

תרגיל בית 1 – מבוא לבינה מלאכותית 236501

מגישים: דניאל עמרם 203892500

אלכס בלגודרסקי 319259180

1. מספר הפרמוטציות השונות:

K value	Possible Permutations with gas restriction	Possible Permutations without gas restriction
1	1	1
2	2	10
3	6	150
4	24	3000
5	120	75000
6	720	2250000
7	5040	78750000
8	40320	3150000000
9	362880	1.4175E+11
10	3628800	7.0875E+12

2. ערכי הקיצון האפשריים הם 0 עבור ערך מינימאלי שבו אין לנו מספיק דלק להגיע לאף צומת. ערך מקסימלי של מס' כל המשלוחים+ תחנות הדלק שיש במפה.
3. ייתכנו מעגלים במרחב המצבים כפי שהוגדר. התנאי עבור אופרטור של תדלוק דורש רק קיום תנאי של כמות דלק מינימאלית לפי המרחק לתחנה. יכול להיות מצב שבו נבקר באותה תחנת דלק פעמיים מבלי שביצענו הורדת הזמנה. (למשל מצב שבו אנו נמצאים בתחנת דלק A ועוברים לתחנת דלק B וחוזרים לתחנת דלק A – נשים לב כי המיקום הנוכחי במצב לא השתנה, הדלק מלא כפי שהיה בתחנה A, קבוצת ההזמנות לא השתנתה כי לא ביצענו אף הורדת הזמנה)
4. מרחב מצבים זה הוא אינסופי, מאחר שכמות הדלק אינה דיסקרטית ועלולה להכיל אינסוף ערכים שונים לעומת קבוצת ההזמנות והמצב הנוכחי שיהיו סופיים. נשים לב שלא כל המצבים ישיגים, כי למשל אם נסתכל על המרחק המינימאלי בין כל הצמתים השונים, נקרא לו X, לא נוכל להגיע לרזולוציית דלק שהיא פחות מכמות הדלק במצב הנוכחי+X.
5. כן, למשל עבור צומת של הזמנה שהגענו אליה ממצב מסוים, וכמות הדלק שברשותינו לא מאפשרת לנו להגיע לאף עוקב של הצומת הנוכחי, הרי שזהו בור ישיג לפי הגדרה.
- 6.

$$Succ((v_1, d_1, T_1, F_1)) = \{(v_2, d_2, T_2, F_2) \mid$$

$$(v_2 \in GasStations \cap Dist(v_1, v_2) \geq d_1 \cap T_2 = T_1) \\ \cap F_2 = F_1$$

$$\cup (v_2 \in Ord \cap Dist(v_1, v_2) \geq d_1 \cap v_2 \in T_1 \cap T_2 = T_1 \setminus \{v_1\} \cap F_2 = F_1 \cup \{v_1\}))$$

7. נצטרך לעבור פעם אחת לפחות בכל ההזמנות ולכן חסם תחתון יהיה גודל קבוצת ההזמנות |Ord|.

8. E. פלט ריצה מתוקנת:

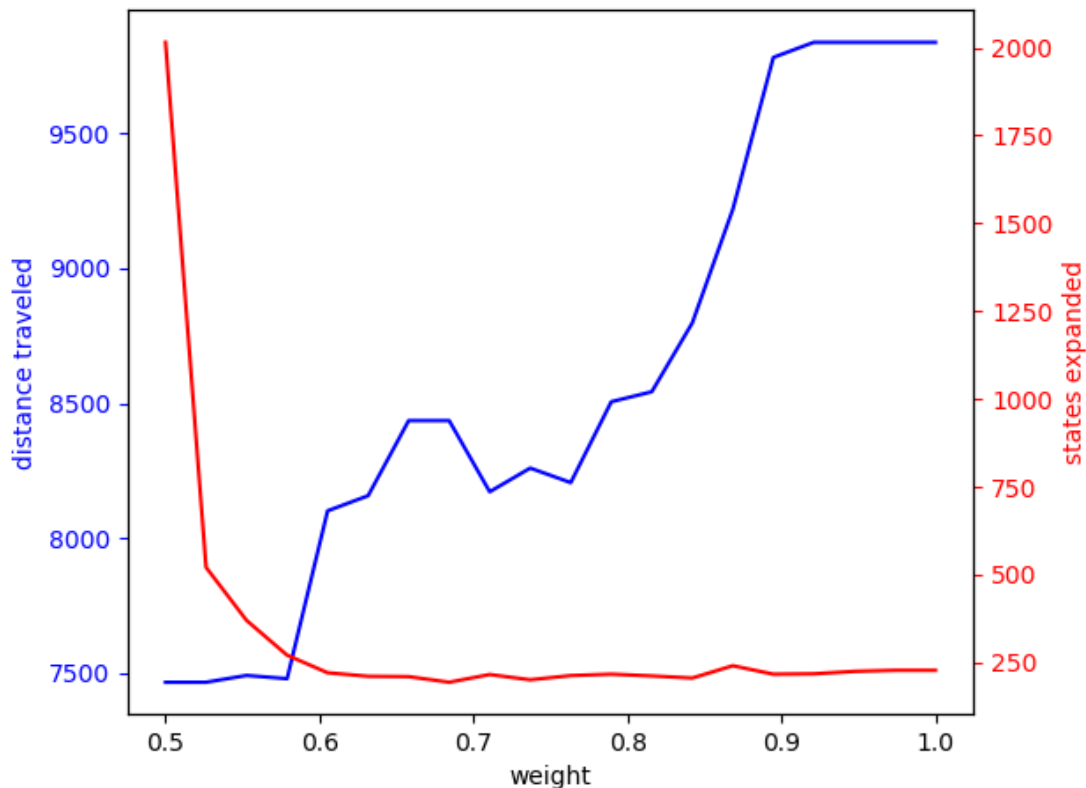
```
Map(src: 54 dst: 549) UniformCost time: 0.66 #dev: 17355 total_cost: 7465.52897 |path|: 137 path: [ 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 28893, 14580, 14590, 14591, 14592, 14593, 81892, 25814, 81, 26236, 26234, 1188, 33068, 33069, 33070, 15474, 33071, 5020, 21699, 33072, 33073, 33074, 16203, 9847, 9848, 9849, 9850, 9851, 335, 9852, 82906, 82907, 82908, 82909, 95454, 96539, 72369, 94627, 38553, 72367, 29007, 94632, 96540, 9269, 82890, 29049, 29026, 82682, 71897, 83380, 96541, 82904, 96542, 96543, 96544, 96545, 96546, 96547, 82911, 82928, 24841, 24842, 24843, 5215, 24844, 9274, 24845, 24846, 24847, 24848, 24849, 24850, 24851, 24852, 24853, 24854, 24855, 24856, 24857, 24858, 24859, 24860, 24861, 24862, 24863, 24864, 24865, 24866, 82208, 82209, 82210, 21518, 21431, 21432, 21433, 21434, 21435, 21436, 21437, 21438, 21439, 21440, 21441, 21442, 21443, 21444, 21445, 21446, 21447, 21448, 21449, 21450, 21451, 621, 21452, 21453, 21454, 21495, 21496, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549]
```

11.

```
Map(src: 54 dst: 549) A* (h=AirDist, w=0.500) time: 0.11 #dev: 2016 total_cost: 7465.52897 |path|: 137 path: [ 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 28893, 14580, 14590, 14591, 14592, 14593, 81892, 25814, 81, 26236, 26234, 1188, 33068, 33069, 33070, 15474, 33071, 5020, 21699, 33072, 33073, 33074, 16203, 9847, 9848, 9849, 9850, 9851, 335, 9852, 82906, 82907, 82908, 82909, 95454, 96539, 72369, 94627, 38553, 72367, 29007, 94632, 96540, 9269, 82890, 29049, 29026, 82682, 71897, 83380, 96541, 82904, 96542, 96543, 96544, 96545, 96546, 96547, 82911, 82928, 24841, 24842, 24843, 5215, 24844, 9274, 24845, 24846, 24847, 24848, 24849, 24850, 24851, 24852, 24853, 24854, 24855, 24856, 24857, 24858, 24859, 24860, 24861, 24862, 24863, 24864, 24865, 24866, 82208, 82209, 82210, 21518, 21431, 21432, 21433, 21434, 21435, 21436, 21437, 21438, 21439, 21440, 21441, 21442, 21443, 21444, 21445, 21446, 21447, 21448, 21449, 21450, 21451, 621, 21452, 21453, 21454, 21495, 21496, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549]
```

AirDistHeuristic

12.



הסבר:

ניתן לראות שככל שמשקל ההיוריסטיקה גדול יותר בחישוב ה-COST כך פותחו פחות צמתים מאחר והיה לנו "ידע נוסף" על בחירת הצומת הבא לפיתוח, דבר שהוביל לריצה מיועדת יותר. מצד שני, ניתן לראות כי ככל שמשקל ההיוריסטיקה קטן יותר, בחרנו את הצומת הבא לפיתוח עם דגש למרחק עד הצומת הזה ולא בעיקר לפי ההיוריסטיקה כמו שקורה עבור משקלים ששואפים ל1.

14. היריסטיקה המושלמת h^* תיתן לנו את המרחק המינימלי שנותר לנו עוד לסוע מצומת כלשהי על מנת לסיים את כל המשלוחים שעוד ממתינים. היריסטיקה של \maxAirDist , שנסמנה h' – נותנת לנו את המרחק האווירי המקסי' בין כל העוקבים לבין הצומת שאותו אנו מנסים להעריך. לכן, זוהי היריסטיקה אופטימית כי בהכרח קטנה שווה ל h^* ולכן קבילה.

.16

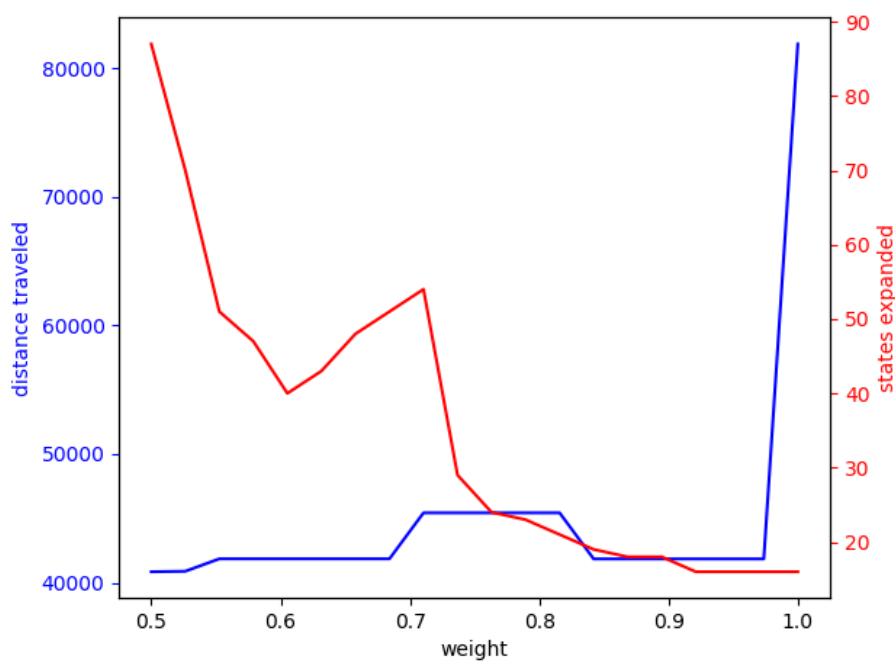
```
RelaxedDeliveries(big_delivery)    A* (h=MaxAirDist, w=0.500)  time:  5.39  #dev: 3908  total_cost: 40844.21165  |path|: 11  path: [33919, 18409, 77726, 26690, 31221, 63050, 84034, 60664, 70557, 94941, 31008]  gas-stations: [31221, 70557]
```

.17

```
RelaxedDeliveries(big_delivery)    A* (h=MSTAirDist, w=0.500)  time:  1.49  #dev: 87  total_cost: 40844.21165  |path|: 11  path: [33919, 18409, 77726, 26690, 31221, 63050, 84034, 60664, 70557, 94941, 31008]  gas-stations: [31221, 70557]
```

:MSTAirDistHeuristic

.18

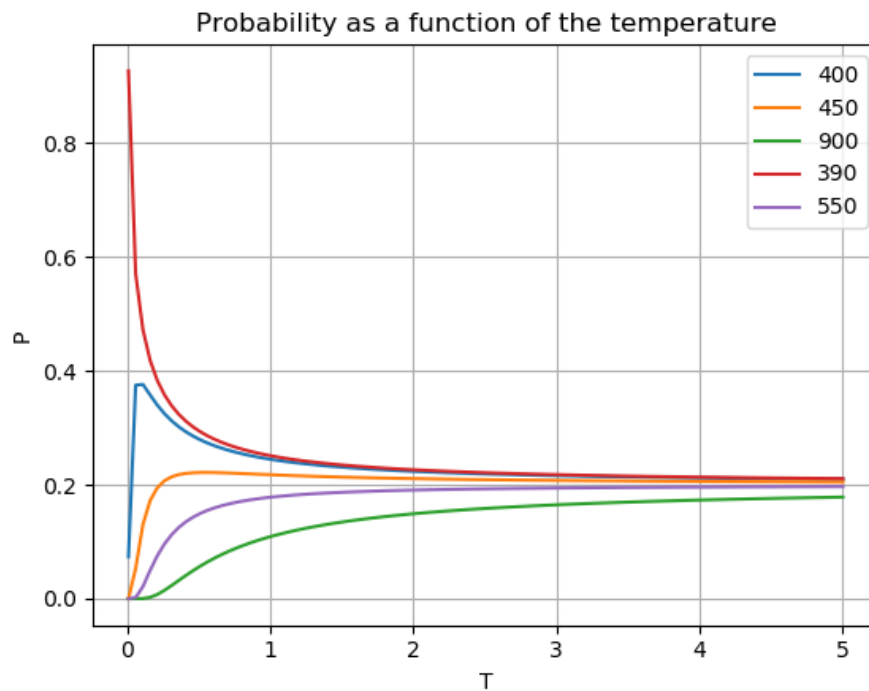


.19

$$p_r(X_i)_\alpha \triangleq \frac{\sum_{j \in \text{Best } N \text{ points}} \left(\frac{X_i}{\alpha}\right)^{-\frac{1}{T}}}{\sum_{j \in \text{Best } N \text{ points}} \left(\frac{X_j}{\alpha}\right)^{-\frac{1}{T}}} = \frac{\alpha^{\frac{1}{T}} \cdot X_i^{-\frac{1}{T}}}{\alpha^{\frac{1}{T}} \cdot \sum_{j \in \text{Best } N \text{ points}} (X_j)^{-\frac{1}{T}}}$$

$$= \frac{(X_i)^{-\frac{1}{T}}}{\sum_{j \in \text{Best } N \text{ points}} (X_j)^{-\frac{1}{T}}} \triangleq p_r(X_i)$$

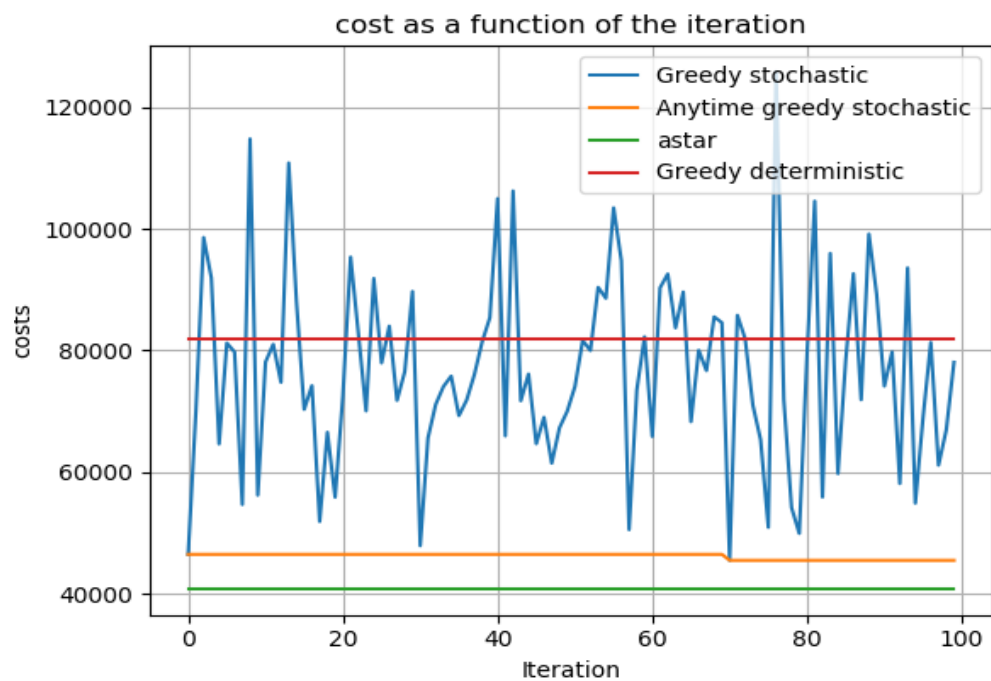
20.

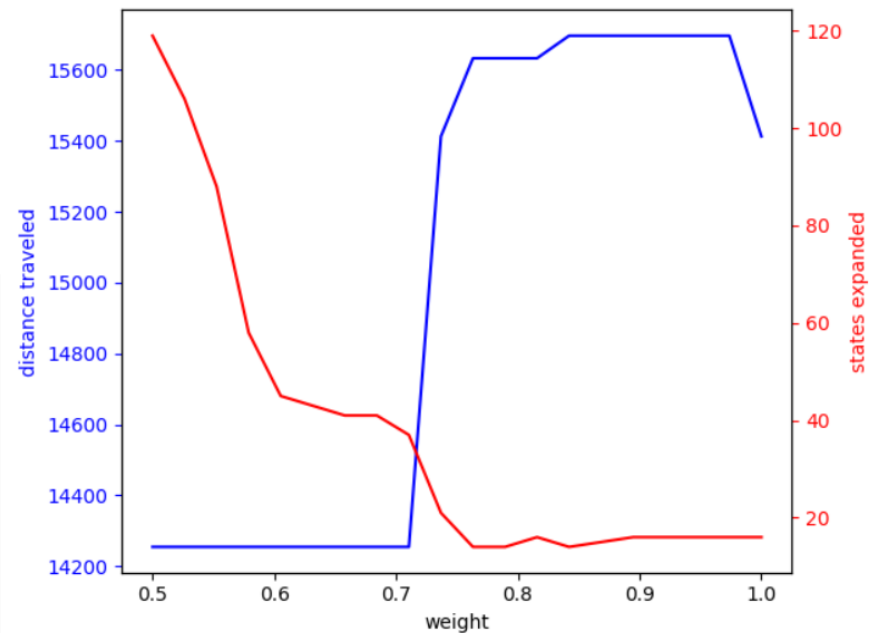


21. כאשר $T \rightarrow 0$ יש פחות "רעש" במערכת ונבחר בהסתברות גבוהה יותר את הבחירה הבטוחה יותר – כלומר בעלת COST מינימאלי.

22. כאשר $T \rightarrow \infty$ יש הרבה "רעש" במערכת שממסך את הCOST של הצמתים. כך שנבחר בהסתברות שווה אחת מבין הצמתים.

24.





27. נגדיר היוריסטיקה $h(s)$ באופן הבא:

$h(s)$ = cost from the result of applying A* on RelaxedDeliveries problem with s state as initial state (If there is a valid solution from such s), else =0.

מאחר וRelaxedDeliverisProblem משתמשת במרחק אוויר ולא מתחשבת בכבישי המפה- מרחק אמיתי, הרי שהתוצאה שמחזירה ההיוריסטיקה בהכרח קטנה יותר מההיוריסטיקה האופטימאלית. ולכן ההיוריסטיקה קבילה.

.28

```
StrictDeliveries(small_delivery)      A* (h=RelaxedProb, w=0.500)  time:  6.61
#dev: 80      total_cost: 14254.79234  |path|: 8      path: [43516, 67260, 17
719, 43454, 43217, 32863, 7873, 42607]  gas-stations: [17719, 32863]
```

מס' המצבים שפותחו:

- בסעיף 26 ניתן לראות כי עבור משקל של 0.57~ ומטה פותחו יותר צמתים מאשר בהרצה בסעיף 28 שם פותחו 80 צמתים בלבד. כמו כן, ניתן לראות כי עבור משקל גדול מ0.57~ מס' פיתוחי הצמתים הולך וקטן ככל שהמשקל גדל בצורה מגמתית.
- עבור משקל 0.5 האלג' בסעיף 26 פיתח 120 צמתים לעומת האלג' ב28 שפיתח 80 בלבד.

איכות הפתרונות:

ניתן לראות כי עבור משקל של 0.6~ בסעיף 26 איכות הפתרון בערך זהה לזה של סעיף 28.

זמן ריצה:

נשים לב כי זמן הריצה עלה מכ13 שניות לכ20 שניות, מאחר ועל אותו מס' פיתוחים הפונקציה ההיוריסטית ב28 רצה יותר זמן. (נשים לב שאם היינו מריצים את 2 הבעיות אחת אחרי השנייה, היינו מקבלים תוצאות הפוכות בגלל השימוש במטמון)

פרק שני - שאלה תאורטית

כך שני - שאלה תאורטית

① י"כ $s \in S$ לבד, נבדוק אם h קטנה קט h קטנה.

$$0 \leq h_0(h, s) = h(s) \leq h^*(s) \quad \text{אם } \text{Applicable}(s) = \text{True}$$

↓
הזכר h היחידות קטנה.

$$0 \leq 0 \leq h_0(h, s) \leq h^*(s)$$

↓
 h גמלה יפה לזה י"כ

② נבדוק אם h יאמן בקונטקסט: ~~אם h יאמן~~

$$h(s) = \begin{cases} h(s) & \text{Applicable}(s) \\ \max_{t \in \text{Success}(s)} \{h(t)\} + \text{cost}(s, t), & \text{else} \end{cases}$$

אם h קטנה כי: קטנה h או h גמלה יפה - נכון.
אגלה אם יוצאת קטנה h גמלה יפה.
קטנה h גמלה יפה $h^*(s)$ קטן $h^*(s)$.
ואז h או h כי קטנה $h(s)$ או $h(s)$ קטן $h(s)$ יאמן.
כפוף $h^*(s) \geq h(s) \geq h_0(h, s) \geq 0$.

