

Dipartimento di Ingegneria   
Elettrica Elettronica e Informatica

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

*Francesco Pandolfo*

Analisi di serie temporali GNSS con tecniche di Machine Learning per la detection di eventi vulcanici

Relatore:

Chiar.ma Prof. Antonella Di Stefano

Correlatore:

Prof. Giovanni Morana

Correlatore esterno:

Dott.ssa Valentina Bruno

Anno Accademico 2023/24

# Abstract

Max 20 righe (inglese ?)

# Dichiarazione d’Autore

Il sottoscritto, Francesco Pandolfo, dichiara che questa tesi intitolata, “Analisi di serie temporali GNSS con tecniche di Machine Learning per la detection di eventi vulcanici” ed il lavoro qui presentato è di sua proprietà. Confermo che:

• Questo lavoro è stato svolto interamente o principalmente durante la candidatura per la laurea magistrale presso questa Università.

• Laddove una qualsiasi parte di questa tesi sia stata precedentemente presentata per una laurea o qualsiasi altra qualifica presso questa Università o qualsiasi altra istituzione, ciò è stato chiaramente indicato.

• Laddove abbia consultato il lavoro pubblicato da altri, questo è sempre stato chiaramente attribuito.

• Laddove abbia citato lavori di altri, la fonte è sempre indicata. Ad eccezione di tali citazioni, questa tesi è interamente opera mia.

• Ho riconosciuto tutte le principali fonti di aiuto.

Firma:

Data:

17/10/2024

INDICE

[Abstract i](#_Toc178498977)

[Dichiarazione d’Autore ii](#_Toc178498978)

[Introduzione 1](#_Toc178498979)

[I dati GNSS 3](#_Toc178498980)

[Applicazione del Machine learning 4](#_Toc178498981)

[Uso del modello per predizione 5](#_Toc178498982)

[Conclusioni 6](#_Toc178498983)

[RINGRAZIAMENTI 7](#_Toc178498984)

[INDICE DELLE FIGURE 8](#_Toc178498985)

[INDICE DEI GRAFICI 9](#_Toc178498986)

[INDICE DELLE TABELLE 10](#_Toc178498987)

[BIBLIOGRAFIA 11](#_Toc178498988)

# Introduzione

Studio di eventi vulcanici con tecniche moderne per ridurre i tempi e migliorare la precisione, per predire eventi futuri, sapere con quale probabilità può accadere un certo evento. Al fine del monitoraggio introdurre automatismi che avvisino il personale interessato.

Scopo della tesi: creare un modello di machine learning in grado di riconoscere gli eventi vulcanici a partire dalle serie temporali GNSS, e predire eventi futuri con un minimo di preavviso.

Creeremo a partire dalle serie temporali GNSS delle singole stazioni le aree formate da tre stazioni adiacenti in modo da studiare l’edificio vulcanico come un susseguirsi di aree di triangoli, e ne studieremo la variazione nel tempo.

La prima fase del lavoro svolto prevede la gestione dei dati generati dalle stazioni della rete permanente GNSS gestita dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Osservatorio Etneo, nello specifico dai segnali appartenenti al vulcano Etna.

Processamento e pulizia dei dati da outliers, salti, etc..

Calcolo della variazione areale in ppm (parti per milione) e creazione delle serie temporali di 20 aree che coprono tutta la superficie del vulcano utile allo studio condotto, soggetto alle deformazioni del suolo.

Applicazione delle tecniche classiche di Machine Learning per creare un modello in grado di fare la detection dell’evento vulcanico (classificatore binario) e comparazione degli score ottenuti.

Scelta del modello che presenta i migliori risultati in termini di accuratezza e precisione (matrice di confusione).

Utilizzare il modello scelto come predittore, aggiungendo una nuova classe, il pre-evento (il giorno che precede l’evento).

Commento sui risultati ottenuti e conclusioni finali; possibilità di miglioramento.

# I dati GNSS

La geodesia è una disciplina appartenente alle scienze della terra che si occupa della misura e della rappresentazione della Terra, del suo campo gravitazionale e dei fenomeni geodinamici, avvalendosi di misure astronomiche, gravimetriche e trigonometriche. Il monitoraggio geodetico permette di misurare il cambiamento nel tempo della superficie terrestre allo scopo di tenere sotto controllo i rischi annessi ai movimenti e alle deformazioni del suolo. Quest’ultima è attuata dalla Sezione di Catania dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV CT), per fini di monitoraggio tettonico e vulcanico, tramite la Rete GNSS (Global Navigation Satellite System) che è formata, allo stato attuale, da circa 80 stazioni GNSS (comprendente cioè sistemi in grado di ricevere segnali satellitari di tipo GPS, Galileo, Glonass, BeiDou) permanenti dislocate in Sicilia e Calabria Meridionale che sono collegate in tempo reale con la Sala Acquisizione Dati GPS INGV CT. Il lavoro di questa tesi si basa sui dati acquisiti dalla suddetta rete prodotti dalle stazioni GNSS presenti all’interno del territorio del vulcano Etna, al fine di costruire un modello di Intelligenza Artificiale che possa associare le deformazioni del suolo ad eventi vulcanici quali eruzioni, fratture o fontane di lava. Il punto di partenza è stato quindi l’analisi e la gestione dei dati GNSS

## Caratteristiche

Range di tempo scelto per lo studio, 12/2018 – 04/2021: eventi vulcanici e fontane di lava

Data pipeline: Acquisizione, elaborazione, visualizzazione classica

Suddivisione dell’area oggetto dello studio in sequenza di triangoli adiacenti: creazione della variazione areale, e variazione relativa

Dataset: suddivisione training e test set

# Applicazione del Machine learning

Python: codice e motivo della scelta (librerie)

Algoritmi usati: pro e contro

* Regressione logistica
* Random forest
* X g boost (????)
* PCA

Comparazionefontefonte

Scelta del modello con migliore accuratezza: grid search

Riscontro delle aree maggiormente correlate col target: spiegazione vulcanologica

# Uso del modello per predizione

Introduzione del pre-evento, 3 classi

# Conclusioni

# RINGRAZIAMENTI

Maecenas eget venenatis sapien. Fusce accumsan porta tincidunt. Nulla tempus sapien posuere dui venenatis hendrerit. Sed est justo, porttitor vitae nibh accumsan, feugiat blandit ante. Aenean sed dui commodo, faucibus lectus ac, faucibus nunc. Integer sed lorem posuere, rutrum nisi eu, ultricies quam. In egestas urna et massa rutrum eleifend. Sed malesuada lacus ac urna laoreet, nec mollis dui hendrerit. Phasellus neque nisl, scelerisque sed ipsum scelerisque, elementum consectetur sapien. Sed ut varius lectus, nec tempor mauris. Quisque sit amet placerat ante. Integer eget nisi tristique, consectetur ante nec, sagittis odio. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos.

# INDICE DELLE FIGURE

[Figura 1.1. Una mela rossa. Quest'immagine serve a creare l'indice delle figure. **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384138147)

[Figura 1.2. Una banana. Quest'immagine serve a creare l'indice delle figure. **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384138148)

[Figura 2.1. Tre pere. Quest'immagine serve a creare l'indice delle figure. **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384138149)

# INDICE DEI GRAFICI

[Grafico 2.1. Un grafico qualsiasi. Serve a creare l'indice. **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384138152)

[Grafico 2.2. Un secondo grafico, per creare l'indice. **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384138153)

[Grafico 2.3. Un terzo grafico, per creare l'indice. **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384138154)

# INDICE DELLE TABELLE

[Tabella 2.1. Altezza e peso **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384047785)

[Tabella 2.2. Età e sesso **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384047786)

[Tabella 3.1. Residenza e impiego **Errore. Il segnalibro non è definito.**](#_Toc384047787)

# BIBLIOGRAFIA

Abate Armando, 1900, *Titolo dell’opera*, Città, Editore.

# SITOGRAFIA

wikipedia.org

ingv.it