**מבוא לבינה מלאכותית (236501)**

**תרגיל בית 1**

חלק א':

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Calculate time |  |  | K |
| 0.0338 | 6.56 | 3628800 | 10 |
| 5.8 [sec] | 9.8 | 6227020800 | 13 |
| 20.3 [mins] | 12.11 | 1.3x | 15 |
| 5.41 [hours] | 13.32 | 2.09x | 16 |
| 3.83 [days] | 14.55 | 3.556x | 17 |
| 71.84 [years] | 18.38 | 2.432x | 20 |
| 1508.8 [years] | 19.7 | 5.109x | 21 |
| 18.32 [million years] | 23.79 | 6.204x | 24 |

חלק ב':

1. ערכי הקיצון האפשריים של דרגת יציאה במרחב החיפוש הם:

0 – כאשר נגיע למצב שהוא "בור", דבר שיקרה כאשר הגענו אל מצב סופי, וממנו אנחנו ממשיכים לבקר בכל יתר המעבדות שלא היינו בהן עדיין ע"מ להוסיף לאמבולנס עוד מטושים עד אשר נגיע למעבדה האחרונה שלא ביקרנו בה וממנה לא נוכל להמשיך יותר לאף מקום (כי היינו בכל הדירות והיינו בכל המעבדות).

m+k –מהמצב ההתחלתי, נוכל להמשיך לכל אחת מהמעבדות (m) ע"מ לקחת עוד בדיקות **או** להמשיך לכל אחת מהדירות (k) ע"מ לעשות בדיקות.

1. במרחב המצבים שלנו **לא** יתכנו מעגלים וזאת כיוון שעפ"י המגבלות לא ניתן לחזור אל אותה דירה פעמיים ואילו במצב שבו נחזור בשנית אל מעבדה (רק עבור פריקת בדיקות מהאמבולנס) ערך Transferred יהיה **שונה** ולכן זה לא אותו מצב אלא רק מצב אחר שמייצגת את אותה מעבדה.
2. מהגדרת מרחב המצבים ניתן לשים לב כי מספר המטושים ההתחלתי שייך לקבוצת המספרים הטבעיים ולכן יש אינסוף מצבים התחלתיים כאלה שבכל אחד מספר מטושים התחלתי אחר, לכן יש אינסוף מצבים במרחב רק עם מצבים התחלתיים.

בגלל אבחנה זאת, לא כל המצבים במרחב הינם ישיגים כיוון שלמשל, אם במצב ההתחלתי יש באמבולנס כמות מטושים שיחד עם כל המטושים שניתן לאסוף בכל המעבדות הינה 500 מטושים, לא נוכל להשיג מצב אחר שבו יש 1000 מטושים, מצב שראינו שקיים כי כמות המטושים היא אינסופית.

1. **ייתכנו** בורות שהם אינם מצב מטרה כיוון שנוכל למשל להגיע אל מצב שמייצג מעבדה עם כמות מטושים קטנה כלשהי כך שמשם לא נוכל להמשיך אל אף מעבדה אחרת כיוון שכבר ביקרנו בכל שאר המעבדות וגם לא נוכל להמשיך אל דירה שלא היינו בה כי אין לנו מספקים מטושים לבדוק את כל דיירי הדירה.
2. טווח האורכים האפשריים של מסלולים במרחב ממצב התחלתי אל מצב סופי הינו:

[(k+1) – (k+m)] , המינימום יהיה מהמצב ההתחלתי דרך כל הדירות (k) ברצף ומשם אל מעבדה עם עוד קשת. המקסימום יהיה למשל מעבר בכל הדירות (k) ומשם מעבר לכל המעבדות (m) או מעבר דירה-מעבדה-דירה לסירוגין עד שנגיע למצב מטרה.

1. Succ(s) = {*|*

*)AmbulanceTestCapacity - )}*

*{|*

*(s.Taken)}*

*חלק ו':*

*15.*

(i)

@dataclass(frozen=True)

(ii) שורה זו למעשה לא מספיקה כיוון שיתכן שהמשתנים הפנימיים של האובייקט יהיו mutable ולכן נצטרף לגרום גם להם להיות immutable, כפי שנעשה בתוך המחלקה של MDAState עבור המשתנים הפנימיים עם ההצהרה FrozenSet:

current\_site: Union[Junction, Laboratory, ApartmentWithSymptomsReport]  
tests\_on\_ambulance: FrozenSet[ApartmentWithSymptomsReport]  
tests\_transferred\_to\_lab: FrozenSet[ApartmentWithSymptomsReport]  
nr\_matoshim\_on\_ambulance: int  
visited\_labs: FrozenSet[Laboratory]

(iii)

18. נוכיח כי היוריסטיקה הנ"ל קבילה.

נניח כי האמבולנס נמצא בצומת N וכי יתר הצמתים שעליו לעבור מהן מיוצגות ע"י הקבוצה A.

יהיו שתי צמתים x,y המייצגות את המרחק המקסימאלי בין שתי צמתים כלשהן בקבוצה A. לכן, h(N)=AirDistance(x,y) ולכן אורך המסלול של האמבולנס לעבור בהכרח גדול או שווה למרחק h(N) וזה כי המרחק האווירי (מרחק אוקלידס) בין x ל-y הוא המרחק המינימאלי בין שתי הצמתים הללו וכל מרחק אחר שיילקח בהכרח יהיה לכל הפחות שווה לו, לכן,

h(N) , וכמובן שגם מתקיים 0 כיוון וסוכמים משהו אי שלילי.

21. נראה כי היוריסטיקה הנ"ל אינה קבילה באמצעות דוגמא נגדית.

נסתכל על פיתוח הצמתים הבא:



אם נעבור בין הצמתים עפ"י SumAirDistance אז כאשר צומת ההתחלה היא הצומת השחורה, נלך ימינה אל הצומת האדומה, אז שמאלה אל הצומת הצהובה ואז שוב ימינה אל הצומת הירוקה, לכן בסה"כ נעשה מרחק של 2+5+11=18, אך ישנו מרחק קצר יותר שמתחיל מהצומת השחורה, הולך שמאלה את הצומת הצהובה, ומשם ימינה אל הצומת האדומה ואז אל הצומת הירוקה, שזה בסה"כ מרחק של 3+5+6=14, לכן לא מתקיים התנאי h(N) ולכן היוריסטיקה הנ"ל אינה קבילה.

24. נוכיח כי היוריסטיקה הנ"ל קבילה.

נסתכל על גרף הצמתים שנותרו כאשר ישנה קשת בין כל צומת וצומת והמשקל של כל קשת שווה למרחק דרכים בין הצמתים, נסמנו A. כעת נסתכל הגרף של כל הצמתים שעוד נותרו, כאשר המשקלים על הקשתות הם המרחקים האוויריים בין כל צומת, נסמנו B. נמצא עפ"מ של A המייצג מסלול הקיים גם ב-B. כיוון שהמרחק האווירי הוא המרחק המינימאלי בין כל שתי קשתות, משקל אותו מסלול בB יהיה קטן שווה למסלול הנ"ל בA, כמובן שמסלול זה מהווה עץ פורש בB, ולכן משקלו גדול שווה למשקל של עפ"מ בB. כמובן שמשקלי הקשתות חיוביים ולכן משקל עפ"מ הינו חיובי ולכן היוריסטיקה קבילה.

25. עבור MDAMSTAirDistanceHutistic מתקבל הגרף הנ"ל:

A screenshot of a cell phone

Description automatically generated

ועבור MDASumAirHuristic מתקבל הגרף הנ"ל:

A close up of a map

Description automatically generated

ניתן לראות שהגרפים מקיימים את הכלל מסעיף 12 שככל שהמשקל W קטן יותר כך הפתרון איכותי יותר ואילו מספר המצבים שפותחו גדול יותר. הייתי בוחר W=0.57 שעבורו בגרף השני איכות הפתרון ומספר המצבים המפותחים זהה וגם נקבל פתרון באיכות גבוה עם מספר מצבים מפותחים יחסית קטן.

26.