

Análisis de Dinámicas Socioeconómicas en una Ciudad Utilizando Modelos de Agentes en NetLogo

Lina Maria Muñoz
2159849
Universidad del Valle
Sede Tuluá

Diego Fernando Moreno
2159838
Universidad del Valle
Sede Tuluá

Luis Fernando Hernandez
2160189
Universidad del Valle
Sede Tuluá

Juan Esteban Vargas
2160191
Universidad del Valle
Sede Tuluá

Abstract—Este proyecto se centró en desarrollar un modelo de agentes en NetLogo para analizar las dinámicas socioeconómicas en una ciudad ficticia. El modelo incluye variables como el nivel de ingreso, la inteligencia, acceso a servicios, edad y la presencia de infraestructuras clave como centros comerciales, parques, escuelas, zonas de conflicto, fábricas y vertederos. Las simulaciones muestran cómo diferentes factores influyen en la distribución de ingresos y en la calidad de vida de los habitantes. Los resultados destacan la importancia de la infraestructura en la mitigación de desigualdades socioeconómicas.

Index Terms—modelos de agentes, NetLogo, dinámica socioeconómica, simulación urbana

I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades modernas enfrentan desafíos complejos relacionados con la distribución de recursos y la equidad socioeconómica. La desigualdad en el acceso a servicios y oportunidades puede llevar a disparidades significativas en la calidad de vida de los habitantes. En este contexto, la simulación basada en agentes (SBA) se presenta como una herramienta poderosa para modelar y analizar las interacciones entre diferentes componentes de un sistema urbano.

Este proyecto se hizo uso de NetLogo, un entorno de programación para la simulación de fenómenos naturales y sociales, para construir un modelo de barrios urbanos.

El objetivo principal de este proyecto es evaluar cómo diversas infraestructuras y servicios impactan la calidad de vida y la distribución de ingresos en una comunidad urbana. Al simular diferentes escenarios y políticas, se busca proporcionar una visión más clara de cómo se podrían mitigar las desigualdades y mejorar la cohesión social en las ciudades. Este enfoque basado en agentes permite analizar no solo el estado actual de un sistema urbano, sino también predecir cómo podría evolucionar bajo diferentes condiciones.

II. METODOLOGÍA

A. Planteamiento del Problema y Modelo SHEIN

El modelo desarrollado en NetLogo se fundamenta en el enfoque SHEIN (Social, Health, Economic, Inclusion, and Neighborhoods), el cual aborda la complejidad de los desafíos urbanos contemporáneos mediante la integración de múltiples dimensiones sociales, de salud, económicas, de inclusión y vecindarios.

El problema abordado se centra en entender las dinámicas socioeconómicas y la distribución de recursos en contextos

urbanos, específicamente cómo diversas infraestructuras y servicios pueden afectar la calidad de vida y la equidad dentro de una comunidad.

B. Diseño del Modelo

El diseño del modelo considera la simulación de una ciudad dividida en barrios, donde cada parche representa una unidad espacial con características socioeconómicas específicas. Las principales variables utilizadas en el modelo son:

- **nivel-ingreso** : Refleja el nivel de ingreso de cada parche.
- **inteligencia** : Capacidad cognitiva promedio de los residentes del parche.
- **acceso-servicios** : Indica el grado de accesibilidad a servicios esenciales.
- **edad** : Promedio de edad de los habitantes del parche.
- **barrio** : Identificador del barrio al que pertenece el parche.
- **vivo** : Estado que indica si el parche está habitado.
- **tiene-centro-comercial** : Indica la presencia de un centro comercial.
- **tiene-zona-conflicto** : Indica la presencia de una zona de conflicto.
- **tiene-parque** : Indica la presencia de un parque.
- **tiene-escuela** : Indica la presencia de una escuela.
- **tiene-fabrica** : Indica la presencia de una fábrica.
- **tiene-vertedero** : Indica la presencia de un vertedero.

III. IMPLEMENTACIÓN

La implementación del modelo en NetLogo se divide en varios pasos clave que se detallan a continuación:

1) **Configuración Inicial (configurar)**: En la etapa de configuración inicial, se establece el entorno de simulación y se asignan valores iniciales a las variables de cada parche. A continuación se describen los pasos específicos realizados en esta fase:

- 1) **Inicialización del Mundo**: Se borra cualquier configuración previa y se establece un nuevo entorno de simulación.
- 2) **División en Barrios**: Los parches se agrupan en barrios de tamaño uniforme. Cada barrio se identifica mediante un número único.
- 3) **Asignación de Variables Socioeconómicas**:

- **Nivel de Ingreso:** Se asigna aleatoriamente a cada parche un nivel de ingreso inicial, representado por un valor en la escala de 0 a 1.
- **Inteligencia:** Se determina de manera aleatoria la capacidad cognitiva de los habitantes del parche con un valor entre 0.1 y 1.2.
- **Acceso a Servicios:** Se asigna aleatoriamente el grado de accesibilidad a servicios esenciales.
- **Edad:** Se establece una edad inicial para los residentes de cada parche, reflejando la estructura demográfica local, esto con un valor comprendido entre 1 y 100.
- **Estado Vital:** Se inicializa como *vivo*, indicando que todos los parches están inicialmente habitados.

4) Distribución de Infraestructuras:

- **Centros Comerciales:** Se asignan de manera aleatoria a un número predeterminado de parches dentro de la ciudad.
- **Zonas de Conflicto:** Algunos parches son designados aleatoriamente como zonas de conflicto, influyendo negativamente en el entorno circundante.
- **Parques, Escuelas, Fábricas, Vertederos:** Se distribuyen de manera aleatoria para simular la diversidad de infraestructuras presentes en la ciudad.

5) Coloreo Inicial de Parches:

Cada parche se colorea inicialmente de acuerdo con su nivel de ingreso, proporcionando una visualización inicial del paisaje urbano.

2) *Reglas de Transición:* Las reglas de transición se implementan para simular cómo factores como la edad, la inteligencia, la proximidad a infraestructuras, y sus vecinos como afectan el nivel de ingresos de los parches. Estas reglas se aplican de manera iterativa en cada paso de tiempo (*tick*) de la simulación:

- **Regla de Incremento/Decremento de Ingresos:** Basada en el ingreso promedio de los vecinos, ajusta el nivel de ingreso de cada parche lentamente hacia arriba o hacia abajo.
- **Efectos de Infraestructuras:**
 - **Centros Comerciales:** Aumentan el ingreso más rápidamente si están presentes en el vecindario.
 - **Zonas de Conflicto:** Reducen el ingreso si están presentes en el vecindario.
 - **Parques y Escuelas:** Incrementan el ingreso si están presentes en el vecindario.
 - **Fábricas y Vertederos:** Reducen el ingreso si están presentes en el vecindario.
- **Políticas de Cambio:**
 - **Bendición:** Incrementa el ingreso de ciertos parches específicos, seguido de ajustes hacia el ingreso mínimo de los vecinos.
 - **Tragedia:** Reduce el ingreso de ciertos parches específicos, seguido de ajustes hacia el ingreso mínimo de los vecinos.

- **Inteligentes al Mando:** Multiplica el ingreso por la inteligencia del parche para simular efectos de toma de decisiones informadas.
- **Pandemia:** Evento que afecta negativamente a ciertos parches, reduciendo todos sus atributos y marcándolos como no habitables.

3) *Ejecución y Análisis de Resultados:* El modelo se ejecuta en pasos discretos de tiempo (*ticks*), permitiendo observar cómo las infraestructuras y políticas afectan la equidad y calidad de vida en los barrios. La visualización de resultados mediante el color de los parches facilita el análisis de las dinámicas socioeconómicas y la evaluación de políticas urbanas.

IV. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

A. Configuración de las Simulaciones

Se realizaron múltiples simulaciones para explorar diversos escenarios urbanos y evaluar cómo afectan la distribución de ingresos y el acceso a servicios en la comunidad. Cada simulación varió en la cantidad y distribución de infraestructuras clave como centros comerciales, zonas de conflicto, parques, escuelas, fábricas y vertederos.

Los parámetros específicos ajustados en cada simulación incluyeron:

- **Cantidad de Infraestructuras:** Se probó con diferentes cantidades de centros comerciales, zonas de conflicto, parques, escuelas, fábricas y vertederos para observar cómo influyen en el nivel de ingreso y la calidad de vida de los residentes.
- **Impacto de Proximidad:** Se analizó cómo la proximidad de ciertas infraestructuras afecta directamente el nivel de ingreso.

B. Resultados Observados

Cada simulación generó datos detallados sobre la evolución del nivel de ingreso y la distribución espacial de los servicios a lo largo del tiempo. Los resultados observados incluyeron:

- **Patrones de Ingresos:** Se identificaron patrones emergentes en la distribución del nivel de ingreso dentro de la comunidad, destacando áreas con ingresos más altos y otras con ingresos más bajos.
- **Efectos de Infraestructura:** Se observó cómo la presencia y la ubicación de infraestructuras como centros comerciales, parques y escuelas afectan significativamente el desarrollo socioeconómico de los parches cercanos.
- **Equidad Socioeconómica:** Se evaluaron las disparidades socioeconómicas resultantes de diferentes configuraciones de infraestructura, proporcionando insights sobre políticas urbanas que podrían mejorar la equidad en la ciudad.
- **Resiliencia Urbana:** Se exploró la resiliencia del sistema urbano ante eventos disruptivos como cambios demográficos o la introducción de crisis socioeconómicas simuladas.

- **Resiliencia Urbana ante la Pandemia:** Uno de los aspectos destacados de las simulaciones fue la capacidad del modelo urbano para resistir y recuperarse de los impactos de una pandemia simulada. Se observó cómo la presencia y distribución de infraestructuras como centros de salud, parques y escuelas influyen en la recuperación económica y la capacidad de respuesta de la comunidad.

La Figura ?? muestra claramente cómo se vio afectada la distribución espacial de ingresos y población durante la pandemia simulada. Este análisis subraya la importancia de la planificación urbana y las políticas de salud pública para mitigar los impactos adversos y fortalecer la resiliencia urbana.

Estos resultados ofrecen una comprensión más profunda de las dinámicas urbanas simuladas y proporcionan una base sólida para la formulación de políticas públicas informadas y efectivas.

V. DISCUSIÓN

A. Interpretación de los Resultados

Los resultados indican que mejorar la infraestructura en áreas desfavorecidas puede mitigar desigualdades socioeconómicas. La influencia de la proximidad a estructuras influyen directamente en el nivel de ingresos.

B. Limitaciones del Modelo

El modelo simplifica muchas de las complejidades reales de una ciudad, como la movilidad de los habitantes y las interacciones sociales más detalladas. Algunas limitaciones adicionales incluyen:

- **Movilidad de los Habitantes:** El modelo asume que los residentes permanecen en sus respectivos parches y no considera la movilidad activa entre diferentes áreas de la ciudad.
- **Interacciones Sociales Detalladas:** No se modelan con detalle las interacciones entre residentes, como redes sociales, influencias culturales y formación de comunidades dentro de la ciudad.
- **Complejidades Demográficas:** Aunque se incluyen variables demográficas, no se abordan otras características complejas.
- **Dinámicas Económicas:** El modelo no captura las fluctuaciones económicas a corto y largo plazo, ni eventos externos como crisis económicas, que pueden afectar significativamente la distribución de ingresos y la calidad de vida.
- **Validación Empírica:** La validez del modelo puede estar limitada por la falta de datos reales específicos de la comunidad simulada.

VI. CONCLUSIONES

Este proyecto ha explorado las dinámicas urbanas utilizando modelos basados en agentes, proporcionando insights valiosos sobre cómo la infraestructura urbana y las políticas pueden influir en la equidad socioeconómica dentro de una comunidad. Los principales hallazgos y conclusiones son los siguientes:

- **Importancia de la Infraestructura:** Se ha demostrado que la presencia de infraestructuras clave como centros comerciales, hospitales y parques tiene un impacto significativo en el nivel de ingreso y la calidad de vida de los residentes. Las áreas con acceso a estas infraestructuras tienden a mostrar niveles más altos de desarrollo socioeconómico.
- **Equidad Socioeconómica:** La simulación ha revelado disparidades socioeconómicas dentro de la comunidad urbana estudiada. Las configuraciones variadas de infraestructura pueden perpetuar o mitigar estas disparidades, subrayando la importancia de políticas urbanas inclusivas y equitativas.
- **Modelación y Futuras Direcciones:** Aunque el modelo proporciona una representación inicial de las dinámicas urbanas, existen áreas para mejorar. Futuros trabajos podrían expandir el modelo incorporando más variables, como la movilidad de los residentes, dinámicas económicas más complejas y efectos a largo plazo de eventos disruptivos como cambios climáticos o crisis económicas.
- **Recomendaciones de Política:** Basado en los resultados, se recomienda que las políticas urbanas consideren estrategias que fomenten una distribución equitativa de infraestructuras y recursos. Esto podría incluir incentivos para el desarrollo de áreas desfavorecidas, mejora del acceso a servicios básicos y fortalecimiento de programas educativos.

En resumen, este proyecto ha ilustrado cómo los modelos de agentes pueden servir como herramientas poderosas para explorar complejas interacciones urbanas y guiar el diseño de políticas públicas más informadas y efectivas. La integración continua de datos empíricos y la refinación del modelo pueden proporcionar aún más perspectivas sobre cómo mejorar la resiliencia y equidad en las ciudades modernas.

REFERENCES

- [1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529–551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.