

Análisis Espaciotemporal de la Movilidad Urbana y Eventos Sísmicos: Identificación de Zonas Críticas para la Gestión de Riesgo

Profesora: Ana Maria Cuadros Valdivia
Alumno: Saúl Arturo Condori Machaca

1. Introducción

El crecimiento urbano, la densificación poblacional y el aumento en la frecuencia de eventos sísmicos hacen cada vez más relevante el desarrollo de herramientas que permitan identificar zonas críticas desde una perspectiva espacio-temporal. La integración de fuentes de datos heterogéneas como datos de movilidad urbana y sensores geoespaciales ofrece un gran potencial para apoyar la planificación y gestión de riesgos en contextos urbanos. En este marco, el análisis visual interactivo se posiciona como una técnica clave para detectar patrones dinámicos y facilitar la toma de decisiones informadas.

En este trabajo, se propone un enfoque de análisis visual para explorar eventos sísmicos y su impacto en la movilidad urbana. Este enfoque busca detectar áreas de alta vulnerabilidad o congestión, clave para la planificación de rutas de evacuación y toma de decisiones para la gestión de riesgo.

Estudios anteriores han contribuido a este campo desde diversas ópticas. Li et al. propusieron SEEVVis, un sistema de visualización narrativa que facilita la comprensión de eventos de evacuación tras terremotos mediante animaciones dirigidas por objetivos del usuario [3]. Por su parte, Li et al. demostraron cómo los datos de telefonía móvil pueden utilizarse para analizar los patrones de concentración y dispersión de multitudes a escala comunitaria luego de un sismo [2]. Complementando estos enfoques, Styve et al. desarrollaron un pipeline de análisis visual de eventos meteorológicos extremos basado en datos de redes sociales [4], y Jena et al. aplicaron análisis multicriterio para mapear zonas de riesgo ante sismos utilizando modelos SIG tradicionales y avanzados [1].

2. Trabajos Relacionados

2.1. Análisis visual de eventos sísmicos y evacuación

Li et al. [3] introducen SEEVVis, un sistema que genera animaciones personalizadas para analizar evacuaciones urbanas tras sismos, basándose en rutas de cámara optimizadas y diseños narrativos inspirados en cinematografía. Esta técnica mejora la comprensión

de eventos complejos al representar dinámicas espaciotemporales y sus relaciones con el entorno urbano.

2.2. Dinámicas de movilidad urbana post-desastre

Li et al. [2] investigaron patrones de movilidad urbana tras el terremoto de Tangshan usando datos de telefonía móvil, logrando cuantificar la rapidez y distribución del refugio comunitario tras el evento. Estos enfoques son esenciales para entender la respuesta social inmediata y planificar infraestructuras críticas como refugios o rutas de evacuación.

2.3. Análisis espacio-geográfico y percepción de riesgo

Jena et al. [1] utilizaron técnicas SIG y modelos multicriterio para identificar zonas sísmicamente vulnerables, revisando metodologías tradicionales y enfoques modernos basados en datos geospaciales. Esta revisión ofrece una base teórica relevante para desarrollar estrategias de mitigación y respuesta.

2.4. Datos sociales y exploración visual de eventos extremos

Styve et al. [4] demostraron cómo datos de redes sociales pueden usarse para detectar y analizar eventos meteorológicos extremos en tiempo real, a través de un pipeline que combina NLP, extracción geográfica y visualización espacial. Su enfoque resalta la importancia de considerar fuentes no estructuradas para mejorar la conciencia situacional durante emergencias.

3. Pipeline de Análisis

El flujo de trabajo propuesto para el análisis espacio-temporal de la movilidad urbana y eventos sísmicos se compone de cuatro etapas principales, ilustradas en la Figura 1:

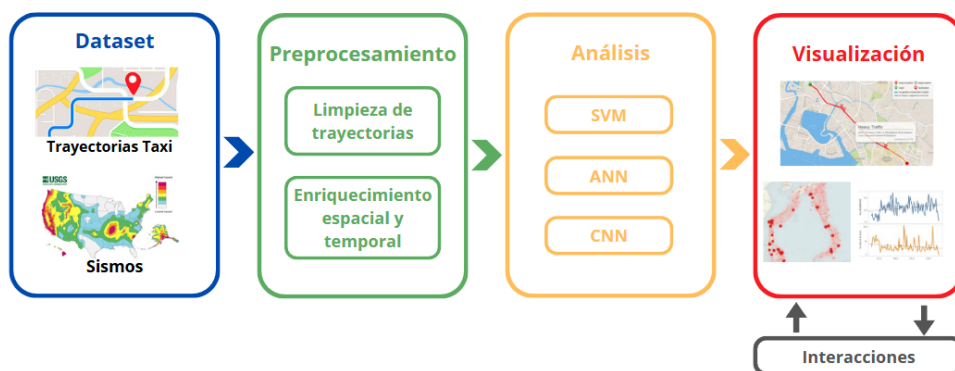


Figura 1: Diagrama general del pipeline de procesamiento y análisis.

3.1. Recolección de datos

Se integran dos fuentes de datos heterogéneas:

- **Trayectorias de taxi:** registros de posición temporal de vehículos de transporte público en la ciudad de Nueva York.
- **Eventos sísmicos:** catálogos oficiales de la USGS con hora, magnitud y coordenadas de terremotos.

3.2. Preprocesamiento de datos

Esta fase garantiza la calidad y enriquecimiento de los datos brutos.

Limpieza de trayectorias: ■ Eliminación de registros con valores nulos o inconsistentes.

- Supresión de trayectorias duplicadas.
- Filtrado de puntos fuera del área de estudio (Nueva York).

Enriquecimiento espacial y temporal: ■ Cálculo de franjas horarias (picos de movilidad diurna/nocturna).

- Cálculo de distancias geográficas entre cada punto de taxi y el epicentro de los sismos, para evaluar proximidad temporal y espacial.

3.3. Análisis

Como propuesta metodológica, se evaluarán distintos enfoques de modelado supervisado para la caracterización de zonas críticas de riesgo:

- **Support Vector Machines (SVM)** para clasificación de patrones de congestión.
- **Redes Neuronales Artificiales (ANN)** para detección de relaciones no lineales en la dinámica de movilidad.
- **Redes Neuronales Convolucionales (CNN)** aplicadas a mapas de densidad espacio-temporal.

3.4. Visualización

Los resultados se presentarán mediante:

- Mapas interactivos de rutas y concentración de flujos pre y post-sismo.
- Gráficos de series temporales de densidad de tráfico y actividad sísmica.
- Dashboards que combinan capas geoespaciales y temporalidad para facilitar la exploración narrativa de eventos críticos.

Referencias

- [1] R. Jena, B. Pradhan, G. Beydoun, and et al. Seismic hazard and risk assessment: a review of state-of-the-art traditional and gis models. *Arabian Journal of Geosciences*, 13:50, 2020.

- [2] Dongping Li, Haipeng Chen, Weiyong Shen, and Miao Ye. An analysis of the temporal and spatial gathering and dispersion patterns of crowds at the community level after the 2020 m5.1 tangshan guye earthquake. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61:102331, 2021.
- [3] Q. Li, Y. Liu, L. Chen, X. Yang, Y. Peng, X. Yuan, and Maddegedara Lalith. Seevis: A smart emergency evacuation plan visualization system with data-driven shot designs. *Computer Graphics Forum*, 39:523–535, 07 2020.
- [4] Lise Styve, Carlo Navarra, Julie Maria Petersen, Tina-Simone Neset, and Katerina Vrotsou. A visual analytics pipeline for the identification and exploration of extreme weather events from social media data. *Climate*, 10(11), 2022.