**מבוא לבינה מלאכותית- תרגיל 1**

**מגישות: גל קסטן ודנית כהן**

**חלק א:**

סידור ביקורים בדירות

בחירת מעבדה בה יבקר אחרי הדירה האחרונה

פריסת ביקורים במעבדות לפני ביקור בדירה (m מעבדות אפשריות + האופציה לא לבקר)

3.

.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| estimated calc time | #possiblePaths | M | K |
| [secs] 18.47787201 | 2.204\* 10^7 | 2 | 7 |
| 3.845214844 [mins] | 2.477 \*10^8 | 3 | 7 |
| 2.255859375 [hours] | 7.927 \*10^9 | 3 | 8 |
| 19.55777407 [hours] | 6.300 \* 10^10 | 4 | 8 |
| 3.69140625 [days] | 2.854 \* 10^11 | 3 | 9 |
| 5.33203125 [months] | 1.142 \* 10^13 | 3 | 10 |
| 21.0546875 [ years] | 5.023 \* 10^14 | 3 | 11 |
| 1.0828125 [thousand years] | 2.411 \* 10^16 | 3 | 12 |
| 22.40994945 [thousand years] | 4.678 \*10^17 | 4 | 12 |
| 1.547687134 [million years] | 3.041 \* 10^19 | 4 | 13 |

חלק ג:

4.

**מקרה מקסימלי** :m+k

עבור מצב התחלתי v0 בו canVisit(s,)=True לכל i מ 1-k canVisit(s,)=True לכל i מ1-m

**מקרה מינימלי**:0

עבור מצב מטרה מתקיים כי ולכן canVisit(s,)=False ו  *לכן* canVisit(s,)=False*.*

*5. לא ייתן כי קיים מעגל בגרף. נניח בשלילה שקיים מעגל- לא ייתכן כי אחד הצמתים במעגל יהיה דירה כי* s.Taken∪s.Transferred *יגדל ב1 בכל הצמתים שבאים אחרי צומת זה מהגדרת האופרטור (ולכן לעולם לא נוכל לחזור למצב ראשוני). לכן המסלול המעגלי יכול לכלול רק מעבדות- אבל מכיוון שכל צומת s במסלול היא מעבדה, מהגדרת צומת מעבדה* s.Taken=∅ . *ומהגדרת אופרטור , ותחום ההגדרה של אופרטור זה , חייב להיות מעבר בין 2 מעבדות שונות במסלול דבר שיוביל להגדלת הקבוצה visited labs בכל המשך המסלול, בסתירה לכך שצריך לחזור למצב בו קבוצת visited labs הייתה קטנה יותר.*

*6. צריך לבדוק!*

*7. כן ייתכנו בורות.*

*מרחב חיפוש של דירה אחת ומעבדה אחת כאשר מס' מטושים התחלתי+ מס' המטושים במעבדה קטן ממס' הדיירים בדירה נתחיל ממצב התחלתי ונעבור למעבדה והיא תהיה מצב בור ע"פ חוקי האופרטורים.*

*8. טווח האורכים האפשרי הוא בין k+1 ל2k+m*

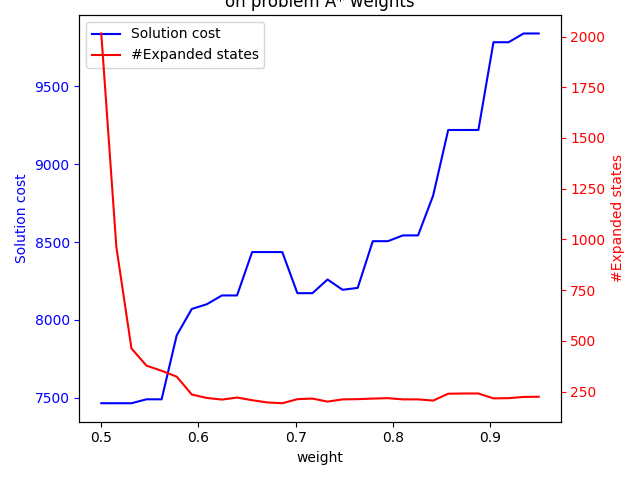
*הסבר-* ***מקרה מינימלי****: k+1. מסלול חוקי יכלול לפחות את כל הדירות ומעבדה בסיום המסלול. לכן אם* AmbulanceTestsCapacity , *מספיק כדי להכיל את כל הבדיקות מכל הדירות ו-* InitialMatoshimAmb *מספיק גדול כדי לבדוק את כל הדיירים בכל הדירות, נוכל לבנות מסלול שעובר בכל הדירות (k קשתות) ומסתיים במעבדה( קשת נוספת).*

***מקרה מקסימלי****: 2k+m. במקרה זה נעבור ראשית בכל המעבדות כדי לאסוף את כל המטושים (m קשתות) ולאחר מכן נעבור בין כל הדירות, כאשר בין כל 2 דירות עוברים במעבדה על מנת לפרוק את הבדיקות ( סה"כ k קשתות לדירות ומכל דירה קשת למעבדה ולכן k קשתות נוספות). מקרה זה הוא המקסימלי כיוון שלכל היותר נוכל לפרוק את הבדיקות k פעמים (לאחר ביקור כל דירה) ונרצה לפצל את פריקת הבדיקות מלקיחת מטושים חדשים על מנת למקסם ביקורים במעבדה.*

*9.*

*דו"ח ריצה:*

*14. סה"כ בריצה עיוורת פיתחנו 17354 צמתים ובריצה עם הירוסטיקה פיתחנו 2015 צמתים לכן יחס החיסכון הוא 0.88.*

*15.*

*האזורים שיותר כדאים בגרף הם משקלים בין 0.55-0.6 כיוון שהמחיר שלהם קרוב למחיר האופטימלי (במשקל 0.6) אבל עם זא מס' הצמתים שפותחו יחסית נמוך (מאות צמתים).*

*הכלל שהוזכר בא לידי ביטוי בכך שניתן לראות שבאופן כללי ככל שהמשקל נמוך יותר כך מחיר הפתרון נמוך יותר (באופן כללי יש מגמת ירידה אם בגרף הכחול נסתכל מימין לשמאל) וכי מס' הצמתים שפותחו גבוה יותר . עם זאת, הדגש בא לידי ביטוי בכך שגרף המחירים אינו עולה או יורד מבחינת הגדרה . עבור המשקל w=0.648 וw=0.7 למשל ניתן לראות כי המחיר של הפתרון עבור w=0.7 נמוך יותר מw=0.648 למרות שהמשקל הראשון גדול מהשני (כלומר הדוגמה הספציפית הזו נוגדת את הכלל).*

*19. החיסרון בגישה זו מבחינת יעילות הפתרון היא חוסר יכולת להשתמש בcache הפנימי השומר את המרחק בין 2 צמתים ע"י פתרון של תת בעיה במפה. זאת מכיוון, שכעת לא ניתן פשוט לשמור את המרחק בין 2 דירות למשל שמצאנו בהרצה קודמת, אלא יש ממש למצוא מסלול במרחב העל של המצבים שכולל את כל הנקודות במפה בכל הרצה (גם אם נשתמש בזיכרון המהיר עדיין נצטרך לשמור שם את המסלול כולו וזו עלות גדולה מבחינת זיכרון כך שלא נשמור הרבה מסלולים)*

*20.*

1. *@dataclass(frozen=True)*
2. *שורה זה לא מספיקה כיוון שהיא מבטיחה שלא ניתן יהיה לשנות את המשתנים שהוגדרו בתוך הdataclass אבל עבור טיפוסים מורכבים למשל כמו סטים או רשימות היא יכולה רק להבטיח שהמשתנה יצביע על אותו מקום בזיכרון(על אותה רשימה או על אותו סט) , אך עדיין יהיה ניתן לבצע שינויים בטיפוסים המורכבים. לכן, גם תכונות של אובייקט שהן מטיפוס מורכב בתוך מחלקה זו הוגדרו כfrozen כלומר כטיפוסים שלא ניתן לשנותם.*
3. *כן ייתכן שנפגוש בצומת שכבר פיתחנו כלומר צומת בclose. להלן השורה מהאלגוריתם שנלמד בהרצאה שמוכיחה זאת :*

*old\_node ← find-state(s,CLOSED)*

*if old\_node: ; A node with state s exists in CLOSED*

*20. באג: יצירת צומת עוקב חדש ע"י שימוש בחלק מהשדות של הצומת הנוכחית (state to expand ), כאשר שדות אלו ניתנים לשינוי. נניח שניצור….,state\_to\_expand.visited\_labs…) succ=MDAState( עבור צומת עוקב של מעבדה, מתוך מחשבה שהסט מועתק. ולאחר מכן נבצע succ.visited\_labs.add(new\_lab) . בגלל שsucc והצומת הנוכחית מצביעים לאותו סט אז שינינו גם את הסט של המעבדות שביקרנו בהם אצל state to expand . הצומת הזה ייכנס לאחר מכן לclose ובעתיד יכול להיות שנפתח אותו שוב. הבעיה היא שכעת הוא למעשה צומת שונה מהמקורית – כי הvisited\_labs שלו השתנה וזה יגרום לבאג.*

*31.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | MDAMaxAirDistHeuristic | MDASumAirDistHeuristic M | MDAMSTAirDistHeuristic |
|  | X | X | X |
|  | X | X | X |

*32. נשווה את התוצאות :*

*MDA(small\_MDA(5):Distance) UniformCost time: 12.67 #dev: 1024 |space|: 1714 total\_g\_cost: 31528.65909 total\_cost: MDACost(dist= 31528.659m,* ***money= 49.717NIS****, tests-travel= 52112.429m)*

*מול*

*MDA(small\_MDA(5):Monetary) UniformCost time: 22.56 #dev: 2236 |space|: 2532 total\_g\_cost: 42.04962 total\_cost: MDACost(dist= 31923.809m,* ***money= 42.050NIS,*** *tests-travel= 53317.118m)*

*ניתן לראות כי בפתרון שקיבלנו עבור פונקצית מחיר לפי מרחק- התקבל המרחק הכי קצר בהשוואה לפתרון השני שם המרחק של המסלול גדול יותר.*

*בנוסף, ניתן לראות כי בפתרון שקיבלנו לפונקצית מחיר לפי monetary , העלות הייתה קטנה יותר בהשוואה לפתרון הראשון שחיפש את הפתרון הכי קצר ע"פ מרחק.*

*MDA(moderate\_MDA(8):Distance) A\* (h=MDA-MST-AirDist, w=0.500) time: 65.22 #dev: 46054 |space|: 66167 total\_g\_cost: 43034.79407 total\_cost: MDACost(dist= 43034.794m, money=* ***95.847NIS****, tests-travel= 176505.013m)*

*מול*

*MDA(moderate\_MDA(8):Monetary) UniformCost time: 80.99 #dev: 96553 |space|: 96645 total\_g\_cost: 77.20101 total\_cost: MDACost(dist= 54951.037m****, money= 77.201NIS****, tests-travel= 172922.318m)*

*שוב, ניתן לראות כי בפתרון הראשון כאשר פונקציית המחיר המוגדרת על צמתים מחושבת לפי מרחק הכי קצר ומשתמשי ביוריסטיקה קבילה (מה שמבטיח פתרון אופטימלי)- הפתרון האופטימלי הוא פתרון שבו הdist הוא הכי קצר (יותר קטן בהשוואה לmonetary) .*

*בפתרון השני הפתרון האופטימלי הוא פתרון בו money הכי קטן כי פונק' המחיר מחושבת לפי עלות הנסיעה ולא מרחק, בהשוואה למשל לפתרון הראשון שם העלות גבוהה בפתרון שמצאנו.*

*34. כן , היוריסטיקה קבילה.*

*הוכחה:*

*יהי s מצב בבעיה ויהי פתרון אופטימלי לבעיה החל מהצומת s. נניח בשלילה כי*

*, אז בהכרח מתקיים כי קיים תת מסלול*

*כך ש2 המצבים הראשונים הם דירה והמצב האחרון הוא מעבדה מכיוון שההנחה בשלילה מחייבת מצב שבו יהיו לפחות 2 דירות רצופות (כי מסלול שאחרי כל דירה הולכים למעבדה אינו אופטימלי) והמצב האחרון בP הוא מעבדה, לכן ניתן למצוא תת מסלול כזה בP. נסמן : ו .מההנחה בשלילה מתקיים: .*

*אבל מתקיים . הגענו לסתירה ולכן ההנחה אינה נכונה.*

מינמליות של y (המעבדה הכי קרובה)

אי שוויון המשולש

*35.*

*MDA(moderate\_MDA(8):****TestsTravelDistance****) A\* (h=MDA-TimeObjectiveSumOfMinAirDistFromLab, w=0.500) time: 59.25 #dev: 51388 |space|: 88474 total\_g\_cost: 131265.15303 total\_cost: MDACost(dist= 93226.428m, money= 127.199NIS, tests-travel****= 131265.153****m)*

*ראשית כל, מכיוון שהיוריסטיקה שהשתמשנו בה קבילה, הפתרון שקיבלנו לפי פונקצית מחיר זו בהכרח אופטימלי (וניתן להשוות את המחיר שקיבלנו לעומת test\_travel\_cost שחישבנו בסעיף 32 עם אלגוריתם uniforn\_cost ). ניתן לראות כי בהשוואה לסעיף 32 קיבלנו אופטימליות מבחינת המחיר של test\_travel ואילו מבחינת מחיר לפי מרחק או לפי מחיר דלק קיבלנו מחיר לא אופטימלי לעומת סעיף 32).*

*36.* ***אם קיים פתרון במרחב המקורי, אלג׳ 1 Aבהכרח מחזיר פתרון- הטענה נכונה.***

*הוכחה:*

*C נבנה פתרון P' השייך ל .*

*נסמן : כלומר הוא תת מסלול של P הפתרון המתחיל ב ומסתיים ב.*

*אזי המסלול הוא פתרון חוקי למרחב וזאת משום שהפעלת האופרטור חוקית בין כל 2 מצבים במסלול- מכיוון שP פתרון חוקי במרחב אז קיים כך ש ולכן ע"פ הגדרה*

*ובנוסף כיוון שP פתרון אופטימלי למרחב המקורי (יוריסטיקה קבילה) ומתקיים לכל i כי (אחרת נקבל סתירה לכך שP אופטימלי).*

*הראינו פתרון למרחב כלומר מסלול חוקי מתחיל במצב התחלתי ומסתיים במצב מטרה , ומנכונות האלגוריתם Uniform cost האלגוריתם ימצא מסלול זה (או מסלול בעל מחיר הנמוך או שווה לP') ולכן קיים פתרון לבעיה.*

*37.* ***אם אלג׳ A1מחזיר פתרון אז הפתרון המוחזר בהכרח אופטימלי ע״פ הקריטריון המשולב שהוגדר מעלה- הטענה נכונה.***

*הוכחה:*

*יהיה P=< פתרון אופטימלי ע"פ הקריטריון המשולב . כלומר מתקיים וגם מתקיים . אזי קיים במרחב המסלול החוקי הבא : כאשר כמו קודם*

*הוא תת מסלול של P הפתרון המתחיל ב ומסתיים ב. הפעלת האופרטורים על המסלול היא חוקית כיוון שP הוא מסלול חוקי במרחב המצבים ולכן קיים כך ש. מכאו ש ובנוסף כיוון שP פתרון אופטימלי לפי הקריטריון המשולב ולכן מתקיים לכל i כי*

*. הראנו בהרצאה כי Uniform Cost הוא אלגוריתם המחזיר פתרון אופטימלי למרחב עליו הוא פועל ביחס לפונקציית המחיר ומכיוון שהמסלול P הוא מסלול חוקי בעל מחיר אופטימלי ב, בהכרח Uniform Cost יחזיר מסלול זה או מסלול בעל מחיר השווה למחיר של מסלול זה.*

*38. MDA(moderate\_MDA(8):TestsTravelDistance) A\* (h=MDA-TimeObjectiveSumOfMinAirDistFromLab, w=0.500) time: 35.51 #dev: 51032 |space|: 83783 total\_g\_cost****: 132209.98140*** *total\_cost: MDACost(dist=* ***65686.522m****, money= 99.486NIS, tests-travel= 132209.981m) |path|: 15*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Distance Cost* | *Travel Cost* |
| *A2* | *65686.52* | *132209.98140* |
| *A\* & MDAMSTAirDistHeuristic* | *43034.794* | *176505.013* |
| *A\* & SumOfMinAirDistFromLab* | *93226.428* | *131265.15303* |

*הפתרון אכן מראה איזון בין הערכים- הוא קרוב לפתרון האופטימלי מבחינת מרחק עד כדי מרחק של האפסילון שקבענו כיוון ש נקבל ש והוא יחסית קרוב לTravel Cost האופטימלי.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *צעד* | *תור open* | *תור close* | *הצומת שנשלף מopen* | *האם הוא מטרה* |
| *1* | *1.5,* |  |  |  |
| *2* |  | *1.* |  | לא |
| *3* |  | *1.*  *2.* |  | לא |
| *4* |  | *1.*  *2.* |  | לא |
| *5* |  | *1.*  *2.* |  | לא |
| *6* |  | *1.*  *2.* |  | כן. סיום האלגוריתם והחזרת המסלול  s->d1->d2->lab שעלותו מבחינת מרחק היא 5.236 מטר |

*39. הפרכה- הטענה אינה נכונה. דוגמה נגדית:*

2

נגדיר : *קיבולת מבחנות באוטבוס- 10*

*מספר הדיירים בדירה 1 – 2*

*מספר הדיירים בדירה 2 – 1*

*מספר המטושים במעבדה- 2*

*מספר המטושים על האוטבוס 4*

3

2

1

2

*נגדיר*

*מצב בתור יהיה באופן הבא: (location,{tests on ambulance},{transferd to lab},#mastoshim,{visited labs}). הצמתים בתור יופיעו כרשימה כשהראשון ברשימה הוא הצומת הראשון בתור, השני ברשימה הצומת השני בתור וכו'.*

*ריצת האלגוריתם A\* עם MST Heuristic ופונ' מחיר distance:*

*תזכורת :*

2

נגדיר : *קיבולת מבחנות באוטבוס- 10*

***מספר הדיירים בדירה 1 – 2***

***מספר הדיירים בדירה 2 – 1***

*מספר המטושים במעבדה- 2*

*מספר המטושים על האוטבוס 4*

3

2

1

2

*ריצת האלגוריתם עם A\* , פונק מחיר travel\_cost , יוריסטיקת SumOfMinAirDistFromLab ומגבלה על distance<=5.236*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *צעד* | *תור open* | *תור close* | *הצומת שנשלף מopen* | *האם הוא מטרה* |
| *1* | *1.6, disr=0* |  |  |  |
| *2* | *1*  *2*  *6,,dist=3* | *1.6, dist =0* |  | לא |
| *3* | *6,,dist=3* | *1.6, dist =0*  *2.1* |  | לא |
| *4* | *6,,dist=3* | *1.6, dist =0*  *2.1* |  | לא |
| *5* | *6,,dist=3* | *1.*  *2.*  *4* | *- לא יפתח מצבים נוספים בגלל מגבלת הdisr* | לא |
| *6* | *6,,dist=3* | *1.*  *2.*  *4* | *- היא מבחינה כי הצומת החדש שווה ל* |  |