemplo: histogramas del modelo

La idea es identificar las distribuciones de los parámetros y no solo sus rangos



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Análisis de robustez

- La idea es probar y evaluar el diseño fundamental del modelo

- ¿Los resultados son un artefacto de los supuestos y/o implementación, o del modelo conceptual fundamental?
- Trate de construir diferentes versiones de su modelo – ¿pudo obtener los mismos resultados?



“Si estos modelos, a pesar de los supuestos, obtiene resultados similares, obtenemos lo que llamamos un teorema robusto que es relativamente independiente de los detalles del modelo. Por lo tanto, nuestra verdad es la intersección de las mentiras independientes” (Levins, 1966)



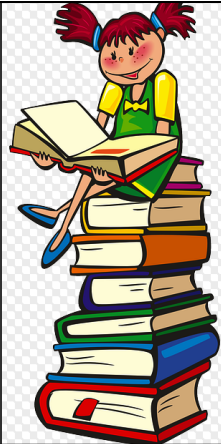
Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería



Lecturas recomendadas

1. Railsback and Grimm (2012) Agent-based and individual-based modeling: A practical Introduction
2. Lorscheid, I., Heine, B.-O. and Meyer, M., (2011). Opening the black box of simulations: increased transparency and effective communication through the systematic design of experiments. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 18(1), pp.2262



Usando Behaviour Space



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencias e ingeniería



Behavior Space

- Permite realizar experimentos sobre su modelo
- Ejecuta el modelo múltiples veces, variando los valores de los parámetros y guardando los resultados
- Algunas veces se le conoce como "explorador del espacio de los parámetros (o modelo)"
- Es una herramienta muy útil y poderosa.

BehaviorSpace Guide

This guide has three parts:

- **What is BehaviorSpace?**: A general description
- **How it Works**: Walks you through how to use
- **Advanced Usage**: How to use BehaviorSpace

What is BehaviorSpace?

BehaviorSpace is a software tool integrated with NetLogo. BehaviorSpace runs a model many times, systematically varying the values of the parameters, a process known as "parameter sweeping". It lets you explore the model space.

If your computer has multiple processor cores, the BehaviorSpace tool can run the model in parallel.

Why BehaviorSpace?

The need for this type of experiment is revealed by what in mathematics is called a parameter space. Running a model with different settings (and some which particular configuration of values, or types of multi-dimension parameter space does your model).

For example, suppose you want speedy synchronisation – that have approximately 2000, 100, 10 a values? Trying combinations one at a time is hard!



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencias e ingeniería



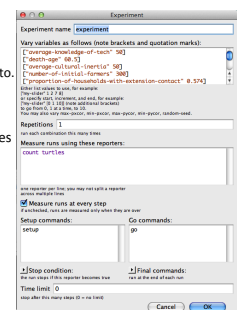
Usando el Behavior Space

Herramientas > BehaviorSpace

- Permite administrar y configurar un conjunto de experimentos.
- Permite guardar los resultados de cada experimento

Creando un experimento

1. Configure los rangos de valores de las variables
2. Indique cuántas repeticiones
3. ¿Qué variables serán medidas?
4. ¿Se medirá en cada paso?
5. ¿Cuáles son los comandos "setup" and "go"?
6. ¿Cuál es la condición para detenerse?
7. Comandos al terminar la simulación
8. Límite de tiempo
9. Ejecutar!



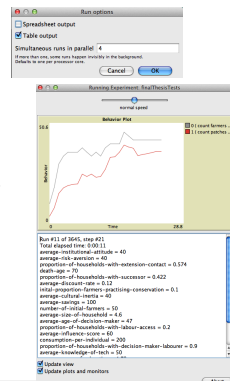
Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencias e ingeniería



BehaviourSpace

- La ejecución en paralelo es automática de acuerdo al número de núcleos en la CPU que tenga la máquina.
- **Observar** experimentos
- ¿Las salidas lucen bien?
- Apague las visualizaciones y los gráficos de salida para aumentar el **rendimiento**
- Evalúe posibles escenarios e interacciones - **sea creativo!**
- Extra: Se pueden hacer ejecuciones por consola, controlar el API es moderadamente fácil.



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Laboratorio:

El modelo de incendio forestal



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

El modelo de incendio forestal

Bosque

- Reticula 2D de árboles
- La densidad controla la probabilidad de que exista un árbol en el "patch"

Fuego

- El fuego se extiende e inicia desde la izquierda
- El fuego se propaga por la vecindad de los árboles
- Los árboles inician fuego en cada paso "tick"

El fenómeno de propagación

- Redes de enfermedad o contagio
- El boca-a-boca
- Las redes de comercio y publicidad



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Analizando el modelo

- ¿Cómo impacta la densidad de los árboles en la propagación del fuego?
- ¿Qué tanto dura el fuego? "ticks"
- ¿Cuántos árboles se mantienen "vivos" al final de la simulación?
 - Puede adicionar un monitor para observar el número de árboles iniciales y los quemados
- ¿Qué pasa si cambia la vecindad?
- Utilice algunas heurísticas



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Experimentos

- Herramientas > BehaviourSpace > Nuevo
- Ingresa un nombre
- Incluya los valores a evaluar para la densidad
- Asigne el número de repeticiones
- Utilice el promedio en las múltiples ejecuciones
- Salidas:
 - Árboles quemados
 - Árboles iniciales
 - $\%quemados = (q/i) \cdot 100$
- Recolecte los datos únicamente al terminar la ejecución (*end of run*).

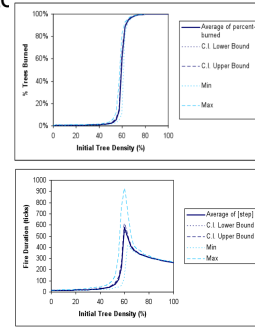


Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Análisis del experimento

- Guarde todos los experimentos como tabla de datos
- Abra Excel
- Genere algunos gráficos y estadísticas
- ¿Qué puede encontrar?
- Vulnerabilidad al fuego – curva S
- Duración del fuego – picos – variaciones?



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería

Laboratorio extra!

Si termina rápidamente el laboratorio de incendio forestal, seleccione otro modelo de su interés.

- Realice algunos análisis en otro modelo de la librería.
- ¿Tiene algún plan para realizar el análisis de su modelo?
- ¿Qué datos puede analizar? ¿Cómo?
- ¿Cómo puede presentar los resultados de manera gráfica?

¡Debes tener un plan para esto antes de que realmente lo hagas!



Workshop en simulación basada en agentes

Simulación basada en agentes
La nueva herramienta para investigación en ciencia e ingeniería