

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

Classe L-8

A.A. 2023/2024

Sessione di Laurea Marzo 2024

**Tesi di Laurea Triennale**

**Simulazione della Propagazione di un Incendio**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Relatore:  Fulvio Corno |  | Candidato:  Matteo Tomatis 281159 |

Sommario

[1. Proposta di Progetto 2](#_Toc158637679)

[a. Descrizione del problema proposto 2](#_Toc158637680)

[b. Descrizione della rilevanza gestionale del problema 3](#_Toc158637681)

[c. Descrizione dei data-set per la valutazione 3](#_Toc158637682)

[d. Descrizione preliminare degli algoritmi coinvolti 3](#_Toc158637683)

[e. Descrizione preliminare delle funzionalità previste per l’applicazione software 3](#_Toc158637684)

[2. Descrizione del Problema Affrontato 4](#_Toc158637685)

[3. Descrizione del Data-Set 4](#_Toc158637686)

[4. Descrizione ad Alto Livello delle Strutture Dati e degli Algoritmi 4](#_Toc158637687)

[5. Diagramma delle Classi Principali 4](#_Toc158637688)

[6. L’Applicazione e i Risultati Sperimentali 4](#_Toc158637689)

[7. Valutazioni e Conclusioni 4](#_Toc158637690)

# Proposta di Progetto

### Descrizione del problema proposto

Lo scopo del programma è quello di utilizzare i dati raccolti sugli incendi in Sardegna nel decennio 2010-2019 per simulare nel modo più realistico possibile la propagazione delle fiamme in un'area boschiva fittizia nella quale le principali condizioni climatiche saranno liberamente determinabili dall'utente.

### Descrizione della rilevanza gestionale del problema

Uno degli effetti più evidenti e dannosi del cambiamento climatico è stato quello di favorire la nascita  
e la diffusione di incendi. L'attività di prevenzione e cura delle foreste può limitare i danni causati da questo tipo di evento e pertanto può essere di interesse generale conoscere come si modifichi la propagazione delle fiamme in relazione ad una moltitudine di parametri climatici e ambientali, tra i quali la densità di vegetazione.

### Descrizione dei data-set per la valutazione

Per valutare l'influenza dei fattori ambientali nella propagazione degli incendi si farà riferimento ad un dataset contenente i dati storici sugli incendi in Sardegna nel decennio 2009-2019 raccolti grazie ai satelliti del Cophernicus Climate Change Service (C3S) e il Cophernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS).  
L'area interessata si estende per più di 50.000 km^2 e i dati sono stati raggruppati per mese ed anno. Il dataset può essere trovato qui: <https://www.kaggle.com/datasets/christianmolliere/wildfires-and-climate-in-sardinia>.  
Per ogni record, oltre alla misura in termini sia assoluti che percentuali di terra bruciata, vengono riportati numerosi fattori climatici tra i quali: le temperature medie, le precipitazioni, la velocità media del vento, la quantità di acqua immagazzinata dal terreno, e la percentuale di terreno ricoperta da vegetazione fitta o bassa.

### Descrizione preliminare degli algoritmi coinvolti

Il software sarà realizzato in linguaggio Java con l'ausilio dell'interfaccia grafica in JavaFX, inoltre saranno usati i pattern MVC e DAO.  
Tra le funzioni coinvolte, le principali riguardano: l'estrazione dei dati dal database SQL, l'elaborazione dei dati mediante la tecnica della Regressione Lineare Multipla al fine di individuare il collegamento tra l'espandersi degli incendi e i dati ambientali, una funzione capace di creare un grafo (rappresentante la "foresta) le cui celle saranno connesse con una probabilità p determinata incrociando i risultati della regressione con i dati inseriti dall'utente, ed infine un algoritmo che simuli il propagarsi di un incendio tra celle connesse.  
Infine, saranno implementate diverse funzioni per gestire gli input dell'utente (in particolare riguardanti la validazione dei dati) e l'output visualizzato a schermo.

### Descrizione preliminare delle funzionalità previste per l’applicazione software

Nell'interfaccia grafica iniziale l'utente potrà inserire i dati ambientali (temperatura, precipitazioni, velocità del vento) sui quali avviare la simulazione. Inoltre, sarà mostrata una griglia rappresentante una foresta le cui celle vengono inizialmente mostrate di colore verde (a simboleggiare la presenza di vegetazione). Alla pressione del tasto dedicato all'avvio della simulazione, il programma calcolerà la propagazione di un incendio partendo da una cella casuale e mostrerà all'utente il risultato finale colorando in modo appropriato le celle in cui l'incendio è passato.

# Descrizione del Problema Affrontato

Lo scopo fondamentale del programma consiste nell'impiegare in maniera efficace i dati esaustivi e dettagliati raccolti in merito agli incendi che hanno colpito la regione della Sardegna nel periodo che va dal 2010 al 2019. Questo permetterà di condurre simulazioni altamente realistiche riguardo alla propagazione delle fiamme in un ambiente simulato, specificamente concepito come una zona boschiva virtuale. Questa simulazione avverrà in un contesto controllato, dove sarà possibile manipolare liberamente le principali condizioni climatiche, offrendo all'utente un'ampia gamma di variabili da considerare e modificare a proprio piacimento.

Attraverso l'utilizzo di questi dati storici, il programma ambisce a fornire una piattaforma di analisi avanzata che consenta di esplorare in modo approfondito gli effetti di diversi fattori ambientali sulla diffusione degli incendi forestali. L'obiettivo è quello di creare uno strumento d'analisi completo e versatile, che permetta alle autorità competenti di pianificare interventi preventivi e di gestione del territorio basati su dati concreti e informazioni precise.

In particolare, la capacità di manipolare le variabili climatiche all'interno della simulazione offre un'opportunità unica per esaminare gli impatti delle condizioni meteorologiche sulla diffusione delle fiamme e sulla velocità con cui un incendio può propagarsi in un ambiente boschivo. Ciò consente di valutare in modo dettagliato i rischi associati a diverse condizioni atmosferiche e di sviluppare strategie di gestione del territorio e di prevenzione degli incendi forestali più efficaci ed efficienti.

In definitiva, il programma mira a diventare uno strumento essenziale per le autorità e gli esperti del settore, offrendo loro la possibilità di analizzare e comprendere in modo approfondito la dinamica degli incendi boschivi e di adottare misure preventive e di gestione del territorio mirate a proteggere le risorse naturali e la sicurezza delle comunità locali.

# Descrizione del Data-Set

Questo dataset raccoglie dati sull'occorrenza di incendi nella regione della Sardegna, Italia. Il periodo temporale considerato va dal 2009 al 2019. Inoltre, sono fornite alcune variabili climatiche selezionate della regione, tra cui precipitazioni, velocità del vento e temperatura.

La Sardegna è la seconda isola più grande del Mar Mediterraneo e, dal XVIII secolo, fa parte dell'Italia. Tuttavia, la sua regione si è sviluppata indipendentemente dalla penisola italiana, dando origine a una cultura e una lingua distinte, influenzate anche dai loro vicini catalani nell'attuale Spagna. L'isola eredita il tipico clima mediterraneo: inverni miti, estati calde con la maggior parte delle precipitazioni che si verificano durante i mesi invernali. La sua posizione geografica è 40°2' N, 9°4' E e copre un'area di circa 270 km per 190 km.

La flora della Sardegna è dominata dalla macchia mediterranea, caratterizzata da arbusti sempreverdi, e è completata da foreste mediterranee e cactacee. Alcuni delle sue coltivazioni agricole più importanti sono gli ulivi e le querce da sughero. Come molte regioni del sud Europa, il nostro clima in rapido cambiamento sta aumentando la frequenza di temperature estive record e spostando il clima di queste regioni semi-aride verso un rischio maggiore di desertificazione. In generale, la macchia stessa è abbastanza adattata agli incendi, consentendo un recupero entro pochi anni dopo un incendio. Tuttavia, se gli incendi sono troppo frequenti, il recupero completo è meno probabile e può disturbare l'ecosistema per periodi più lunghi.

# Descrizione ad Alto Livello delle Strutture Dati e degli Algoritmi

## Costruzione della Mappa e del Grafo

Questa funzione, denominata **getMap**, genera e restituisce un'immagine rappresentante una mappa di una determinata area. Inizialmente, vengono definite le dimensioni dell'immagine, la dimensione dei quadrati che costituiranno la mappa e calcolati il numero di righe e colonne in base a queste dimensioni. Viene quindi creata un'istanza di **WritableImage** con le dimensioni specificate e un **PixelWriter** per scrivere i pixel sull'immagine.

Successivamente, viene inizializzato un'ArrayList bidimensionale **pixelMap** per tenere traccia dei pixel della mappa. Si procede quindi a iterare attraverso tutte le righe e colonne della mappa. Per ciascun pixel, viene generato casualmente un numero compreso tra 0 e 1 per rappresentare la densità della vegetazione in quella posizione. Se il valore generato è maggiore della densità della vegetazione desiderata, il pixel viene impostato come non vegetato (false) e colorato di bianco, altrimenti viene considerato vegetato (true) e colorato di verde chiaro o scuro a seconda della posizione.

Durante il processo di iterazione, vengono creati oggetti **Pixel** per rappresentare ciascun pixel e vengono aggiunti alla lista **pixelList**, che rappresenta una riga di pixel della mappa. Questa lista viene quindi aggiunta all'ArrayList bidimensionale **pixelMap**.

Infine, dopo aver generato la mappa dei pixel, viene chiamata la funzione **buildGraph** per costruire un grafo basato sulla disposizione dei pixel sulla mappa. Infine, l'immagine viene restituita.

Inizio modulo

Questa funzione, denominata **buildGraph**, è responsabile della costruzione del grafo che rappresenta la disposizione dei pixel sulla mappa generata precedentemente.

Inizialmente, viene istanziato un grafo diretto di default utilizzando la libreria JGraphT. Successivamente, vengono aggiunti i vertici del grafo, rappresentati dai pixel vegetati della mappa. Questo viene fatto iterando attraverso ogni riga di pixel della mappa e aggiungendo i pixel vegetati come vertici del grafo.

Successivamente, vengono aggiunte le connessioni tra i vertici del grafo. Questo viene fatto esaminando ogni coppia di pixel vegetati adiacenti nella mappa. Se due pixel adiacenti sono entrambi vegetati, viene aggiunta un'arco diretto dal pixel corrente al pixel adiacente. Questo processo viene eseguito iterando attraverso ogni riga di pixel nella mappa, ad eccezione dell'ultima riga.

Infine, viene gestito il collegamento tra l'ultima riga di pixel della mappa, assicurandosi che i pixel vegetati siano connessi tra loro, se presenti.

In sintesi, questa funzione genera un grafo direzionato che rappresenta la disposizione dei pixel vegetati sulla mappa, con archi che collegano i pixel adiacenti in modo da modellare la connettività spaziale tra di essi.

## La Regressione Lineare Multipla

Questa classe **LinearRegression** fornisce un'implementazione di base per la regressione lineare multipla utilizzando la decomposizione QR. Di seguito sono descritte le funzioni principali della classe:

1. **Costruttore**:
   * Questo è il costruttore della classe. Tuttavia, non contiene alcun codice all'interno, il che significa che la classe viene istanziata senza parametri.
2. **findCoefficients(double[][] variables, double[] results)**:
   * Questo metodo risolve la regressione lineare multipla.
   * Parametri:
     + **variables**: Una matrice contenente le variabili indipendenti (x).
     + **results**: Un array contenente i risultati (y).
   * Restituisce la matrice dei coefficienti.
   * Questo metodo costruisce le matrici delle variabili e dei risultati, quindi utilizza la decomposizione QR per trovare la soluzione dei minimi quadrati e restituisce i coefficienti calcolati.
3. **buildVariables(double[][] data)**:
   * Questo metodo costruisce una matrice da un array bidimensionale.
   * Parametri:
     + **data**: Una matrice di dati.
   * Restituisce la matrice costruita dai dati forniti.
4. **buildResults(double[] data)**:
   * Questo metodo costruisce una matrice da un array unidimensionale.
   * Parametri:
     + **data**: Un array di dati.
   * Restituisce la matrice costruita dai dati forniti.

In sintesi, la classe **LinearRegression** fornisce un'implementazione per la regressione lineare multipla, consentendo di trovare i coefficienti della regressione data una matrice di variabili indipendenti e un array di risultati. Utilizza la decomposizione QR per calcolare i coefficienti. Le funzioni ausiliarie **buildVariables** e **buildResults** sono utilizzate internamente per costruire le matrici dai dati forniti.

## Simulazione dell’Incendio

Ecco una descrizione delle due funzioni ad alto livello:

1. **spreadFire()**:
   * Questa funzione imposta le variabili necessarie per avviare la propagazione del fuoco.
   * Inizializza una coda di priorità e l'area bruciata.
   * Imposta la distribuzione normale con la media pari all'area totale bruciata divisa per la densità di vegetazione e lo scarto standard diviso per la densità di vegetazione.
   * Seleziona casualmente un pixel di partenza dal grafo.
   * Calcola le distanze euclidee da tutti i nodi rispetto al nodo di partenza e le inserisce nella coda di priorità.
2. **yield(ImageView mapImg)**:
   * Questa funzione modifica un'immagine pixel per pixel fino a quando non restituisce null.
   * Calcola l'area di ciascun pixel in base alla dimensione dell'immagine.
   * Ottiene l'immagine da un oggetto **ImageView**, la converte in un'immagine scrivibile e ottiene un oggetto **PixelWriter**.
   * Se la coda non è vuota, estrae un pixel dalla coda e calcola una probabilità di bruciatura basata sulla distribuzione normale.
   * Se la probabilità soddisfa una condizione casuale, aggiorna l'area bruciata e cambia il colore del pixel corrispondente nell'immagine.
   * Restituisce l'immagine modificata.
   * Se la coda è vuota, restituisce null.

Inizio modulo

# Diagramma delle Classi Principali

# L’Applicazione e i Risultati Sperimentali

# Valutazioni e Conclusioni