

האוניברסיטה הפתוחה

20551

מבוא לבינה מלאכותית

חוברת הקורס אביב 2016

כתבה : אילנה בס

מרץ 2016 – סמסטר אביב – תשע"ו

פנימי – לא להפצה.

© כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה.

תוכן העניינים

א	אל הסטודנט
ב	1. לוח זמנים ופעילויות
ד	2. תיאור המטלות
ד	2.1 מבנה המטלות
ה	2.2 חומר הלימוד הדרוש לפתרון המטלות
ה	2.3 ניקוד המטלות
ו	3. התנאים לקבלת נקודות זכות
1	ממ"ן 11
11	ממ"ן 12
17	ממ"ן 13
23	ממ"ן 14
27	ממ"ן 15
33	ממ"ן 16
35	ממ"ן 17
36	ממ"ן 18

אל הסטודנט,

אנו מקדמים את פניך בברכה עם הצטרפותך אל הלומדים בקורס "מבוא לבינה מלאכותית".

בחוברת זו תמצא את לוח הזמנים של הקורס, תנאים לקבלת נקודות זכות וחלק מהמטלות.

לקורס קיים אתר באינטרנט בו תמצאו חומרי למידה נוספים, אותם מפרסם/מת מרכז/ת ההוראה. בנוסף, האתר מהווה עבורכם ערוץ תקשורת עם צוות ההוראה ועם סטודנטים אחרים בקורס. פרטים על למידה מתוקשבת ואתר הקורס, תמצאו באתר שה"ס בכתובת:

<http://telem.openu.ac.il>

מידע על שירותי ספרייה ומקורות מידע שהאוניברסיטה מעמידה לרשותכם, תמצאו באתר הספרייה באינטרנט www.openu.ac.il/Library.

צוות הקורס ישמח לעמוד לרשותך בכל שאלה שתתעורר.

ניתן לפנות למנחים בשעות ההנחייה הטלפונית שלהם או אלי בכל יום ד' בשעות 11:00-13:00 בטלפון 09-7781239. כמו כן ניתן לפנות אלי ב- e-mail כתובתי: ilana@openu.ac.il

לתשומת לב הסטודנטים הלומדים בחו"ל:

למרות הריחוק הפיסי הגדול, נשתדל לשמור אתכם על קשרים הדוקים ולעמוד לרשותכם ככל האפשר.

הפרטים החיוניים על הקורס נכללים בחוברת הקורס וכן באתר הקורס. מומלץ מאוד להשתמש באתר הקורס ובכל אמצעי העזר שבו וכמובן לפנות אלינו במידת הצורך.

אני מאחלת לך לימוד פורה ומהנה.

בברכה,

אילנה בס

מרכזת ההוראה בקורס

1. לוח זמנים ופעילויות (20551 / 2016)

שבוע לימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח ממ"ן (למנחה)
1	11.3.2016-6.3.2016	פרקים 1,2		
2	18.3.2016-13.3.2016	פרק 2,3	מפגש 1	
3	25.3.2016-20.3.2016 (ה-ו פורים)	פרק 3		
4	1.4.2016-27.3.2016	פרק 4	מפגש 2	ממ"ן 11 (להרצה) 1.4.2016
5	8.4.2016-3.4.2016	פרק 5		
6	15.4.2016-10.4.2016	פרק 6	מפגש 3	ממ"ן 12 (תיאורטי) 15.4.2016
7	22.4.2016-17.4.2016 (ו ערב פסח)	פרק 7		
8	29.4.2016-24.4.2016 (א-ו פסח)	פרק 8		ממ"ן 13 (להרצה) 29.4.2016
9	6.5.2016-1.5.2016 (ה יום הזכרון לשואה)	פרק 9	מפגש 4	

* התאריכים המדויקים של המפגשים הקבוצתיים מופיעים ב"לוח מפגשים ומנחים".

לוח זמנים ופעילויות - המשך

שבוע הלימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח הממ"ן (למנחה)
10	13.5.2016-8.5.2016 (ד יום הזיכרון) (ה יום העצמאות)	פרק 10		ממ"ן 14 (תיאורטי) 13.5.2016
11	20.5.2016-15.5.2016	פרק 13	מפגש 5	
12	27.5.2016-22.5.2016 (ה ל"ג בעומר)	פרק 14		ממ"ן 15 (תיאורטי) 27.5.2016
13	3.6.2016-29.5.2016	פרק 17	מפגש 6	
14	10.6.2016-5.6.2016 (א יום ירושלים)	פרק 17,18		ממ"ן 16 (להרצה) 10.6.2016
15	17.6.2016-12.6.2016 (א שבועות)	פרק 18		
16	24.6.2016-19.6.2016	חזרה	מפגש 7	ממ"ן 17 (תיאורטי) 24.6.2016

מועדי בחינות הגמר יפורסמו בנפרד

תאריך אחרון למשלוח ממ"ן 18 (להרצה) - 24.7.2016

* התאריכים המדויקים של המפגשים הקבוצתיים מופיעים ב"לוח מפגשים ומנחים".

2. תיאור המטלות

קרא היטב עמודים אלו לפני שתתחיל לענות על השאלות

בקורס זה 8 מטלות, 4 מטלות תיאורטיות ו-4 מטלות להרצה. פתרון המטלות הוא חלק בלתי נפרד מלימוד הקורס, שכן הבנה מעמיקה של חומר הלימוד דורשת תרגול רב. יש להגיש לפחות 2 מטלות מבין המטלות התיאורטיות (12,14,15,17) (במשקל כולל של 5 נק' לפחות) ו-2 מטלות לפחות מבין מטלות הרצה (11,13,16,18) (במשקל כולל של 10 נק' לפחות). אם שאלה מסוימת בממ"ן אינה ברורה לך, אל תהסס להתקשר אל המנחה (בשעות הייעוץ הטלפוני שלו) או להיעזר בקבוצת הדיון של הקורס. להלן תמצא הסבר על אופן הפתרון הנדרש וכיצד לשלוח את המטלה למנחה.

2.1 מבנה המטלות וצורת הגשתן

בקורס ישנן כאמור מטלות משני סוגים:

מטלות רגילות:

מטלה כזו מורכבת מכמה שאלות. בראש כל שאלה מצוין משקלה היחסי בקביעת ציון המטלה. פתרון השאלות במטלה כזו אינו דורש הרצת תכניות במחשב. הן נועדו לבדוק את הבנתך בחומר הלימוד. את הפתרונות למטלה כזו יש לכתוב בצורה ברורה ומסודרת.

מטלות הרצה:

במטלות אלה עליך לכתוב תכניות ולהריץ אותן במחשב. את התכניות יש לכתוב ב-C/C++ או ב-Java.

תיעוד:

בכל תכנית הוסף תיעוד בגוף התכנית המסביר מהו תפקידו של כל משתנה, מה מבצעת כל שורה וכל הסבר נוסף החשוב להבנת מהלך פעולתה של התכנית. יש לתת שמות משמעותיים למשתנים ולשגרות המופיעים בתכניות. יש להקפיד על קריאות ובהירות תוך שימוש בהיסח (אינדטציה) מסודרת ואחידה.

במטלת הרצה עליך לשלוח למנחה:

- את התכנית לאחר שבדקת שהיא מבצעת את הנדרש ממנה ללא טעויות.
- יש להגיש את קובץ המקור של התכנית (source code).
- יש לצרף מספר דוגמאות ריצה של התכנית. תכנית שתישלח ללא דוגמאות ריצה (דוגמאות קלט והפלט שהופק עבורן) לא תיבדק!

תכניות שתוגשנה בכתב-יד או ללא תיעוד או ללא קובץ המקור - לא תבדקנה!

2.2 חומר הלימוד הדרוש לפתרון המטלות

בטבלה שלהלן תמצא מהו חומר הלימוד הנדרש (לפי פרקי הספר) לפתרון כל אחת מהמטלות.

שים לב!

אין להשתמש לפתרון המטלות בידע הנרכש בפרקי לימוד מתקדמים יותר מהפרקים בהם עוסקת המטלה.

מטלה	חומר הלימוד הנדרש לפתרונה
ממ"ן 11	פרקים 1-4
ממ"ן 12	פרקים 1-6
ממ"ן 13	פרקים 1-6
ממ"ן 14	פרקים 7-9
ממ"ן 15	פרק 10, פרקים 13-14
ממ"ן 16	פרקים 1-10
ממ"ן 17	פרקים 17-18
ממ"ן 18	פרקים 1-18

2.3 ניקוד המטלות

המשקל הכולל של ממ"נים 11-18 הוא 30 נקודות. עליך לצבור לפחות 15 נקודות.

ללא עמידה בדרישות המטלות לא ניתן יהיה לגשת לבחינת הגמר

הכנת המטלות 11-18 חייבת להיעשות ע"י כל סטודנט בנפרד.

מטלות שלא יבוצעו באופן עצמאי – ייפסלו!!!

להלן פירוט הניקוד לכל מטלה:

ממ"ן	ניקוד
11	6
12	3
13	4
14	3
15	2
16	5
17	2
18	5

לתשומת לבכם:

מדיניות קורס זה היא לאשר הזנת ציון אפס במטלות שלא הוגשו כנדרש בקורס. סטודנטים אשר לא הגישו את מכסת המטלות המינימאלית לעמידה בדרישות הקורס ולקבלת זכאות להיבחן, ומבקשים שמטלות חסרות יוזנו בציון אפס, יפנו למוקד הפניות והמידע בטלפון **09-7782222** או **יעדכנו בעצמם** באתר שאילתא <http://www.openu.ac.il/sheilta>

קורסים → ציוני מטלות ובחינות → הזנת ציון 0 למטלות רשות שלא הוגשו.

יש לקחת בחשבון כי מטלות אשר יוזן להן ציון אפס ישוקללו בחישוב הציון הסופי ובכך יורידו ציון זה ולא ניתן יהיה להמירן במטלות חלופיות במועד מאוחר יותר. על כן קיימת אפשרות שסטודנט אשר יעבור את הבחינה בהצלחה ייכשל בקורס (כשהמוצע המשוקלל של המטלות והבחינה יהיה נמוך מ-60).

כלל זה איננו חל על מטלות חובה או על מטלות שנקבע עבורן ציון מינימום.

לתשומת לבכם!

כדי לעודדכם להגיש לבדיקה מספר רב של מטלות הנהגנו את ההקלה שלהלן:

אם הגשתם מטלות מעל למשקל המינימלי הנדרש בקורס, **המטלות** בציון הנמוך ביותר, שציוניהן נמוכים מציון הבחינה (**עד שתי מטלות**), לא יילקחו בחשבון בעת שקלול הציון הסופי.

זאת בתנאי שמטלות אלה **אינן חלק מדרישות החובה בקורס** ושהמשקל הצבור של המטלות האחרות שהוגשו, מגיע למינימום הנדרש.

זכרו! ציון סופי מחושב רק לסטודנטים שעברו את בחינת הגמר בציון 60 ומעלה והגישו מטלות כנדרש באותו קורס.

3. התנאים לקבלת נקודות זכות בקורס

- א. הגשת 2 מטלות לפחות מבין המטלות התיאורטיות (12,14,15,17) תוך צבירת 5 נק' לפחות.
- ב. יש להגיש לפחות 2 מתוך המטלות להרצה (11,13,16,18) וצבירת 10 נק' לפחות.
- ג. ציון 60 לפחות בכל מטלת הרצה.
- ד. ציון 60 לפחות בבחינת הגמר.
- ה. ציון סופי בקורס 60 לפחות.

מטלת מנחה (ממ"ן) 11 - להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: שפת Python ופרקים 1-3

משקל המטלה: 6

מספר השאלות: 8

מועד אחרון להגשה: 1.4.2016

סמסטר: 2016ב

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

מטלות הריצה בקורס ייכתבו בשפת [Python\(2.7\)](#), שפת תכנות מונחה עצמים.

אנו לא מניחים כלל שיש לכם נסיון בתכנות בשפה זו, אך מצפים שתלמדו את הבסיס שלה די מהר, (במיוחד לאור הכרותכם ונסיונכם עם שפת Java).

מצורף [כאן](#) קישור למדריך בסיסי ב-Python(3) ובו משולבים תרגילים שעליכם לפתור כדי להכיר השפה. [אין צורך להגישם.](#)

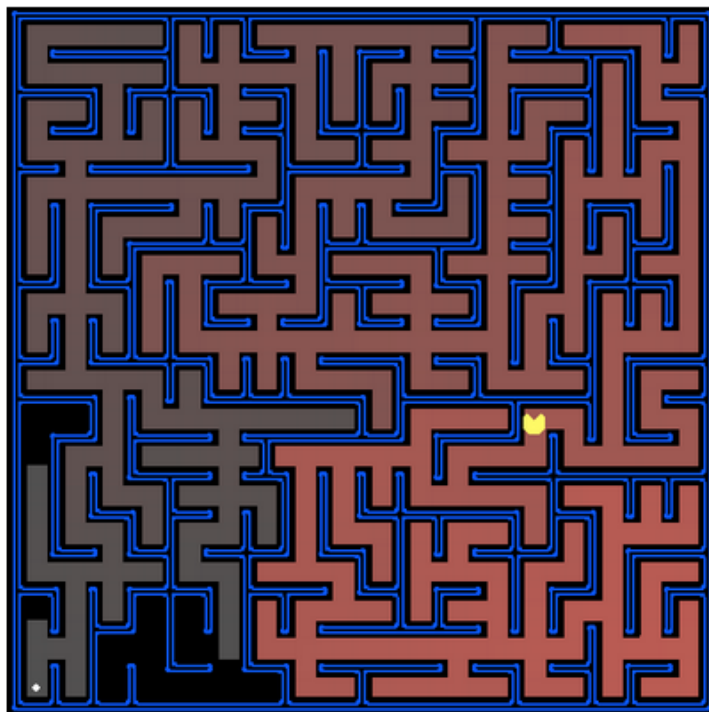
מצורף [כאן](#) קישור למדריך בסיסי ב-Python(2). הקובץ שבקישור מתייחס גם לעבודה בסביבת Unix וניתן להתעלם מההתייחסויות ל-Unix.

שתי מטלות הריצה הראשונות פותחו באוניברסיטת ברקלי על-ידי John DeNero ו-Dan Klein.

מדריך לPython בעברית ניתן למצוא [כאן](#).

מדריך מפורט ניתן למצוא [כאן](#).

חיפוש ב-Pac-Man



All those colored walls,
Mazes give Pacman the blues,
So teach him to search.

הקדמה

במטלה זו, סוכן פקמן שלכם ימצא מסלולים בעולם המבוך שלו, הן כדי להגיע למיקום מסויים והן כדי ללקט מזון בצורה יעילה. עליכם לכתוב אלגוריתמי חיפוש כלליים ולממשם לתרחישים של פקמן.

הקוד עבור מטלה זו מורכב ממספר קבצי Python. לצורך ביצוע המטלה יהיה עליכם לקרוא ולהבין את חלקם ומהאחרים תוכלו להתעלם. את כל הקוד והקבצים הנלווים ניתן להוריד

[כקובץ zip.](#)

הקבצים שתערכו ולתוכם תוסיפו את הקוד שלכם :

[search.py](#)

כל אלגוריתמי החיפוש שכם ייצאו שם

[searchAgents.py](#)

כל סוכני החיפוש שלכם ייצאו שם

קבצים שכדאי לקרוא :

[pacman.py](#)

הקובץ העיקרי שמריץ משחקי פקמן. הקובץ מתאר את הטיפוס GameState שתשתמשו בו במטלה זו

[game.py](#)

הלוגיקה שמאחורי אופן פעולת עולם הפקמן. קובץ זה מתאר מספר טיפוסים עזר כגון AgentState, Agent, Direction, Grid.

[util.py](#)

מבני נתונים שימושיים למימוש אלגוריתמי חיפוש

קבצים שאינו צורך להתעמק בקוד שלהם :

[GraphicsDisplay.py](#)

גרפיקה עבור פקמן

[GraphicsUtils.py](#)

תמיכה לגרפיקה של פקמן

[TextDisplay.py](#)

גרפיקת אסקי לפקמן

[GhostAgents.py](#)

סוכנים לבקרה על רוחות רפאים

[KeyboardAgents.py](#)

ממשקי מקלדת לבקרה על פקמן

[Layout.py](#)

קוד לקריאת קבצי layout ואחסון תוכנם

עליכם להגיש

יש למלא חלקים חסרים בקוד [search.py](#) ו-[searchAgents.py](#) במהלך ביצוע המטלה. עליכם לשלוח למנחה את שני הקבצים הללו (בלבד) וכן את README.txt (שם, ת.ז ותיעוד) כקובץ zip. כלומר יש לשלוח בדיוק קובץ אחד. הנכם מתבקשים לא לשנות שמות של פונקציות או מחלקות הנתונות בקוד.

ברוכים הבאים לפקמן

לאחר שהורדתם את הקוד ([search.zip](#)), עשיתם לו unzip, תוכלו לשחק משחק פקמן. לצורך כך הקלידו בשורת הפקודה (command line):

```
python pacman.py
```

שימו לב: אם קיבלתם הודעת שגיאה לגבי python-tk, התקינו python-tk או ראו הוראות מפורטות יותר [בעמוד זה](#).

פקמן חי בעולם כחול בוהק של מסדרונות פתלתלים וממתקים עגולים טעימים. ניווט בעולם זה ביעילות תיהיה המשימה הראשונה של פקמן.

הסוכן הפשוט ביותר בקובץ [searchAgents.py](#) נקרא GoWestAgent, שתמיד זז מערבה (סוכן של תגובה פשוטה). סוכן זה יכול לעתים לנצח:

```
python pacman.py --layout testMaze --pacman GoWestAgent
```

אבל, העניינים מסתבכים עבור סוכן זה כאשר עליו להסתובב :

```
python pacman.py --layout tinyMaze --pacman GoWestAgent
```

אם פקמן נתקע, תוכלו לצאת מהמשחק על ידי הקשת CTRL-c.

במהרה הסוכן שלכם יפתור לא רק tinyMaze אלא כל מבוך שתמצאו. שימו לב ש- pacman.py תומך במספר אופציות. כל אחת מהן ניתנת לביטוי באריכות (למשל, --layout) או בקצרה (למשל, -l). תוכלו לראות את רשימת כל האפשרויות וערכי ברירת המחדל שלהן על ידי :

```
python pacman.py -h
```

כמו כן, כל הפקודות המופיעות במטלה זו, מופיעות גם ב- commands.txt, לצורך נוחיות העתקתן.

שימוש באלגוריתמי חיפוש למציאת נקודת מזון קבועה

בקובץ searchAgents.py, תמצאו searchAgent ממומש במלואו, המתכן מסלול דרך עולם פקמן ולאחר מכן מבצע מסלול זה צעד אחר צעד. אלגוריתמי החיפוש עבור התכנית (plan) אינם ממומשים. משימה זו מוטלת עליכם. במהלך פתרון השאלות שיופיעו להלן, תצטרכו כנראה להתייחס לרשימת תיאור סוגי האובייקטים שבקוד המופיעה בסוף מטלה זו. תחילה, בידקו שה- searchAgent פועל היטב על ידי כך שתריצו :

```
python pacman.py -l tinyMaze -p SearchAgent -a fn=tinyMazeSearch
```

הפקודה שלעיל מורה ל- searchAgent להשתמש ב- tinyMazeSearch (הממומש בקובץ

search.py) כאלגוריתם החיפוש שלו. פקמן אמור לנווט במבוך בהצלחה.

כעת ניתן לכתוב פונקציות חיפוש כדי לעזור לפקמן לתכנן מסלולים. הפסאודו-קוד לאלגוריתמי החיפוש נמצא בספר הלימוד. זכרו כי צומת במרחב החיפוש צריך להכיל בנוסף למצב עצמו, את כל המידע הדרוש לבנייה מחדש של המסלול (plan) המוביל למצב זה.

הערה חשובה : כל פונקציות החיפוש שלכם צריכות להחזיר רשימת פעולות שתוביל את הסוכן מהמצב ההתחלתי אל מצב המטרה. פעולות אלה צריכות להיות (כולן) מהלכים חוקיים (כיוונים מותרים, לא להיכנס בתוך קירות).

רמזים :

1. האלגוריתמים דומים אחד לשני. אלגוריתמים עבור DFS, BFS, A*, Uniform-Cost search נבדלים זה מזה רק בפרטי אופן ניהול החזית. כלומר, לאחר שתכתבו את DFS כנדרש, יהיה לכם קל מאד לכתוב את יתר האלגוריתמים. אכן, אחד המימושים האפשריים (אינו חובה) דורש יצירת מתודה לחיפוש כללי שמקבלת את מבנה הנתונים לאחזקת המצבים הממתניים להיסרק.
2. בדקו את טיפוס Queue, Stack ו-PriorityQueue הנתונים לכם בקובץ util.py !

שאלה 1 (10%)

ממשו את אלגוריתם חיפוש לעומק (DFS) בפונקציה `depthFirstSearch` אשר בקובץ [search.py](https://www.cs.princeton.edu/~aschect/teaching/ai2019/assignments/assignment1/assignment1.html). כדי שהאלגוריתם שלכם יהיה שלם, כתבו את גירסת חיפוש-גרף של חיפוש לעומק, המונעת פיתוח של מצבים שנסרקו כבר. (ראו סעיף 3.3 בספר הלימוד). הקוד שתכתבו אמור למצוא פתרון עבור:

```
python pacman.py -l tinyMaze -p SearchAgent
```

```
python pacman.py -l mediumMaze -p SearchAgent
```

```
python pacman.py -l bigMaze -z .5 -p SearchAgent
```

הלוח של פקמן יראה את המצבים שנסרקו ואת הסדר על פיו נסרקו (אדום בהיר יותר פירושו שנסרקו מוקדם יותר). האם סדר הסריקה תואם לסדר שהייתם מצפים?
רמז: אם תשתמשו ב-Stack כבמבנה הנתונים שלכם, הפתרון שימצא אלגוריתם חיפוש לעומק שכתבתם עבור `mediumMaze` יהיה באורך 130 (בהנחה שהוספתם עוקבים לחזית על פי הסדר הנתון על ידי `getSuccessors`; אתם אמורים לקבל 244 אם הוספתם אותם בסדר ההפוך).
האם זה פתרון זול ביותר? נמקו.

שאלה 2 (10%)

ממשו אלגוריתם חיפוש לרוחב (BFS) בפונקציית `breadthFirstSearch` שבקובץ [search.py](https://www.cs.princeton.edu/~aschect/teaching/ai2019/assignments/assignment1/assignment1.html). שוב, עליכם לכתוב אלגוריתם חיפוש-גרף המונע פיתוח של מצבים שנסרקו כבר. בדקו את הקוד שלכם באותה הדרך שבדקתם עבור חיפוש לעומק.

```
python pacman.py -l mediumMaze -p SearchAgent -a fn=bfs
```

```
python pacman.py -l bigMaze -p SearchAgent -a fn=bfs -z .5
```

האם אלגוריתם חיפוש לרוחב מוצא פתרון זול ביותר? נמקו.

רמז: אם נראה לכם שפקמן זז לאט מדי, נסו את האופציה `--frameTime 0`.
שימו לב: אם כתבתם את קוד החיפוש באופן כללי, הוא אמור לעבוד באותה מידה גם עבור בעיית 8-puzzle, ללא כל שינוי.

```
python eightpuzzle.py
```

שינוי פונקציית המחיר

BFS ימצא את המסלול למטרה בעל מספר פעולות מינימלי, אך יתכן שנרצה למצוא מסלולים שהם "טובים יותר" במובנים אחרים. נתייחס ל-[mediumDottedMaze](#) ול-[mediumScaryMaze](#). על ידי שינוי פונקציית המחיר, אנו יכולים לעודד את פקמן למצוא מסלולים אחרים. למשל, אנו יכולים לתת מחיר גבוה לצעדים באיזורים בהם יש הרבה רוחות רפאים או לתת מחיר נמוך לצעדים באיזורים עתירי מזון וסוכן פקמן רציונלי אמור להתאים את התנהגותו לשינויים אלה.

שאלה 3 (10%)

ממשו אלגוריתם לחיפוש-גרף מונחה-מחיר בפונקציה `uniformCostSearch` אשר בקובץ [search.py](#). כדאי לעבור על [util.py](#) כדי לראות מבני נתונים שיכולים להיות לכם לעזר במימוש האלגוריתם. כל הסוכנים שלהלן הינם סוכני חיפוש מונחה מחיר וההבדל ביניהם הוא בפונקציית המחיר בה כל אחד משתמש (הסוכנים ופונקציות המחיר נתונים לכם).

```
python pacman.py -l mediumMaze -p SearchAgent -a fn=ucs
python pacman.py -l mediumDottedMaze -p StayEastSearchAgent
python pacman.py -l mediumScaryMaze -p StayWestSearchAgent
```

שימו לב: אתם אמורים לקבל מחירי מסלול מאד נמוכים ומאד גבוהים עבור `StayEastSearchAgent` ו-`StayWestSearchAgent` בהתאמה, עקב פונקציות המחיר האקספוננציאליות שלהם (פרטים בקובץ [searchAgents.py](#)).

חיפוש A*

שאלה 4 (15%)

ממשו אלגוריתם חיפוש-גרף A* בפונקציה `aStarSearch` (הריקה) אשר בקובץ [search.py](#). A* מקבל כפרמטר פונקציה יוריסטית. יוריסטיקה מקבלת שני פרמטרים: מצב בבעיית חיפוש (הפרמטר הראשי) והבעיה עצמה. דוגמה טריוויאלית היא הפונקציה היוריסטית `nullHeuristic` שבקובץ [search.py](#). אתם יכולים לבדוק את מימוש A* על הבעיה המקורית של מציאת מסלול למיקום קבוע במבוך תוך שימוש ביוריסטיקת מרחק מנהטן (הממומשת כבר כ-`manhattanHeuristic` בקובץ [searchAgents.py](#)).

```
python pacman.py -l bigMaze -z .5 -p SearchAgent -a fn=astar,
                        heuristic=manhattanHeuristic
```


תוכלו לראות ש-A* מוצא את הפתרון האופטימלי קצת מהר יותר מחיפוש מונחה-מחיר (בסביבות 549 לעומת 629 צמתי חיפוש מפותחים במימוש שלנו אבל כשיש עדיפויות זהות, הבחירות שהאלגוריתם יבצע עלולות לשנות מעט את מספרם של המצבים.

מה קורה ב-openMaze לאסטרטגיות החיפוש השונות?

מציאת כל הפינות

היתרון האמיתי של A* יבוא לידי ביטוי בבעיית חיפוש מאתגרת יותר. ננסח כעת בעיה חדשה ונתכנן יוריסטיקה עבורה. נתון מבוכ עם ארבע פינות ובכל אחת מהן יש נקודה. בבעיית החיפוש החדשה יש למצוא את המסלול הקצר ביותר במבוכ העובר דרך ארבע הפינות. (בין אם במבוכ יש שם מזון או לא). שימו לב לכך שעבור מבוכים מסויימים כגון [tiny Corners](#), המסלול הקצר ביותר לא תמיד עובר תחילה דרך נקודת המזון הקרובה ביותר! רמז : אורך המסלול הקצר ביותר דרך tinyCorners הוא 28 צעדים.

שאלה 5 (10%)

ממשו את בעיית החיפוש CornersProblem בקובץ [searchAgents.py](#). עליכם לבחור יצוג למצבים אשר יקודד את כל המידע הדרוש כדי לדעת האם נסרקו כל ארבע הפינות. כעת סוכן החיפוש שלכם יפתור :

```
python pacman.py -l tinyCorners -p SearchAgent -a fn=bfs, prob=CornersProblem
```

```
python pacman.py -l mediumCorners -p SearchAgent -a fn=bfs, prob=CornersProblem
```

כדי לקבל ניקוד מלא בשאלה זו, עליכם להגדיר את ייצוג המצב כך שלא יקודד מידע לא רלבנטי (כגון מיקום רוחות הרפאים, היכן יש מזון נוסף וכד'). במיוחד, אל תשתמשו ב-GameState של פקמן כבמצב של מרחב החיפוש. אחרת, הקוד שלכם יהיה איטי מאוד וגם שגוי.

רמז : החלקים היחידים במצב במשחק שאליהם עליכם להתייחס במימושכם הם המיקום ההתחלתי של פקמן ומיקומן של ארבע הפינות.

המימוש של breadthFirstSearch מפתח פחות מ-2000 צמתיים ב- [medium Corners](#). ואולם, יוריסטיקה (שמשתמשים בה ב-A*) יכולה להפחית את החיפוש הנדרש.

שאלה 6 (15%)

ממשו יוריסטיקה עבור בעיית החיפוש CornersProblem ב- CornersHeuristic. אופן מתן הציון לשאלה זו: לא ינתן ניקוד עבור פונקציה יוריסטית שאינה קבילה. תינתן נקודה אחת לכל פונקציה יוריסטית קבילה. נקודה אחת אם יפותחו פחות מ-1200 צמתים. נקודה אחת אם יפותחו פחות מ-900 צמתים. ניקוד מלא אם יפותחו פחות מ-800 צמתים.

```
python pacman.py -l mediumCorners -p AStarCornersAgent -z 0.5
```

רמז: זכרו, פונקציות יוריסטיות מחזירות רק מספרים, אשר צריכים להוות חסמים תחתונים על מחיר המסלול (האמיתי) הקצר ביותר למטרה הקרובה ביותר, כדי שהיוריסטיקות תהיינה קבילות.

שימו לב: AStarCornerAgent הוא קיצור עבור

```
-p SearchAgent -a fn=aStarSearch, prob=Cornersproblem, heuristic=CornersHeuristic
```

"אכילת" כל הנקודות

נפתור כעת בעית חיפוש קשה: "אכילת" כל המזון של פקמן במספר צעדים קטן ככל האפשר. לצורך כך נזדקק להגדרה חדשה עבור בעית החיפוש המבטאת את בעית "אכילת" כל המזון. FoodSearchProblem בקובץ [searchAgents.py](#) (הממומשת עבורכם). נגדיר פתרון כמסלול האוסף את כל המזון שבעולם הפקמן. לצורך ביצוע מטלה זו, הפתרונות אינם מביאים בחשבון רוחות רפאים כלשהן או חטיפי (טבליות) אנרגיה; הפתרונות תלויים רק במיקום הקירות, מזון רגיל ובפקמן. (כמובן שרוחות רפאים יכולות להרוס את ביצוע הפתרון! בכך נטפל במטלת הריצה הבאה). אם כתבתם נכון את מתודות החיפוש הכלליות, A^* ללא יוריסטיקה (השקול לחיפוש מונחה-מחיר) יוכל בקלות למצוא פתרון אופטימלי ל-[test Search](#) ללא שינוי בקוד מצדכם (מחיר כולל של 7).

```
python pacman.py -l testSearch -p AStarFoodSearchAgent
```

שימו לב: AStarFoodSearchAgent הוא קיצור עבור

```
-p SearchAgent -a fn=aStar, prob=FoodSearchProblem, heuristic=FoodHeuristic
```

אתם אמורים לגלות שחיפוש מונחה מחיר מתחיל להיות איטי אפילו ה-[tiny Search](#) הפשוט. לצורך השוואה, המימוש שלנו מוצא מסלול באורך 27 ב-2.5 שניות, לאחר פיתוח של 4902 צמתים במרחב החיפוש.

שאלה 7 (20% + בונוס 5%*)

השלימו את foodHeuristic בקובץ [searchAgents.py](#) עם פונקציה יוריסטית עקבית עבור FoodSearchProblem. נסו את הסוכן שלכם על לוח trickySearch :

```
python pacman.py -l trickySearch -p AStarFoodSearchAgent
```

סוכן החיפוש המונחה-מחיר שלנו מוצא את הפתרון האופטימלי ב-13 שניות לערך, תוך שהוא סורק 16,000 צמתים. אם היוריסטיקה שלכם קבילה, תקבלו את הניקוד הבא, התלוי במספר הצמתים שפותחו בעזרתה.

ניקוד	מספר צמתים קטן מ-
5%	15000
10%	12000
15%	9000
5% - בונוס*	7000

שימו לב: אם היוריסטיקה שלכם אינה קבילה, לא תקבלו ניקוד כלל. חשבו על ענין הקבילות בזהירות, שכן יוריסטיקה לא קבילה יכולה להצליח ליצור חיפושים מהירים ואף מסלולים אופטימליים. האם תוכלו לפתור [medium Search](#) בזמן קצר? אם כן, הדבר מרשים ביותר או... שהיוריסטיקה שלכם אינה קבילה.
*הציון הכולל במטלה לא יעלה על 100.

קבילות לעומת עקביות:

טכנית, קבילות אינה מספקת כדי להבטיח נכונות בחיפוש-גרף. יש צורך בקיום תנאי חזק יותר, של עקביות. כדי שיוריסטיקה תהיה עקבית, צריך להתקיים שאם מחירה של פעולה הוא c , אזי ביצוע פעולה זו יכול לגרום רק לירידה ביוריסטיקה של c לכל היותר. אם היוריסטיקה שלכם אינה רק קבילה אלא גם עקבית, תקבלו 5% נוספים על תשובתכם לשאלה 7. כמעט תמיד, יוריסטיקות קבילות הן גם עקביות, במיוחד אם הן נגזרו מבעיות מוחלשות. לכן קל יותר, כפי הנראה, להתחיל במחשבה על יוריסטיקות קבילות. לאחר שתהיה לכם יוריסטיקה קבילה שעובדת היטב, תוכלו לבדוק האם היא אכן גם עקבית. לעתים ניתן לגלות חוסר עקביות על ידי בדיקה האם ערכי ה- f של הפתרונות המוחזרים שלכם אינם יורדים. יתר על כן, אם חיפוש מונחה מחיר ו- A^* מחזירים מסלולים באורך שונה, היוריסטיקה שלכם אינה עקבית.

חיפוש תת-מיטבי (Suboptimal Search)

לעתים, גם עם A^* ופונקציה יוריסטית טובה, מציאת מסלול אופטימלי דרך כל הנקודות הינה משימה קשה. במקרים כאלה, נרצה עדיין למצוא מסלול טוב, בזמן קצר.

עליכם לכתוב כעת קוד לסוכן פקמן אשר תמיד אוכל באופן חמדני את הנקודה הקרובה ביותר. ClosestDotSearchAgent ממומש עבורכם בקובץ [searchAgents.py](#), אך חסרה לו הפונקציה העיקרית המוצאת מסלול לנקודה הקרובה ביותר.

שאלה 8 (10%)

ממשו את הפונקציה `findPathToClosestDot` שבקובץ [searchAgents.py](#). הסוכן שלנו פותר מבוך זה (באופן תת-מיטבי) בפחות משניה אחת ובמחיר מסלול של 350 :

```
python pacman.py -l bigSearch -p ClosestDotSearchAgent -z .5
```

דמז : הדרך המהירה ביותר להשלים את `findPathToClosestDot` היא להשלים את החסר ב-AnyFoodSearchProblem (שחסר בו מבחן המטרה). לאחר מכן, פתרו בעיה זו עם פונקציית חיפוש מתאימה. הפתרון אמור להיות מאד קצר!

ה-ClosestDotSearchAgent שלכם לא תמיד ימצא את המסלול האפשרי הקצר ביותר דרך המבוך. אך אם תנסו, תוכלו לשפרו.

לנוחיותכם מרוכזים ברשימה שלהלן סוגי האובייקטים העיקריים המופיעים בקוד הבסיסי הקשורים לבעיות חיפוש:

SearchProblem (search.py)

A SearchProblem is an abstract object that represents the state space, successor function, costs, and goal state of a problem. You will interact with any SearchProblem only through the methods defined at the top of [search.py](#)

PositionSearchProblem (searchAgents.py)

A specific type of SearchProblem that you will be working with --- it corresponds to searching for single pellet in a maze.

CornersProblem (searchAgents.py)

A specific type of SearchProblem that you will define --- it corresponds to searching for a path through all four corners of a maze.

FoodSearchProblem (searchAgents.py)

A specific type of SearchProblem that you will be working with --- it corresponds to searching for way to eat all the pellets in a maze.

Search Function

A search function is a function which takes an instance of SearchProblem as a parameter, runs some algorithm, and returns a sequence of actions that lead to a goal. Example of search functions are `depthFirstSearch` and `breadthFirstSearch`, which you have to write. You are provided `tinyMazeSearch` which is a very bad search function that only works correctly on `tinyMaze`

SearchAgent

SearchAgent is a class which implements an Agent (an object that interacts with the world) and does its planning through a search function. The SearchAgent first uses the search function provided to make a plan of actions to take to reach the goal state, and then executes the actions one at a time.

מטלת מנחה (ממ"ן) 12

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1-6

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 6

מועד אחרון להגשה: 15.4.2016

סמסטר: 2016ב

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

השאלות בעמודים הבאים

שאלה 1 (13 נק')

נתונה מסילה מעגלית המחולקת למספר כלשהו n של מקטעים ($n > 2$) הממוספרים מ-0 עד n . בתחילה הסוכן נמצא בתחילת מקטע מספר 0 (בגבול שבין מקטע $n-1$ ומקטע 0), והמהירות שלו היא 0 מקטעים לדקה.

הסוכן יכול לבצע פעולה בתחילתה של כל דקה. הפעולות הן "האץ" ו"האט" או "הישאר באותה המהירות":

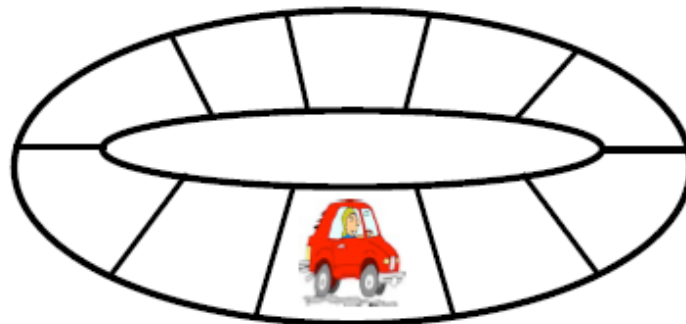
פעולת "האץ" גורמת לכך שבדקה הבאה הסוכן יעבור $m+1$ מקטעים, כאשר m הוא מספר המקטעים שהסוכן עבר בדקה הנוכחית.

פעולת "האט" גורמת לכך שבדקה הבאה הסוכן יעבור $m-1$ מקטעים, כאשר m הוא מספר המקטעים שהסוכן עבר בדקה הנוכחית.

אי אפשר להשתמש בפעולה "האט" אם המהירות הנוכחית היא 0 מקטעים לדקה.

מחיר כל פעולה הוא 1.

מטרת הסוכן היא להסתובב במסילה (תוך נסיעה במכונית) k פעמים ($k \geq 1$) ואז לחנות בנקודת המוצא (במהירות 0 מקטעים לדקה). הסוכן צריך לבצע את הנדרש במינימום פעולות.



א. תארו את מרחב המצבים עבור בעיה זו: קבוצת המצבים האפשריים (השתדלו שהיצוג של מצב יהיה קומפקטי ככל האפשר), הפעולות האפשריות (בהתאם ליצוג שבחרתם למצבים), המצב ההתחלתי והמצב הסופי (מבחן המטרה).

ב. האם מובטח שחיפוש לעומק הינו שלם עבור בעיה זו? נמקו את תשובתכם.

ג. האם מובטח שחיפוש לרוחב יהיה אופטימלי עבור בעיה זו? נמקו את תשובתכם.

ד. נתונה היוריסטיקה הבאה לבעיה:

מספר המקטעים בין המיקום הנוכחי של הסוכן ובין מיקומו הסופי. (פורמלית, אם הסוכן

נמצא במקטע ה- k , אז היוריסטיקה מחזירה $n-k$ אם $k \neq 0$ ומחזירה 0 אם $k=0$).

האם יוריסטית זו קבילה?

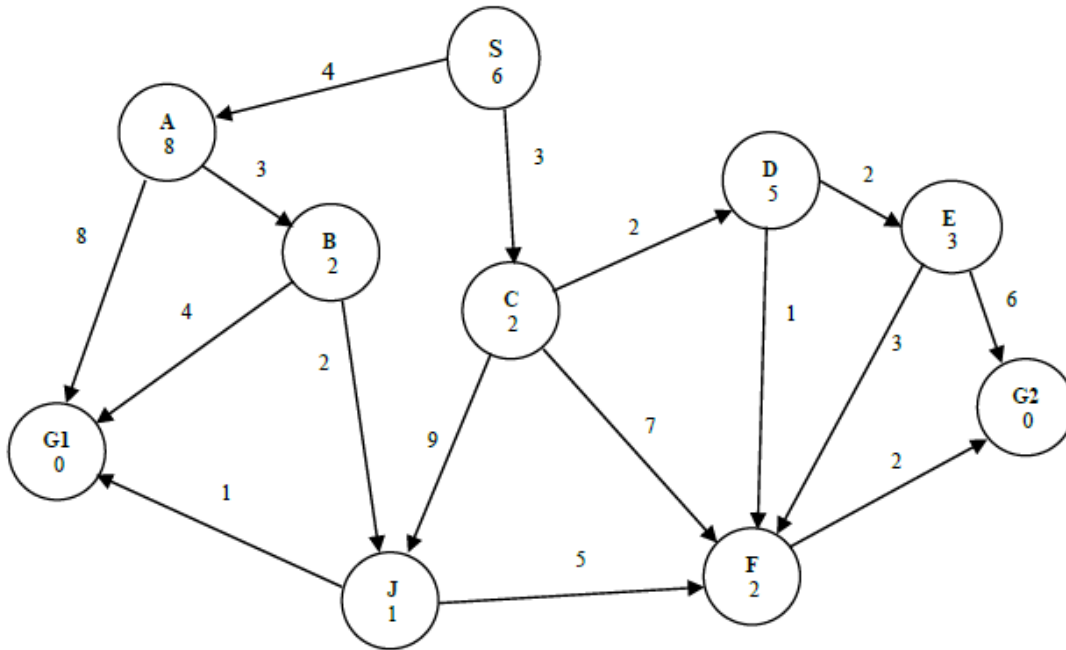
האם יוריסטיקה זו עקבית?

הוכיחו את תשובותיכם.

שאלה 2 (27 נק')

א. נתון גרף מרחב מצבים שלהלן.

S הוא המצב (צומת) ההתחלתי ו-G1, G2 הם מצבי סיום (מקיימים את מבחן המטרה). מחירי המעברים בין המצבים רשומים על הקשתות; הערכים היוריסטיים (ערכי הפונקציה h =עלות משוערת למטרה) רשומים בצמתים.



עבור כל אחת מאסטרטגיות החיפוש שלהלן, כתבו לאילו מצבי מטרה ניתן להגיע (אם בכלל) על-ידי האלגוריתם ורשמו על-פי הסדר את הצמתים המוצאים מהחזית (frontier) במהלך ריצת האלגוריתם.

הניחו כי כל האלגוריתמים משתמשים ב-explored set (למעט עבור Iterative Deepening) ובמידה ולשני צמתים או יותר יש עדיפות שווה, יש לבחור בסדר אלפביתי (A עדיף על B). הניחו שלא מתבצעות בדיקות למניעת מופעים כפולים של צמתים במסלול.

- האם הפונקציה היוריסטית הנתונה h קבילה (admissible)? הסבירו את תשובתכם.
- האם הפונקציה היוריסטית הנתונה h עקבית (consistent)? הסבירו את תשובתכם.

1. BFS

2. Iterative Deepening

3. Uniform Cost Search

4. Greedy Best First Search

5. A*

6. Hill Climbing

7. Local Beam Search (עם $k=2$)

- ב. השתמשו במרחב המצבים שבסעיף א' תוך התייחסות לשיטת החיפוש הדמיית חישוב. הניחו כי הטמפרטורה הנוכחית היא 100.
1. אם נמצאים בצומת C ואלגוריתם הדמיית חישוב בחר באופן אקראי בצומת J, מהי ההסתברות שיבוצע מהלך זה?
 2. אם נמצאים בצומת C ואלגוריתם הדמיית חישוב בחר באופן אקראי לבחון את צומת D, מהי ההסתברות שיבוצע מהלך זה?

שאלה 3 (14 נק': 3 נק' לסעיפים א', ב', ד'; 5 נק' לסעיף ג')

- נתייחס לגרף לא מכוון שקבוצת הצמתים שלו היא V וקבוצת הקשתות שלו היא E. נרצה לחלק את קבוצת צמתי הגרף לשתי קבוצות זרות: V1 ו-V2 כך ש:
- מספר הצמתים ב-V1 קרוב ככל האפשר ל- מספר הצמתים ב-V2
 - מספר הקשתות שהקצה האחד שלהן הוא צומת ב-V1 והקצה האחר שלהן הוא צומת ב-V2 – קטן ככל האפשר.

שימו לב כי הדרישות (בהגדרת הבעיה) אינן מוגדרות באופן חד משמעי וזאת באופן מכוון.

למשל: בהנחה ש-n הוא מספר הקשתות בין שתי הקבוצות הזרות, מה עדיף:

$$\text{גרף בו } |V1| < |V2| \text{ ו- } n = x$$

או

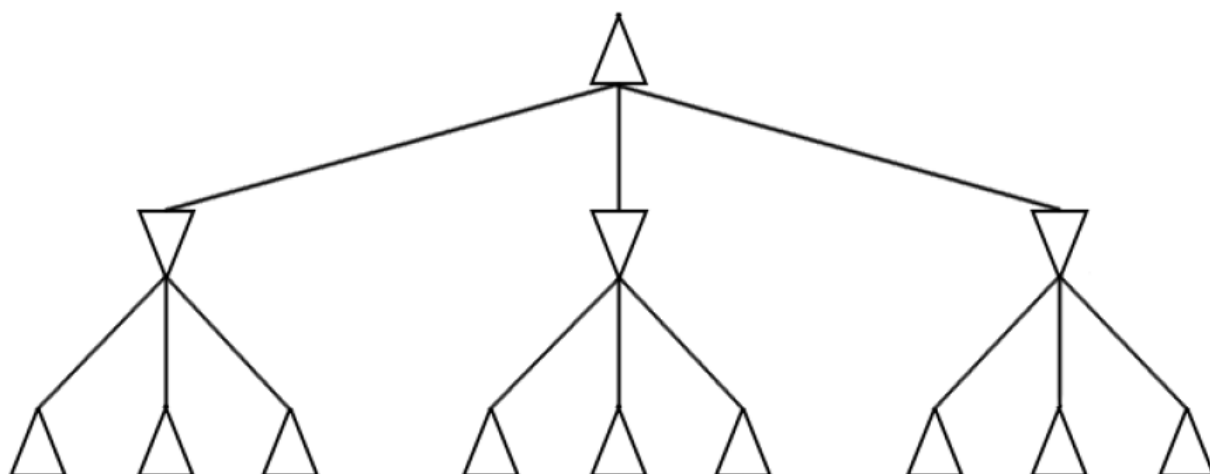
$$\text{גרף בו } |V1| = |V2| \text{ ו- } n > x$$

הפונקציה היוריסטית שתבחרו היא זו שתקבע כיצד לשקלל את שתי הדרישות.

- א. כתבו פונקציה יוריסטית שתוכל לשמש להערכת מצב.
- ב. הסבירו כיצד יתבצע אלגוריתם טיפוס גבעה על פונקציה זו: מהם המצבים ומהי קבוצת המצבים השכנים של מצב נתון?
- ג. הסבירו כיצד ניתן לקודד בעיה זו עבור אלגוריתם גנטי: כיצד יקודדו הפרטים (individuals), מהי פונקציית ההתאמה (fitness), ומהן פעולות המוטציה וההצלבה.
- ד. באיזה מהאלגוריתמים הבאים עדיף להשתמש לפתרון בעיה זו? נמקו את תשובתכם.
 - טיפוס גבעה
 - הדמיית חישוב
 - אלגוריתמים גנטיים

שאלה 4 (16 נק')

נתון עץ המשחק הבא:



הניחו כי העץ מפותח משמאל לימין.

א. הציבו לעלי העץ את הערכים הבאים: $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ כך שאלגוריתם אלפא-ביתא יגזום מספר מקסימלי של צמתים.

ב. הציבו לעלי העץ את הערכים הבאים: $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ כך שאלגוריתם אלפא-ביתא יגזום מספר מינימלי של צמתים.

ג. הציעו משחק שבו ניתן להגיע לאותו מצב במשחק דרך מסלולים שונים בעץ המשחק (כלומר, צמתים שונים בעץ המשחק מייצגים את אותו מצב במשחק).

נניח שהשתמשנו בגיזום אלפא-ביתא על עץ המשחק שהצעתם והאלגוריתם קבע שניתן לגזום מספר צמתים שהם עוקבים לצומת v בעץ. נניח שכאשר נבצע חיפוש בחלק אחר של אותו העץ, נגיע לאותו מצב של המשחק בצומת v' .

הוכיחו (או הביאו דוגמה נגדית) לכך שהאלגוריתם בוודאות יגזום את העוקבים של הצומת v' מעץ החיפוש.

המשך המטלה בעמוד הבא

שאלה 5 (18 נק')

נתונה בעיית בניית לוח זמנים עבור שלוש רכבות: A (בה יש שני קרונות), B, C (קרונ אחד בכל אחת)

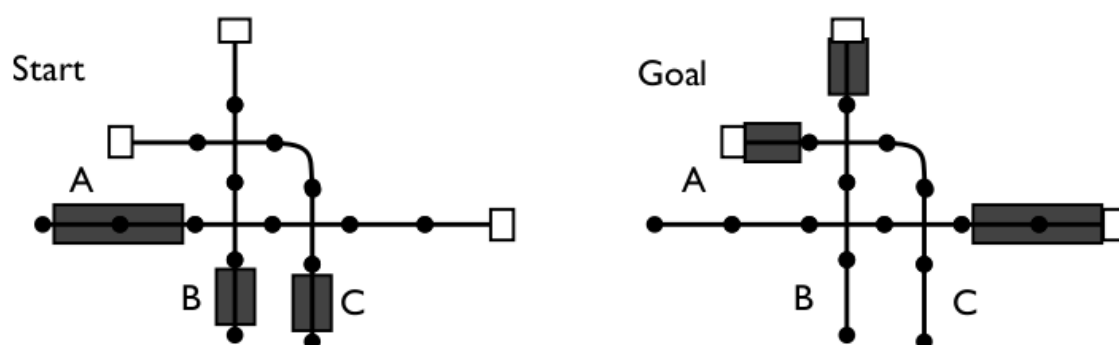
כשרכבת יוצאת לדרכה היא עוברת בנסיעתה יחידת מרחק אחת על מסילתה, בכל יחידת זמן (של שעה, בקפיצות בדידות), עד שמגיעה ליעדה.

זמני יציאת הרכבות הם: 8:00, 9:00 או 10:00.

הרכבות חייבות לצאת בזמנים שונים זו מזו.

שתי רכבות לא יכולות לשהות בצומת באותה יחידת זמן.

מצב ההתחלה ומצב המטרה נתונים באיורים שלהלן:



א. תארו את הבעיה הנתונה כבעיית CSP. המשתנים A,B,C מייצגים את זמני יציאת הרכבות.

ב. ציירו את גרף האילוצים עבור ה-CSP שהגדרתם בסעיף א'.

ג. לאחר בחירת $A=2$, מחקו את כל הערכים עבור B ו-C שהיו נמחקים על-ידי בדיקה קדימה.

ד. מחקו את כל הערכים שהיו נמחקים על-ידי עקביות קשת לפני ביצוע הצבות למשתנים.

ה. לאחר בחירת $A=2$, מחקו את כל הערכים עבור B ו-C שהיו נמחקים על-ידי עקביות קשת.

ו. מצאו פתרון (זמני היציאה של כל הרכבות) בעזרת חיפוש backtracking עם בדיקה קדימה (forward checking) ויוריסטיקות MRV ו-LCV.

הראו באיזה סדר מוצבים ערכים למשתנים ואילו ערכים הם מקבלים.

התחילו עם A.

שאלה 6 (12 נק')

פתרו את שאלה 6.5 בעמ' 231 בספר הלימוד.

מטלת מנחה (ממ"ן) 13 - להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1-5

משקל המטלה: 4

מספר השאלות: 3

מועד אחרון להגשה: 29.4.2016

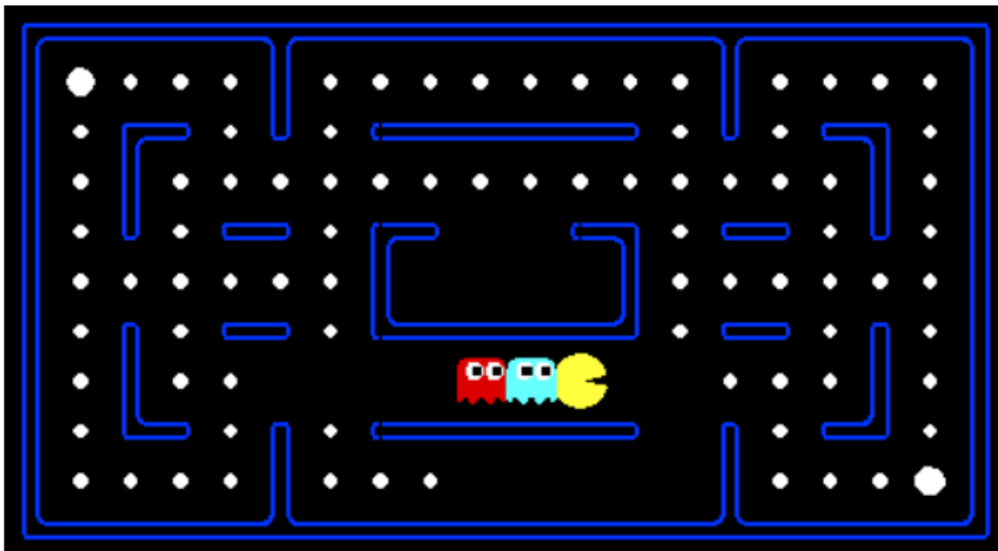
סמסטר: 2016ב

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

Pac-Man מרובה סוכנים - Multi-Agent Pac-Man



Pacman, now with ghosts.

הקדמה

במטלה זו, עליכם לתכנן סוכנים עבור הגירסה הקלאסית של Pacman עם רוחות רפאים. לצורך כך תממשו את אלגוריתם מינימקס, אלפא-ביתא ותתנסו בתכנון פונקציית הערכה. כקודמתה, גם מטלה זו פותחה באוניברסיטת ברקלי על-ידי John DeNero ו-Dan Klein.

הקוד עבור מטלה זו לא השתנה בהרבה ביחס לזה של המטלה הקודמת, אך רצוי מאוד כי תתקינו אותו מחדש. בכל אופן, אתם יכולים להשתמש בקבצים search.py ו-searchAgents.py שלכם בכל דרך שתמצאו.

הקוד עבור המטלה מכיל את הקבצים הבאים :

קבצים שיש לקרוא :

[multiAgents.py](#) כל סוכני החיפוש (multi-agent) שלכם יימצאו שם.

הקובץ העיקרי שמריץ משחקי פקמן.

[pacman.py](#) הקובץ מתאר את הטיפוס GameState שתשתמשו בו הרבה במטלה זו

הלוגיקה שמאחורי אופן פעולת עולם הפקמן. קובץ זה מתאר מספר טיפוסים עזר כגון AgentState, Agent, Direction, Grid

[game.py](#)

[util.py](#) מבני נתונים שימושיים למימוש אלגוריתמי חיפוש

קבצים שאין צורך להתעמק בקוד שלהם :

[graphicsDisplay.py](#) גרפיקה עבור פקמן

[graphicsUtils.py](#) תמיכה לגרפיקה של פקמן

[textDisplay.py](#) גרפיקת אסקי לפקמן

[ghostAgents.py](#) סוכנים לבקרה על רוחות רפאים

[keyboardAgents.py](#) ממשקי מקלדת לבקרה על פקמן

[layout.py](#) קוד לקריאת קבצי פריסה (layout) ואחסון תוכנם

עליכם להגיש

במהלך ביצוע המטלה יש למלא חלקים חסרים בקוד של [multiAgents.py](#). עליכם לשלוח למנחה קובץ זה (בלבד) וקובץ עם שמכם, ת.ז. והתיעוד. הנכם מתבקשים לא לשנות שמות של פונקציות או מחלקות הנתונות בקוד.

Pac-Man מרובה סוכנים

תחילה הריצו משחק של Pac-Man הקלאסי:

```
python pacman.py
```

כעת הריצו את ReflexAgent הנתון ב-[multiAgents.py](#):

```
python pacman.py -p ReflexAgent
```

שימו לב שהוא משחק די גרוע אפילו עבור פריסות (layouts) פשוטות:

```
python pacman.py -p ReflexAgent -l testClassic
```

בדקו את הקוד (ב-[multiAgents.py](#)) וודאו שאתם מבינים את אופן פעולתו.

שאלה 1 (27%)

שפרו את ReflexAgent ב-[multiAgents.py](#) כדי שישחק ברמה סבירה.

(בקוד הנתון עבור סוכן של תגובה-פשוטה (reflex agent) יש כמה דוגמאות שיכולות להיות לעזר של שיטות שמתשאלות את ה-GameState).

סוכן טוב של תגובה פשוטה צריך לקחת בחשבון הן מיקומים של אוכל והן מיקומים של רוחות רפאים. הסוכן שלכם אמור לאפס בקלות את פריסת ה-`testClassic`:

```
python pacman.py -p ReflexAgent -l testClassic
```

נסו את הסוכן תגובה-פשוטה שלכם על פריסת ברירת המחדל -`mediumClassic` עם רוח רפאים אחת או שתיים (וכבו את האנימציה כדי להאיץ את הריצה):

```
python pacman.py --frameTime 0 -p ReflexAgent -k 1
```

```
python pacman.py --frameTime 0 -p ReflexAgent -k 2
```

קרוב לוודאי שהסוכן שלכם ימות לעתים קרובות כאשר יש שתי רוחות רפאים על לוח ברירת המחדל, אלא אם כן פונקציית ההערכה שלכם טובה למדי.

שימו לב:

- לא יתכן שיהיו לכם יותר רוחות רפאים מאשר מאפשרת ה-[layout](#).
- פונקציית ההערכה שתכתבו מעריכה זוגות של מצב-פעולה; בהמשך המטלה תעריכו מצבים.

אופציות:

הרוחות שהן ברירת המחדל מתנהגות באופן אקראי. אתם יכולים בשביל הכיף לשחק עם רוחות קצת יותר חכמות בעזרת g DirectionalGhost. אם האקראיות מונעת מכם להסיק האם הסוכן שלכם השתפר, אתם יכולים להשתמש ב-f כדי להריץ עם גרעין אקראי קבוע (אותן בחירות אקראיות בכל משחק). אתם יכולים לשחק משחקים מרובים ברצף עם n. כבו את הגרפיקה עם q- כדי להריץ הרבה משחקים במהירות.

ניקוד מלא ינתן לסוכן שיכול לאפס במהירות את פריסת ה-openClassic עשר פעמים, מבלי למות יותר מפעמיים או לנוע הלוך ושוב באופן חוזר ונשנה בין שני מיקומים מבלי להתקדם.

```
python pacman.py -p ReflexAgent -l openClassic -n 10 -q
```

שאלה 2 (45%)

כעת עליכם לכתוב קוד עבור סוכן חיפוש בתנאי יריבות במחלקה MinimaxAgent אשר ב-[multiAgents.py](#). סוכן המינימקס שלכם אמור לעבוד לכל מספר של רוחות רפאים, לכן עליכם לכתוב אלגוריתם שיהיה קצת יותר כללי מזה שבספר הלימוד. ובמיוחד, לעץ המינימקס שלכם יהיו מספר רמות Min (אחת לכל רוח רפאים) עבור כל רמה של שחקן Max. בנוסף, הקוד שתכתבו צריך לפתח את עץ המשחק לעומק כלשהו. ערכי העלים בעץ המינימקס שלכם ייקבעו על ידי self.evaluationFunction הנתונה, כאשר ברירת המחדל שלה היא scoreEvaluationFunction. המחלקה MinimaxAgent יורשת את MultiAgentAgent, שנותנת גישה ל-self.depth ו-self.evaluationFunction. וודאו כי קוד המינימקס שלכם משתמש במשתנים אלה כשצריך שכן משתנים אלה מקבלים ערך כתוצאה מהאפשרויות של שורת הפקודה (command line).

חשוב:

שלב אחד בחיפוש נחשב כמהלך אחד של Pac-Man וכל התגובות של רוחות הרפאים, לכן עומק 2 בחיפוש ירושו שני מהלכים של Pac-Man ושל כל רוח רפאים.

רמזים והערות

- פונקציית ההערכה עבור שאלה זו כתובה כבר (self.evaluationFunction). אינכם אמורים לשנות אותה, אך שימו לב לכך שבעת אנו מעריכים מצבים ולא פעולות, כפי שעשינו עבור הסוכן של תגובה פשוטה. סוכנים המסתכלים-קדימה מעריכים מצבים עתידיים בעוד שסוכנים של תגובה פשוטה מעריכים פעולות מהמצב הנוכחי.
- ערכי המינימקס עבור המצב ההתחלתי בסידור ה-minimaxClassic הם 9,8,7,-492 לעומקים 1,2,3,4 בהתאמה. שימו לב לכך שסוכן המינימקס שלכם ינצח לעתים קרובות

(665/1000 משחקים) למרות שהחיזוי שלו הוא שמצבים בעומק 4 הם גרועים.

```
python pacman.py -p MinimaxAgent -l minimaxClassic -a depth=4
```

- כדי להגדיל את עומק החיפוש שתוכלו להשיג באמצעות הסוכן שלכם, הסירו את הפעולה Directions.STOP מהרשימה של Pac-Man של כל הפעולות האפשריות עבורו. עומק 2 יהיה מהיר יחסית אך עומק 3 או 4 יהיה איטי. בשאלה הבאה נטפל במהירות החיפוש.
- פקמן הוא תמיד סוכן 0, והסוכנים נעים בסדר עולה של האינדקסים שלהם.
- כל המצבים במינימקס צריכים להיות GameStates המועברים ל-getAction או נוצרים באמצעות GameState.generateSuccessor.
- עבור לוחות גדולים יותר כגון openClassic ו-mediumClassic (ברירת המחדל), תמצאו לנכון ש-Pac-Man עושה חיל ב"לא למות" אך גרוע ב"לנצח". לעתים קרובות הוא יסתובב סביב עצמו מבלי להתקדם. הוא אפילו עלול להסתובב ממש ליד נקודה מבלי לאכול אותה, משום שאינו יודע לאן ללכת לאחר שיאכל אותה.
- כאשר Pac-Man מאמין שמותו בלתי נמנע, הוא ינסה לסיים את המשחק מהר ככל האפשר, בגלל העונש הקבוע עבור הישארות בחיים. לעיתים זוהי הבחירה השגויה לטיפול ברוחות רפאים אקראיות אך סוכני מינימקס מניחים תמיד את הגרוע ביותר:

```
python pacman.py -p MinimaxAgent -l trappedClassic -a depth=3
```

וודאו כי אתם מבינים מדוע Pac-Man נחפז לרוח הרפאים הקרובה ביותר במקרה זה.

שאלה 3 (28%)

צרו ב-AlphaBetaAgent סוכן חדש המשתמש בגיזום אלפא-ביתא כדי לסרוק את עץ המינימקס בצורה יעילה. שוב, האלגוריתם שלכם יהיה מעט יותר כלי מהפסאודו קוד שבספר הלימוד, כך שחלק מהאתגר הוא להרחיב את הרעיון שבגיזום אלפא-ביתא כך שיתאים לסוכני מינימום רבים. עליכם לראות שיפור במהירות (למשל, אולי אלפא-ביתא בעומק 3 ירוץ באותו זמן של מינימקס בעומק 2). המצב האידיאלי הוא שעומק 3 ב-smallClassic ירוץ במספר שניות לכל מהלך או אף מהר יותר.

```
python pacman.py -p AlphaBetaAgent -a depth=3 -l smallClassic
```

ערכי המינימקס של AlphaBetaAgent צריכים להיות זהים לערכי המינימקס של MinimaxAgent, למרות שהסעולות שהוא בוחר יכולות להשתנות בגלל התנהלות שונה במקום של החלטות שונות לשבירת שוויון. שוב, ערכי המינימקס של המצב ההתחלתי בסידור ה-minimaxClassic הם 492, 9, 8, 7, -1. בהתאמה.

מטלת מנחה (ממ"ן) 14

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 7-9

מספר השאלות: 4

משקל המטלה: 3 נקודות

סמסטר: 2016ב

מועד אחרון להגשה: 13.5.2016

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

שאלה 1 (32 נק': 10 נק' לסעיף א'; 10 נק' לסעיף ב'; 12 נק' לסעיף ג')

נתונות שלוש קופסאות המסומנות במספרים 1, 2, 3. מתחת לאחת מהקופסאות יש ערימת כסף ומתחת לשתי האחרות לא מונח דבר.

על כל קופסה יש תווית כלהלן:

קופסה 1: "קופסה זו ריקה".

קופסה 2: "קופסה זו ריקה".

קופסה 3: "הכסף מונח מתחת לקופסה 2".

היכן (מתחת לאיזו קופסה) מונח הכסף?

א. ייצגו את המידע הנתון בתחשיב הפסוקים. (הסבירו את משמעות משתנים בהם הנכם משתמשים).

ב. המירו כל משפט בבסיס המידע לצורת CNF.

ג. לכל אחת מהשאלות הבאות, הראו בעזרת רזולוציה האם היא נובעת מבסיס המידע:

• הכסף נמצא מתחת לקופסה 1?

• הכסף נמצא מתחת לקופסה 2?

• הכסף נמצא מתחת לקופסה 3?

שאלה 2 (16 נק': 12 נק' לסעיף א'; 4 נק' לסעיף ב')

נתונות הפסוקיות שלהלן:

א. השתמשו ביוריסטיקות pure-symbol ו-unit-clause (סעיף 7.6.1) כדי להראות כיצד ניתן לפשט פסוקיות אלה לפני שמתחילים בחיפוש הצבה המספקת את כל הפסוקיות. בכל שלב של תהליך הפישוט ציינו איזו יוריסטיקה מאפשרת אותו.

1. $P \vee Q \vee \neg R$
2. $\neg Q \vee R \vee \neg S$
3. $\neg S \vee \neg R \vee W$
4. $R \vee W \vee Y \vee Z$
5. S
6. $\neg W \vee \neg S$
7. $\neg Y \vee \neg Z$

ב. כמה מצבים (ממרחב החיפוש) ניתן לחסוך כאשר נעשה שימוש ביוריסטיקות הללו? הסבירו את תשובתכם.

שאלה 3 (10 נק': 4 נק' לסעיף א'; 6 נק' לסעיף ב')

הציגו את הפסוקים הבאים בלוגיקה מסדר ראשון.

- א. יש ספר שמספר את כל האנשים שאינם מספרים את עצמם.
- ב. פוליטיקאים יכולים לרמות חלק מן האנשים כל הזמן, והם יכולים לרמות את כל האנשים חלק מהזמן, אך הם אינם יכולים לרמות את כל האנשים כל הזמן.

שאלה 4 (8 נק')

לכל זוג של פסוקים אטומים שלהלן, מצאו את המאחד הכללי ביותר (MGU), אם הוא קיים:

- א. $Q(One, Two, Two), Q(x, y, z)$
- ב. $R(x, F(A, B)), R(F(y, y), x)$
- ג. $Younger(Mother(y), y), Younger(Mother(x), Hadar)$
- ד. $Likes(Mother(x), x), Likes(y, y)$

המשך המטלה בעמוד הבא

שאלה 5 (34 נק'): 10 נק' לסעיף א'; 10 נק' לסעיף ב'; 10 נק' לסעיף ג'; 4 נק' לסעיף ג')

אנשי בטחון שומרים על בטחוננו על ידי מעקב אחר מקום הימצאם של פרופסורים, והסקת יחסי יועץ-נועץ. הם מגייסים לעזרתם את ידיעותיהם בתחום הבינה המלאכותית ובעיקר בלוגיקה מסדר ראשון כדי לבצע את עבודתם בצורה מיטבית.

בסיס הידע מורכב מהמשפטים הבאים :

- כל פרופסור מייצג לסטודנט אחד לפחות.
- לכל סטודנט יש יועץ, שהוא פרופסור.
- כל יועץ נפגש עם כל הנועצים שלו.
- פגישות היעוץ מתקיימות בקמפוס.
- לירן הוא סטודנט.
- הדר היא פרופסור.

א. תרגמו את המשפטים שלעיל ללוגיקה מסדר ראשון.

ב. המירו לצורת CNF.

ג. השתמשו בבסיס הידע שלעיל והוכיחו בעזרת רזולוציה כי "הדר היתה בקמפוס".

ד. נתון המשפט הנוסף הבא :

הדר מייצגת ללירן.

האם ניתן להוכיחו בעזרת רזולוציה מבסיס הידע?

אם כן, הוכיחו; אחרת, הסבירו מדוע לא.

מטלת מנחה (ממ"ן) 15

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרק 10, פרקים 13-14

משקל המטלה: 2 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 27.5.2016

סמסטר: 2016

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

שאלה 1 (25 נק')

נתונה בעיית התכנון הבאה:

נתון שולחן T , מנוף C , ו- n קוביות.

כל קוביה יכולה להיות על פני השולחן, בכף המנוף, או על גבי קוביה אחרת.

כף המנוף יכולה:

- להרים (pick) קוביה מהשולחן (אם אינה אוחזת בקוביה כלשהי)
- להניח (drop) קוביה על השולחן (אם היא ת בקוביה זו)
- לערום (stack) קוביה x מעל קוביה y (אם היא אוחזת בקוביה x ואין קוביה מעל y)
- להסיר בעזרת כף המנוף (unstack) קוביה x מקוביה y (אם אינה אוחזת בקוביה x ואין קוביה מעל y).

בתחילה הקוביות $1..n$ מסודרות במגדל זו על גבי זו ונרצה להחליף את 2 הקוביות התחתונות (n ו- $n-1$).

ייצגו את הבעיה בשפת PDDL בדומה לדוגמאות שבסעיף 10.1 בספר הלימוד ובמדריך הלמידה.

המשך המטלה בעמודים הבאים

שאלה 2 (25 נק')

נתייחס לבעיית התכנון הבאה:

נתון רכב בירושלים (J) ורוצים להגיע בנסיעה בו לים המלח (DS).
כדי שניתן יהיה לנהוג ברכב, צריך להיות מפתח במפסק ההתנעה (switch).

נתונים 4 אופרטורים:

- Drive(J) – נהג (סע) לירושלים
- Drive(DS) – נהג (סע) לים המלח
- Insert(Key) – הכנס את המפתח למפסק ההתנעה
- Remove(Key) – הוצא את המפתח ממפסק ההתנעה

בנוסף לכך נתונים מספר prepositions לתיאור תכונות/מאפייני הבעיה:

- InPocket(Key) (המפתח בכיס)
- InIgnition(Key) (המפתח במפסק ההתנעה)
- At(Car, J) (הרכב בירושלים)
- At(Car, Ds) (הרכב בים המלח)

במצב ההתחלתי, המפתח בידנו ונרצה שיהיה לנו את המפתח גם בסיום התכנית.

א. תארו את 4 האופרטורים ב-PDDL.

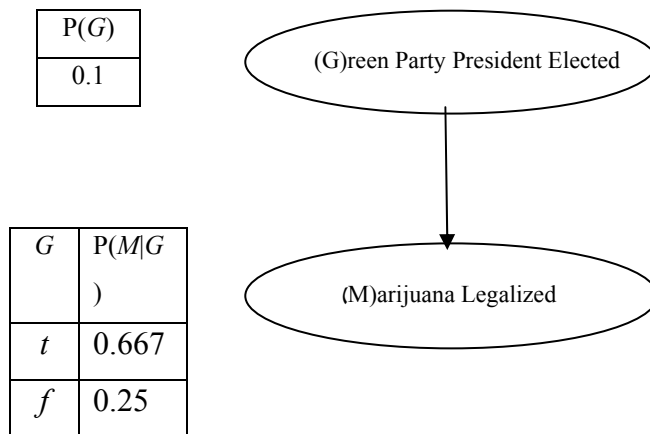
ב. בנו את גרף התכנון והגדירו את בעיית התכנון המוחלשת (Relaxed Plan).
מהן ההערכות היוריסטיות של המצב ההתחלתי?

המשך המטלה בעמודים הבאים

שאלה 3 (35 נק')

כעת תקופת הבחירות העירוניות ויתכן שבעיר סדום יבחר מועמד מפלגת הירוקים. פלוני מאמין שיש סיכוי גבוה יותר שנשיא ממפלגת הירוקים יהפוך את המריחואנה לחוקית לעומת מועמדים ממפלגות אחרות, אבל גם כל נבחר אחר יכול להפוך את המריחואנה לחוקית.

נתאר את המצב בעזרת הרשת הביסיאנית שלהלן:



א. אמצעי התקשורת הודיעו שהמריחואנה עומדת להיות חוקית אך לא ידוע עדיין מי זכה בבחירות.

מהי ההסתברות $P(G|M)$ לכך שנבחר נשיא ממפלגת הירוקים?

ב. אם יהיה לנו יותר מידע, נוכל לבצע היסקים טובים יותר. נרחיב את הרשת הביסיאנית כלהלן, על ידי הוספת 2 משתנים אקראיים:

B – האם התקציב מאוזן?

C – האם אחוז ההגעה למפגשי ההנחיה יגדל?

1. חשבו את ההסתברות המשותפת (joint distribution) של המשתנים G, M, B, C .

2. נניח כי אינכם יודעים עדיין את תוצאות הבחירות, אך הבחנתם כי אחוז ההגעה למפגשי ההנחיה קטן.

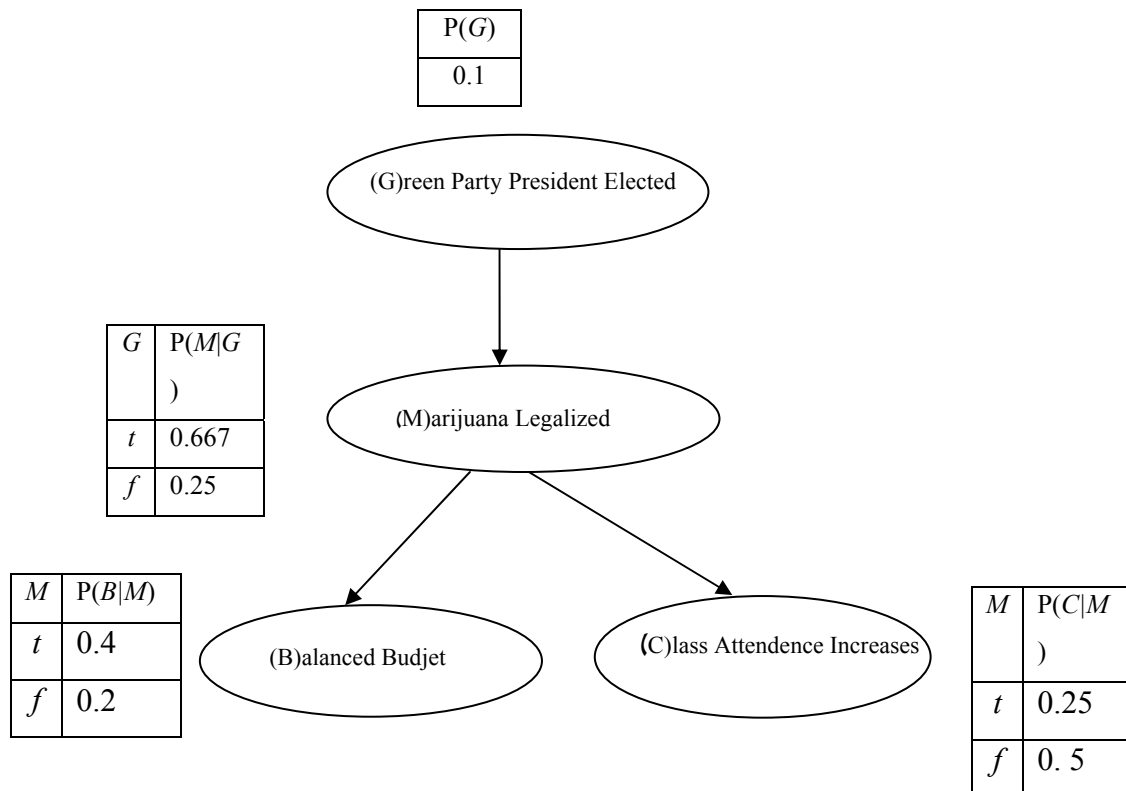
מהי ההסתברות שמועמד מפלגת הירוקים נבחר?

האם תשובתכם הגיונית? נמקו.

3. חשבו: $P(B), P(C|B), P(B|M, G)$

הערה: יש להימנע מחישובים מיותרים.

המשך השאלה בעמוד הבא



- ג. נוסף כעת לרשת צומת S המשקף את האפשרות שמחקר מדעי עשוי להשפיע על ההסתברות לקבלת החלטה שהמריחואנה תהיה חוקית. הניחו כי המחקר אינו משפיע ישירות על B או על C .
1. שרטטו את הרשת החדשה המתקבלת.
 2. איזה (אילו) צריכים להשתנות בעקבות הוספת S ?
 3. בהתבסס על מבנה הרשת שהתקבלה בסעיף ג' בלבד (ולא על ערכי ה-CPT), איזו(אילו) מהטענות הבאות נכונה, איזו(אילו) אינה נכונה ואיזו(אילו) מהטענות לא נובעת ממבנה הרשת? **נמקו.**

- i. $P(B,C) = P(B) \cdot P(C)$
- ii. $P(B) = P(B|G)$
- iii. $P(G) = P(G|S)$
- iv. $P(C|G,M) = P(C|G)$
- v. $P(G|S,M) = P(G|S)$
- vi. $P(G|S,B) = P(G|S)$
- vii. $P(B|C,G) = P(B|C)$

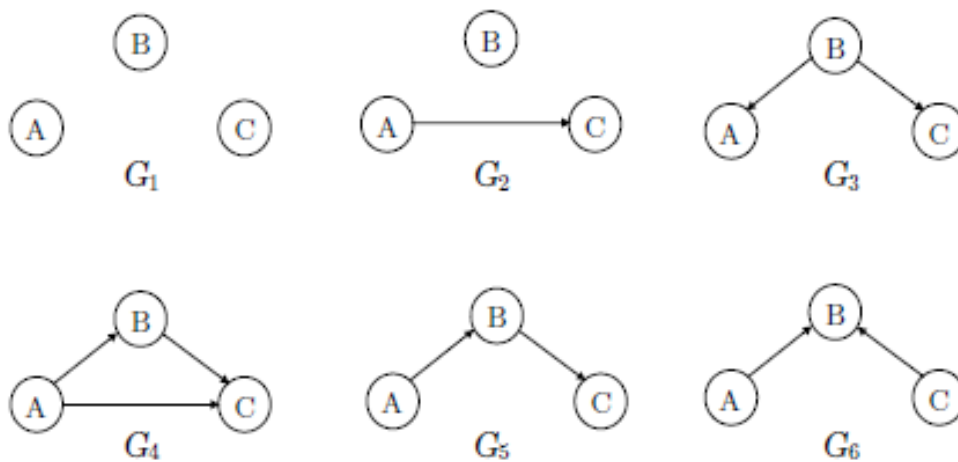
שאלה 4 (15 נק')

א. נניח כי כל מה שידוע לנו לגבי ההתפלגות המשותפת $P(A,B,C)$ הוא שניתן לייצגה על ידי המכפלה $P(A|B,C)P(B|C)P(C)$.

איזה (אילו) מהרשתות הבייסיאניות הבאות יכולה (ות) לייצג התפלגות משותפת זו?

ב. כעת נניח כי כל מה שידוע לנו לגבי ההתפלגות המשותפת $P(A,B,C)$ הוא שניתן לייצגה על ידי המכפלה $P(C|B)P(B|A)P(A)$.

איזה (אילו) מהרשתות הבייסיאניות שלעיל יכולה (ות) לייצג התפלגות משותפת זו?



מטלת מנחה (ממ"ן) 16 - להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1-10

משקל המטלה: 5

מספר השאלות: 14

מועד אחרון להגשה: 10.6.2016

סמסטר: 2016ב

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

Graphplan



הקדמה

במטלה זו, עליכם לממש חלקים מהאלגוריתם Graphplan ולתכנן יוריסטיקות מתוך גרף התכנון.

בחלק הראשון תשלימו את המימוש של Graphplan ותבדקו את האלגוריתמים על בעיות מהתחום של ה- "dock worker robot" (הוזכר במדריך הלמידה).
בחלק השני תשתמשו בגירסה מוחלשת של גרף התכנון כדי ליצור יוריסטיקות ל-A*.
בחלק האחרון, תיצרו קבצים לבעיית [מגדלי האנוי](#).

הקוד עבור מטלה זו מורכב ממספר קבצי Python, חלקם יהיה עליכם לקרוא ולהבין כדי לבצע את המטלה ומהאחרים תוכלו להתעלם.
את כל הקוד והקבצים הנלווים ניתן להוריד [כקובץ zip](#).
מטלה זו נלקחה מהקורס המקביל באוניברסיטה העברית.

הקבצים שיש לקרוא:

[graphPlan.py](#), אלגוריתמי ה-graphPlan – מודול האחראי על יצירת Graphplan, הרחבתו במידת הצורך ויצירת תכנית plan.

[planGraphLevel.py](#) ייצוג רמה אחת של הגרף (action layer & proposition layer)

[planningProblem.py](#) ייצוג בעיית התכנון כבעיית חיפוש

[hanoy.py](#) יצירת קובץ הבעיה

קבצים שאין צורך להתעמק בקוד שלהם:

action.py

proposition.py

actionLayer.py

propositionLayer.py

util.py

עליכם להגיש

יש למלא חלקים חסרים בקוד של [graphPlan.py](#), [planGraphLevel.py](#),

[planningProblem.py](#), ו-[hanoy.py](#) במהלך ביצוע המטלה.

עליכם לשלוח למנחה קבצים אלו (בלבד) וקובץ עם שמכם והתייעוד. הנכם מתבקשים לא לשנות שמות של פונקציות או מחלקות הנתונות בקוד.

לפתרון המטלה קראו החל משאלה 1 (ולמעשה גם 5 שורות לפניה) ועד הסוף בקישור:

<http://www.cs.huji.ac.il/~ai/graphplan/graphplan.html> ופתרו את כל השאלות.

מטלת מנחה (ממ"ן) 17

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 17-18

משקל המטלה: 2 נקודות

מספר השאלות:

מועד אחרון להגשה: 24.6.2016

סמסטר: 2016ב

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"

המטלה תפורסם באתר הקורס במהלך הסמסטר.

מטלת מנחה (ממ"ן) 18- להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1-18

משקל המטלה: 5 נקודות

מספר השאלות: 1

מועד אחרון להגשה: 24.7.2016

סמסטר: 2016ב

(אב)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת באתר הבית של הקורס
 - שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה
- הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"**

המטלה תפורסם באתר הקורס במהלך הסמסטר.