

הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול  
הטכניון

תאריך הבחינה: 16.12.2012  
שם המרצה: פרופ/ח כרמל דומשלק

**יסודות בינה מלאכותית ויישומיה**  
מבחן מועד א', סמסטר א'

משך המבחן	3 שעות
סה"כ הניקוד במבחן	100
חומר עזר	דף נוסחאות דו-צדדי + מחשבון ללא יכולות תכנות
<b>הוראות מיוחדות</b>	את התשובות יש לספק <b>אך ורק</b> בטופס המבחן. מחברת הטיוטה לא תיבדק כלל!
	יש להגיש את דף הנוסחאות יחד עם המבחן.

### שאלה 1 [16 נק']

נתון בסיס ידע KB בתחשיב הפסוקים בצורת CNF מעל משתנים בולאניים  $\{Y, R, T, H\}$ :

$$(\neg Y \vee \neg R) \wedge (Y \vee R) \wedge (Y \vee M) \wedge (R \vee H) \wedge (\neg M \vee H)$$

(א) הוכיחו בעזרת כלל היסק רזולוציה ש- $H$  נובע לוגית מבסיס הידע, כלומר  $KB \models H$ .

את התשובה יש לספק בדיאגרמה להלן. כל תיבה ריקה בדיאגרמה תכיל פסוקית אחת, כאשר כל הפסוקיות בתיבות שלא בשורה הראשונה מתקבלות ע"י הפעלה של רזולוציה על פסוקיות אחרות. אם פסוקית בתיבה  $x$  מתקבלת מרזולוציה של פסוקיות בתיבות  $y$  ו- $z$ , יש להוסיף לדיאגרמה קשתות  $(y, x)$  ו- $(z, x)$ .

$(\neg Y \vee \neg R)$	$(Y \vee R)$	$(Y \vee M)$	$(R \vee H)$	$(\neg M \vee H)$	
<div style="position: relative; width: 100%; height: 100%;"> <div style="position: absolute; top: 50%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%);"> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; margin: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="font-size: 20px;">✓</span> </div> </div> </div>					

(ב) מצאו והציגו מודל אחד (השמה מלאה אחת) אשר מוכיח ש:  $Y$  לא נובע לוגית מבסיס הידע, כלומר  $KB \not\models Y$ .

משתנה	H	M	R	Y
ערך				

### שאלה 2 [16 נק']

(א) הלקוחות של הבנק בו אתם עובדים מתוארים ע"י שלוש תכונות בולאניות  $\{x, y, z\}$ , ועליכם לסווג לפי דוגמאות העבר את כל הלקוחות לכאלה ש"סביר שיסגרו את חשבונם בבנק" (true) ולכאלה שלא (false). נניח שקיימת פונקציה דטרמיניסטית שתופסת במדויק את התלות של התכונה שמעניינת אתכם ב- $\{x, y, z\}$ , והיא פונקציה  $f(x, y, z) = x \text{ xor } z$ . (להזכירכם,  $x \text{ xor } y$  שקול לוגית ל:  $((x \wedge \neg z) \vee (\neg x \wedge z))$ ).

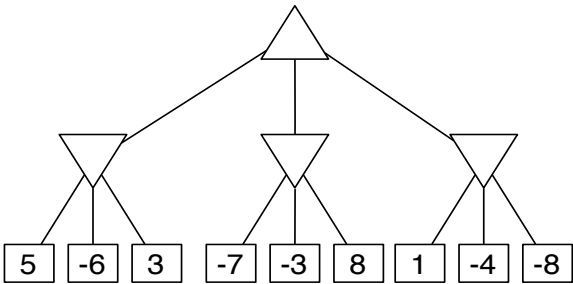
יהי  $H$  קבוצת כל עצי החלטה מעל  $\{x, y, z\}$ . האם קיים עץ החלטה ב- $H$  אשר תופס את  $f$  במדויק, כלומר מסכים עם הערך של  $f$  בכל נקודה? אם כן, ציירו עץ החלטה כזה, וכמה שיותר קטן. אם לא, הצביעו (גם אם באופן לא פורמלי) על המגבלה של  $H$  שמונעת ממנה להכיל עץ כזה.

(ב) דוגמאות העבר שעומדות לרשותכם מתוארות בטבלה בצד שמאל. ציירו במקום המיועד בצד ימין את עץ ההחלטה אשר ילמד מהדוגמאות הללו ע"י אלגוריתם בניית עץ רקורסיבי חמדן (שנלמד בכיתה) אשר בוחר משתנה לפיצול לפי עקרון מיקסום האינפורמציה (שגם נלמד בכיתה) ואם יש צורך, שובר שיוויון בין המשתנים ע"ב הסדר האלפאבתי של השמות שלהם.

$x$	$y$	$z$	$f$
1	0	1	1
1	1	0	0
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
0	0	1	0
0	1	1	1
1	1	1	0

**שאלה 3 [16 נק']**

נבחן משחק שמתואר בדיאגרמה להלן, בה התועלות בעלים הן התועלות  $V_A(s)$  של השחקן הראשון (A). נניח שהשחקן השני (B) הוא שחקן ממזער, כלומר  $V_B(s) = -V_A(s)$ . במילים אחרות, אנחנו במגרש הסטנדרטי של minimax, כלומר של משחקי "סכום אפס".



- (א) בכל קדקוד פנימי בדיאגרמה, ציין את התועלת  $V_A(s)$  של השחקן A.
- (ב) על הדיאגרמה עצמה, סמנו ב-x ליד כל קדקוד אשר לא יבחן אם נשתמש בקיטום  $\alpha$ - $\beta$ , תוך הנחה שבנים של קדקוד בעץ נבחנים בסדר משמאל לימין.

#### שאלה 4 [16 נק']

אילן ואילנית רוצים להיפגש, לא משנה איפה, אך הם אבודים במבוך  $N \times N$ . בכל יחידת זמן הם זזים סימולטנית, כל אחד באחד מהכיוונים הבאים: {צפון, דרום, מזרח, מערב, במקום}. עליכם למצוא להם תכנית תנועה אשר תפגיש ביניהם, בכמה שפחות יחידות זמן. שימו לב: אם אילן ואילנית יעברו זה ליד זה, הדבר לא יחשב למפגש. המפגש פירושו שהזוג שלנו נמצא באותו תא של המבוך.

(א) מהו התיאור הפורמלי של המשימה שלכם כבעיית חיפוש סוכן בודד (*single agent*)?

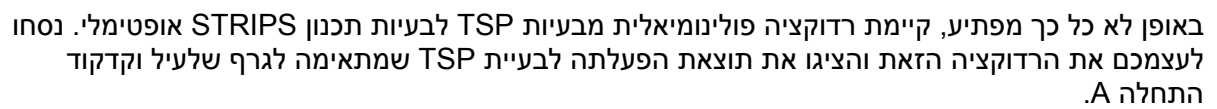
	מצבים
	גודל מקסימלי של מרחב המצבים
	דרגת סיעוף מקסימלית
	מבחן מטרה

(ב) הציעו היוריסטיקה לא טריוויאלית ספציפית לבעיית אילן ואילנית. (היוריסטיקה טריוויאלית היא, למשל, היוריסטיקה שמחזירה מספר קבוע.)

<p>(ג) הקיפו את כל האלגוריתמים להלן אשר מובטח שיחזירו תכנית אופטימלית לבעיית ספציפית זו.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DFS</li> <li>• BFS</li> <li>• <math>A^*</math> עם היוריסטיקה קבילה.</li> <li>• <math>A^*</math> עם היוריסטיקה שתמיד מחזירה 0.</li> <li>• GBFS עם היוריסטיקה קבילה.</li> </ul>	<p>(ד) אם <math>h_1</math> ו-<math>h_2</math> הן היוריסטיקות קבילות, לאילו מההיוריסטיקות הבאות מובטחת קבילות?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>h_1 + h_2</math></li> <li>• <math>h_1 \cdot h_2</math></li> <li>• <math>\max(h_1, h_2)</math></li> <li>• <math>\min(h_1, h_2)</math></li> <li>• <math>(\alpha)h_1 + (1 - \alpha)h_2</math>, כאשר <math>\alpha \in [0, 1]</math>.</li> </ul>
---	--

#### שאלה 5 [16 נק']

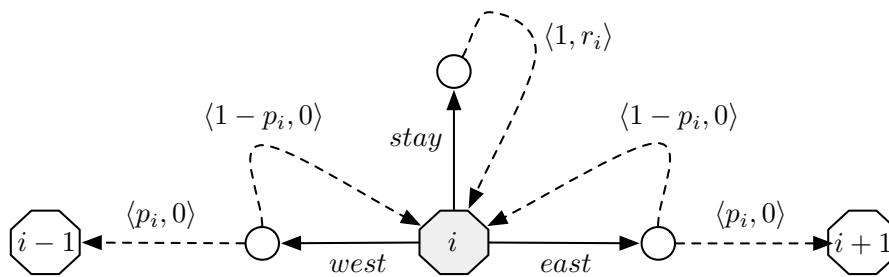
בעיית "הסוכן הנוסע" (TSP - Traveling Salesperson Problem) היא בעיה ידועה בתורת הגרפים ובחישוביות. הבעיה עוסקת בסוכן נוסע, שבמסגרת תפקידו עליו לעבור בערים רבות, המקושרות ביניהן ברשת כבישים, יש למצוא את המסלול הקצר ביותר אשר מתחיל בעיר מסויימת, מבקר בכל עיר פעם אחת בדיוק, וחוזר לעיר המוצא. ניסוח הבעיה במונחי תורת הגרפים: למצוא בגרף לא מכונן עם קשתות ממושקלות מעגל המילטוני (= עובר דרך כל הקדקודים) שמשקלו הוא הקטן ביותר.

[illegible]

## שאלה 6 [20 נק']

לאורך הכביש היחיד באנטרקטיקה יש  $N$  ערים, הממוספרים בסדר עוקב מ-1 עד  $N$ . אתם מייצגים איש עסקים מעיר מס' 1, שם הוא מתחיל את פעילותו העסקית. בכל יום הוא יכול לבחור בין לנסוע לאחת הערים הסמוכות (פעולות West ו-East), לבין להישאר בעיר הנוכחית לעשות בה עסקים (פעולה Stay). אם הוא יבחר לנסוע מעיר  $i$  (לעיר  $i+1$  או עיר  $i-1$ ), הוא יגיע ליעדו בהצלחה בהסתברות  $p_i$ , אך בהסתברות  $1 - p_i$  סופות שלגים ישאירו אותו בסופו של דבר בעיר  $i$  והיום יתבזבז. בכל מקרה, מוצלח או לא, יום נסיעות לא מביא לאיש עסקים שלכם שום תגמולים מיידיים. אחרת, אם הוא מלכתחילה יבחר להישאר ולעשות עסקים בעיר  $i$ , אזי אותו יום הוא יקבל תגמול  $r_i > 0$ .

דיאגרמה להלן מתארת פעולות והתרחשויות אפשריות בעיר  $i$ . החצים הרגילים מתארים פעולות. החצים המקווקווים מתארים מעברים סטוכסטיים; כל מעבר מתויג עם הסתברותו ותיגמולו, בסדר הזה.



(א) בהנחה שלכל  $i$ ,  $r_i = 1$ ,  $p_i = 1$ , ואיש עסקים שלנו רוצה להיות מונע ע"י ערכים עם אופק אינסופי אך מקדם הפלייט עתיד (discount factor)  $\gamma = 0.5$ , מה יהיה הערך  $V_{stay}(1)$  של המצאות בעיר מס' 1 תחת מדיניות של תמיד לבחור בפעולה Stay? יש לספק תשובה מספרית, מלווה בנימוק קצר.

(ב) בהנחה שלכל  $i$ ,  $r_i = 1$ ,  $p_i = 1$ , ואיש עסקים שלנו רוצה להיות מונע ע"י ערכים עם אופק אינסופי אך מקדם הפלייט עתיד (discount factor)  $\gamma = 0.5$ , מה יהיה הערך  $V^*(1)$  של המצאות בעיר מס' 1 תחת מדיניות אופטימלית? יש לספק תשובה מספרית, מלווה בנימוק קצר.

(ג) בהנחה שכל ה- $r_i$ -ים וכל ה- $p_i$ -ים הם מספרים חיוביים ידועים והפליית העתיד כמעט ולא קיימת ( $\gamma \approx 1$ ), תארו את המדיניות שהיא אופטימלית לאיש העסקים שלכם. אתם יכולים לתאר אותה פורמלית או במילים (לדוגמא, "תמיד תבצע East"), אבל תשובתכם צריכה לתאר במדויק איך איש העסקים שלכם צריך לפעול בכל מצב אפשרי.  
[רמז: אני לא חושב שתצטרכו לבצע כאן חישובים מסובכים.]

נניח שאנחנו מריצים אלגוריתם value iteration. נסמן ב- $V_k(s)$  את הערך של מצב  $s$  אחרי  $k$  איטרציות של האלגוריתם, ונניח ש:  $V_0(s) = 0$  לכל המצבים  $s$ .

(ד) אם הערך של מצב 1 תחת מדיניות אופטימלית עם אופק אינסופי הוא  $V^*(1) > 0$ , מהו הערך המקסימלי של  $k$  שבו  $V_k(1)$  עדיין יכול להיות שווה ל-0? יש ללוות את התשובה בנימוק קצר.  
[הערה: זיכרו שכל  $r_i$  יכול להיות כל מספר ממשי. כמו כן, הזהירו מטעויות של "פלוס-מינוס 1".]

(ה) בהנחה שכל ה- $r_i$ -ים וכל ה- $p_i$ -ים הם מספרים חיוביים, מהו הערך המקסימלי של  $k$  שבו  $V_k(1)$  עדיין יכול להיות שווה ל-0? יש ללוות את התשובה בנימוק קצר.  
[הערה: גם כאן, הזהירו מטעויות של "פלוס-מינוס 1".]

(ו) נניח שהלקוח שלנו חווה את הסידרה הבאה של מצבים/פעולות/תגמולים:

1.  $(s = 1, a = stay, r = 4);$
2.  $(s = 1, a = east, r = 0);$
3.  $(s = 2, a = stay, r = 6);$
4.  $(s = 2, a = west, r = 0);$
5.  $(s = 1, a = stay, r = 4, s = 1);$

מהם הערכים  $Q(s, a)$  שמתקבלים מלמידת Q-learning אם מקדם "קצב למידה" (learning rate) שלנו הוא 0.5, מקדם הפליית העתיד (discount factor) שלנו הוא 1, והלמידה מתחילה מכל הערכים  $Q(s, a)$  מאותחלים ל-0?

את התשובות יש למלא בטבלא להלן, כל שורה צריכה להכיל ערכי Q לאחר מעבר המצויין בעמודה השמאלית ביותר.

$(s, a, r, s')$	$Q(1, stay)$	$Q(1, east)$	$Q(2, west)$	$Q(2, stay)$
אתחול	0	0	0	0
$(1, stay, 4, 1)$				
$(1, east, 0, 2)$				
$(2, stay, 6, 2)$				
$(2, west, 0, 1)$				
$(1, stay, 4, 1)$				