

שאלון בחינת גמר

מבוא לבינה מלאכותית

**מבנה הבחינה** : בבחינה חמש שאלות, עליכם לענות על כולן.  
הניקוד לכל שאלה מופיע בכותרת השאלה.

**שאלה 1 (20 נק': 4 נק' לכל סעיף)**

נתאר בעיה של פתרון תשבץ כבעית סיפוק אילוצים.

התשבץ מכיל שש מילים בנות שלוש אותיות כל אחת, שלוש מילים במאוזן (A1,A2,A3) ושלוש מילים במאונך (D1,D2,D3).

	D1 ↓	D2 ↓	D3 ↓
A1 →			
A2 →			
A3 →			

כל מילה צריכה להיבחר מתוך רשימת 40 המילים הבאות :

add, ado, age, ago, aid, ail, aim, air, and, any, ape, apt, arc, are, ark, arm, art, ash, ask, auk, awe, awl, aye, bad, bag, ban, bat, bee, boa, ear, eel, eft, far, fat, fit, lee, oaf, rat, tar, tie

**א.** יש מספר אפשרויות לבחירת המשתנים לבעיה וביניהן :

- i. ייצוג בו תחומי המשתנים מכילים מילים באנגלית.
- ii. ייצוג בו תחומי המשתנים מכילים אותיות האלפבית.

לכל אחד משני הייצוגים הללו, תארו את קבוצת המשתנים, כתבו את מספר המשתנים שיידרשו לייצוג הבעיה שלעיל.

התייחסו בסעיפים הבאים (ב-ה) לייצוג הראשון (i) מבין השניים שלעיל :

**ב.** השתמשו כאמור בייצוג הראשון (i) ושרטטו את גרף האילוצים עבור בעיה זו.

**ג.** הפעילו אילוצים אונריים על גרף זה וכתבו (אם ניתן) לכל משתנה מהו התחום המצומצם שלו.

**ד.** הפעילו אלגוריתם עקביות קשת בגרף זה וכתבו (אם ניתן) לכל משתנה מהו התחום המצומצם שלו.

**ה.** הפעילו חיפוש backtracking , עם היוריסטיקות הרלבנטיות (MRV, יוריסטיקת הדרגה, LCV) כדי לפתור בעיה זו.

במקרה של שוויון בהערכת מספר מצבים, בחרו על-פי סדר אלפביתי וכתבו את הפתרון שהאלגוריתם מוצא לבעיה.

**שאלה 2 (20 נקודות) :** סעיף א-7 נק'; סעיף ב-7 נק'; סעיף ג-6 נק' (

א. נתונים המשפטים הבאים :

- אחד מבין הסטודנטים יוסי ודני לומד מדעי המחשב, ואחד מהם לומד כלכלה
- מי שלומד כלכלה לא לומד מדעי המחשב, ולהפך
- מי שלומד מדעי המחשב לא נשוי
- מי שיש לו ילדים הוא נשוי
- ליוסי יש ילדים

תרגמו את המשפטים הללו לפסוקים בתחשיב הפסוקים: הסבירו מי הם הפסוקים האטומיים, וכתבו את המשפטים כפסוקים בתחשיב הפסוקים.

ב. הוכיחו את המשפט "יוסי לומד כלכלה" מן המשפטים שלעיל, בעזרת רזולוציה.

ג. נתונים משפטים בעברית והצגתם כפסוק בלוגיקה מסדר ראשון.  
קבעו ביחס לכל משפט האם הצגתו כפסוק בלוגיקה מסדר ראשון נכונה.  
אם קבעתם שלא, כתבו את הפסוק הנכון.

- אם יוסי שמח, אז כל אחד עצוב

$$\exists x[(x = Yossi) \wedge Happy(x) \wedge Sad(y)]$$

- כל אחד הוא או שמח או עצוב אבל לא שמח וגם עצוב

$$\forall x Happy(x) \vee \forall x Sad(x)$$

- אם יש אדם שמח ויש אדם עצוב, אז יוסי שמח

$$\exists x[Happy(x) \wedge Sad(x)] \Rightarrow Happy(Yossi)$$

**שאלה 3 (20 נק') :** א-8 נק'; ב-8 נק'; ג-4 נק' (

נתון שואב אבק רובוטי המתפקד על סוללה נטענת.

בכל נקודת זמן הוא יכול לבצע אחת משלוש הפעולות הבאות :

1. נקיון הבית (clean)

2. המתנה (wait)

3. טעינה (recharge)

החיישנים של שואב האבק מאפשרים לו לחוש את מצב הסוללה בצורה מאד גסה המאפשרת להבדיל רק בין שתי רמות טעינה : גבוהה (high) ונמוכה (low).

למעשה המצב של שואב אבק פשוט זה מתואר ע"י משתנה בינרי שתופס את מצב הסוללה high/low.

- \* אם הרובוט מבצע פעולת טעינה (recharge), הסוללה חוזרת לרמת הטעינה high, והשואב לא מקבל כל תגמול מיידי.
  - \* אם הרובוט ממתין (כלומר מבצע פעולת wait), אזי מצב טעינת הסוללה נשאר כפי שהיה והשואב מקבל תגמול מיידי  $R_{wait}$ .
  - \* אם הרובוט מבצע פעולת נקיון (clean), אזי התגמול המיידי על הפעולה תלוי במצב הסוללה לפני תחילת ביצוע הפעולה:
    - אם מצב הסוללה הוא high, אזי פעולת clean משנה אותו ל-low בהסתברות 1/3 ובהסתברות 2/3 מצב הסוללה נשאר high.
    - אם מצב הסוללה הוא low, אזי הסוללה נגמרת בהסתברות 1/2 ונשארת low בהסתברות 1/2.
  - אם הסוללה נגמרת, אנחנו חייבים לאסוף את הרובוט ולטעון אותו בעצמנו. במקרה כזה, הסוללה חוזרת למצב high, והשואב מקבל תגמול מיידי של 10-.
  - אם הסוללה לא נגמרת, השואב מקבל תגמול מיידי  $R_{clean}$ .
- מבחינת הביצועים, אנו רוצים ששואב האבק שלנו יהיה מונע על-ידי ערכים תחת אופק אינסופי עם מקדם  $\gamma = 0.9$  discount factor.

א. בהנחה ש:  $0 \leq R_{wait} \leq R_{clean}$ , אלו מהאופציות שלהלן יכולות להוות מדיניות אופטימלית לשואב האבק? נמקו בקצרה את תשובותיכם.

- i. תמיד לבצע פעולת clean, לא משנה מהו מצב הסוללה.
- ii. תמיד לבצע פעולת recharge, לא משנה מהו מצב הסוללה.

ב. כתבו את משוואת בלמן, המבטאת את הערך האופטימלי של המצב low בשפת הערכים האופטימלים של כלל המצבים. במילים אחרות, מהי הפונקציה  $f$  אם:

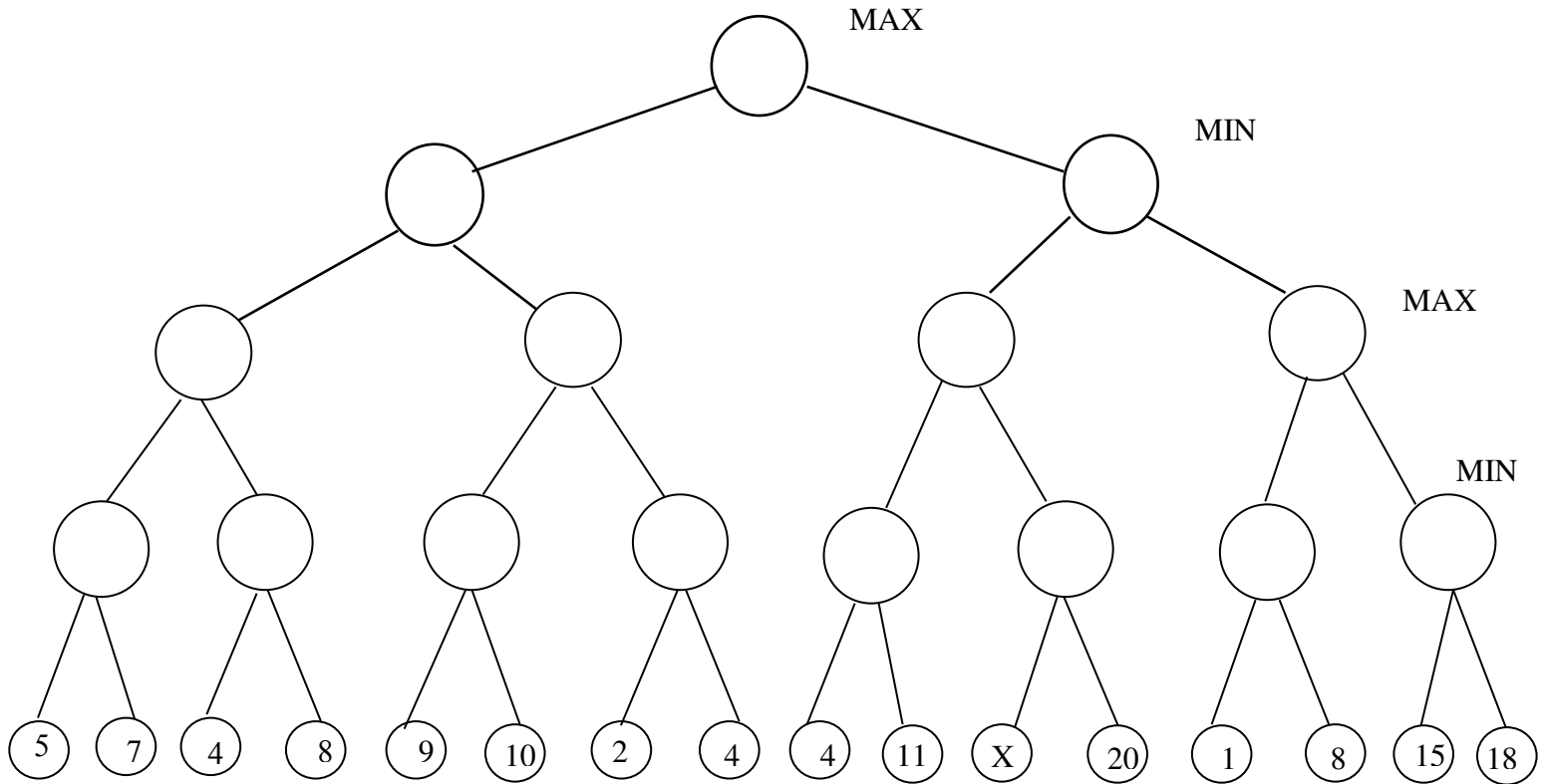
$$U(low) = f(U(low), U(high), R_{wait}, R_{clean})$$

ג. נניח כי  $R_{wait} = 1, R_{clean} = 3$ . אם הערכים של כל המצבים האפשריים של שואב האבק מאותחלים ל-0, מה יהיו הערכים הללו אחרי איטרציה אחת של אלגוריתם value iteration?

**המשך הבחינה בעמודים הבאים**

**שאלה 4 (20 נק': א'-1 נק'; ב'-7 נק'; ג'-6 נק'; ד'-6 נק')**

נתון עץ המשחק הבא. (הערכים המופיעים בעלים הם הערכה סטטית שלהם. רמת השורש היא 0.)

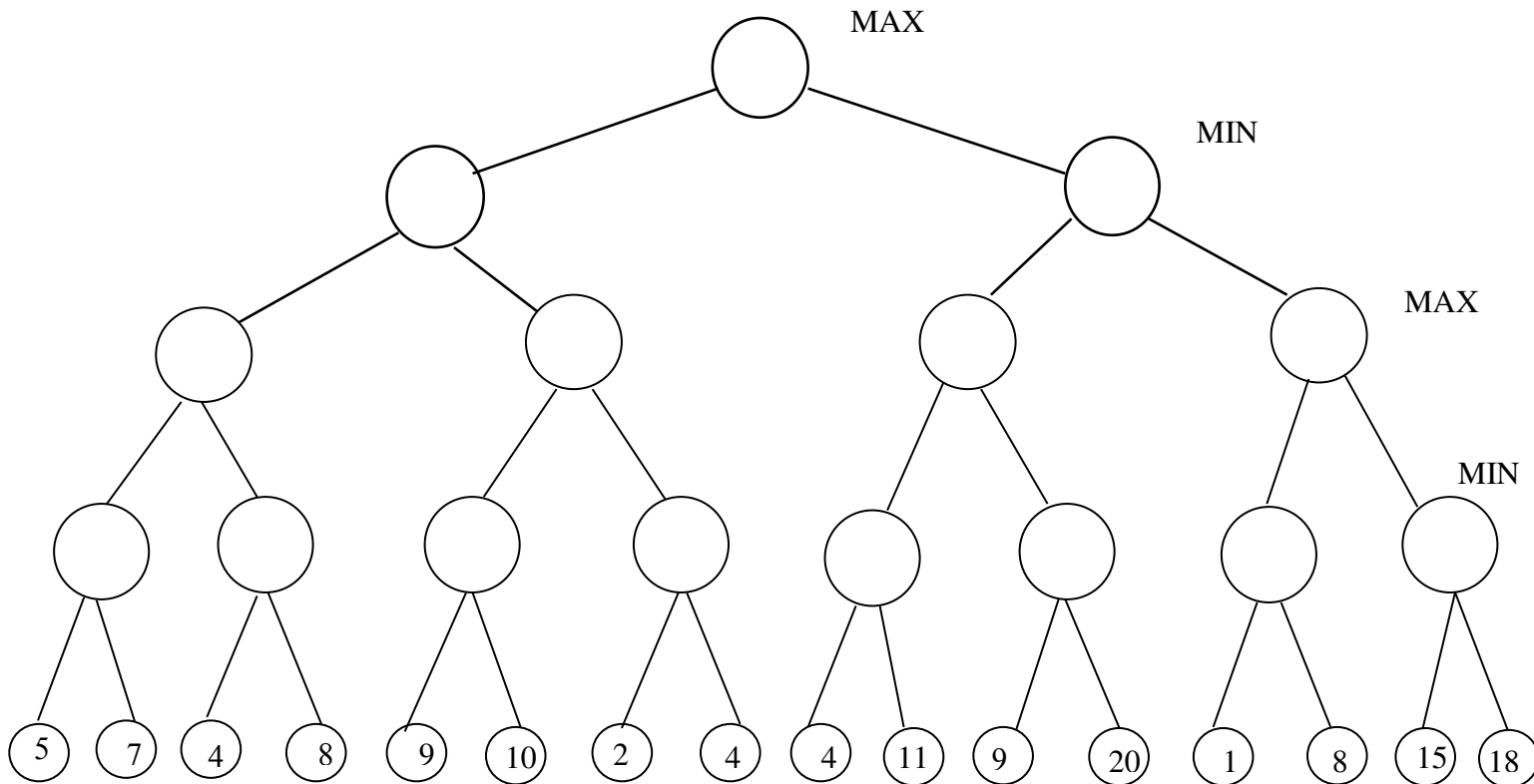


בסעיפים א' ו-ב' שלהלן, הערך בעלה המסומן ב-X יהיה 9.

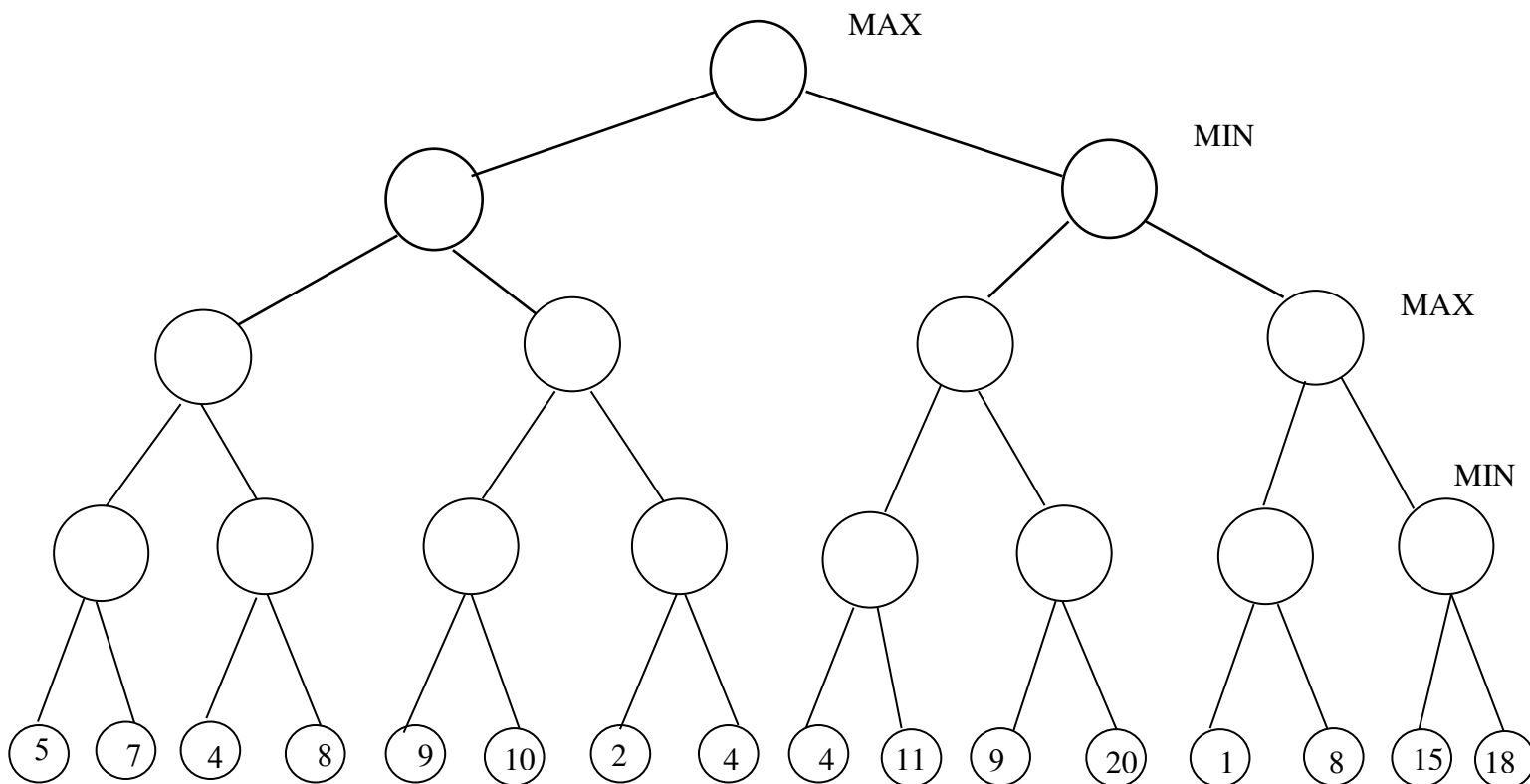
בעמוד הבא מופיע העץ פעמיים לנוחיותכם, עבור התשובות לסעיפים א' ו-ב'.

- א. קבעו את ערכי הקדקדים הפנימיים של העץ על-פי אלגוריתם minimax וסמנו את מסלול הבחירה של השחקן שבשורש העץ.
- ב. סמנו את חלקי העץ אשר ייגזמו במהלך חיפוש אלפא-ביתא משמאל לימין וכתבו (בתוך הצמתים) את ערכיהם של הצמתים אשר ייסרקו.
- ג. האם ערכים שונים של המשתנה X, יגרמו לגיזומים שונים בסריקת אלפא-ביתא משמאל לימין? אם לא הסבירו מדוע; אם כן, ציינו אלו טווחי ערכים של X גורמים לאלו גיזומים / אי-גיזומים.
- ד. נתייחס לעץ שבו לכל צומת פנימי יש בדיוק שני בנים, וכל עלי העץ נמצאים באותו העומק (רמה) והשחקן בשורש העץ הוא שחקן Max. האם הטענה הבאה נכונה? הוכיחו את תשובתכם.  
אם בתת-עץ **השמאלי** של העץ הערך של כל עלה הוא מספר **חיובי**,  
ובתת-עץ **הימני** של העץ הערך של כל עלה הוא מספר **שלילי**,  
**ועומק העץ הוא לפחות 2**,  
אז בסריקת אלפא-ביתא **משמאל לימין**, לא מבקרים **לפחות ברבע** מעלי העץ.

העץ עבור התשובה לסעיף א':



העץ עבור התשובה לסעיף ב':



## שאלה 5 (20 נק': א'- 5 נק' לכל סעיף)

להלן נתונה קבוצת אימון (training set).  
לכל דוגמה יש שלוש תכונות: צורה, גיל, משקל.  
לצורה יש שלושה ערכים אפשריים: עיגול, ריבוע, משולש.  
לגיל יש שני ערכים אפשריים: צעיר וזקן.  
למשקל יש שני ערכים אפשריים: קל וכבד.  
כל דוגמה יכולה להיות מסוג + או מסוג -.

### קבוצת האימון:

צורה	גיל	משקל	סוג
ריבוע	צעיר	כבד	+
ריבוע	צעיר	קל	+
ריבוע	צעיר	כבד	+
עיגול	זקן	קל	-
ריבוע	זקן	כבד	-
ריבוע	זקן	קל	-
עיגול	צעיר	קל	-

א. איזו תכונה היא המתאימה ביותר לצומת השורש של עץ ההחלטה? נמקו.  
אם יש יותר מתכונה אחת כזו, בחרו את זו ששמה מופיע מוקדם יותר בסדר אלפביתי.

ב. איזו תכונה היא המתאימה ביותר לצומת הבן הראשון? נמקו.  
אם תשובתכם לשאלה שבסעיף א' היתה "צורה", ענו על שאלה זו עבור "עיגול".  
אם תשובתכם לשאלה שבסעיף א' היתה "גיל", ענו על שאלה זו עבור "צעיר".  
אם תשובתכם לשאלה שבסעיף א' היתה "משקל", ענו על שאלה זו עבור "קל".

ג. שרטטו את עץ ההחלטה.

ד. להלן נתונה קבוצת בדיקה (test set):

צורה	גיל	משקל	סוג
משולש	צעיר	קל	+
עיגול	צעיר	כבד	+
עיגול	זקן	כבד	-
עיגול	צעיר	כבד	-
ריבוע	זקן	קל	-

- i. ללא שימוש בעץ ההחלטה, ברור שלפחות אחת הדוגמאות בקבוצת הבדיקה לא תסווג נכון. הראו דוגמה כזו והסבירו מדוע סיווג קבוצת הבדיקה אינו תמיד נכון?
- השתמשו כעת בעץ ההחלטה שהתקבל בסעיף ג' עבור הדוגמאות בקבוצת הבדיקה וענו על השאלות הבאות:
- ii. כמה מהדוגמאות בקבוצת הבדיקה סווגו נכון בעזרת עץ ההחלטה?
- iii. מדוע הסיווג של הדוגמה הראשונה אינו צפוי?

## **ב ה צ ל ח ה !**