

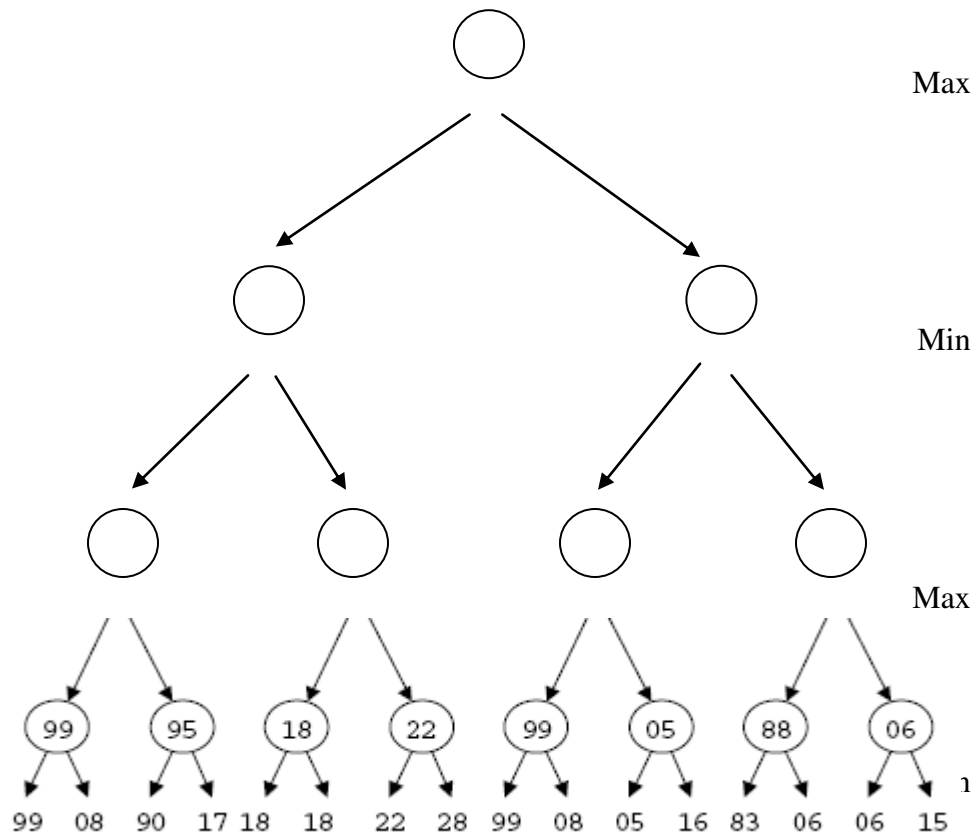
שאלון בחינת גמר

מבוא לבינה מלאכותית

מבנה הבחינה: בבחינה חמש שאלות, עליכם לענות על ארבע מתוכן.

# שאלה 1 (25 נק')

נתון עץ המשחק הבא:



המספרים למטה מייצגים את ערכי העלים לפי Max. המספרים בצמתים מייצגים את הערכת הפונקציה היוריסטית לצמתים אלו.

(א) בהנחה שעומק החיפוש הוא 3 (כלומר Max משחק, אחריו Min, ושוב Max), איזה פעולה יבחר Max לפי אלגוריתם Minimax? מהו ערך ה- Minimax של העץ?

(ב) בהנחה שעומק החיפוש הוא 4 (כלומר כל העץ) איזה פעולה יבחר Max לפי אלגוריתם Minimax? מהו ערך ה- Minimax של העץ?

(ג) האם דרך הפעולה של שחקן Max יכולה להשתנות במעבר מחיפוש לעומק 3 לחיפוש לעומק 4? נמקו.

(ד) הראו איזה צמתים לא יפותחו לפי אלגוריתם Alpha-Beta כאשר נשתמש בכל העץ וסדר החיפוש יהיה משמאל לימין.

ה) האם סידור אחר של העלים יגרום לכך שאלגוריתם Alpha-Beta יגזום יותר צמתים (כאשר משתמשים בעץ כולו וסדר החיפוש הוא משמאל לימין)?  
אם כן, סדרו מחדש את הצמתים כך שאלגוריתם Alpha-Beta יגזום כמות מקסימלית של צמתים.

## שאלה 2 (25 נק')

- נתונות ארבע משימות לביצוע: מ1, מ2, מ3 ו-מ4.  
מעונינים לסיים את ביצוע כל המשימות בארבע שעות.  
אפשר להתחיל בביצוע משימה בתחילת כל שעה. השעות מסומנות 1, 2, 3, ו-4.  
מ1 אורכת שעתיים, מ2 אורכת שעה, מ3 אורכת שעתיים ו-מ4 אורכת שעה.  
אין לבצע בו-זמנית את מ1 ו-מ2 (בזמן שאחת מהן מתבצעת, האחרת לא תתבצע);  
מ1 חייבת להסתיים לפני ש-מ4 מתחילה;  
מ2 חייבת להסתיים לפני ש-מ3 מתחילה.
- א. הציגו את הבעיה כ-CSP: קבעו מי הם המשתנים, מהו התחום של כל משתנה ומהם האילוצים.
- ב. ציירו את גרף האילוצים של הבעיה.
- ג. נניח שהחלטנו להתחיל את ביצוע מ1 בשעה 2.  
מה תהיה התוצאה של הרצת אלגוריתם Forward checking?
- ד. מה תהיה תוצאת ההרצה של אלגוריתם Arc-consistency על המצב ההתחלתי של הבעיה (לפני שבוצעה החלטה כלשהי)? פרטו את כל החישובים.

## שאלה 3 (25 נק')

א. נגדיר פסוק סטנדרטי בתחשיב הפסוקים, כפסוק מהצורה:

$$a_1 \vee a_2 \vee a_3 \vee \dots \vee a_n \vee \neg b_1 \vee \neg b_2 \vee \neg b_3 \vee \dots \vee \neg b_m \quad (m \geq 0, n \geq 0)$$

(כלומר: כל פסוק מורכב מאטומים ושילילות של אטומים שביניהם הקשר OR)

נגדיר את כלל ההיסק הבא:

$$\frac{a_1 \vee a_2 \vee a_3 \vee \dots \vee a_n \vee \neg b_1 \vee \neg b_2 \vee \neg b_3 \vee \dots \vee \neg b_m}{a_1 \vee a_2 \vee a_3 \vee \dots \vee a_{n-1} \vee \neg b_1 \vee \neg b_2 \vee \neg b_3 \vee \dots \vee \neg b_{m-1}}$$

1. הוכיחו שכלל ההיסק הנתון אינו שלם.

2. הוכיחו שכלל היסק הנתון אינו נאות.

H	P(G=true   H)
false	0.8
true	0.4

ב. כל מה שהוא סוס הוא בעל ארבע רגליים.

כל מה שהוא סוס הוא יונק.

1. תארו את הנ"ל בצורה נורמלית בלוגיקה מסדר ראשון.

2. האם ניתן להסיק מהנ"ל (בעזרת רזולוציה): "קיים דבר שהוא גם יונק וגם בעל ארבע

רגליים" הוכיחו את תשובתכם.

#### שאלה 4 (25 נק')

נתונה הרשת הביסיאנית הבאה, כאשר H, G, R ו-J הם משתנים בוליאנים כלהלן:

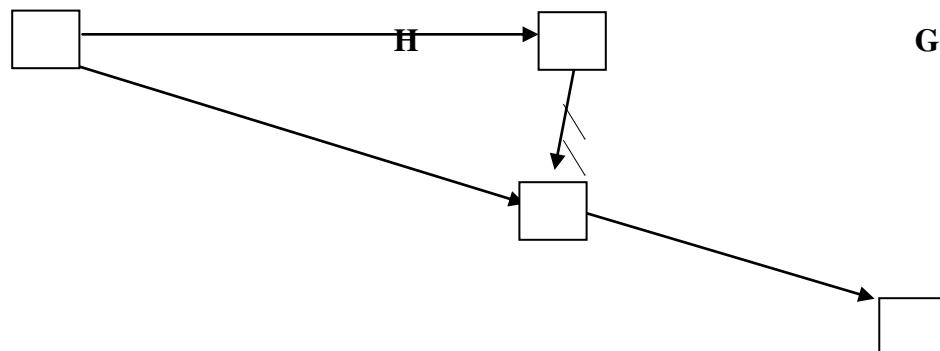
H- חרוץ

G- בעל ציונים טובים

R- קיבל המלצות מצוינות

J- מצא עבודה טובה

$$P(H=\text{true}) = 0.1$$



H	G	P(R=true   H, G)
false	false	0.2
false	true	0.9
true	false	0.3
true	true	0.8

R

J

R	P(J=true   R)
false	0.2
true	0.7

א. איזו/אילו מהטענות הבאות (אם בכלל) נובעת/עות ממבנה הרשת (התעלמו מה-CPTs)?

- (i)  $P(H, G) = P(H) \cdot P(G)$
- (ii)  $P(J|R, H) = P(J|R)$
- (iii)  $P(J) \neq P(J|H)$

ב. חשבו את הערך של  $P(H, G, \neg R, \neg J)$ .

ג. נניח שאנו רוצים להוסיף לרשת את המשתנה  $C = \text{בעל קשרים מתאימים}$ .

הציעו שינוי ברשת אשר מתקבל על הדעת והסבירו אותו בקצרה.

ציירו את הרשת המתקבלת.

רשמו הצעה ל-CPT(s) החדש(ים). אין צורך להזין הסתברויות אלא רק את מבנה הטבלה.

## שאלה 5 (25 נק')

בדוגמת ה-Blocks World שבספר השתמשנו בפרדיקט  $\text{On}(x, y)$  לסמן שקוביה  $x$  נמצאת מעל עצם  $y$  ובפרדיקט  $\text{Clear}(x)$  לסמן שאין קוביה שיושבת מעל עצם  $x$ . העצמים שהוגדרו בעולם היו קוביות ושולחן. הפעולה  $\text{Move}(x, y, z)$  היא הזזת קוביה  $x$ , שנמצאת כרגע מעל קוביה  $y$ , להיות מעל קוביה  $z$ .

א. ננתח עכשיו גרסה קצת שונה של ה-Blocks World.

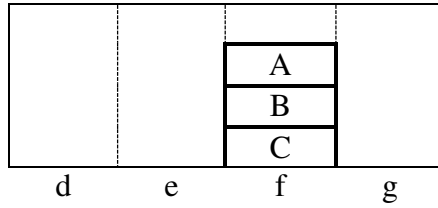
בגרסה זו הרצפה מחולקת ל-4 חלקים בעלי שמות שונים כאשר על כל חלק יכולה להיות

מונחת קוביה אחת בלבד (כמובן שמעליה יכולות להיות קוביות נוספות).

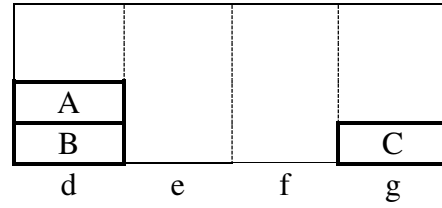
שימו לב שעכשיו העצם "שולחן" לא קיים ובמקומו יש 4 עצמים אחרים:  $d, e, f, g$  שהם

חלקי השולחן.

נתאר את המצב ההתחלתי והמצב הסופי בציור שלהלן:



מצב התחלתי



מצב סופי

תארו את המצב ההתחלתי בשפת PDDL.

ב. נגדיר עכשיו את האופרטור (הפעולה)  $\text{Move}(x,y,z)$  כפעולת הזזת קוביה  $x$ , שנמצאת כרגע מעל **עצם**  $y$ , להיות מעל **עצם**  $z$ .

כתבו את סכימת הפעולה ב-PDDL.

ג. השתמשו באלגוריתם המבצע חיפוש תוך שימוש ביוריסטיקות טובות, למציאת תכנית כדי להגיע מהמצב ההתחלתי למצב הסופי המתוארים בסעיף א'.  
כתבו את התכנית הקצרה ביותר שהאלגוריתם ימצא תוך שימוש באופרטור  $\text{Move}(x,y,z)$  בלבד.

**בהצלחה!**