

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Department of Cartographic Engineering Geodesy and Photogrammetry
Establishing a Real-time Precise Point Positioning Early Warning System

Author: Mutaz Wajeh Abdlmajid Qafisheh

Thesis Advisors:

Ángel Esteban Martín

Raquel M. Capilla Romà

Valencia, Date

19/01/2024

Resumen

Los sistemas de alerta temprana en tiempo real son instrumentos claves para vigilar posibles desastres geológicos como terremotos, tsunamis, actividades volcánicas, hundimiento del terreno o deslizamientos de ladera. Durante las últimas décadas, el número de personas afectadas por los diversos desastres geológicos ha aumentado de forma sustancial. Las consecuencias negativas de estos desastres afectan a la población y a las infraestructuras con diferentes niveles de gravedad, pudiendo llegar a tener un impacto elevado en pérdidas humanas y económicas. Sin embargo, los sistemas de alerta temprana tienen la capacidad de proporcionar avisos adecuados y confiables, lo que puede llevar a minimizar las pérdidas humanas y económicas.

El método de Posicionamiento Puntual Preciso en tiempo real (RT-PPP) desempeña un papel importante como parte de los sistemas de alerta temprana; debido a su capacidad para proporcionar seguimiento en tiempo real, cobertura global y su capacidad de obtención de mediciones precisas en tiempo real adquiridas por un solo receptor. A pesar de esto, el método (RT-PPP) utiliza productos para la corrección de la órbita y los relojes de los satélites (productos SSR) que son sensibles de los errores de la tecnología GNSS. Como consecuencia, estos errores pueden afectar la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas de alerta temprana basados en la técnica RT-PPP. Debido a estos errores, se pueden llegar a generar avisos falsos, algunos de estos errores son: largos tiempos de inicialización, falta de continuidad y exactitud en los resultados, mala calidad de corrección de órbita y reloj de los satélites, mala resolución de la ambigüedad, etc. Además, la mala geometría de los satélites y la latencia de los productos SSR afectan gravemente el rendimiento del posicionamiento PPP en tiempo real.

Este trabajo de investigación, se enfoca, en una primera parte, en el análisis de los efectos y los métodos de mitigación de la latencia de los productos de corrección en tiempo real. El International GNSS Service (IGS) proporciona productos oficiales para materializar la técnica de PPP en tiempo real, estos productos contienen correcciones para las órbitas y los relojes de los satélites que se generan como combinación de los calculados en los diferentes centros de cálculo repartidos por el mundo. Este proceso de combinación aumenta la latencia y, por tanto, su impacto en la solución RT-PPP, afectando el desempeño de cualquier sistema de alerta temprana basada en RT-PPP. Así, en esta tesis, se usará el enfoque de Aprendizaje Automático para resolver el problema

de la latencia, intentando predecir los valores de las correcciones en los productos SSR para el tiempo de la latencia. Se han utilizado los modelos de Support Vector Regression (SVR) y de media móvil integrada autorregresiva (ARIMA) para la predicción, necesitando, en el proceso, la implantación de ventanas deslizantes para entrenar y parametrizar los modelos de aprendizaje automático.

En segundo lugar, la investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema de alerta temprana que combina el método RT-PPP con los modelos de aprendizaje automático. Para ello, se ha desarrollado un motor de simulación de deformación que se ha utilizado, mediante una serie de experimentos, para obtener el escenario RT-PPP más coherente con el objetivo de generar una base de datos. Más tarde, se utiliza la base de datos para entrenar y verificar diferentes modelos de aprendizaje automático y su influencia en el desempeño de los sistemas de alerta temprana.

Los resultados de la investigación de la parte de la latencia han indicado que los modelos SVR y ARIMA podrán mitigar la influencia de la latencia para los principales sistemas de navegación por satélite (GPS y GLONASS) en alrededor de un veinte por ciento. El modelo SVR mostró una tendencia a predecir valores atípicos; sin embargo, el tiempo de ejecución del SVR es significativamente menor que el tiempo de procesamiento del modelo ARIMA.

En cuanto al desempeño del sistema RT-PPP de alerta temprana, este trabajo de investigación ha evaluado, estadísticamente, varios modelos de aprendizaje automático, entre ellos los métodos de Árbol de decisión, Random Forest, Máquina de vectores de soporte (SVM), K vecinos más cercanos, Regresión logística, y el modelo de boosting extremo por gradientes (XGB). El análisis de los resultados indica que los modelos de XGB y Random Forest muestran los resultados más coherentes y precisos con 97 y 99 por ciento de precisión. Asimismo, el modelo XGB muestra menos tendencia a iniciar falsas alarmas con un 2,48 por ciento en comparación con el 16,28 por ciento del modelo Random Forest.

A partir de los resultados de la investigación, se derivan un conjunto de pruebas estadísticas para evaluar el desempeño de los sistemas de alerta temprana establecidos. Estas pruebas estadísticas pueden evaluar la capacidad de los modelos de aprendizaje automático utilizados con respecto a la detección de deformaciones y la tendencia del modelo a iniciar falsos avisos. Los resultados confirman que el modelo de XGB es la técnica de aprendizaje automático más eficaz para crear un

sistema de alerta temprana en estas condiciones. Los resultados de esta investigación pueden beneficiar a ciudadanos, empresas y agencias gubernamentales.

Deslizamientos de tierra, levantamientos de tierras, actividad volcánica, terremotos y tsunamis son algunos de los peligros geológicos en los que se puede necesitar la ayuda de sistema de alerta temprana basado en la técnica RT-PPP. Los resultados de esta tesis pueden también ayudar a los planificadores y gestores de emergencias proporcionándoles descripciones más precisas de las advertencias en tiempo real, mejorando la comprensión de los posibles alcances de la deformación y sus impactos.