

Análisis del crimen en La Haya, Países Bajos: Aplicación de Teoría de Grafos

Pedro Vladimir Hernández Serrano, José Alfredo Méndez Barrera y Elisa Hernández Rodríguez

Abstract—En el presente documento se analizó el crimen en la Haya a través de técnicas analíticas utilizadas en teoría de grafos. El objetivo principal del estudio fue el de caracterizar a las colonias de La Haya, Países Bajos para conocer los flujos de reubicación de personas y hacer un primer acercamiento a su relación con el crimen. El análisis fue realizado con ayuda de Neo4j y Cypher Query Language. Con el uso de dichas herramientas y la exploración de datos se encontró primeros indicios para explicar el cambio de residencia de las personas en colonias con más interacciones con respecto a las demás así como la medida de criminalidad juega un papel indispensable pero no concluyente.

I. INTRODUCCIÓN

La descomposición de las colonias conlleva consecuencias que afectan el nivel de vida de las personas e indirectamente aquejan a colonias cercanas. Una de las situaciones más frecuentes por las cuales surge dicha descomposición son la delincuencia y el miedo o percepción hacia la delincuencia, lo que puede desencadenar la reubicación como una medida de precaución. En este contexto, surgen preguntas fundamentales;

- ¿Cuáles son las colonias que más gente abandona?
- ¿Cuáles son las colonias donde se reubica más la gente?
- ¿Cuáles son las colonias con mayor delincuencia?
- ¿Cuáles son los distritos que tienen más influencia?
- ¿Las personas se reubican en sitios con menor grado de delincuencia?

II. DATOS

II-A. Descripción de los datos

Para este análisis se contruyó una base de datos de panel, considerando las variables que pueden estar ligadas con la reubicación (migración interna). Dicha base de datos se compone de las 114 colonias que constituyen la Haya en los Países Bajos desde 2003 hasta 2009 (las cifras se han extraído de los documentos oficiales recopilados por el municipio de La Haya (Den Haag in cijfers, DHIC). La base de datos incluye los siguientes grupos variables:

1. **Flujos de reubicación** Los flujos de reubicación incluyen 114 colonias en la Haya, esta información está disponible para 7 años (2003-2009).
2. **Crimen** Estas variables se refieren a la información reportada al Departamento de Policía. Por su naturaleza, las variables se dividieron en dos grupos:
 - Crimen cometido directamente a personas (o crimen por violencia). Este tipo crimen incluye amenazas, maltrato y robo en las calles.

- Crimen a propiedad, el cual se compone por las variables robo de automóvil, robo de objetos del automóvil, robo en compañías o negocios, robo de mercancía en tiendas, robo de cartera y robo en casa-habitación.

3. **Colonias** Las colonias que componen a la Haya.
4. **Criminales** Esta variable se refiere al número de criminales ubicados en cada colonia.
5. **Distancia** Corresponde a la distancia entre el centroide de la colonia i a la colonia j .

II-B. Descripción del Grafo

El grafo incluye 3 tipos de nodos vinculados con los datos anteriormente descritos. La composición del grafo es de 804 nodos y 80,981 aristas.

TABLE I
NODOS

Nombre	Nombre en el Grafo	Atributos
Año	year	
Colonia	zona	no. criminales, no. de crímenes nombre
Distrito	región	nombre

Los nodos de color verde corresponden al año, los amarillos a las colonias y los morados a los distritos.

De la misma manera, fueron también definidas 3 tipos de relaciones. Dichas definiciones pueden observarse claramente en la Figura 1

TABLE II
RELACIONES

Nombre	Grafo	Descripción	Atributos
Pertenece	belong	la colonia pertenece a un distrito	
Crimen	crime	el distrito tiene un número de crímenes por año	crímenes en el origen, crímenes en el destino
Flujos	move to	la colonia i tiene reubicaciones en la colonia j	no. personas que se reubicaron (peso de la arista)

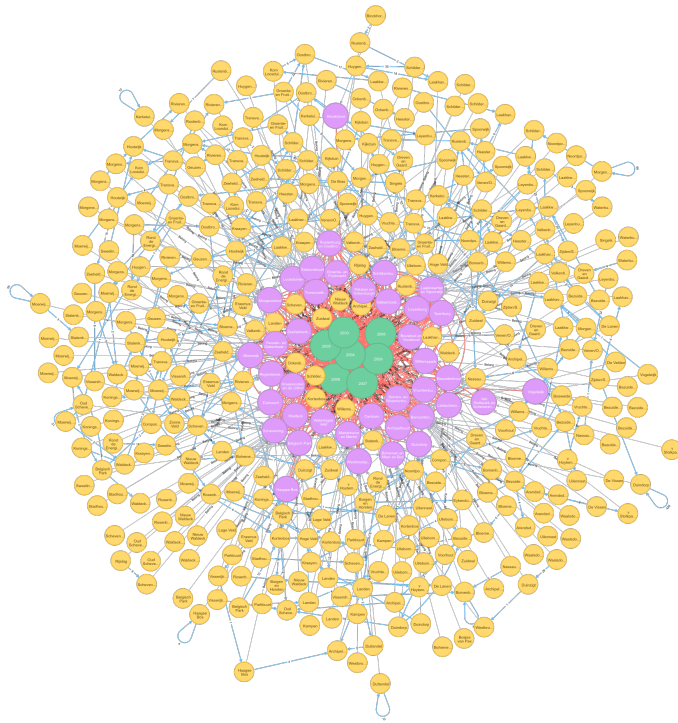


Fig. 1. Representación gráfica de los datos

III. METODOLOGÍA

III-A. Herramientas

El análisis se realizó a través de Neo4j, utilizando Cypher Query Language. La base de datos orientada a grafos *Neo4j* posibilitó la visualización de los datos en forma de nodos y relaciones. CQL por su parte permitió la consulta y actualización gráfica.

III-B. Conceptos

Con el fin de realizar un análisis descriptivo de los datos y contestar las preguntas objetivo fueron utilizados algunos conceptos fundamentales encontrados en la Teoría de grafos.

Primero, para la descripción del grafo se contaron el número de **nodos** 804 así como el número de **aristas** 80,981, los cuales marcan las relaciones existentes en la base de datos. Posteriormente, fue realizada una exploración más profunda por medio del cálculo de los **in-grados**, **ex-grados** y **total de grados**. Esto último permitió conocer las colonias con más relaciones.

Asimismo, se calculó el **diámetro** del grafo con la finalidad de conocer la máxima **excentricidad** respecto a los nodos (camino más largo) y así el camino de máximo peso tomando en cuenta las relaciones anteriormente descritas.

Finalmente, fue implementado el **algoritmo Dijkstra**, que consiste en encontrar los caminos más cortos a partir de un origen. Este algoritmo resultó en las colonias a las que es más sencillo reubicarse.

IV. RESULTADOS

Los nodos principales son los correspondientes a las colonias, ya que incluyen más relaciones y permitirá contestar las preguntas objetivo de este análisis. Considerando lo anterior se examinaron las características de dichos nodos. El ex-grado por un lado indica que en 111 colonias tuvieron habitantes que se reubicaron, mostrando 41,063 interacciones. El in-grado muestra que solo en 4 colonias no hubo flujo poblacional, las cuales podríamos clasificarlas como nodos *hoja*

TABLE III

NO. DE COLONIAS DE DONDE LOS HABITANTES SE REUBICAN

Colonia	Ex-grado	Ranking
<i>Zeeheldenkwartier</i>	651	1
<i>Valkenboskwartier</i>	633	2
<i>Kortenbos</i>	625	3
<i>Leyenburg</i>	622	4
<i>Koningsplein eo</i>	606	5
<i>Rietbuurt</i>	4	109
<i>Zuiderpark</i>	3	110
<i>Rietbuurt</i>	0	111
<i>Vlietbuurt</i>	0	112
<i>Westvliet</i>	0	113

²número de relaciones= ex-grados+1

TABLE IV

NO. DE COLONIAS A DONDE LOS HABITANTES SE REUBICAN

Colonia	In-grado	Ranking
<i>Zeeheldenkwartier</i>	634	1
<i>Valkenboskwartier</i>	615	2
<i>Leyenburg</i>	605	3
<i>Kortenbos</i>	592	4
<i>Rond de Energiecentrale</i>	584	5
<i>Zuiderpark</i>	3	109
<i>De Rivieren</i>	0	110
<i>Kerketuinen/Zichtenburg</i>	0	111
<i>Rietbuurt</i>	0	112
<i>Zuiderpark</i>	0	113

³número de relaciones= in-grados+1

Las colonias con mayor in-grado fueron *Zeeheldenkwartier* y *Valkenboskwartier*, lo que indica que se consideran como la primeras opciones de reubicación desde las demás colonias.

Por otro lado es curioso notar que dichas colonias son también las que tienen mayor ex-grado, dicha observación hace sentido ya que ambas pertenecen al distrito central de la ciudad.

Es aún más interesante observar los nodos raíz y hoja, los cuales reflejan ex-grado e in-grado cero respectivamente, por

lo que las colonias de *DeRivieren*, *Kerketuinen/Zichtenburg*, *Rietbuurt*, *Zuiderpark* no hubo ningún desplazamiento en 8 años, esto solo hace suponer que se tratan de barrios con alto nivel en cuanto a calidad de vida o son zonas comerciales, o ambas en todo caso.

El caso contrario son las colonias de *Rietbuurt*, *Vlietbuurt*, *Westvliet* donde ninguna persona se mudó a esas colonias en todo el periodo, pero después de revisar la población resulta que la primera se convirtió en una zona industrial, pero no así con las restantes, ya que tienen una tasa alta de criminalidad con 342 y 360 crímenes cometidos respectivamente

Para tener un escenario completo se calcularon los grados totales del subgrafo comprendido por los nodos tipo colonia, y así observar las colonias con más y menos interacciones con las demás

TABLE V
NO. DE INTERACCIONES ENTRE DE COLONIAS

Colonia	Grado	Ranking
<i>Zeeheldenkwartier</i>	1,278	1
<i>Valkenboskwartier</i>	1,241	2
<i>Leyenburg</i>	1,220	3
<i>Kortenbos</i>	1,210	4
<i>Koningsplein eo</i>	1,177	5
<i>Westvliet</i>	40	109
<i>Vlietbuurt</i>	33	110
<i>Rietbuurt</i>	29	111
<i>De Rivieren</i>	6	112
<i>Zuiderpark</i>	6	113

⁴número de relaciones= grados+1

En la siguiente imagen se observa el histograma de frecuencias de los grados en el grafo. Esta distribución indica el número de nodos con determinadas relaciones o aristas. En línea general se puede describir como una función exponencial negativa, que muestra que la probabilidad de tener nodos con altas relaciones (de alto grado) es muy pequeña. Con lo anterior se expone que existen pocas colonias "hub" en la Haya para reubicación de personas.

PONER AQUI LA IMAGEN DE LA DIST DE LOS GRADOS

Después de calcular el diámetro del grafo, cuya medida corresponde al camino más largo en el grafo sin considerar ciclos, notamos que de hecho tiene dos, aquel camino que va desde *Transvaalkwartier – Zuid* hasta *Stadhoudersplantsoen*, así como el que va desde *Archipelbuurt* hasta *Transvaalkwartier – Midden*, a pesar de la complicada interacción entre dichas colonias sigue en el aire si es debido al índice de criminalidad.

En la tabla 6 se muestran las colonias con mayor nivel de criminalidad y criminales habitando dichas zonas.

TABLE VI
COLONIA CON MAYOR NIVEL DE CRIMINALIDAD

Colonia	Crímenes	Criminales	Flujo
<i>Schildersbuurt-West</i>	3,590	463	75
<i>Zuidwal</i>	3,192	158	86
<i>Voorhout</i>	1,947	28	58
<i>Kortenbos</i>	1,285	115	93
<i>Transvaalkwartier-Zuid</i>	1,216	190	76

Pero a pesar de las cifras de criminalidad, se observa que por ejemplo la colonia con mayor número de crímenes en la Haya sólo presentó 75 casos reubicación de 2003 a 2009, lo anterior sugiere realizar un análisis exploratorio para los vecindarios con mayor salida de personas y en donde el origen-destino de la reubicación no es el mismo.

TABLE VII
ANÁLISIS EXPLORATORIO DEL VECINDARIO CON MAYOR CRIMEN

Variable	Colonia con mayor crimen	Colonia de Reubicación
	Nivel	Nivel
Criminales	463	30
Crímenes	3,590	84

Basados en lo anterior, disponemos a relacionarlo con los distritos los que pertenecen dichas colonias con mayor criminalidad. En la figura 2 se observa que existen dos distritos centrales, a los cuales pertenecen colonias que tienen los niveles de crimen más altos. Por un lado el Centro (*Centrum*) es el nodo que incluye ms colonias, lo cual sugiere que este Distrito es el más peligroso en la Haya. Por otra parte, el segundo Distrito con mayor delincuencia es *Schildersbuurt-Oost*, que se encuentra adyacente a *Centrum*.

Intuitivamente, se infiere que la delincuencia tiende a concentrarse en el centro de las ciudades por las oportunidades que estas representan para los criminales (cantidad de personas, mercancía, entre otras), esta premisa se corroboró en el grafo analizado.

Es por ello entonces que se dispuso a ordenar por el tipo de arista *flujo* (tabla 8) y de esta manera visualizar cuales son los caminos críticos por donde se lleva a cabo la migración interna.

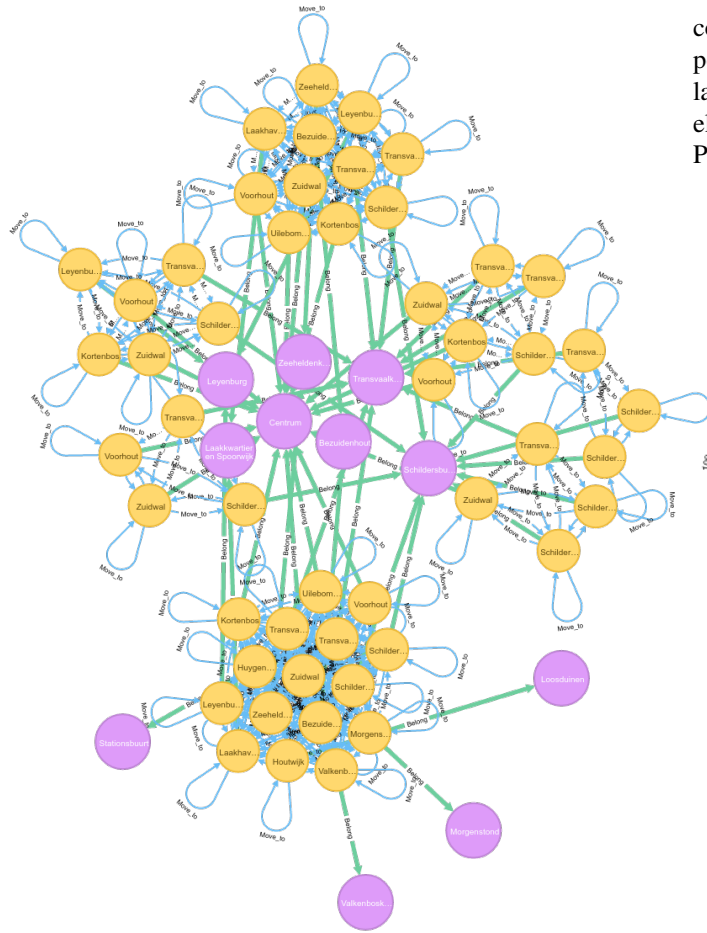


Fig. 2. Colonias con mayor reubicación, crimen y criminales: Top 10

TABLE VIII
COLONIAS CON MAYOR REUBICACIÓN

Origen			Destino			Relación Flujos
Criminal	Crimen	Colonia	Criminal	Crimen	Colonia	
20	79	Kerketuinen/Zichtenburg	374	296	Rond de Energiecentrale	482
190	1216	Transvaalkwartier-Zuid	416	1170	Schildersbuurt-West	231
542	920	Schildersbuurt-West	217	977	Transvaalkwartier-Zuid	203
234	774	Transvaalkwartier-Zuid	531	842	Schildersbuurt-West	177
286	722	Schildersbuurt-Noord	416	1170	Schildersbuurt-West	174
531	842	Schildersbuurt-West	376	543	Schildersbuurt-Noord	160
238	727	Transvaalkwartier-Zuid	581	856	Schildersbuurt-West	154
223	905	Transvaalkwartier-Zuid	488	971	Schildersbuurt-West	145
416	1170	Schildersbuurt-West	286	722	Schildersbuurt-Noord	142
464	3586	Schildersbuurt-West	365	1024	Schildersbuurt-Noord	140

Resulta que la zona *Kerketuinen/Zichtenburg* es la que mayor movimiento tiene, es decir que la arista es más pesada

con respecto a las demás, aunque en terminos generales no podríamos presumir de un patrón con respecto a la evasión de la criminalidad. Adicionalmente a dicha colonia se le aplicó el algoritmo Dijkstra y encontrar sus caminos más cortos. Podemos notarlo en la figura 3

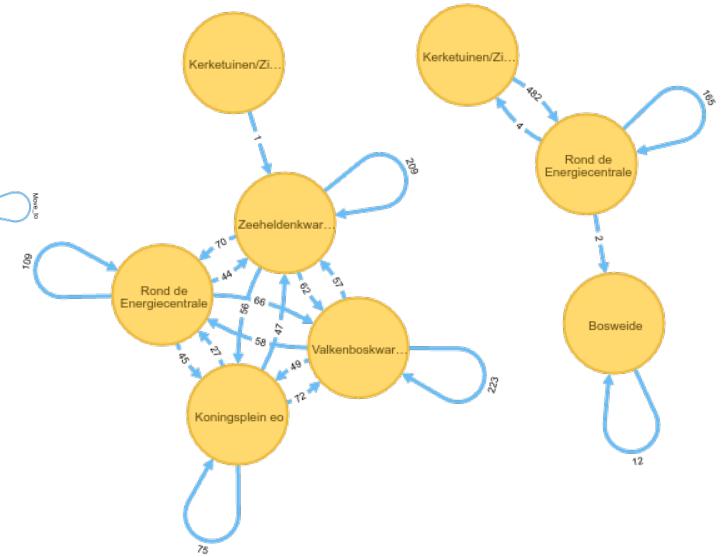


Fig. 3. Rutas de reubicación de la colonia con mayor peso

V. DISCUSIÓN

El análisis realizado puede ser extendido de manera importante, ya que con los razonamientos analíticos mostrados, se encontraron notables indicios sobre la migración interna de la ciudad, como áreas de oportunidad se podría considerar, utilizar los nodos tipo año para categorizar propiedades en las relaciones, comparar también el movimiento nominal entre distritos, o en todo caso aplicar también el algoritmo Dijkstra en variables externas como atracciones o edad de las personas en movimiento.

Es un problema muy interesante, ya que tiene los elementos necesarios para generalizarse, es decir medir la migración entre ciudades, estados o incluso países, y encontrar así los caminos críticos por donde se llevan a cabo los movimientos demográficos.

ANEXOS

Appendixes should appear before the acknowledgment.

REFERENCIAS

- [1] Daron Acemoglu and Asu Ozdaglar, Graph Theory and Social Networks, Lecture 2, MIT, September 14, 2009.
- [2] John Adrian Bondy, Graph Theory with Applications. Mathematics: Amsterdam, 1976.
- [3] Sonal Raj, Neo4j High Performance. Packt Publishing, March 2015.