

Vida Artificial - Segundo Proyecto : Automatas celulares

Juan Felipe Alarcón Sánchez - 2266348
Jorge Adrian Martínez Gómez - 1958616

Abstract—Resumen

La segregación económica en las ciudades es un fenómeno complejo que influye profundamente en la calidad de vida y las oportunidades de sus habitantes. Este estudio investiga cómo diferentes políticas urbanas y condiciones económicas afectan la evolución de patrones de segregación económica utilizando un modelo de autómatas celulares bidimensionales. Este enfoque permite simular la dinámica espacial y temporal de la segregación, destacando la importancia de políticas inclusivas para mitigar las desigualdades y promover ciudades más equitativas y sostenibles en el futuro.

I. INTRODUCCIÓN

La segregación económica [1] en las ciudades es un fenómeno social y urbano donde individuos y familias con niveles de ingresos similares tienden a concentrarse en áreas específicas. Este patrón de segregación puede llevar a desigualdades significativas en términos de acceso a servicios básicos, oportunidades laborales, educación de calidad y, en general, calidad de vida. Las áreas con mayores recursos económicos suelen tener mejores infraestructuras, servicios públicos más eficientes y mayores oportunidades de desarrollo, mientras que las zonas de menores ingresos a menudo enfrentan deficiencias en estos aspectos.

El estudio de la segregación económica es crucial para comprender las dinámicas urbanas y sus consecuencias sociales. Las políticas urbanas y las condiciones económicas desempeñan un papel fundamental en la configuración de estos patrones de segregación. Para abordar estos desafíos y proponer soluciones efectivas, es esencial contar con herramientas de simulación que permitan analizar cómo diferentes políticas y condiciones económicas pueden influir en la evolución de la segregación económica en las ciudades.

En este proyecto, se utilizará un modelo de autómatas celulares [2] de dos dimensiones para simular la evolución de los patrones de segregación económica bajo diversas políticas urbanas y condiciones económicas. Los autómatas celulares son modelos matemáticos y computacionales que consisten en una grilla de celdas, donde cada celda representa una unidad espacial, como puede ser un vecindario, y cada celda puede tener diferentes estados que cambian con el tiempo según reglas locales.

II. IMPLEMENTACIÓN

La implementación se realizó en Python haciendo uso de las librerías Tkinter para la interfaz grafica y Numpy Para la generación de valores aleatorios y calculos de promedios.

Se definieron tres clases, correspondientes a la interfaz grafica, a las celdas y al automata celular.

Automata celular: Se inicializa en su método constructor con una cantidad de filas y columnas que conformarán la grilla (grid), la cual estará compuesta de un array de Numpy conteniendo los valores de ingreso, densidad, servicios, edad promedio y nivel educativo por celda. Contiene los métodos para aplicar la regla de transición seleccionada por medio de la interfaz gráfica, además de la definición de cada regla, entre las que están: Regla de mejora de infraestructura, regla de educación-juventud y regla de redistribución. Las cuales se explicarán en mayor profundidad en la siguiente sección. Finalmente está el método encargado de obtener los vecinos de alrededor de la celda.

Celda: La clase se inicializa con los valores pasados por el autómata celular en cada posición de la grilla, además de contar con el atributo "estado" que define el estado actual de la celda en base al resultado del método "definir estado", el cual tiene en cuenta todos los factores de inicialización para asignar un puntaje que retorna si el estado de la celda es bajo, medio o alto.

Interfaz gráfica: Se encarga de crear y disponer los diferentes elementos gráficos en pantalla a través de métodos como dibujar grid, obtener color según el estado e iterar la grilla en función de la regla escogida en el selector. Finalmente, posee el método para ejecutar el loop principal.

Main: Inicializa el autómata y la interfaz gráfica, poniéndola en marcha a través de su método ejecutar.

III. REGLAS DE TRANSICIÓN

A. Regla 1 - Regla de Mejora de Infraestructura

Esta regla ajusta los valores de ingreso y densidad de una celda basándose en la cantidad de servicios presentes en las celdas vecinas, diferenciando entre tipos de servicios y su impacto específico.

1) *Razones por las que los servicios afectan el ingreso y la densidad:* 1. **Disponibilidad de Servicios y Desarrollo Económico:**

- **Más Servicios, Mejor Economía:** Las áreas con más servicios (como escuelas, hospitales y tiendas) tienden a ser más atractivas para la población. Una mayor disponibilidad de servicios puede llevar a una mejora en la economía local, incrementando los ingresos de los habitantes.
- **Menos Servicios, Economía Débil:** Por otro lado, las áreas con pocos servicios pueden tener menos oportunidades económicas, lo que podría reducir los ingresos de los habitantes.

2. Disponibilidad de Servicios y Atracción de Población:

- **Aumento de Densidad:** Las áreas con muchos servicios atraen a más personas, aumentando la densidad poblacional. Las personas prefieren vivir en áreas donde tienen acceso a servicios básicos y comodidades.
- **Disminución de Densidad:** Las áreas con pocos servicios son menos atractivas, lo que puede llevar a una disminución en la densidad poblacional.

2) Detalles de la Implementación en el Modelo: Condiciones de Mejora o Deterioro Basadas en la Cantidad de Servicios en los Vecinos:

- **Más de 20 Puntos de Impacto de Servicios en los Vecinos:**
 - **Ingreso Incrementa:** Un incremento del 10% en el ingreso refleja una mejora económica debido a una alta disponibilidad de servicios.
 - **Densidad Incrementa:** Un incremento del 5% en la densidad refleja una mayor atracción de personas debido a la disponibilidad de servicios.
- **Menos de 10 Puntos de Impacto de Servicios en los Vecinos:**
 - **Ingreso Disminuye:** Una reducción del 10% en el ingreso refleja una economía debilitada debido a la baja disponibilidad de servicios.
 - **Densidad Disminuye:** Una reducción del 5% en la densidad refleja una menor atracción de personas debido a la falta de servicios.
- **Entre 10 y 20 Puntos de Impacto de Servicios en los Vecinos:**
 - **Ingreso y Densidad Sin Cambios:** Refleja una estabilidad en la economía y la población debido a una disponibilidad moderada de servicios.

3) *Ejemplo en el Contexto del Modelo:* Consideremos una celda con un ingreso de 30,000 y una densidad de 50 personas por unidad. Si las celdas vecinas tienen un total combinado de más de 20 puntos de impacto de servicios, la regla ajustará el ingreso a 33,000 (incremento del 10%) y la densidad a 52.5 (incremento del 5%).

4) Detalles de Puntos de Impacto de Servicios:

- **Escuelas:** 3 puntos por cada escuela.
- **Hospitales:** 2 puntos por cada hospital.
- **Tiendas:** 1 punto por cada tienda.

El impacto total de los servicios vecinos se calcula multiplicando el número de cada tipo de servicio por su peso correspondiente y sumando estos valores.

B. Regla 2 - Regla de Educación y Juventud

El ajuste de la edad promedio en la regla de Educación y Juventud está basado en la lógica de cómo la educación puede influir en las dinámicas demográficas de una región. Aquí hay una explicación de por qué y cómo el nivel educativo puede afectar la edad promedio en el contexto del modelo del autómata celular:

1) Razones por las que el nivel educativo afecta la edad promedio: 1. Juventud y Educación Superior:

- **Acceso a Educación Superior:** Las áreas con un alto nivel educativo promedio suelen tener mejores oportunidades y acceso a educación superior. Esto tiende a atraer a personas más jóvenes que buscan completar sus estudios universitarios, lo que puede reducir la edad promedio de la población.
- **Retención de Jóvenes:** Las regiones con mejores oportunidades educativas tienden a retener a los jóvenes, quienes pueden decidir quedarse después de completar sus estudios para aprovechar las oportunidades laborales y de desarrollo profesional en la misma área.

2. Impacto de la Educación en la Población Mayor:

- **Migración de Adultos Mayores:** En regiones con bajos niveles educativos, puede haber menos oportunidades económicas y educativas, lo que puede llevar a una mayor migración de personas jóvenes y en edad productiva a otras áreas con mejores oportunidades. Esto puede aumentar la proporción de personas mayores en la población, incrementando la edad promedio.

2) Detalles de la Implementación en el Modelo: Niveles Educativos y Valores Numéricos:

- Primaria = 1
- Secundaria = 2
- Universitaria = 3

Condiciones de Mejora o Deterioro Basadas en el Promedio Educativo de los Vecinos:

- **Promedio Educativo > 2:**
 - **Ingreso Incrementa:** Refleja una mejora económica debido a una población más educada.
 - **Edad Promedio Disminuye:** Atrae y retiene a jóvenes debido a las oportunidades educativas y laborales.
- **Promedio Educativo < 1.5:**
 - **Ingreso Disminuye:** Puede reflejar menos oportunidades económicas debido a una población menos educada.
 - **Edad Promedio Aumenta:** Menos oportunidades para jóvenes que pueden migrar a otras áreas, dejando una población más envejecida.
- **Promedio Educativo Entre 1.5 y 2:**
 - **Ingreso y Edad Promedio Sin Cambios:** Indica una estabilidad en las condiciones socioeconómicas y demográficas.

3) *Ejemplo en el Contexto del Modelo:* Consideremos una celda en el autómata celular con una edad promedio de 45 años y nivel educativo “secundaria”. Si las celdas vecinas tienen un promedio educativo alto (cerca de “universitaria”), la regla de Educación y Juventud ajustará la edad promedio de esta celda hacia abajo (reduciendo la edad promedio en un 5%), reflejando una posible llegada o retención de jóvenes debido a mejores oportunidades educativas.

En resumen, el modelo usa la educación como un proxy para indicar la atracción o retención de una población joven y dinámica, ajustando así la edad promedio de la celda para reflejar estos cambios.

C. Regla 3 - Regla de Redistribución

Esta regla ajusta los valores de ingreso y densidad de una celda basándose en los promedios de ingreso y densidad de las celdas vecinas.

1) *Razones por las que el ingreso y la densidad de los vecinos afectan la celda actual:* 1. **Equilibrio Económico y Social:**

- **Reducir Desigualdades:** Si una celda tiene un ingreso significativamente diferente al de sus vecinas, puede haber una redistribución para equilibrar las desigualdades económicas.
- **Balance Poblacional:** Si una celda tiene una densidad significativamente diferente a la de sus vecinas, puede haber una redistribución para equilibrar la distribución de la población.

2. Adaptación a las Condiciones Vecinas:

- **Ajuste Gradual:** Las celdas tienden a ajustarse gradualmente hacia las condiciones promedio de sus vecinas para mantener un equilibrio en el sistema.

2) *Detalles de la Implementación en el Modelo:* **Condiciones de Ajuste Basadas en la Diferencia de Ingreso y Densidad Promedios de los Vecinos:**

- **Ingreso:**
 - **Diferencia > 20,000:** El ingreso se reduce en un 10% para acercarse al promedio de los vecinos.
 - **Diferencia ≤ 20,000:** El ingreso se ajusta en un 20% hacia el promedio de los vecinos.
- **Densidad:**
 - **Diferencia > 20:** La densidad se reduce en un 10% para acercarse al promedio de los vecinos.
 - **Diferencia ≤ 20:** La densidad se ajusta en un 20% hacia el promedio de los vecinos.

3) *Ejemplo en el Contexto del Modelo:* Consideremos una celda con un ingreso de 50,000 y una densidad de 70 personas por unidad. Si el ingreso promedio de las celdas vecinas es 30,000, la diferencia es mayor a 20,000, por lo que el ingreso se reduce a 45,000 (reducción del 10%). Si la densidad promedio de las celdas vecinas es 40, la diferencia es mayor a 20, por lo que la densidad se reduce a 63 (reducción del 10%).

IV. ANALISIS DE RESULTADOS

Primera regla: Se puede observar que las zonas que tienen servicios de valor en su cercanía tienden a mejorar en cuanto a densidad e ingresos ya que pueden permitirse la accesibilidad a los servicios de las celdas vecinas.

Segunda regla: Se puede ver que la educación y la juventud se concentran en zonas específicas de la cuadrícula, marcando una distinción entre estas y las demás, principalmente en su resistencia al cambio negativo proveniente de otras reglas de

transición, debido a que los ingresos y densidad obtenidos le brindan rigidez a la celda.

Tercera regla: El comportamiento de la tercera regla muestra como a medida que se realizan las iteraciones van cambiando de estado tanto de forma positiva como negativa las diferentes celdas hasta que logran establecerse todas en un estado 'medio'. Al aplicarse previamente la segunda regla se puede observar como ciertas zonas son más resistentes al cambio al tener un puntaje positivo en terminos de ingresos, edad promedio y nivel educativo.

V. CONCLUSION

El estudio de la segregación económica en las ciudades revela la complejidad de las dinámicas urbanas y sus impactos sociales profundos. A través del uso de modelos de autómatas celulares, se ha explorado cómo diferentes políticas urbanas y condiciones económicas pueden influir en la configuración y evolución de patrones de segregación económica. Estos modelos proporcionan una plataforma para simular escenarios futuros y evaluar la efectividad de intervenciones políticas para mitigar las desigualdades. La investigación destaca la necesidad de políticas inclusivas que promuevan la equidad espacial y el acceso equitativo a oportunidades, fundamentales para fomentar ciudades más justas y sostenibles en el futuro.

REFERENCES

- 1 Schelling, T. C., "Micromotives and macrobehavior," in *Micromotives and Macrobehavior*. Norton & Company, 1978.
- 2 Ilachinski, A., "Cellular automata: A discrete universe," in *Cellular Automata: A Discrete Universe*. World Scientific Publishing Company, 2002.