Immagine che contiene testo, schermata, software, Icona del computer

Descrizione generata automaticamente

Rome’s treasures unveiled:  
an insider’s journey

Gruppo di lavoro

* Daniele Guerra, 744399, d.guerra6@studenti.uniba.it
* Nicola Lassandro, 735968, n.lassandro4@studenti.uniba.it

Repository GitHub

<https://github.com/NicolaLassandro/progetto_icon_guerra_lassandro>

AA 2022-2023

Introduzione

Il software lavora nel dominio degli itinerari turistici, in particolare (al momento) è dedicato alla città di Roma.

Esso mette a disposizione dell’utente una panoramica completa di ciò che la città ha da offrire, garantendo una flessibilità che permette di personalizzare la propria esperienza in base alle proprie preferenze ed esigenze.

L’obiettivo del software è quello di individuare il percorso di visita migliore, principalmente sulla base della distanza percorsa, si tiene anche conto dei limiti di tempo e budget impostati, tutto ciò garantendo una qualità di punti di interesse visitati elevata.

Sommario

[Gruppo di lavoro 1](#_Toc138350962)

[Repository GitHub 1](#_Toc138350963)

[Introduzione 2](#_Toc138350964)

[Strutturazione del progetto 4](#_Toc138350965)

[Elenco argomenti di interesse 5](#_Toc138350966)

[Rappresentazione della conoscenza mediante Kb 6](#_Toc138350967)

[Sommario 6](#_Toc138350968)

[Strumenti utilizzati 9](#_Toc138350969)

[Decisioni di progetto 11](#_Toc138350970)

[Molteplicità delle chiamate 11](#_Toc138350971)

[Popolazione della KB 11](#_Toc138350972)

[Problema di ricerca su grafo 12](#_Toc138350973)

[Sommario 12](#_Toc138350974)

[Strumenti utilizzati 12](#_Toc138350975)

[Decisioni di progetto 12](#_Toc138350976)

[Struttura dei nodi 12](#_Toc138350977)

[Adattamento del problema di ricerca 13](#_Toc138350978)

[Valutazioni 17](#_Toc138350979)

[Prestazioni dell’algoritmo di ricerca 17](#_Toc138350980)

[Implementazione di CSP 17](#_Toc138350981)

[Apprendimento supervisionato (regressione) 19](#_Toc138350982)

[Sommario 19](#_Toc138350983)

[Strumenti utilizzati 19](#_Toc138350984)

[Valutazioni 19](#_Toc138350985)

[Scelta dei parametri 19](#_Toc138350986)

[Valutazione delle prestazioni 20](#_Toc138350987)

[Decisioni di progetto 22](#_Toc138350988)

[Data Cleaning 22](#_Toc138350989)

[Modelli impiegati 22](#_Toc138350990)

[Conclusioni e sviluppi futuri 24](#_Toc138350991)

[Riferimenti bibliografici 25](#_Toc138350992)

Strutturazione del progetto

* Cartella Knowledge: contiene tutti i file prolog e python relativi alla rappresentazione della conoscenza nella Kb utilizzata nel progetto.
  + Facts.pl
  + KbManager.py
  + Landmark.py
  + Preprocessor.py
  + Rules.pl
  + RuntimeFacts.pl
  + Utility.py
* Cartella Learning: contiene tutti i file python relativi alla fase di apprendimento supervisionato.
  + FeedbackGenerator.py
  + Kfold.py
  + Knn.py
  + ModelInitializer.py
  + PreProcessorLearning.py
  + RegressionTree.py
* Cartella Logs: contiene tutti i file testuali di log utilizzati per supervisionare l’andamento degli script di tutte le altre cartelle.
* Cartella Search: contiene tutti i file python utilizzati nel problema di ricerca su grafo.
  + Cartella Libs: contiene gli algoritmi predefiniti che sono stati utilizzati come base per il problema di ricerca realizzato dal gruppo.
  + ItinerarySearchProblem.py
  + MainSearch.py: è il main dell’applicativo.
  + NodeGraph.py
* Cartella Storage: contiene tutti i file serializzati in formato pickle.

Elenco argomenti di interesse

Di seguito sono presentati i macro-argomenti trattati durante lo sviluppo dell’applicativo.

* Rappresentazione della conoscenza mediante Kb
* Problema di ricerca su grafo
* Apprendimento supervisionato (regressione)

In fase di scelta dell’idea progettuale e della sua realizzazione, si è cercato di includere la più vasta gamma di argomenti trattati durante il corso di Ingegneria della conoscenza.

Rappresentazione della conoscenza mediante Kb

Sommario

La prima operazione svolta durante lo sviluppo dell’applicativo turistico è stata la raccolta dei dati relativi ai punti di interesse della città di Roma, i quali sono stati utilizzati per l’inizializzazione delle istanze della classe di riferimento: Landmark.  
Gli attributi presenti in tale classe sono:

* *placeId, name, address, type, properties, lat, lon, age*.  
  Questi rappresentano le caratteristiche “anagrafiche” del luogo di interesse.
* *rating, ratingCount*.  
  Questi illustrano la popolarità e la qualità del punto di interesse sulla base dei giudizi preesistenti degli utenti.
* *centreDistance*.  
  E’ la distanza da quello che è stato definito arbitrariamente il punto centrale del turismo della città.
* *tourismRate*, *price*.  
  Questi fanno riferimento alle carattistiche “turistiche”, le quali sono fattori influenzanti della visitabilità del luogo.
* *handicapAccessibility*, *surface*, *height*.  
  Questi sono gli attributi strutturali del punto di interesse.

Tutti gli altri campi presenti verranno popolati solo in un secondo momento.

Successivamente queste istanze sono state memorizzate all’interno di un dizionario e tutte le feature sono state immagazzinate all’interno di una base di conoscenza sotto forma di fatti. La maggior parte di essi seguono uno stesso formato: *feature(landmark\_name, feature\_value)*.

Di seguito ne sono presentati alcuni esempi.  
Immagine che contiene testo, schermata, software, Software multimediale

Descrizione generata automaticamente

La feature *distance* fa eccezione dal formato Prolog delle altre, essa è così strutturata: *feature(landmark\_1\_name, landmark\_2\_name, feature\_value)*.  
Immagine che contiene testo, schermata, software, schermo

Descrizione generata automaticamente  
Questa feature è di fondamentale importanza all’interno del progetto in quanto si trova alla base del modulo di ricerca su grafo, nucleo del caso di studio.  
Per questo motivo è stato necessario conservare tutti i fatti ad essa relativi nell’apposito file Prolog, cosa che non è avvenuta per tutte le feature generate a posteriori.

La KB, dopo essere stata arricchita con diverse regole, è stata interrogata per generare nuova conoscenza.

Tra le regole realizzate ce ne sono alcune particolarmente importanti:

* *calculateDensity*, che permette di definire la densità turistica del luogo, intesa come media delle distanze da tutti gli altri posti registrati (prelevati precedentemente mediante il predicato Prolog *findall*).  
  Immagine che contiene testo, schermata, software, computer

  Descrizione generata automaticamente
* *calculateTourismPriority*, serve a calcolare la priorità di visità del punto di interesse sulla base delle altre feature che lo caratterizzano.  
  Ognuna di esse influenza in modo diverso il risultato finale, che viene successivamente salvato nel dizionario e utilizzato nel modulo di ricerca su grafo per garantire una soglia minima di qualità dei luoghi previsti dall’itinerario turistico. La priorità influenza anche il valore dell’euristica.  
  Immagine che contiene testo, schermata, software, computer

  Descrizione generata automaticamente
* *calculateTimeToVisit*, si occupa di stabilire il tempo necessario alla visita di un luogo, questo è influenzato sia da aspetti strutturali (come le dimensioni) sia da aspetti turistici (all’aumentare del tasso di turismo il luogo risulta più affollato).  
  Immagine che contiene testo, schermata, software, computer

  Descrizione generata automaticamente

Di seguito è presentata una porzione di codice python con la quale viene interrogata la base di conoscenza per ciascuno dei punti di interesse registrati (fase di generazione delle nuove feature), i risultati ricevuti vengono posti in un contenitore (result) e successivemente estratti e assegnati all’omonimo attributo dell’istanza di Landmark corrispondente nel dizionario.

Immagine che contiene elettronica, testo, computer, schermata

Descrizione generata automaticamente

Anche le interrogazioni che restituiscono risultati di diverso tipo (ad esempio booleani) seguono un ragionamento analogo.

Immagine che contiene testo, schermata, software, computer

Descrizione generata automaticamente

Infine, il dizionario, contenente tutte le istanze di Landmark, è stato aggiornato, con tutti i valori delle nuove feature a disposizione, e serializzato per poter essere utilizzato nei successivi moduli del progetto.

Strumenti utilizzati

La raccolta dei dati utili è stata effettuata mediante l’impiego di una API a pagamento messa a disposizione da Google Places (la piattaforma di Google Maps): nearbysearch, essa consente di recuperare una lista di luoghi nelle vicinanze di una determinata posizione geografica.

Per il suo utilizzo è stato necessario generare (gratuitamente) una API-Key della durata di pochi mesi ed è stata impiegata la libreria Requests fornita da Python.

Immagine che contiene testo, schermata, software, computer

Descrizione generata automaticamente

La chiamata richiede diversi parametri per restituire i risultati corretti, di seguito sono citati quelli impiegati nel corrente caso di studio:

* API-Key
* Le coordinate di latitudine e longitudine del centro di ricerca, a partire dal quale sono stati individuati i risultati.
* Il raggio massimo di estensione della ricerca dei luoghi.
* Il tipo dei luoghi, espresso mediante una parola chiave, sulla base del quale viene effettuto il filtraggio, allo scopo di ottenere risultati specifici.

La risposta risultante della chiamata viene restituita in formato json e contiene al suo interno numerosi attributi, tra questi ne sono stati selezionati ed estratti alcuni utili allo scopo dell’applicativo:

* *place\_id*, un identificativo che viene assegnato ad ogni elemento registrato sulla piattaforma Google.
* *user\_ratings\_total*, un intero che rappresenta la quantità di recensioni degli utenti relative all’elemento.
* *name*, il nome del luogo.
* *geometry.location.lat* e *geometry.location.lon*, le coordinate spaziali del luogo in formato decimale.
* *rating*, la media delle votazioni (da 1 a 5) contenute nelle recensioni.

Le restanti caratteristiche dei punti di interesse, come suggerito dal prof. Fanizzi, per via della difficoltà di reperimento, sono state generate casualmente mediante la libreria random messa a disposione da python. Ovviamente la generazione casuale ha tenuto conto di intervalli verosimili dei valori delle feature.

Per la rappresentazione della conoscenza e la sua successiva interrogazione si è deciso di utilizzare il linguaggio Prolog, un linguaggio di programmazione logico basato su predicati, che rappresentano fatti o relazioni tra oggetti. Un programma Prolog è costituito da un insieme di predicati e regole, queste ultime vengono utilizzate per derivare nuovi fatti o per risolvere interrogazioni sulla base di conoscenza.

Decisioni di progetto

Molteplicità delle chiamate

Dal momento che le API di Google restituivano venti risultati per ogni chiamata, è stato necessario ripetere più volte la chiamata API finché non si fossero ottenuti tutti i risultati.

Inoltre, per poter ottenere un numero discretamente elevato di luoghi si è deciso di ripetere la chiamate API quattro volte, fornendo quattro coppie di coordinate diverse a ciascuna chiamata. Il motivo per il quale ne sono state fornite quattro diverse è dipeso dal fatto che si è cercato di massimizzare i risultati ottenibili ripetendo la chiamata API spostandosi di 1 km a nord, sud, est ed ovest del centro turistico scelto.

Per quanto concerne la scelta delle coppie di coordinate da cui far partire la ricerca, si è deciso di scegliere arbitrariamente un punto che potesse contenere un numero consistente di luoghi tale da poter essere definito come centro turistico di Roma.

Popolazione della KB

Infine, la popolazione della base di conoscenza è avvenuta mediante la scrittura su file dei fatti riguardanti i vari luoghi; si è deciso di utilizzare il metodo *write* di Python per scrivere sul file Prolog, invece del metodo *assertz*, poiché le informazioni contenute nella base di conoscenza avrebbero dovuto essere consultate anche negli altri moduli del progetto.

Il metodo *assertz* sarebbe stato più opportuno qualora, nel ciclo di esecuzione del programma, la base di conoscenza avesse richiesto l’aggiunta di fatti in maniera dinamica durante un’unica esecuzione; nel caso di studio in questione ogni modulo equivale ad un’esecuzione separata.

Problema di ricerca su grafo

Sommario

Il fine del caso di studio è quello di rappresentare un punto di riferimento per i turisti che vogliono visitare i luoghi più importanti della città di Roma, fornendo così il miglior itinerario da seguire per sfruttare al meglio le risorse a disposizione (tempo e budget).

Per poter ottenere il miglior percorso, è stato necessario l’impiego di un algoritmo di ricerca su grafo, che potesse tenere in considerazione le necessità dell’utente e che fosse in grado di restituire un percorso contenente i migliori luoghi da visitare.

Strumenti utilizzati

Lo strumento impiegato per la ricerca su grafo è l’algoritmo A\*, un algoritmo di ricerca euristica. Esso cerca il percorso ottimale tra due nodi, sommando la funzione di costo fino al punto corrente con una funzione euristica, che stima il costo dal punto corrente ad un nodo goal:

La libreria utilizzata per l’implementazione di A\* è AIPython, una libreria contenente un insieme di algoritmi di ricerca preimplementati.

Decisioni di progetto

Struttura dei nodi

Per l’impiego dell’algoritmo di ricerca, è stato necessario definire una classe che rappresentasse i nodi da inserire nel grafo. I nodi non rappresentano, come si potrebbe banalmente pensare, i luoghi di interesse ma al contrario delle “situazioni”.

Nello specifico, ciascun nodo conterrà le seguenti informazioni:

* *name*, indica il nome del luogo.
* *coveredDistance*, indica la distanza percorsa fino al punto corrente.
* *remainingBudget*, indica la disponibilità corrente di budget.
* *remainingTime*, indica la disponibilità corrente di tempo.
* *visitedNodes*, indica i luoghi precedentemente visitati.
* *sumVisitedPriority*, indica la somma delle priorità dei luoghi visitati.

Gli ultimi quattro attributi del nodo verranno utilizzati in fase di ricerca per effettuare specifici controlli.

Adattamento del problema di ricerca

Nella fase di definizione del grafo non si conoscono a priori i nodi goal, questo perché la sua generazione avviene dinamicamente a partire dalla posizione corrente dell’utente (nel caso di studio è stata simulata). Una generazione statica del grafo avrebbe gravato eccessivamente sulle prestazioni dell’applicativo.

Durante il problema di ricerca, è necessaria una funzione di individuazione dei vicini:

Immagine che contiene testo, schermata

Descrizione generata automaticamente

La funzione *neighbors*, in primo luogo, interroga la base di conoscenza per ottenere la lista dei luoghi vicini a quello indicato nel nodo corrente, sfruttando l’apposita regola Prolog:

Immagine che contiene testo, Carattere, schermata

Descrizione generata automaticamente

Successivamente, per ognuno di essi, verifica che non sia stato già visitato, in caso affermativo procede recuperando dalla base di conoscenza le informazioni utili a calcolare la nuova distanza percorsa, il nuovo budget rimanente e il nuovo tempo rimanente.

Tutti questi aspetti vengono utilizzati per la definizione dell’istanza *NodeGraph* relativa ad ogni nodo vicino, questo viene definito solo se non vengono sforate le soglie di budget e tempo rimanenti.

Infine, si aggiunge il nodo e l’arco corrispondente al grafo mediante la funzione *arcs.append*.

Dal momento che, la generazione del grafo avviene dinamicamente è stato necessario predisporre una funzione che controllasse man mano se il nodo in analisi fosse un nodo obbiettivo:

Immagine che contiene schermata, testo, software, schermo

Descrizione generata automaticamente

La funzione *is\_goal*, analogamente alla precedente, interroga la base di conoscenza per ottenere una lista dei luoghi vicini a quello corrente, successivamente viene verificato che il nuovo budget e il nuovo tempo rimanenti non siano negativi, se questa condizione è rispettata, per tutti i punti di interesse vicini, il nodo corrente è considerato candidato obbiettivo.

Esso viene confermato solo nel caso in cui la media aritmetica delle priorità dei luoghi visitati, lungo il percorso, non sia inferiore ad una determinata soglia (arbitrariamente è stato scelto 3.7).

La caratteristica principale dell’algoritmo A\* è la presenza di una funzione euristica, che, nel caso di studio, è stata definita come segue:

Immagine che contiene testo, schermata, software, Software multimediale

Descrizione generata automaticamente

La funzione *heuristic* ha lo scopo di assegnare un valore stimato di costo per raggiungere un nodo obbiettivo, di conseguenza viene subito controllato se il nodo in questione sia obbiettivo o meno, in caso positivo il valore assegnato è 0.In caso contrario, mediante interrogazioni Prolog, ottiene la minima distanza possibile tra due luoghi registrati, la priorità del luogo associato al nodo in input e il tempo massimo di visita e il costo massimo richiesti da un punto di interesse (nel calcolo successivo si terrà conto del minore dei due).

Il valore restituito dall’euristica deriva dal prodotto di tre fattori:

* Il rapporto tra il tempo rimanente del nodo e il massimo tempo di visita oppure tra il budget rimanente e il costo massimo.  
  L’aver messo il valore massimo al denominatore minimizza il fattore.
* La distanza minima registrata.
* Un valore via via decrescente all’aumentare della priorità.  
  Questo fattore funge da discriminante in caso di valori molto simili del prodotto dei due fattori precedenti (se vicini o uguali la preferenza è diretta verso il nodo associato al luogo con priorità maggiore, così la sua euristica restituirà un valore più basso).

Minimizzare i fattori è un requisito fondamentale per far si che l’euristica restituisca valori che siano sempre sottostima del reale costo, permettendo così il corretto funzionamento dell’algoritmo.

Valutazioni

Prestazioni dell’algoritmo di ricerca

Di seguito, si osserva la differenza tra il percorso individuato da un generico searcher

Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, nero

Descrizione generata automaticamente

e quello individuato dall’algoritmo A\* adattato:

Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, nero

Descrizione generata automaticamente

Si può notare come in entrambi i casi si arrivi ad un punto di terminazione dove il tempo o il budget rimanenti impediscono di proseguire (in entrambi gli esempi la risorsa terminata è il tempo, con un altro passo si andrebbe sotto lo zero). Anche la condizione sulla priorità media è rispettata: nel primo caso risulta 25 / 6 = 4,17 >= 3.7, nel secondo caso risulta 20 / 5 = 4 >= 3.7.

La differenza sostanziale dettata dall’algoritmo utilizzato sta nella distanza percorsa, che nel primo caso risulta essere molto più elevata (2022 m) in relazione alla distanza percorsa nel secondo caso (333 m).

Implementazione di CSP

In fase di realizzazione, ci si è resi conto che il problema di ricerca avrebbe potuto esser sostituito con un CSP (Costraint Satisfaction Problem), tuttavia, questa osservazione è stata colta in una fase avanzata di realizzazione del caso di studio e, pertanto, si è deciso di proseguire con il problema di ricerca.

Di seguito, vengono analizzate le motivazioni a supporto dell’affermazione precedente, secondo cui sarebbe stato più opportuno l’impiego di un CSP:

* I CSP forniscono un modo strutturato per modellare i vincoli e le restrizioni del problema. Si possono definire esplicitamente le variabili, i domini delle variabili e le relazioni tra di esse. In questo caso, le variabili avrebbero potuto rappresentare i luoghi da visitare, i domini avrebbero potuto essere i costi associati a ciascun luogo e le relazioni avrebbero potuto essere i vincoli sul budget e il tempo a disposizione.
* I CSP sono noti per la loro efficacia nella risoluzione di problemi complessi. Essi offrono algoritmi di risoluzione efficienti, come ad esempio il *simulated annealing* o *algoritmi genetici (crossover)*, che consentono di esplorare in modo sistematico lo spazio delle soluzioni alla ricerca di assegnamenti validi delle variabili che soddisfino tutti i vincoli.
* I CSP consentono di gestire i vincoli soft, che sono vincoli che possono essere violati in modo controllato, consentendo una certa flessibilità nella ricerca delle soluzioni ottimali. In questo caso, si sarebbe potuto considerare i vincoli sul budget e il tempo come vincoli soft, consentendo un certo grado di flessibilità nella selezione dei luoghi da visitare in base a quanto budget e tempo rimangono disponibili.
* I CSP offrono una maggiore adattabilità ai cambiamenti dei requisiti. È possibile facilmente aggiungere, rimuovere o modificare i vincoli senza dover riprogettare completamente l'algoritmo di ricerca. Questo può essere utile se si desidera introdurre nuovi vincoli o modificare i criteri di selezione dei luoghi da visitare in base al feedback degli utenti o a esigenze specifiche.

In definitiva, l'utilizzo di un CSP avrebbe fornito un approccio più robusto e adattabile al sistema di selezione degli itinerari.

Apprendimento supervisionato (regressione)

**Sommario**

Durante la fase di apprendimento supervisionato del progetto, è stato sviluppato un modello avanzato per addestrare un sistema in grado di predire le priorità dei monumenti nelle città per le quali non si è ancora raccolto del feedback. Questo approccio è particolarmente utile quando ci si trova di fronte a nuove città o destinazioni turistiche poco conosciute, in cui l'assenza di dati preesistenti può rendere difficile stabilire quali siano i monumenti di maggior rilievo.

Questa realizzazione, attualmente, rappresenta solo una predisposizione ad eventuali sviluppi futuri dell’applicativo, in cui si prevede di estendere le funzionalità ad un range di città più ampio.

Per affrontare questa sfida, è stato creato un set di dati di addestramento (successivamente “pulito” e scalato mediante MinMax Scaler), contenente dettagli riguardanti la storia, le recensioni degli utenti (valutazione e quantità), le dimensioni e la posizione dei luoghi di interesse della città di Roma. Tutte queste informazioni erano già disponibili, ad eccezione delle recensioni.

Per ottenerle, è stato inserito un sistema di richiesta feedback al termine della ricerca dell’itinerario turistico, in particolare viene chiesto di effettuare una valutazione (da 1 a 5) di alcuni luoghi, scelti casualmente, compresi nel percorso consigliato.

Strumenti utilizzati

Per la realizzazione dell’apprendimento supervisionato, sono stati impiegati due modelli messi a disposizione dalla libreria *Scikit Learn*, ossia:

* KNN, utilizzando la classe *KneighborsRegressor*.
* Alberi di regressione, utilizzando la classe *DecisionTreeRegressor*.

Per quanto riguarda tutti gli aspetti di gestione del dataset, si è scelto di utilizzare la libreria Pandas che mette a disposizione l’apposita classe *DataFrame*.

Valutazioni

Scelta dei parametri

Per definire gli iperparametri di K-Nearest Neighbors (KNN) e Decision Tree, si è utilizzata la tecnica del Grid Search. Il Grid Search ha consentito di esplorare sistematicamente una griglia predefinita di combinazioni di iperparametri per determinare quelle che ottenevano le migliori prestazioni del modello in riferimento ad una metrica prestabilita.

Nel caso del KNN, gli iperparametri che abbiamo considerato includono il numero di vicini (K), il tipo di peso attribuito ad essi e la norma utilizzata.

Per quanto riguarda il Decision Tree, gli iperparametri considerati includono la profondità massima dell'albero, il criterio di divisione dei nodi e il numero minimo di campioni richiesti in un nodo per effettuare ulteriori divisioni.

In conclusione, utilizzando il Grid Search, si è stati in grado di selezionare gli iperparametri migliori per KNN e Decision Tree, ottimizzando le prestazioni dei modelli.

Valutazione delle prestazioni

Durante lo sviluppo del nostro progetto, abbiamo svolto valutazioni per verificare l'efficacia delle soluzioni adottate. Uno dei metodi di valutazione impiegato è stato la *k-fold cross validation*, un approccio comune per valutare le prestazioni di un modello di machine learning.

Nella k-fold cross validation, il dataset viene suddiviso in k sottoinsiemi (fold) di dimensioni simili. La scelta del valore di k non è casuale, in seguito a diverse considerazioni e sulla base del fatto che gli esempi nel dataset non erano numerosi, si è optato per k = 3, dove 3 coincide con le sezioni della suddivisione concettuale del dataset (attrazioni migliori, attrazioni nella norma, attrazioni carenti) sulla base dell’indice di turismo. Successivamente, si itera k volte, selezionando ogni volta una delle fold come set di test e le rimanenti come set di addestramento. Per ciascuna iterazione avviene l’addestramento e la valutazione delle prestazioni sul rispettivo test set.

L'utilizzo della k-fold cross validation cha fornito una stima affidabile delle prestazioni del modello, consentendo di valutare la sua capacità di generalizzazione su dati non visti in precedenza.

Sono state considerate diverse metriche di valutazione, tra cui:

* R2, è una misura che indica quanto bene il modello di regressione si adatta ai dati. Assume valori compresi tra 0 e 1, dove 1 rappresenta un perfetto adattamento del modello ai dati. R2 misura la proporzione di variazione della variabile dipendente che può essere spiegata dalle variabili indipendenti.
* Errore assoluto medio (MAE), è una metrica che calcola la media dei valori assoluti delle differenze tra le previsioni del modello e i valori effettivi.
* Errore quadratico medio (MSE), è una metrica che calcola la media dei quadrati delle differenze tra le previsioni del modello e i valori effettivi.
* Errore massimo, rappresenta la differenza massima tra le previsioni del modello e i valori effettivi nel dataset di test.

Queste metriche ci hanno fornito una visione dettagliata delle prestazioni del modello e hanno aiutato a identificare eventuali aree di miglioramento.

Di seguito vengono riportati gli effettivi risultati ottenuti dai modelli:

* Albero di decisione

|  |  |
| --- | --- |
| **METRICHE** | **RISULTATI** |
| R2 | 0.802389959593262 |
| MAE | 0.14019223443032372 |
| MSE | 0.0357484489241697 |
| Max Error | 0.47211538461538477 |

* Knn

|  |  |
| --- | --- |
| **METRICHE** | **RISULTATI** |
| R2 | 0.47548222454791716 |
| MAE | 0.2270732089749059 |
| MSE | 0.08747204468805758 |
| Max Error | 0.732525652429514 |

Si può notare che l’albero di decisione ha restituito feedback estremamente positivo, infatti la metrica r2 ha un valore di circa 0.8, il che significa che il modello lavora piuttosto bene, mentre per quanto riguarda gli errori sono tutti estremamente bassi, considerando l’intervallo delle valutazioni dei punti di interesse (da 1 a 5). L’unico che ha superato le nostre previsioni è stato l’errore massimo, ma, guardando gli altri due, ci si rende facilmente conto che si tratta di pochi casi sporadici e di conseguenza lo si può ritenere un valore accettabile.

Situazione molto diversa si verifica per il modello knn, sebbene anche in questo caso i valori di errore non si discostino troppo da quelli dell’albero, la metrica r2 è estremamente bassa, il che significa che il modello knn non è riuscito a catturare adeguatamente i pattern o le relazioni presenti nei dati e non è riuscito a spiegare la loro variazione.

In seguito a queste osservazioni, ci si è chiesti quale fosse il motivo di tali risultati, indicando il basso numero di esempi nel dataset come possibile causa principale. Effettivamente, in presenza di un numero ridotto di esempi, il modello potrebbe soffrire di overfitting, cioè adattarsi eccessivamente ai dati di addestramento senza riuscire a generalizzare bene sui nuovi. Per esserne certi si è deciso di effettuare delle prove andando ad aggiungere i punti di interesse di altre città e i risultati ottenuti in seguito sono stati i seguenti.

|  |  |
| --- | --- |
| **METRICHE** | **RISULTATI** |
| R2 | 0.7039013082085753 |
| MAE | 0.18437611085303784 |
| MSE | 0.05959022140882684 |
| Max Error | 0.7234432292818823 |

Si può notare un netto miglioramento delle prestazioni, di conseguenza il knn non verrebbe escluso totalmente per eventuali sviluppi futuri in quanto si ipotizza che al crescere dei monumenti esso possa raggiungere le stesse prestazioni dell’albero, o addirittura superarle.

Decisioni di progetto

Data Cleaning

Per poter garantire un buon apprendimento dei modelli, è stato necessario selezionare solo alcune feature rispetto all’intero insieme, tutte quelle che non erano abbastanza significative o erano ridondanti non sono state considerate. L’obiettivo della regressione è la priorità, di conseguenza si è deciso di mantenere tutte quelle caratteristiche che andavano a influire su di essa all’interno della regola Prolog presentata nel capitolo di rappresentazione della conoscenza.

Un altro motivo di tale riduzione è stato il basso numero di esempi nel dataset. Diminuire la quantità di feature porta a diversi benefici, tra cui mitigare il rischio di overfitting e migliorare la capacità predittiva del modello.

Modelli impiegati

Per la fase di regressione, si è deciso di impiegare l’algoritmo K-Nearest Neighbors e l’algoritmo Decision Tree Regressor, per diversi motivi:

* Il KNN è un algoritmo di machine learning semplice e flessibile, che si basa sul concetto di vicinanza tra i punti. Il KNN utilizza i valori delle variabili indipendenti dei punti di addestramento più vicini per prevedere il valore della variabile dipendente per un nuovo punto. Questo approccio intuitivo e interpretabile permette di comprendere meglio come i valori delle variabili indipendenti influenzano la priorità assegnata ai monumenti. La sua semplicità è dovuta al fatto che richiede solo una fase di addestramento e una fase di predizione.
* Per quanto concerne l’utilizzo degli alberi di regressione, essi sono stati scelti per la loro capacità di suddividere il set di dati in modo ricorsivo in base a criteri di suddivisione ottimali, creando una struttura ad albero che rappresenta le regole di decisione, e per la loro facilità di interpretazione.

Conclusioni e sviluppi futuri

L’applicativo realizzato ha dimostrato di essere efficace nel fornire percorsi ottimali in base alle preferenze degli utenti, tenendo conto del tempo e del budget disponibili.

L'applicazione ha un potenziale di espansione verso altre città. Ciò consentirebbe ai turisti di ottenere itinerari personalizzati e ottimali per esplorare nuovi luoghi di interesse in diverse destinazioni. Per raggiungere questo obiettivo, sarà necessario acquisire dati specifici per esse, comprese le informazioni sui monumenti, le distanze tra loro e le caratteristiche individuali.

Inoltre, si potrebbe considerare di ampliare le funzionalità dell'applicazione per includere altri fattori rilevanti nella pianificazione del percorso, come le preferenze culturali, i gusti culinari o gli interessi specifici degli utenti. Questo potrebbe essere realizzato aggiungendo ulteriori attributi al dataset di addestramento e affinando i modelli di apprendimento.

Riferimenti bibliografici

<https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/search-nearby?hl=it>

<https://artint.info/AIPython/>