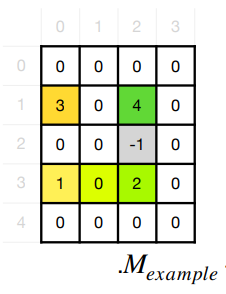
**חלק א:**

**משימה 1:**



לא קיים פתרון. נפריד למקרים לפי הצעד הראשון של הרובוט:

* הרובוט התקדם ישר. כעת לא נוכל להתקדם ישר או לבצע סיבוב ימינה או שמאלה.
* הרובוט הסתובב ימינה. כעת הרובוט לא יוכל להקדם ישר או לבצע סיבוב ימינה, ולכן האפשרות היחידה היא לבצע סיבוב שמאלה- ולנקודת ההתחלה.
* לא ניתן להתובב שמאלה.

**משימה 2:**

ייתכנו מעגלים.

דוגמה למצב התחלתי:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 |

אופרטור סיבוב ימינה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 0 |

אופרטור סיבוב שמאלה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 |

וחוזר חלילה. כלומר: רצף האופרטורים סיבוב ימינה סיבוב שמאלה יוצר מעגל במצבים.

**משימה 3:**

לא. דוגמה- המצב ההתחלתי בסעיף הקודם:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 |

**חלק ג**

**משימה 6:**

1. אלגוריתם BFS מחזיר את המסלול הקצר ביותר, לעומת UCF שמחזיר את הזול ביותר. במקרים אלו, המסלול הקל ביותר היה ארוך יותר מהמסלול הקצר ביותר.
2. התנאי- כל הפתרונות הקצרים ביותר הם גם הזולים ביותר.   
   הסבר – אנו יודעים שBFS יחזיר את המסלול הקצר ביותר הראשון שנמצא, אם קיים מסלול קצר ביותר כך שעלותו אינה קטנה ביותר קיימת ריצת BFS כלשהי שתמצא אותו, על כן אנו חייבים שכל מסלול קצר ביותר יהיה שווה עלות לקל ביותר.

**משימה 8:**

1. היוריסטיקה heuristic\_manhattan\_tail אינה קבילה, נראה באמצעות דוגמה נגדית כי לא מתקיים :

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |

עבור מצב זה:

ועבור הנתון בתרגיל, ולכן המטריקה אינה קבילה.

תנאי הכרחי ומספיק על המחיר של אופרטורי הסיבוב כך שהיוריסטיקה תהיה קבילה בכל מפה:

**משימה 9:**

נוכיח את הטענה:

ראשית, עבור כל מצב במבוך, ניתן לתאר את העלות של הגעה ליעד בצורה הבאה:

כאשר n הוא מספר צעדי הישר שנלקחו במסלול, וm הוא מספר הסיבובים שנעשו.

עבור מצב ספציפי, ניתן לתאר את מרחק המרכזים אל היעד בצורה הבאה:

אנו יודעים כי עבור המרכז, צעד הסיבוב **אינו** משנה את מיקום המרכז. בנוסף ניתן לתאר את המטרה במקום באמצעות 2 נקודות, באמצעות נקודת מרכז אחת בלבד. לכן, עבור כל מצב, המרחק בין המרכזים:

אנו יודעים זאת מאחר והמבוך מקביל לצירים, וכל הצעדים נלקחים במקביל לצירים, כמו שראינו בתרגול, צעדים אלו חסומים ע״י מרחק המנהטן של המרכזים.

ולכן:

ולכן לפי ההגדרה, המטריקה קבילה כנדרש.

***משימה 10:***

|  |  |
| --- | --- |
| ***time*** | ***cost*** |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

*בתרגול למדנו כי כאשר w גדל, נקבל פתרון פוטנציאלית מהיר יותר על חשבון איכות פתרון ירודה, כלומר פתרון לא אופטימלי. בגרפים אכן ניתן לראות כי כאשר w גדל אנו מקבלים פתרונות יקרים יותר. בנוסף ניתן לראות כי בממוצע, כאשר w גדל נקבל פתרונות מהירים יותר, אך לא באופן מוחלט יורד ממש (בין השאר כי ניתן למצוא יוריסטיקה טובה יותר).*

***משימה 11:***

*נסביר מדוע לכל זוג מצבים s,s’ מתקיים*

*לכל פעולה נגדיר את הפעולה ההופכית- rev :*

*נניח כי*

*נסתכל על אחד המסלולים הקלים ביותר (אם יש יותר מאחד) מs ל-s’.*

*לכן*

*נראה כי קיים המסלול:*

*ובכך נוכיח את השיוויון (שהרי המחיר לסיבוב ימינה/שמאלה זהה).*

*מתקיים:*

* *בכל מקום שבו היינו יכולים לנוע ישר, נוכל לנוע ישר בכיוון השני תוך היפוך ראש-זנב.*
* *בכל מקום שבו היינו יכולים לפנות ימינה, נוכל לפנות שמאלה תוך היפוך ראש-זנב (נובע מאופן הגדרת הפעולה לפי הבלוקים הריקים).*

*משימה 12:*

1. *הטענה אינה נכונה. נגדיר תנאי עבור כך שהמטריקה קבילה בהכרח.*

***תנאי:***

המתואר במצב קביל אם״ם עקבית.

אנו יודעים שכאשר עקבית, מובטח לנו פתרון אופטימלי עבור הבעיה ההפוכה, ובנוסף, בכל שלב בגרף בדרך, הf value יהיה קטן מערך המסלול האמיתי. כלומר, בפתרון ההפוך, המטריקה בהכרח תהיה קבילה בכל נקודה גם בדרך, ואנו יודעים שעבור נחש מקוצר בk, מובטח לנו פתרון אופטימלי בשימוש עם המטריקה(כלומר, אם נשתמש בk=0, נקבל בהכרח פתרון אופטימלי בשימוש במטריקה), ועבור כל נקודה בדרך.

נוכיח בהמשך כי תמיד מתקבל כי ועל כן, בהכרח המטריקה תהיה קבילה, כנדרש.

1. הטענה אינה נכונה. לדוגמה, נשתמש במטריקה שאנו יודעים שאינה קבילה, לדוגמה מטריקת זנב מנהטן. כאשר קיים פתרון יחיד לבעיה(לדוגמה במצב של מנהרה), אנו יודעים כי יתקבל בהכרח הפתרון היחיד הזה, שהוא הפתרון האופטימלי גם כן, בניגוד לטענה.

***משימה 15:***

*נניח כי קיים מסלול יחיד בין ל- .*

1. *בהנחה שקיים פתרון לבעיה המקורית, נראה כי הוא פתרון יחיד:*

*לצורך הפתרון נוכיח שתי טענות עזר:*

1. *קיים מסלול יחיד בין ל- אמ"מ קיים מסלול יחיד בין ל- .*
2. *אם קיים מסלול יחיד בין ל- אזי קיים פתרון יחיד לבעיה.*

*הוכחת טענה א:*

*כפי שהוכחנו בסעיף 11.*

*הוכחת טענה ב:*

*נניח בשלילה כי קיים יותר מפתרון יחיד לבעיה המקורית. לכל מסלול עבור הרובוט הרובוט המקורי, רובוט קצר יותר יוכל להתחקות אחר המסלול. נביט בכל צעד במסלול כלשהו של הרובוט המקורי:*

*עבור כלשהו:*

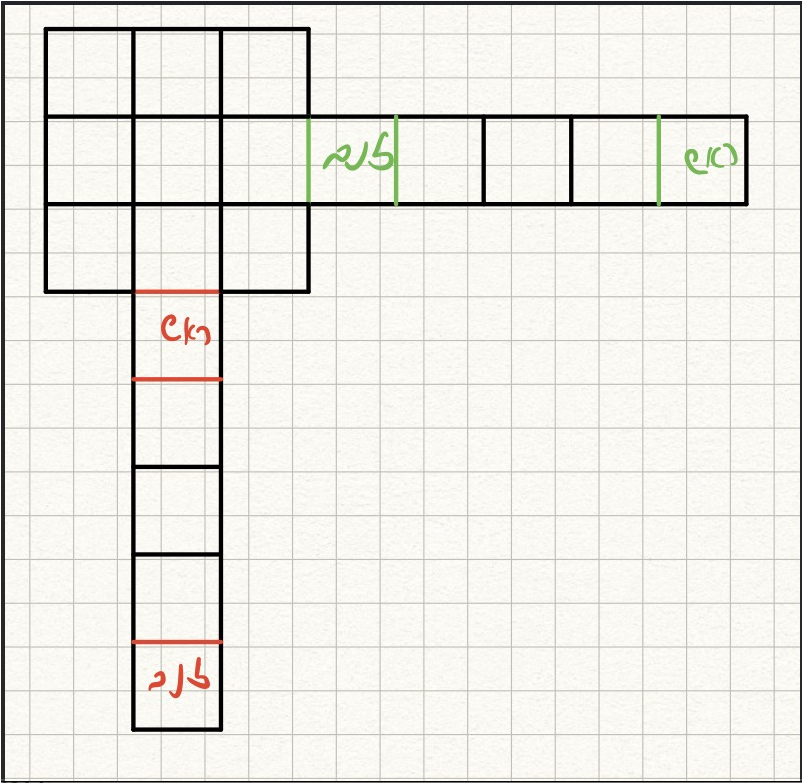
*אם : רובוט קצר יותר יוכל לבצע את הצעד.*

*אחרת אם : רובוט קצר יותר גם יוכל לבצע את הצעד.*

*על כן, עבור שני מסלולים קיימים שני מסלולים עבור רובוט מוקטן (כלומר מ ל- ) בסתירה לכך שיש מסלול יחיד.*

1. *הפרכה, כאשר לא קיים פתרון לבעיה המקורית לא מתקיים .*

*הסבר- לא בהכרח קיים פתרון לבעיה המקורית, לדוגמה:*



*אולם עבור k=2, נקבל סופי ולכן*

1. *אנו יודעים, כי עבור הבעיה המקורית, והבעיה המוקטנת, קיים פתרון יחיד. כלומר, בכל מקום שבו לא הייתה לנו נגישות מהצומת יעד, בבעיה ההפוכה, נגדיר את הערך המטריקה שלנו להיות h(s)=inf. לפיכך, אנו יודעים, כי בכל מקום בו קיימת צומת אותה אנו* ***צריכים*** *לפתח, תהיה לנו ערך מטריקה h(s)<inf, ולכן, תפותח לפני כל צומת אותה אנו לא צריכים לפתח. נניח בשלילה כי קיימת צומת כלשהי שלא היינו צריכים לפתח, אשר פותחה. לפי ההגדרה שהגדרנו, ערך המטריקה שלה הוא inf, ולפי צורת פיתוח האלגוריתם best first search, אנו יודעים שמשמע שהתור עדיפויות ממנו נלקח מצב זה לא הכיל אף מצב הקטן ממנו בעלות, בניגוד לידוע לנו כי קיים מסלול בעל ערך מטריקה סופי בנקודה זאת, כנדרש.*
2. *נתון כי קיים פתרון לבעיה המקורית שמספר האופרטורים בו הוא r. מסעיף 3 אנו נפתח אך ורק צמתים על המסלול האופטימלי ולכן .*

*בנוסף, שהרי a- מספר הצמתים הנגישים הוא מספר הצמתים שפותחו בזמן ריצת החישוב המקדים עם אלגוריתם UCS.*

*לכן התנאי הוא: .*

1. *נרצה לבנות מבוך בצורה הבאה(נתאר את הצורה שלו בכללי): אנו רוצים ליצור מצב, לדוגמה, בו מהמקור קיים מסלול יחיד, אפשרי, למקור, ואותו נמצא בקלות ע״י ucs, ומהמקור קיימים מספר גדול מאוד של מסלולים אחרים אל היעד, אשר הם חסומים(כלומר לא ישיגים אל היעד). בשיטה זאת, יש לנו מספר גדול ככל שנרצה של מסלולים לא טובים אל היעד(לא מגיעים אליו), ויש לנו מסלול אחד רק נכון שאותו אנחנו מחפשים, ולכן נוכל למצוא ערך טוב ככל שנרצה כדי שהמטריקה החדשה תצא יעילה יותר.*

***משימה 16***

1. *לא תמיד. ישנם מקרים שאכן שימוש ביוריסטיקה זו תשפר את הביצועים לעומת .*

*ריצת האלגוריתם עם יוריסטיקת ללא שלב החישוב המקדים אכן מהירה יותר לעומת . אולם ביוריסטיקת ערכי k גדולים ומפות שונות זמן הריצה (כולל החישוב המקדים) יכול לקחת זמן רב יותר.*

1. *ככל שk גדול יותר, כלומר נחשב את היורסטיקה לפי רובוט קטן יותר- זמן אתחול היוריסטיקה יהיה גדול יותר, וכפועל יוצא- זמן ריצת האלגוריתם תיקח זמן רב יותר. במימוש האלגוריתם ממשימה 13 בחרנו כי עבור מצבים שאינם ישיגים מ הערך היוריסטי יהיה אינסוף, כאשר k גדול יותר, יש פחות מצבים שאינם ישיגים מ (אינטואיטיבית- לרובוט קטן יש יותר אופציות (סיבובים) להגיע ליעד) כלומר* ***יותר*** *מצבים שנרצה לפתח (זמן ריצת האלגוריתם נגזר מכמות המצבים שמפתחים).*
2. *מימוש בקוד.*
3. *מהגרפים ניתן לראות שרוב זמן ריצת האלגוריתם מושקע באתחול היוריסטיקה. בנוסף כאשר k גדל, זמן אתחול היוריסטיקה גדל וכן זמן ריצת האלגוריתם גדל.*

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

***משימה 17:***

1. *מובטח לנו קבלת פתרון אופטימלי במצב זה. לפי טענות אותן הוכחנו בסעיפים קודמים, אנו יודעים כי אם עבור נחש קצר יותר, לא מצאנו פתרון כלשהו עבור ערכי f\_limit כלשהם, לא קיים פתרון עבור נחש ארוך יותר במצב זה. לכן, כאשר נריץ IDA\* במצב זה, לא יתקבל לנו פתרון לנחש בערכי הכf הנמוכים עבור הנחש החדש, ועל כן, לא ״נאבד״ פתרון אופטימלי בדרך לקבלת הפתרון שנמצא בהמשך הריצה.*
2. *נציע את דרך הריצה הבאה:*
3. *נמיין את הנחשים לפי אורכם*
4. *נריץ IDA\* עבור כל נחש, ועבור הפתרון אותו נמצא לנחש, נשמור בצד את ערך הf\_limit שיצא.*
5. *נריץ עבור האורך הנחש הבא בתור עם f\_limit שיצא מהנחש הקודם לו.*

*כפי שהראנו קודם, לא נמצא פתרון אופטימלי עבור נחש ארוך יותר בערך נמוך, ובנוסף, נחסוך את כל זמן ההגעה לf\_limit החדש הזה, ולכן, נחסוך בזמן ריצה, כנדרש.*