

האוניברסיטה הפתוחה

20551

# **מבוא לבינה מלאכותית**

חוברת הקורס אביב 2022

כתבה : אילנה בס

פברואר 2022 – סמסטר אביב – תשפ"ב

**פנימי – לא להפצה.**

© כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה.

## תוכן העניינים

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



## אל הסטודנט,

אנו מקדמים את פניך בברכה עם הצטרפותך אל הלומדים בקורס "מבוא לבניה 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. מידע על שירותי ספרייה ומקורות מידע שהאוניברסיטה מעמידה לרשותכם, תמצאו באתר הספרייה באינטרנט [www.openu.ac.il/Library](http://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](mailto: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 מאד להשתמש באתר הקורס ובכל אמצעי העזר שבו וכמובן לפנות אלינו במידת הצורך.

אני מאחלת לך לימוד פורה ומהנה.

ב ב ר כ ה,

אילנה בס

מרכזת ההוראה בקורס



1. לוח זמנים ופעילויות (20551 / 2022)

שבוע לימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח ממ"ן (למנחה)
1	04.03.2022-27.02.2022	פרקים 1,2	מפגש 1	
2	11.03.2022-06.03.2022	פרק 3		
3	18.03.2022-13.03.2022	פרק 4	מפגש 2	ממ"ן 11 (להרצה) 19.03.2022
4	25.03.2022-20.03.2022	פרק 5		
5	01.04.2022-27.03.2022	פרק 6	מפגש 3	ממ"ן 12 (תיאורטי) 2.4.2022
6	08.04.2022-03.04.2022	פרק 7		
7	15.04.2022-10.04.2022	פרק 8	מפגש 4	ממ"ן 13 (להרצה) 16.4.2022
8	22.04.2022-17.04.2022 (א-ו פסח)	פרק 9		
9	29.04.2022-24.04.2022 (ה יום הזכרון לשואה)	פרק 10	מפגש 5	ממ"ן 14 (תיאורטי) 30.04.2022

\* 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	06.05.2022-01.05.2022 (ד יום הזיכרון, ה יום העצמאות)	פרק 13		
11	13.05.2022-08.05.2022	פרק 14	מפגש 6	ממ"ן 15 (להרצה) 14.5.2022
12	20.05.2022-15.05.2022 (ה ל"ג בעומר)	פרק 17		
13	27.05.2022-22.05.2022	פרקים 17,18		ממ"ן 16 (תיאורטי) 28.5.2022
14	03.06.2022-29.05.2022	פרק 18	מפגש 7	
15	10.06.2022-05.06.2022 (א שבועות)	חזרה		ממ"ן 17 (תיאורטי) 11.6.2022

**תאריך אחרון למשלוח ממ"ן 18 (להרצה) - 11.7.2022**

**מועדי בחינות הגמר יפורסמו בנפרד**

\* 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 (12,14,16,17) (במשקל כולל של 5 נק' לפחות) ו-2 מטלות לפחות מבין מטלות הרצה (11,13,15,18) 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 במטלות 11,13,15 יש לכתוב בשפת Python. את התכנית במטלה 18 ניתן לכתוב ב-Python או 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 1-5
ממ"ן 13	פרקים 1-5
ממ"ן 14	פרקים 6-9
ממ"ן 15	פרקים 1-10
ממ"ן 16	פרק 10, פרקים 13-14
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	5
16	2
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!**

פתרון המטלות הוא מרכיב מרכזי בתהליך הלמידה, לכן מומלץ שתשתדלו להגיש מטלות רבות ככל האפשר.

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

בחישוב הציון הסופי נשקלל את כל המטלות שציוניהן גבוהים מהציון בבחינת הגמר. ציוני מטלות אלה תורמים לשיפור הציון הסופי. ליתר המטלות נתייחס במידת הצורך בלבד. מתוכן נבחר רק את הטובות ביותר עד להשלמת המינימום ההכרחי לעמידה בתנאי הגשת המטלות. משאר המטלות נתעלם.

**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 (12,14,16,17) תוך צבירת 5 נק' לפחות.
- ב. יש להגיש לפחות 2 מתוך המטלות להרצה (11,13,15,18) וצבירת 10 נק' לפחות.
- ג. ציון 60 לפחות בבחינת הגמר.
- ד. 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: 19.03.2022

סמסטר: 2022ב

(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"

מטלות הריצה בקורס ייכתבו בשפת [Python](#), 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 ובו משולבים תרגילים שעליכם לפתור כדי להכיר השפה. [אין צורך להגישם](#). הקובץ שבקישור מתייחס גם לעבודה בסביבת Unix וניתן להתעלם מההתייחסויות ל-Unix.

שתי מטלות הריצה הראשונות פותחו באוניברסיטת Berkeley על-ידי Dan Klein, John DeNero, Pieter Abbeel.

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

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

מטלות 11 ו-13 שבחברת הקורס מותאמות אמנם לגרסת Python 2.7 (שאינה נתמכת עוד ולכן גם איננו עובדים איתה יותר), אך יש לפתור אותן בגרסת 3.6 של Python המופיעה באתר של Berkeley.

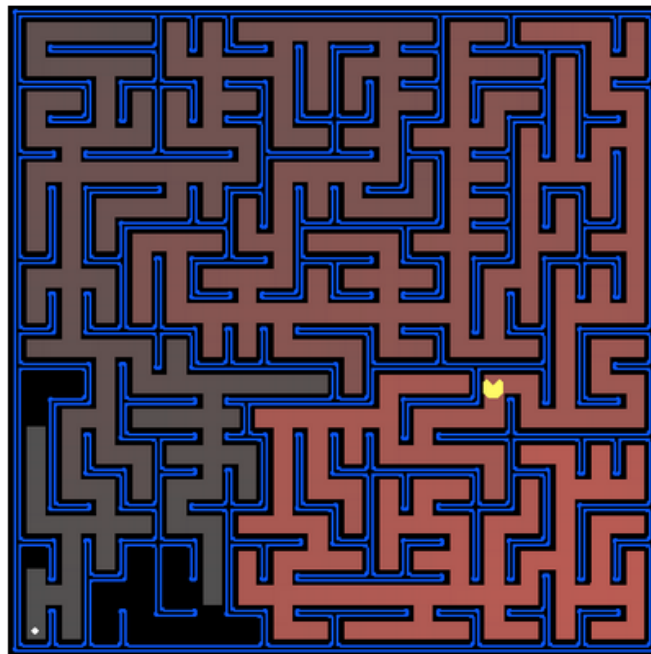
הקישור למטלה 11 בגרסת Python 3.6 :

[/https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs188/sp22/project1](https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs188/sp22/project1)

המטלה תיבדק ע"י ה-autograder והציון למטלה ינתן באופן הבא :

- הציון שה-autograder נותן יהווה 85% בממ"ן 11 , ו-90% בממ"ן 13.
- 10%-15% הנותרים ינתנו ע"פ התרשמות הבודק וקובץ readme.

## 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 יימצאו שם

[searchAgents.py](#)

כל סוכני החיפוש שלכם יימצאו 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 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 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)

**קובץ zip.** כלומר יש לשלוח בדיוק קובץ אחד.

לאחר ההגשה, יש להוריד משרת האו"פ למחשב האישי, ולבדוק שהקבצים אכן הוגשו באופן תקין.

הנכם מתבקשים לא לשנות שמות של פונקציות או מחלקות הנתונות בקוד. בכל אחת ממטלות ההרצה (11,13,15,18) יש לצרף קובץ readme מפורט לקבצי הקוד שאתם מעלים למערכת המטלות.

אורכו המצופה של קובץ זה הינו כעמוד אחד, והוא יהווה כ-10%-15% מהציון של כל ממ"ן הרצה.

הפורמט העדיף לקובץ הוא PDF, אבל כל פורמט הגיוני אחר (דוגמת word) יתקבל גם כן.

קובץ ה-readme צריך לכלול :

- פירוט התשובות לשאלות המופיעות בממ"ן (אם יש כאלו, מה שנוגע בעיקר לממ"ן 11)
  - תיאור עבודתכם : היוריסטיקות בהן בחרתם והסבר מדוע הן קבילות/עקביות/דומיננטיות על פני יוריסטיקות אחרות (כשהדבר רלוונטי), וכן האלגוריתמים בהם השתמשתם, מבני נתונים עיקריים, בחירות מימושית שלקחתם וכו'.
- אין להפנות מקובץ ה-readme לתיעוד המצוי בקבצי הפיתוח שלכם.

## 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 תהיה המשימה הראשונה של פקמן.

הסוכן הפשוט ביותר בקובץ [searchAgents.py](#) נקרא GoWestAgent, שתמיד זו 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 הממתינים 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](#). כדי שהאלגוריתם שלכם יהיה שלם, כתבו את גרסת 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.

### המשך המטלה בעמודים הבאים

## שאלה 2 (10%)

ממשו אלגוריתם חיפוש לרוחב (BFS) בפונקציית `breadthFirstSearch` שבקובץ [search.py](#). 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 עבודה. נתון מבוך עם ארבע פינות ובכל אחת מהן יש נקודה. בבעיית החיפוש החדשה יש למצוא את המסלול הקצר ביותר במבוך העובר דרך ארבע הפינות. (בין אם במבוך 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! למזן: 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 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 צמתים 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 בעיית חיפוש קשה : "אכילת" כל המזון של פקמן במספר צעדים קטן ככל האפשר. לצורך כך נזדקק להגדרה חדשה עבור בעיית החיפוש המבטאת את בעיית "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 חיפוש 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
```

רמז : 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 1-5

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 2.4.2022

סמסטר: 2022ב

(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 (20 נק')

נתונה מסילה מעגלית המחולקת למספר כלשהו  $n$  של מקטעים ( $n > 2$ ) הממוספרים מ-0 עד  $n-1$ . 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":

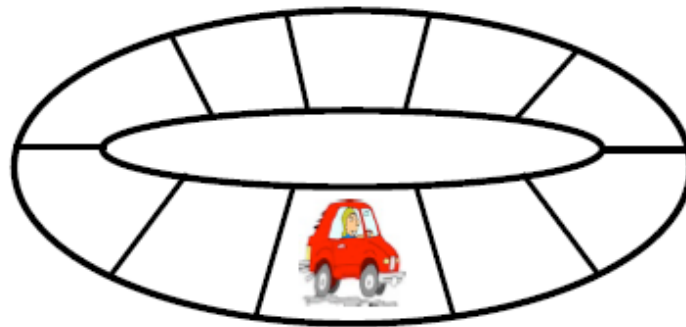
פעולת "האץ" גורמת לכך שבדקה הבאה הסוכן יעבור  $m+1$  מקטעים, כאשר  $m$  הוא מספר המקטעים שהסוכן עבר בדקה הנוכחית.

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  $z$ , אז היוריסטיקה מחזירה:

$$n-z \quad \text{אם} \quad z \neq 0$$

$$0 \quad \text{אם} \quad z = 0$$

האם יוריסטית זו קבילה?

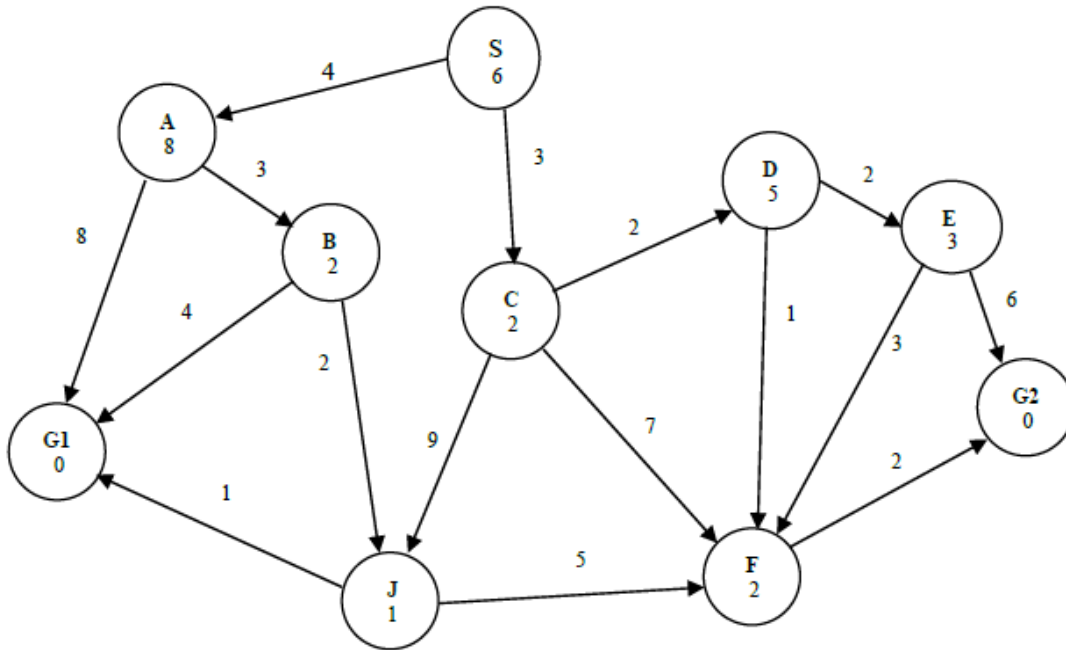
האם יוריסטיקה זו עקבית?

הוכיחו את תשובותיכם.

## שאלה 2 (35 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.
- אם נמצאים בצומת C ואלגוריתם הדמיית חישוב בחר באופן אקראי בצומת J, מהי ההסתברות שיבוצע מהלך זה?
  - אם נמצאים בצומת C ואלגוריתם הדמיית חישוב בחר באופן אקראי לבחון את צומת D, מהי ההסתברות שיבוצע מהלך זה?

### שאלה 3 (23 נק': 5 נק' לסעיפים א', ב', ד'; 8 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 קבוצות הזרות, מה עדיף:

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

או

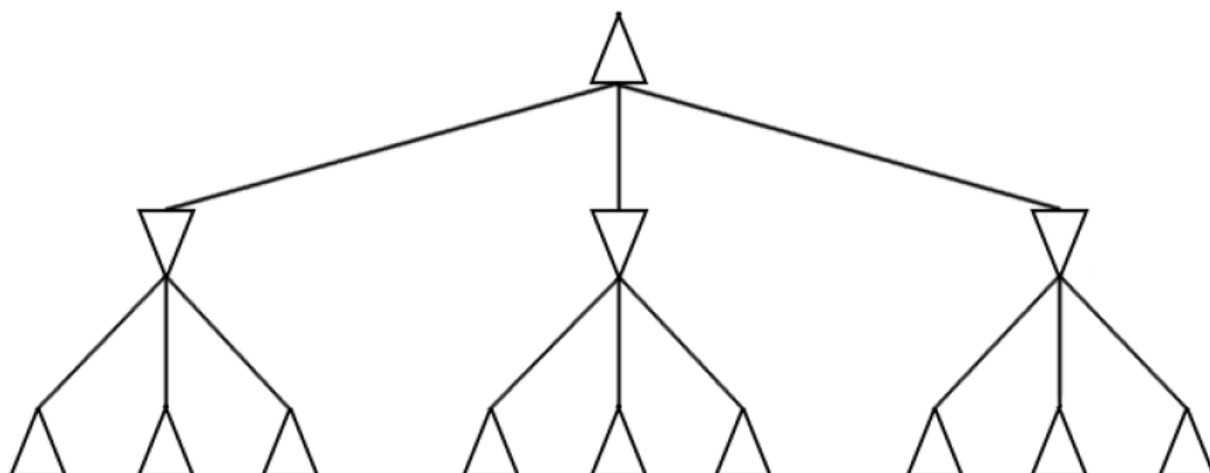
$$\text{גרף בו } |V1| = |V2| \text{ ו- } n > x ?$$

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

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

#### שאלה 4 (22 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.

# מטלת מנחה (ממ"ן) 13 - להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1-5

משקל המטלה: 4

מספר השאלות: 4

מועד אחרון להגשה: 16.4.2022

סמסטר: 2022

(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"

קראו את הפתיח לממ"ן 11.

כאמור שם, יש לפתור את המטלה הנמצאת כאן בגירסת 3.6 של Python.

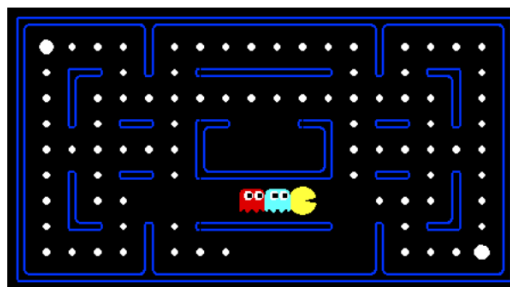
הקישור למטלה 13 בגירסת Python 3.6:

<https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs188/su21/project2>

הערות להגשת המטלה בגירסת 3.6:

- כשמריצים גיזום אלפא-ביתא, ה-autograder מצפה לגיזום רק כאשר הערך בצומת גדול/קטן ממש מאלפא/מביתא ולא כאשר הערך בצומת שווה לאלפא או לביתא (כפי שנלמד בספר הקורס). לכן, כדי לקבל ציון מלא מה-autograder יש לממש את אלגוריתם אלפא-ביתא לפי הציפייה של ה-autograder, ואילו בכל מקום אחר נדרש יהיה לממשו בהתאם לנלמד בספר הקורס.
- יש לענות גם על שאלה 5, שאינה קיימת בגירסת 2.7.

## 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.

את כל הקוד והקבצים הנלווים ניתן להוריד [בקובץ zip](#).

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

[game.py](#) כגון AgentState, Agent, Direction, Grid

[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 (23%)

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 (32%)

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 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 פירושו 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 שכעת 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". לעיתים 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 הישאות 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 (23%)

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 שהפעולות שהוא בוחר יכולות להשתנות בגלל התנהלות שונה במקרים של החלטות שונות לשבירת שוויון. שוב, ערכי המינימקס של המצב ההתחלתי בסידור ה-`minimaxClassic` הם 9,8,7,-492 עבור העומקים 1,2,3,4 בהתאמה.

### המשך המטלה בעמוד הבא

#### שאלה 4 (22%)

האלגוריתמים מינימקס ואלפא ביתא מניחים שהשחקן משחק נגד יריב המקבל החלטות אופטימליות. אך זה אינו תמיד המצב, למשל במשחק איקס עיגול.

בשאלה זו, עליכם לממש את ה- ExpectimaxAgent המשמש למידול התנהגות אקראית של סוכנים שבחירותיהם יכולות להיות לא אופטימליות. מומלץ לבדוק את הקוד שלכם על עצי משחק קטנים ולאחר שהאלגוריתם ירוץ נכון עבורם, תוכלו לבחון את הצלחתו על פקמן. כאשר אתם מחשבים ערכים ממוצעים, הקפידו להשתמש במספרים עשרוניים ולא במספרים שלמים. חילוק בשלמים בפייתון יגרום למשל לכך ש- $1/2=0$  ואילו במספרים עשרוניים  $1.0/2.0=0.5$ .

רוחות אקראיים הם כמובן סוכני מינימקס לא אופטימליים, ולכן מידול שלהם בעזרת חיפוש מינימקס, לא בהכרח יתאים. ExpectimaxAgent לא תיקח את המינימום על כל הפעולות של הרוחות, אלא את התוחלת לפי המודל של הסוכן שלכם לאיך הרוחות מתנהגות. כדי לפשט את הקוד, הניחו שהקוד ירוץ רק נגד יריב שבוחר **אקראית** מבין הפעולות המוחזרות ע"י `getLegalAction`.

כדי לבדוק איך ה- ExpectimaxAgent מתנהג בפקמן הריצו :

```
python pacman.py -p ExpectimaxAgent -l minimaxClassic -a depth=3
```

עכשיו תוכלו לראות התנהגות אדישה יותר בקרבת הרוחות. ביחוד אם פקמן חש שהוא עלול להילכד אבל יכול להימלט כדי לחטוף עוד כמה חתיכות מזון, או לפחות ינסה.

חקרו את התוצאות של שני התסריטים הבאים :

```
python pacman.py -p AlphaBetaAgent -l trappedClassic -a depth=3 -q -n 10
```

```
python pacman.py -p ExpectimaxAgent -l trappedClassic -a depth=3 -q -n 10
```

אתם אמורים לראות ש- ExpectimaxAgent שלכם מנצח לפחות חצי מהזמן, בעוד AlphaBetaAgent תמיד מפסיד. הסבירו מדוע ההתנהגות כאן שונה מאשר במינימקס. מימוש נכון של Expectimax יוביל לכך שפקמן יפסיד לעתים. זו לא בעיה : זו התנהגות נכונה שתעבור את המבדקים שלנו.

**הערה חשובה להגשת המטלה (בגירסת 3.6) :**

כפי שכתוב בפתח למטלה זו, יש לענות גם על שאלה 5, שאינה קיימת בגירסת 2.7.

# מטלת מנחה (ממ"ן) 14

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 6-9

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 5

מועד אחרון להגשה: 30.04.2022

סמסטר: 2022

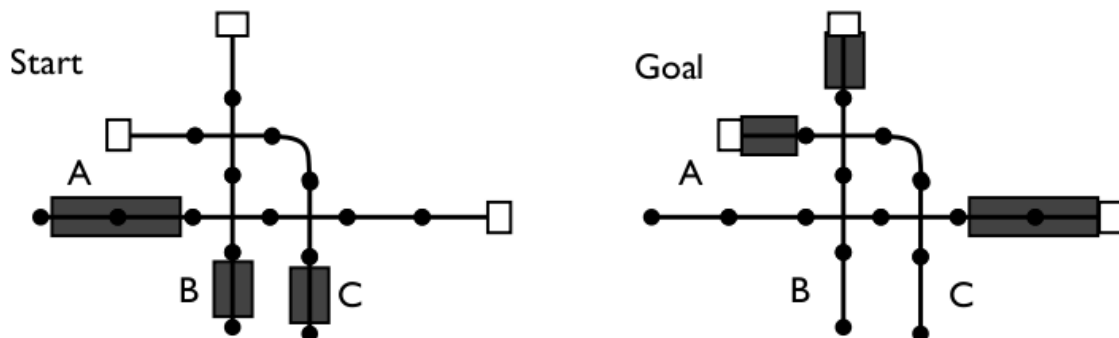
(אב)

## 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 (29 נק')

נתונה בעיית בניית לוח זמנים עבור שלוש רכבות: A (בה יש שני קרונות), B, C (קרון 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  $A=9$ , מחקו את כל הערכים עבור B ו-C שהיו נחקקים על-ידי בדיקה קדימה.

- ד. מחקו את כל הערכים שהיו נמחקים על-ידי עקביות קשת לפני ביצוע הצבות למשתנים.
- ה. לאחר בחירת  $A=9$ , 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 2 (21 נק': 6 נק' לסעיף א'; 6 נק' לסעיף ב'; 9 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".

המידע הכתוב על גבי אחת התוויות הינו אמת ואילו על שתי התוויות האחרות המידע הכתוב הינו שקרי.

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 3 (10 נק')

ברזולוצית קלט (input resolution) מרשים שימוש בכלל הרזולוציה רק אם לפחות אחת משתי הפסוקיות המשתתפות ברזולוציה שייכת לפסוק המקורי. (כלומר, לא מרשים שימוש בכלל הרזולוציה אם שתי הפסוקיות המשתתפות בגזירת הרזולוציה אינן שייכות לפסוק המקורי).

האם רזולוצית קלט שלמה להפרכה? הוכיחו.

שלמה להפרכה הכוונה: אם לוקחים טענה הנובעת מבסיס הידע ומוסיפים את שלילתה לבסיס הידע, אזי ניתן להסיק פסוק ריק (סתירה) בעזרת כללי ההיסק.

רמז: התבוננו בשלב האחרון של גזירת הפסוקית הריקה מן הפסוק המקורי.

### שאלה 4 (11 נק') : 3 נק' לסעיף א'; 4 נק' לסעיף ב'; 1 נק' לכל אחד מהסעיפים א' - ד.2 (ד')

1. הציגו את הפסוקים הבאים בלוגיקה מסדר ראשון.

- א. יש סֶפֶר 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.

2. 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.  $Likes(Mother(x), x), Likes(y, y)$

### שאלה 5 (29 נק') : 8 נק' לסעיף א'; 8 נק' לסעיף ב'; 8 נק' לסעיף ג'; 5 נק' לסעיף ד')

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 מיינץ 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 מייעצת ללירן.
- האם ניתן להוכיחו בעזרת רזולוציה מבסיס הידע?
- אם כן, הוכיחו; אחרת, הסבירו מדוע לא.

# מטלת מנחה (ממ"ן) 15 - להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 1-10

משקל המטלה: 5

מספר השאלות: 14

מועד אחרון להגשה: 14.5.2022

סמסטר: 2022ב

(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.

כל הקבצים הדרושים לפתרון המטלה יפורסמו באתר הקורס.

## 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 שאינו 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.

בנוסף, עליכם ליצור שני קבצים dwr1.txt, dwr2.txt הדרושים לפתרון שאלה 9 וכן קובץ

README.txt (כבמטלות הרצה הקודמות).

כל הקבצים שתגישו יהיו ארוזים בקובץ zip יחיד אותו עליכם לשלוח למנחה.

הנכם מתבקשים לא לשנות שמות של פונקציות או מחלקות הנתונות בקוד.



כמו במטלות ההרצה הקודמות, יש להוסיף קובץ readme בגודל של כעמוד, שמשקלו 10% מהציון של המטלה. בקובץ ה-readme למטלה זו זה יש לתאר את עיקרי המימוש באופן יותר כללי מכפי שנהוג לתאר בקוד. למשל : בשאלות הראשונות - איך זהו Mutex, מה עושים עם הפעולות השונות, אילו בעיות נוצרו עבור שאלה 9, כיצד מומשו היוריסטיקות של שאלות 11-12, מה היה נחוץ כדי לפתור את בעיית מגדלי הנוי וכו'. מעבר לכל זה אפשר גם להוסיף דוגמאות הרצה של פקודות המופיעות בממ"ן, אך אין להסתפק בהן. אין להפנות בקובץ ה-readme לתיעוד בקוד עצמו.



# מטלת מנחה (ממ"ן) 16

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרק 10, פרקים 13-14

מספר השאלות: 4

משקל המטלה: 2 נקודות

סמסטר: 2022ב

מועד אחרון להגשה: 28.5.2022

(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"

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 אוחזת 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 כלשהי וקוביה  $x$  נמצאת 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 פרדיקטים לתיאור 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 (plan).

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 (25 נק': 6 נק' לסעיף א'; 5 נק' לסעיף ב'; 14 נק' לסעיף ג')

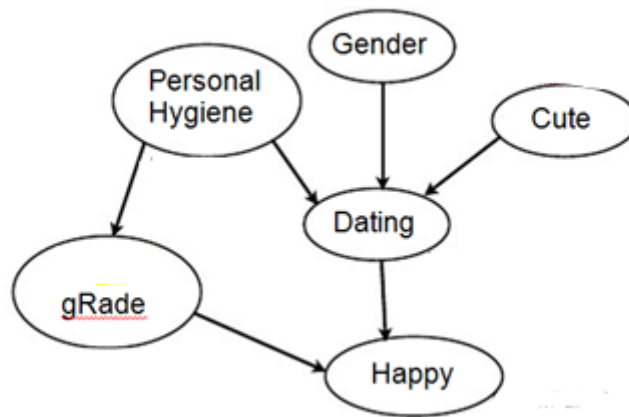
ידוע כי מחלת השחפת (T) עלולה לגרום לשיעול ממושך (R) או לכאבים בחזה (H), וגם למימצאים חיוביים) בצילום רנטגן (X). סרטן הריאה (C) גם משפיע על הסיכוי שיתגלו מימצאים בצילום הרנטגן. הוכח כי סרטן הריאה עלול להיגרם כתוצאה מעישון (S) או מזיהום אוויר (P). עישון עלול לגרום לברונכיטיס כרונית (B) שהסימפטומים שלה כוללים סרטן ריאה, שיעול ממושך וקוצר נשימה (D).

- א. שרטטו רשת בייסיאנית המתארת את יחסי הסיבה-תוצאה שלעיל. שמות הצמתים יהיו האותיות שצויינו בסוגריים.
- ב. כתבו את הביטוי עבור ההתפלגות המשותפת על-פי מבנה הרשת הבייסיאנית ששרטטתם ויחסי האי-תלות בין משתנים הנובעים ממנה.
- ג. כתבו איזו (אילו) מהטענות הבאות נכונה, איזו (אילו) אינה נכונה ואיזו(אילו) מהטענות לא נובעת ממבנה הרשת. צרפו הסבר קצר לכל טענה.
  1. עישון וכאבים בחזה הם משתנים בלתי תלויים.
  2. עישון וקוצר נשימה הם משתנים בלתי תלויים בהינתן שלפציינט יש ברונכיטיס.
  3. ברונכיטיס וכאבים בחזה הם משתנים בלתי תלויים בהינתן שלפציינט יש שיעול ממושך וממצאים חיוביים בצילום הרנטגן.
  4. תוצאת צילום הרנטגן ושיעול ממושך הם משתנים בלתי תלויים בהינתן שלפציינט יש סרטן.
  5. עישון ומחלת השחפת אינם בלתי תלויים הם משתנים בלתי תלויים בהינתן שאובחן שיש לפציינט סרטן.
  6. עישון וזיהום אוויר הם משתנים בלתי תלויים אם לא אובחן כל סימפטום/מחלה/מימצא.
  7. אם לפציינט מימצאים חיוביים בצילום, אזי האבחון של סרן ריאה ושל מחלת השחפת הינם בלתי תלויים.

### המשך המטלה בעמודים הבאים

**שאלה 4 (25 נק': 1 נק' ל-1א'; 4 נק' ל-1ב'; 5 נק' לסעיף 2; 15 נק' לסעיף 3)**

להלן נתונה רשת בייסיאנית המראה שביעות רצון (רמת האושר) של סטודנטים בקורס "מבוא לבינה מלאכותית".  
 המשתנים  $Cute(C)$ ,  $Dating(D)$ ,  $Happy(H)$ , הם משתנים בוליאניים שערכיהם  $\{true, false\}$ .  
 המשתנה  $Gender(G)$  הוא משתנה בוליאני שערכיו הם  $\{male, female\}$ .  
 המשתנה  $Personal\ Hygiene(PH)$  הוא משתנה בוליאני שערכיו הם  $\{good, poor\}$ .  
 תחום הערכים של המשתנה  $gRade(R)$  הוא  $\{A/B, C, F\}$ .



1. השתמשו בהסתברויות המותנות הנובעות מהרשת הנתונה לעיל כדי לכתוב את הביטוי הנדרש עבור התפלגות ההסתברות בכל סעיף:
  - א.  $P(G, C, D, P, R, H)$
  - ב.  $P(H | R, D, C)$
 פשטו ככל שניתן את הביטוי שהתקבל.
2. מה תוכלו להסיק מסעיף 1-ב' לגבי התלות המותנית שבין  $Happy$  ו- $Cute$ , בהינתן  $Dating$  ו- $gRade$ ?
3. להלן נתונות טבלאות ה-CPT עבור הרשת בייסיאנית שלעיל.
  - א. מהי ההסתברות שסטודנט שמח בהינתן שהוא ממין זכר, יוצא לדייט, ההיגינה האישית שלו ירודה והציון שלו בקורס מבוא לבינה מלאכותית הוא A?
  - ב. מהי ההסתברות שקיים סטודנט כמתואר בסעיף א'?
  - ג. מהי ההסתברות שסטודנט נחמד בהינתן שהוא ממין זכר, שמח, יוצא לדייט וההיגינה האישית שלו טובה?

P(PH)
0.7

P(G)
0.8

P(C)
0.6

C	G	PH	P(Dating)
<i>t</i>	<i>male</i>	<i>good</i>	0.6
<i>t</i>	<i>male</i>	<i>poor</i>	0.3
<i>t</i>	<i>female</i>	<i>good</i>	0.9
<i>t</i>	<i>female</i>	<i>poor</i>	0.8
<i>f</i>	<i>male</i>	<i>good</i>	0.3
<i>f</i>	<i>male</i>	<i>poor</i>	0.1
<i>f</i>	<i>female</i>	<i>good</i>	0.7
<i>f</i>	<i>female</i>	<i>poor</i>	0.6

PH	P(R)=A/B	P(R)=C	P(R)=F
<i>good</i>	0.7	0.25	0.05
<i>poor</i>	0.6	0.3	0.1

D	R	P(H)
<i>t</i>	A/B	0.8
<i>t</i>	C	0.7
<i>t</i>	F	0.4
<i>f</i>	A/B	0.7
<i>f</i>	C	0.6
<i>f</i>	F	0.3





# מטלת מנחה (ממ"ן) 17

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרקים 17-18

משקל המטלה: 2 נקודות

מספר השאלות: 2

מועד אחרון להגשה: 11.6.2022

סמסטר: ב2022

(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"

### שאלה 1 (50 נק')

פתרו את שאלה 17.8 בעמוד 689 בספר הלימוד.

### שאלה 2 (50 נק')

כדי להחליט באיזה סרט לצפות, החלטתם לבנות עץ החלטה. אתם עושים זאת בהתבסס על נסיונכם המוצג בקבוצת האימון (training set) בטבלה שלהלן. לכל סרט מופיעים בטבלה 4 ערכים בוליאניים: קומדיה (האם הסרט הוא קומדיה), ליצנים (האם לליצנים יש תפקיד בסרט), אקדחים (האם בסרט משתמשים באקדחים) ובעמודה האחרונה האם אהבתם את הסרט או לא אהבתם.

דוגמאות האימון:

סרט	קומדיה	ליצנים	אקדחים	אוהב
1	לא	כן	לא	לא
2	כן	לא	לא	כן
3	לא	לא	לא	לא
4	לא	לא	כן	כן
5	כן	לא	כן	לא
6	כן	לא	לא	כן
7	לא	כן	כן	לא
8	כן	כן	לא	כן
9	כן	כן	כן	לא

א. איזו תכונה תיבחר עבור שורש עץ ההחלטה? נמקו ופרטו את החישובים.

במקרה של שוויון, העדיפו 'אקדחים' על פני 'ליצנים', 'ליצנים' על פני 'קומדיה'.

ב. השלימו בניית עץ ההחלטה ופרטו את כל שלבי הבנייה.



# מטלת מנחה (ממ"ן) 18 - להרצה

הקורס: 20551 – מבוא לבינה מלאכותית

חומר הלימוד למטלה: פרק 18 - למידה מדוגמאות

מספר השאלות: 1

משקל המטלה: 5 נקודות

סמסטר: 2022ב

מועד אחרון להגשה: 11.7.2022

(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 בעמודים הבאים

## מימוש עצי החלטה

המטלה נלקחה מקורס מבוא לבינה מלאכותית CS 540.

כל הקבצים הנדרשים לפתרון המטלה יועלו לאתר הקורס.

### אופן ההגשה:

עליכם להעלות למערכת המטלות קובץ zip המכיל שני קבצים:

את הקובץ DecisionTreeImpl.java (המכיל את כל הקוד שכתבתם) וכן את הקובץ README.txt (כפי שנדרש במטלות ההרצה הקודמות).

In this problem you are to implement a program that builds a decision tree for categorical attributes and 2-class classification tasks. The programming part only requires building a tree from a training dataset and classifying instances of the test set with the learned decision tree.

You are required to implement four methods and one member for the class

DecisionTreeImpl:

```
1. private DecTreeNode root;  
2. DecisionTreeImpl ( DataSet train );  
3. public String classify ( Instance instance );  
4. public void rootInfoGain ( DataSet train );  
5. public void printAccuracy (DataSet test)
```

DecisionTreeImpl(DataSet train) learns the decision tree from the training set, train.

classify(Instance instance) predicts the example, instance's, label using the trained decision tree.

rootInfoGain(DataSet train) prints the information gain (one in each line) for all the attributes at the root based on the training set, train. The root of your tree should be stored in the member root that has been declared for you. The next sections describe other aspects in detail.

printAccuracy(DataSet test) prints the classification accuracy for the instances in the test set, test, using the learned decision tree.

### Dataset

Our datasets come from a risk loan dataset, which is being used to predict the risk quality of a loan application. There are altogether 1000 examples (also called instances) and we chose 10 categorical attributes to use for this assignment. Each instance is classified as good (class G) or bad (class B), so this is a 2-class classification problem. You can assume other datasets used for testing will also be 2-class classification tasks.

The tables of attributes and their possible values are shown in the table below:

A1: Checking status	x(no checking) n( $x < 0$ , negative) b( $0 \leq x < 200$ , bad) g( $200 \leq x$ , good)
A2: Saving status	n(no known savings) b( $x < 100$ ) m( $100 \leq x < 500$ ) g( $500 \leq x \leq 1000$ ) w( $1000 \leq x$ )
A3: Credit history	a(all paid) c(critical/other existing credit) d(delayed previously) e(existing paid) n(no credits)
A4: Housing	r(rent) o(own) f(free)
A5: Job	h(high qualified/self-employed/management) s(skilled) n(unemployed) u(unskilled)
A6: Property magnitude	c(car) l(life insurance) r(real estate) n(no known property)
A7: Number of dependents	1, 2
A8: Number of existing credits	1, 2, 3, 4
A9: Own telephones or not	y(yes), n(no)
A10: Foreign workers or not	y(yes), n(no)

In each file, there will be a header that gives information about the dataset; an example header and the first example in the dataset is shown below. First, there will be several lines starting with // that provide some description and comments about the dataset. Next, the line starting with %% will list all the class labels. Each line starting with ## will give the name of one attribute and all its possible values. We have written the dataset loading part for you according to this header, so do NOT change it. Following the header are the examples in the dataset, one example per line. The first example is shown below and corresponds to the feature vector (A1=x, A2=n, A3=e, A4=r, A5=h, A6=l, A7=1, A8=1, A9=y, A10=y) and its class is G.

```
// Description of the data set
%%,G,B
##,A1,x,n,b,g
##,A2,n,b,m,g,w
##,A3,a,c,d,e,n
##,A4,r,o,f
##,A5,h,s,n,u
##,A6,c,l,r,n
##,A7,1,2
##,A8,1,2,3,4
##,A9,y,n
##,A10,y,n
x,n,e,r,h,l,l,l,y,y,G
...
```

## Implementation Details

### Predefined Data Types

We have defined four data types to assist your coding, called `Instance`, `DataSet`, `DecTreeNode` and `DecisionTreeImpl`. Their data members and methods are all commented, so it should not be hard to understand their meaning and usage.

### Building the Tree

In the `DecisionTreeImpl(DataSet train)` method, you are required to build the decision tree using the training data. Refer to the pseudocode in Figure 18.5 on page 702 of the textbook to see what your code should do.

To finish this part, you may need to write a recursive function corresponding to the `DecisionTreeLearning` function in the textbook.

### Classification

`public String classify(Instance instance)` takes an example (called an instance) as its input and computes the classification output (as a string) of the previously-built decision tree. You do not need to worry about printing. That part is already handled in the provided code.

### Printing and Information Gain at the Root

The only printing you need to do is in the method

```
public void rootInfoGain(DataSet train) and  
public void printAccuracy(DataSet test).
```

In `rootInfoGain`, for each attribute print the output one line at a time: first the name of the attribute and then the information gain achieved by selecting that attribute at the root. The output order of the attributes and associated information gain values must be the *same* as the order that the attributes appear in the training set's header. Print your results with 5 decimal places using `System.out.format("%.5f\n", arg)`

In `printAccuracy`, you should only print out the accuracy with 5 decimal places.

### Testing

We will test your program using several training and testing datasets using the command line format:

```
java HW3 <modeFlag> <trainFile> <testFile>
```

where `trainFile` and `testFile` are the names of the training and testing datasets, respectively. `modeFlag` is an integer from 0 to 3, controlling what the program will output. Only `modeFlag = {0, 1, 2, 3}` are required to be implemented for this assignment.

The requirements for each value of `modeFlag = {0, 1, 2, 3}` are described as following:

- 0: Print the information gain for each attribute at the root node based on the training set
- 1: Create a decision tree from the training set and print the tree
- 2: Create a decision tree from the training set and print the classification for each example in the test set

3: Create a decision tree from the training set and print the accuracy of the classification for the test set

To facilitate debugging, we have provided three input files called `example1.txt`, `example2.txt` and `example3.txt`. It is highly recommended that you write for yourself a small application that produces random input files in the expected format. Actually make them not so random, so that you'll know what to expect when you build your decision trees.

So, here is an example command:

```
java HW3 0 train1.txt test1.txt
```

You are *NOT* responsible for any file input or console output other than public void `rootInfoGain (DataSet train)` and `printAccuracy(DataSet test)`. We have written the class `HW3` for you, which will load the data and pass it to the method you are implementing.

The format of `rootInfoGain (modeFlag == 0)` should look like

```
A1 0.11111
A2 0.11111
...
A10 0.11111
```

The format of `printAccuracy (modeFlag == 3)` should look like

```
0.12345
```

As part of our testing process, we will unzip the file you submit, call `javac* . java` to compile your code, and then call the main method `HW3` with parameters of our choosing.