דו"ח מסכם

תרגיל בית 1­

יונתן בתן

302279138

[Yonibettan@gmail.com](mailto:Yonibettan@gmail.com)

עמרי פרוינד

301695490

omrifro[@gamil.com](mailto:Neliahu@gamil.com)

# **חלק א'**

# סעיף 1:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **עם אילוץ דלק** | **ללא אילוץ דלק** | **K** |
| 1 | 1 | 1 |
| 10 | 2 | 2 |
| 150 | 6 | 3 |
| 3000 | 24 | 4 |
| 75000 | 120 | 5 |
| 2250000 | 720 | 6 |
| 78750000 | 5040 | 7 |
| 3150000000 | 40320 | 8 |
| 141750000000 | 362880 | 9 |
| 7087500000000 | 3628800 | 10 |

מספר הפרמוטציות עבור  ו-

# **חלק ג'**

# סעיף 2:

בגבול העליון יש לנו לקוחות הממתינים למשלוח ו- תחנות דלק אפשריות ולכן מקדם הסיעוף המקסימלי הינו . בגבול התחתון כל ההזמנות סופקו וכבר ביקרנו בכל תחנות הדלק ולכן מקדם הסיעוף הינן 0.

סה"כ נקבל .

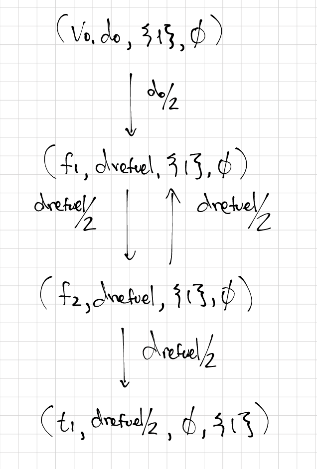
# סעיף 3:

יתכנו מעגלים.

כיוון שהגעה לתחנת דלק אינה משנה את רשימות המשלוחים ומצב הדלק במצבים אלו הינו כל עוד המרחק בין 2 תחנות דלק קטן מ- יהיה קיים אופרטור מאחת לשנייה ונקבל מעגל.

לדוגמא עבור , וקבוצת המצבים

כאשר מסומן על הקשתות לכל צמתים של מצבים מסוימים נקבל את המעגל הבא:



# סעיף 4:

# סעיף 5:

יתכנו בורות.

אם החלטנו ללכת לספק משלוח, שאינו המשלוח האחרון, במקום ללכת לתדלק והגענו למצב שאין לנו מספיק דלק כדי להגיע למשלוח הבא או לתחנת דלק קרובה נתקע בבור.

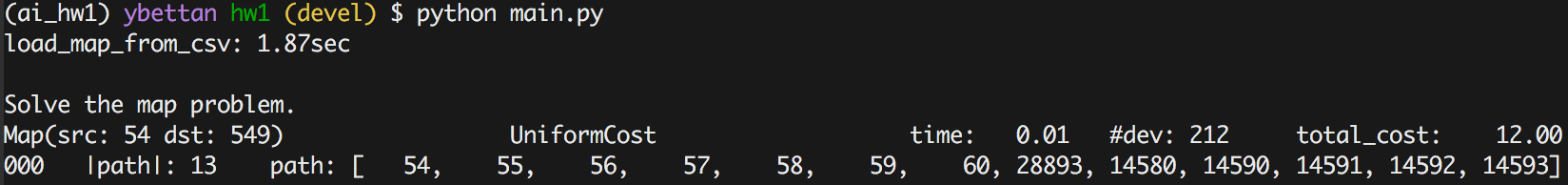
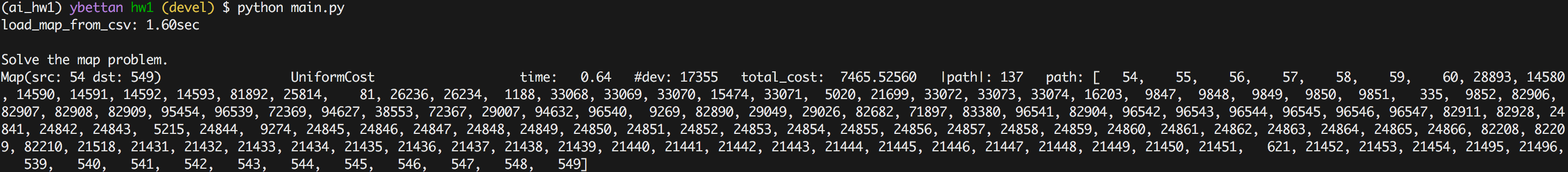
# סעיף 6:

# סעיף 7:

במקרה המינימלי יהיה לנו דיי דלק בכדי לספק את כל המשלוחים ללא עצירה בתחנת דלק ולכן עבור הוספת צומת ההתחלה נקבל עומק מינימלי של .

# **חלק ד'**

# סעיף 8:

* 
* 

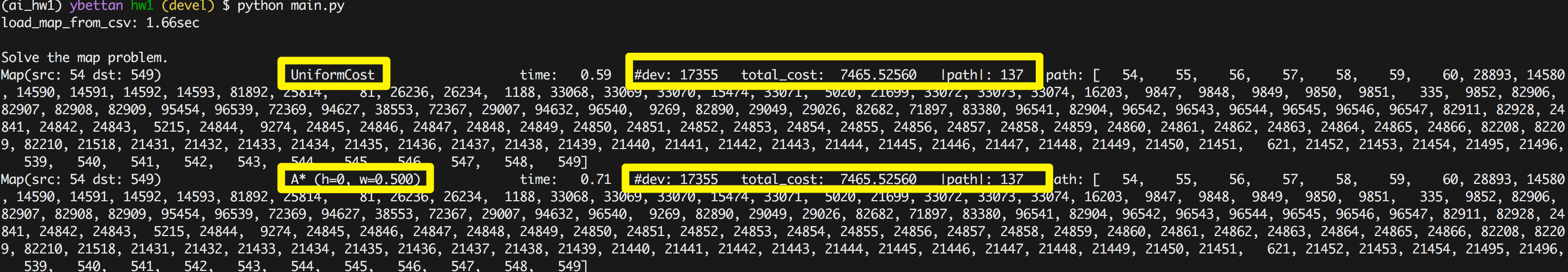
# **חלק ה'**

# סעיף 9:

בקוד

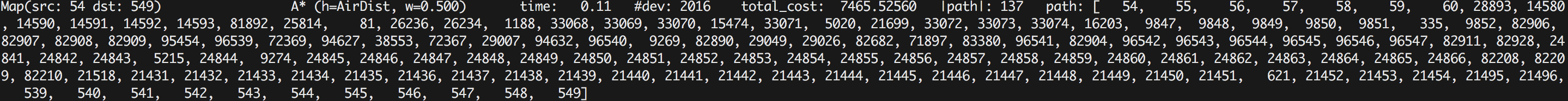
# סעיף 10:

כפי שניתן לראות אכן קיבלנו את אותה תוצאה עבור uniform\_cost ו- a\_star עם יוריסטיקה .



# סעיף 11:

כמתוכנן כיוון שהיוריסטיקה קבילה קיבלנו פתרון קביל (זהה ל- uniform cost) אך יעיל יותר מפתרון עם יוריסטיקה "טיפשה" שאינה מוסיפה מידע לאלגוריתם מעבר למחיר הצומת הנוכחי.



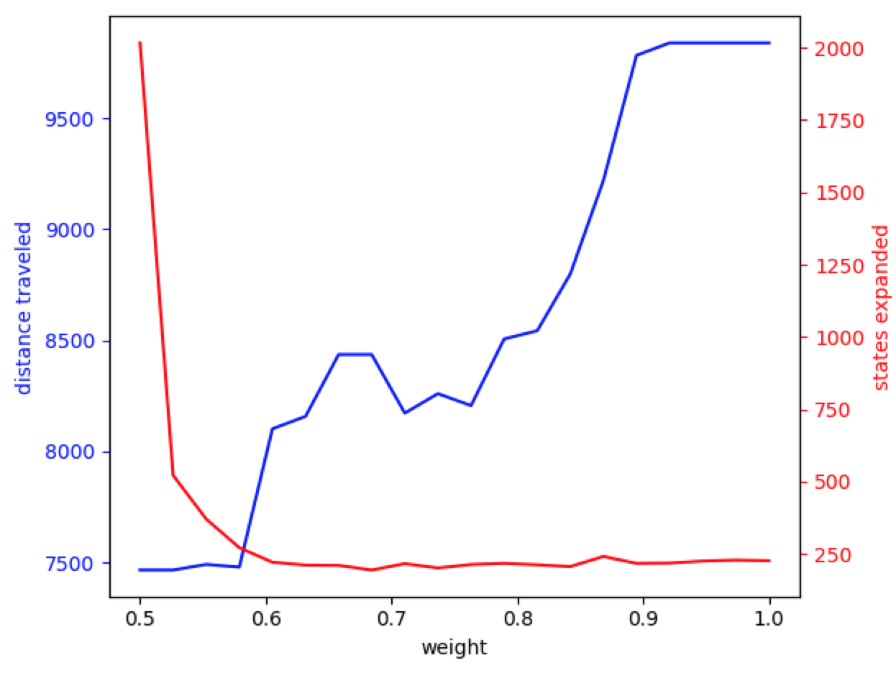
# סעיף 12:

כפי שלמדנו ככל שליורסטיקה משקל כבד יותר האלגוריתם רץ כמה שיותר מהר למטרה על חשבון אופטימליות הפתרון וככל שמשקל היוריסטיקה נמוך יותר כך אנחנו משפרים את אופטימליות הפתרון על חשבון זמן הריצה ולכן הגרף שקיבלנו מסתדר עם התיאוריה.

עקומת המרחק אינה מונוטונית לחלוטין שכן היוריסטיקה אינה מושלמת וניתן לתכנן גרף באופן כזה שלא יהיה פגיעה במחיר הפתרון ולכן כפי שניתן לראות המגמה מראה פגיעה באופטימליות הפתרון עבור הגדלת משקל היוריסטיקה אך לא באופן "חלק"

נקודה מעניינת היא שהקטנה המשקל הניתן ליורסטיקה בקנה מידה קטנה פוגע בצורה משמעותית באופטימליות הפתרון.

במקרה הנ"ל היה נותן פתרון אופטימלי כמעט באותה מידה אך בעלות זולה הרבה יותר.



# סעיף 13:

בקוד

# סעיף 14:

היוריסטיקה הינה קבילה.

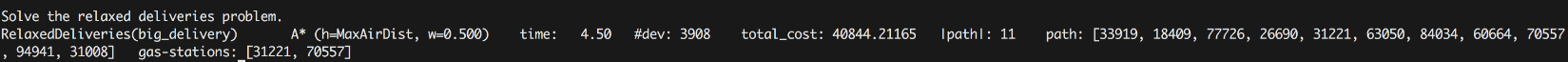
במידה ויש הזמנה יחידה אז נקבל אחרת יש יותר מהזמנה יחידה שעדיין לא סופקה אז בהכרח סכום המרחקים האוויריים שלהם בהכרח גדול מהמרחק האווירי המקסימלי מבין כל אחת בנפרד.

# סעיף 15:

בקוד

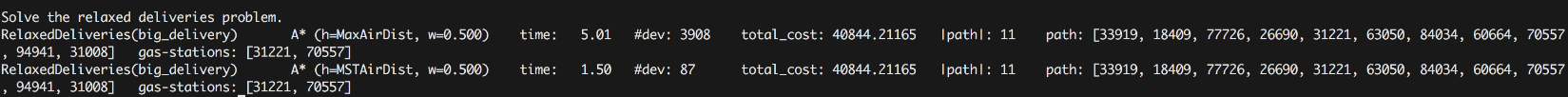
# סעיף 16:

קיבלנו מסלול חוקי באורך 11 צמתים העובר ב- 2 תחנות דלק



# סעיף 17:

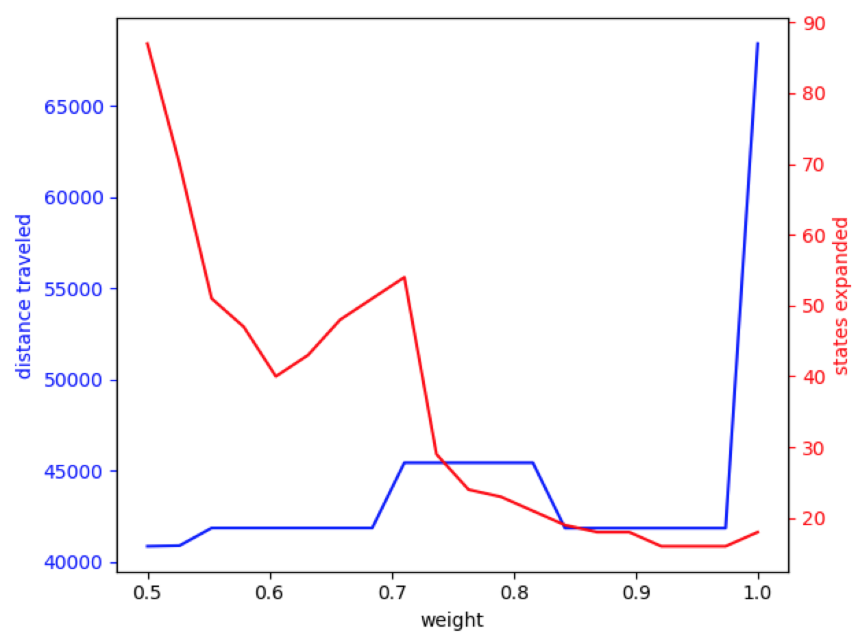
כפי שמוסבר בתרגיל למרות שהיוריסטיקה אינה מאוד מיודעת היא עדיין חוסכת לנו המון פיתוחים, וכמובן עדיין מחזירה את הפתרון האופטימלי כיוון שיוריסטיקה זו קבילה.



# סעיף 18:

אמנם הבעיה אותה אנחנו פותרים הינה שונה מבעיית המפה אך עדיין נוכל לקבל תחושה כללית אינדיקטיבית. ניתן לראות שאופטימליות הפתרון יחסית חסין מפני הגדלת המשקל של היוריסטיקה (עד גבול מסוים) שכן יוריסטיקה זו מיודעת יותר מהיוריסטיקה של מרחק אווירי (הכוונה היא למרחק אווירי ישיר למרחק מטרה ולא דרך סכום המרחקים האוויריים של צמתי הביניים).

בנוסף ככל שנגדיל את המשקל הניתן לערך היוריסטי (עד גבול מסוים) לעומת מחיר הצומת כך אנחנו בעצם "רצים" מהר יותר לכיוון המטרה עם פגיעה מינימלית באופטימליות הפתרון כפי שהוסבר קודם לכן.

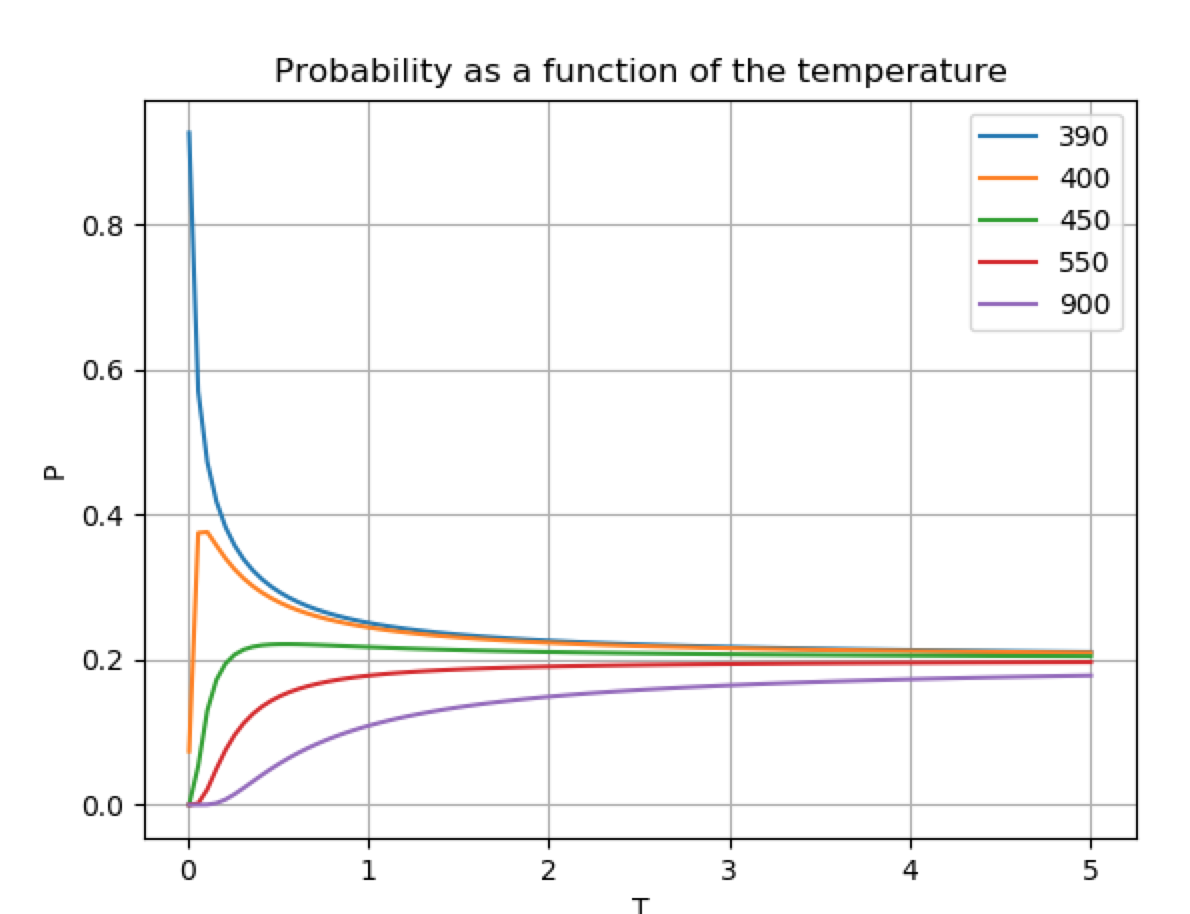


# סעיף 19:



# סעיף 20:

להלן הגרף שהתקבל, הסבר יינתן בסעיפים הבאים.



# סעיף 21:

כאשר הטמפרטורה אפסית אנחנו בעצם לא מאפשרים "רעש" כלומר לא נותנים לאלגוריתם הרבה חופש בחירה לבחור בצומת עם ערך יוריסטי שאינו המינימלי כלומר אינו מעניק "סקרנות" לאלגוריתם.

ניתן לראות שאכן האלגוריתם יבחר את הצומת הבא לפיתוח כאל הצומת כאל הצומת עם היוריסטיקה הנמוכה ביותר בהסתברות של כמעט 1 וכל צומת אחר בהסתברות כמעט 0, במילים אחרות יתנהג בצורה דומה לאלגוריתם דטרמיניסטי.

# סעיף 22:

עבור טמפרטורה מקסימלית האלגוריתם בוחר צומת כמעט באקראיות מוחלטת מבין הצמתים בעלי ערך יוריסטי נמוך ביותר כלומר במקרה זה לאלגוריתם "מקסימום סטוכסטיות".

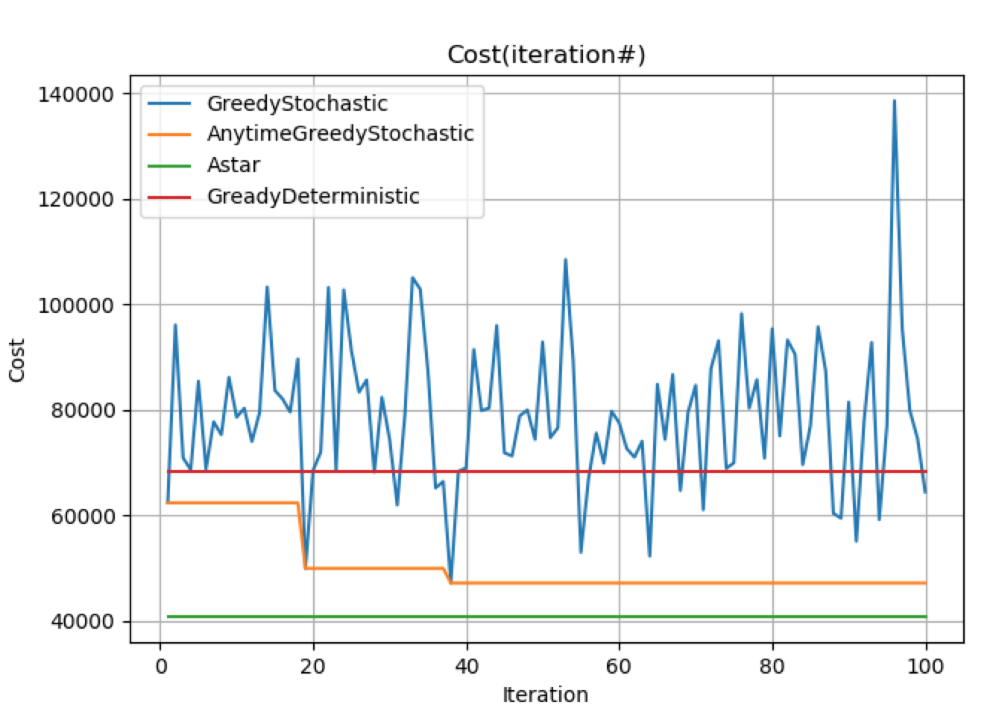
כלומר פרמטר זה בעצם מאפשר לנו לבצע tuning על מידת "ההרפתקנות" של האלגוריתם אל מול הדטרמיניסטיות שלו.

# סעיף 23:

בקוד

# סעיף 24:

**להשלים הסבר**



# **שאלה תיאורטית**

נתון כי h קבילה, מכאן שעבור כל מצב s בו h מוגדרת ולכן , עבור מצבים s בהם h אינה מוגדרת לכן לכל s ולכן קבילה.

נגדיר את היורסטיקה הבאה:



ולמעשה נריץ עם יוריסטיקה זו A\* ונקבל את התוצאה הרצויה.

לכל צומת חדש המתגלה במרחב החיפוש יש אב שגילה אותו, נסמן אב זה ב- ונשתמש בדיוק באותה יוריסטיקה מהסעיף הקודם.

במידה ונגיע לצומת שכבר נמצא ב- OPEN או ב- CLOSE בעלות זולה יותר נעדכן את הערך היורסטי בהתאם לאב החדש.

קיים אלגוריתם כנ"ל.

נגדיר את היוריסטיקה הבאה:



נריץ A\* בעזרת היוריסטיקה .

נוכיח:

1. היוריסטיקה קבילה ולכן האלגוריתם קביל
2. מיודעת יותר מאשר
3. האלגוריתם יעיל לפחות כמו A\* המשתמש ב-

לכל צומת נוכיח באינדוקציה על מספר הקשתות מהשורש ל- .

בסיס:

עבור 0 קשתות מתקיים ולכן

צעד:

נניח ש- עבור צומת הנמצא במרחק קשתות ונוכיח ש- עבור צומת הנמצא במרחק קשתות.

כאשר המעבר \* נובע מהנחת האינדוקציה.

עבור מתקיים

עבור נקבל

ולכן הינה מיודעת יותר מ- לכל

לפי משפט מההרצאה אלגוריתם הרץ עם יוריסטיקה מיודעת יותר יעיל לפחות כמו אלגוריתם הרץ עם יוריסטיקה פחות מיודעת ולכן A\* עם יעיל לפחות כמו A\* הרץ עם