Intelligenza Artificiale e Machine Learning

Esercizi Svolti di Intelligenza Artificiale e Machine Learning

Anno Accademico: 2024/25

Giacomo Sturm

Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche
Università degli Studi "Roma Tre"

Sorgente del file LaTeX disponibile al seguente link:
https://github.com/00Darxk/Intelligenza-Artificiale-e-Machine-Learning

Indice

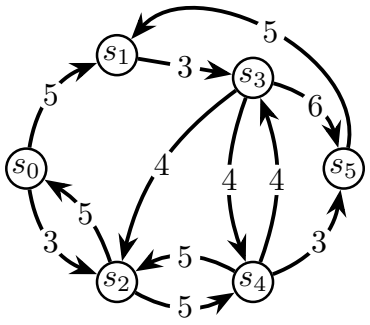
1 Esercitazione del 13/11/24

Esercizio 1

Dato il seguente Spazio degli Stati: $s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5$, con stato iniziale s_0, e stato obiettivo s_5. Questi stati sono collegati da certi operatori di costo:

- F: costo 3. $F(s_0) = s_2, F(s_1) = s_3, F(s_4) = s_5$;
- G: costo 4. $G(s_3) = s_2, G(s_3) = s_4, G(s_4) = s_3$;
- H: costo 5; $H(s_0) = s_1, H(s_2) = s_0, H(s_2) = s_4, H(s_4) = s_2, H(s_5) = s_1$;
- I: costo 6; $I(s_3) = s_5$.

Nel modo seguente:



E la seguente funzione euristica: $h(s_0) = 10$, $h(s_1) = 6$, $h(s_2) = 7$, $h(s_3) = 4$, $h(s_4) = 5$, $h(s_5) = 0$.

1. Eseguire l'algoritmo A* con modalità tree-search, fino alla terminazione disegnando l'albero di ricerca, riportando per ogni passo il contenuto della frontiera, il nodo scelto per l'espansione ed i nodi generati;
2. Riportare la soluzione trovata dell'algoritmo, indicando se tale soluzione è o non è quella ottima e indicando se la funzione euristica h rispetta la condizione di ammissibilità (motivare la risposta).

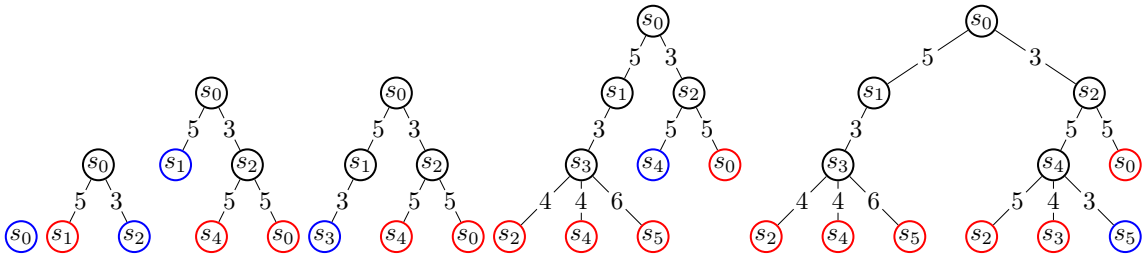
Domanda 1

Bisogna specificare i vari passi ottenuti dall'algoritmo A*, specificando la frontiera i nodi contenuti ed espansi ed il nodo successivo da espandere.

1. Nella frontiera è presente solamente lo stato iniziale $[s_0]$;

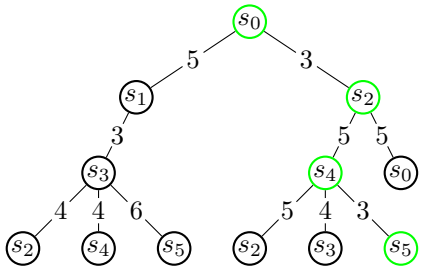
2. Si espande lo stato iniziale s_0, nella frontiera si ha $[s_2, s_1]$, dove $f(s_2) = 3+7$ e $f(s_1) = 5+6$;
3. Si espande il nodo s_2, con $f(s_2) = 10$, per cui nella frontiera entra il nodo s_4 e s_0: $[s_1, s_4, s_0]$, con $f(s_1) = 5+6$, $f(s_4) = 8+5$ e $f(s_0) = 8+10$;
4. Si espande il nodo s_1, con $f(s_1) = 12$, per cui nella frontiera entra il nodo s_3: $[s_3, s_4, s_0]$, con $f(s_3) = 8+4$, $f(s_4) = 8+5$ e $f(s_0) = 8+10$;
5. Si espande il nodo s_3, con $f(s_3) = 12$, per cui nella frontiera entra il nodo s_2, s_4 ed s_5: $[s_4, s_5, s_4, s_0, s_2]$, con $f(s_4) = 8+5$, $f(s_5) = 14+0$, $f(s_4) = 12+5$, $f(s_0) = 8+10$ ed $f(s_2) = 12+7$;
6. Si espande il nodo s_4, con $f(s_4) = 13$, per cui nella frontiera entra il nodo s_2, s_3 ed s_5: $[s_5, s_5, s_3, s_4, s_0, s_2, s_2]$, con $f(s_5) = 11+0$, $f(s_5) = 14+0$, $f(s_3) = 12+4$, $f(s_4) = 12+5$, $f(s_0) = 8+10$, $f(s_2) = 12+7$, $f(s_2) = 13+7$;
7. Si espande il nodo s_5, con $f(s_5) = 11$. Questo nodo è il nodo obiettivo, quindi l'algoritmo termina.

I nodi rossi sono quelli nella frontiera, i nodi blu sono i nodi nella frontiera da espandere:



Domanda 2

La soluzione dell'algoritmo è s_0, s_2, s_4, s_5, di costo 11:



La funzione euristica h utilizzata è maggiore del costo effettivo per il nodo s_4:

$$h(s_4) = 5 > 3 = h^*(s_4) \tag{1.1}$$

Quindi non è una funzione ammissibile. La soluzione trovata non è garantito sia la soluzione ottima.

Esercizio 2

Scrivere il codice Python per la gestione di una lista concatenata ordinata, avvalendosi delle classi.

```
class Node:
    def __init__(self, data, next)
        self.__data = data
        self.__next = next

class List:
    def __init__(self):
        self.__head = None
        self.__tail = None

    def add(self, newNode):
        if self.__head == None or self.__head.data > newNode.data:
            if self.__head == None:
                self.__tail = newNode
            newNode.next = self.__head
            self.__head = newNode

        elif self.__tail.data < newNode.data:
            if self.__tail != None:
                self.__tail.next = newNode
            if self.__head == None:
                self.__head = NewNode
            self.__tail = newNode

        else:
            p = self.__head
            while p.next != None and p.data < newNode.data:
                p = p.next
            newNode.next = p.next
            p.next = newNode
```

Esercizio 3

Illustrare nel dettaglio l'algoritmo "Greedy", presentando il codice Python, opportunamente commentato per il problema della ricerca di un itinerario.

Per realizzare l'algoritmo sono necessarie le classi per gli stati, individuati solamente dal loro nome nello spazio degli stati, ed i nodi dell'albero di ricerca:

```
# nodo dell'albero di ricerca: contenente lo stato, il nodo genitore
# ed il valore della funzione euristica per lo stato
class Node:
    def __init__(self, state, parent, h):
        self.state = state
        self.parent = parent
        self.h = h

    # funzione per stampare la soluzione
    def printPath(self):
        if self.parent != None:
            self.parent.printPath()
        print("->", self.state.name)

# stato del problema
class State:
    # crea uno stato, definito solamente dal nome
    # se non viene specificato crea lo stato iniziale
    def __init__(self, name = None):
        if name == None:
            self.name = self.getInitialState()
        else:
            self.name = name

    # restituisce lo stato iniziale definito a priori
    def getInitialState(self):
        initialState = statoIniziale
        return initialState

    # ottiene i successori dal dizionario 'connections'
    def successorFunction(self):
        return connections[self.name]

    # verifica se è uno stato obiettivo definito a priori
    def checkGoalState(self):
        return self.name == statoObiettivo
```

La funzione euristica ed i nodi successori per un determinato stato si possono implementare allo stesso modo tramite un dizionario, dove la chiave è il nome dello stato, ed il valore è o il valore dell'euristica o la lista degli stati successori:

```
# dizionario dei successori:
connections['A'] = ['B', 'C']
connections['B'] = ['C']
connections['C'] = ['B', 'D']
connections['D'] = ['B', 'C', 'E']
connections['E'] = ['A', 'C']
# dizionario delle euristiche
h['A'] = 10
h['B'] = 9
h['C'] = 6
h['D'] = 3
h['E'] = 0
```

L'algoritmo inizializza la frontiera con coda di priorità, contenente solamente l'elemento corrispondente alla radice. In seguito continua ad iterare fino a quando non svuota la frontiera, rimuovendo il primo elemento in frontiera, rappresentati come tuple euristica e nodo. In questo modo si possono ordinare in base al loro valore di euristica. Se il nodo estratto è un obiettivo, termina l'algoritmo e stampa la soluzione, altrimenti viene espanso ed i suoi figli vengono inseriti all'interno della frontiera.

```
import queue

def Greedy_Best_First():
    # crea la frontiera con una priority queue
    fringe = queue.PriorityQueue()

    # crea lo stato iniziale
    initialState = State()

    # crea la radice dell'albero di ricerca e la aggiunge alla frontiera
    root = Node(initialState, None, h[initialState.name])
    fringe.put((root.h, root))

    while not fringe.empty():
        # si itera prendendo il primo elemento della frontiera
        # fino all'esaurimento dei suoi elementi
        (currentH, currentNode) = fringe.get()

        # si controlla se corrisponde ad uno stato obiettivo
        if currentNode.state.checkGoalState():
            currentNode.state.printPath()
            break
        # altrimenti si espande e si aggiungono i suoi figli alla frontiera
        else:
```

```
childStates = currentNode.state.successorFunction()
# crea gli elementi corrispondenti per l'aggiunta in frontiera
for childState in childStates:
    childNode = Node(State(childState), currentNode,
                         h[State(childState).name])
    fringe.put((childNode.h, childNode))
```