

**שאלה 1 (24 נקודות)**

נתונים המשפטים שלהלן:

- לאקי הוא כלב פודל.
  - דן הוא הבעלים של לאקי.
  - היום יום ראשון.
  - ביום ראשון לא חם.
  - לאקי מאולף.
  - לברדורים הם כלבים טובים וגם פודלים מאולפים הם כלבים טובים.
  - אם כלב הוא כלב טוב ויש לו בעלים, אז הוא ימצא עם בעליו.
  - אם יום ראשון וחם ביום ראשון, אז דן נמצא בקניון.
  - אם יום ראשון ולא חם ביום ראשון, אז דן נמצא בפארק.
- (6 נק') א. הצרינו את המשפטים הללו בלוגיקה מסדר ראשון.  
 (6 נק') ב. המירו את בסיס הידע מסעיף א' ל-CNF.  
 (12 נק') ג. הוכיחו את המשפט "לאקי נמצא בפארק" בעזרת רזולוציה.

**שאלה 2 (18 נקודות)**

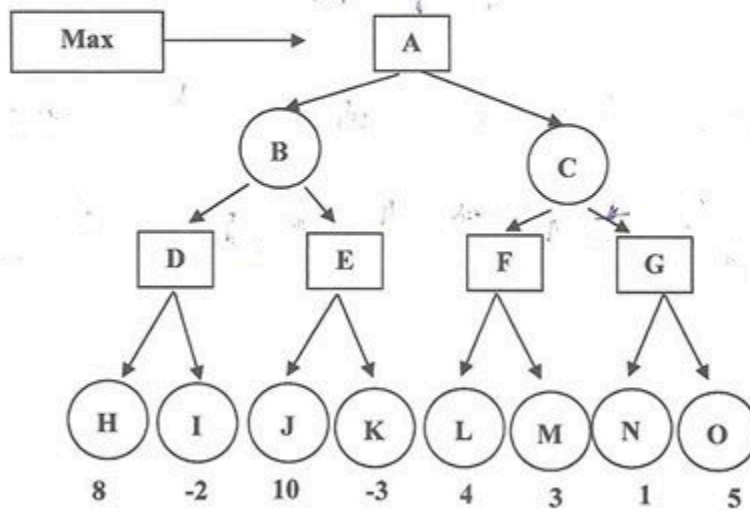
- (6 נק') א. נתונה טבלת הנתונים הבאה המאפיינת כל מופע באמצעות 4 תכונות בוליאניות. בהנחה ש-Expensive היא תכונת היעד של הסיווג, מהי התכונה הטובה ביותר עבור השורש של עץ ההחלטה? הסבירו.

	Games	Camera	Internet	Expensive
E1	Included	Included	Included	True
E2	Not	Included	Included	True
E3	Not	Included	Not	False
E4	Included	Not	Included	False
E5	Included	Not	Not	False
E6	Not	Not	Not	True

- (12 נק') ב. בנו את עץ ההחלטה בהנחה ש-Expensive היא תכונת היעד של הסיווג.

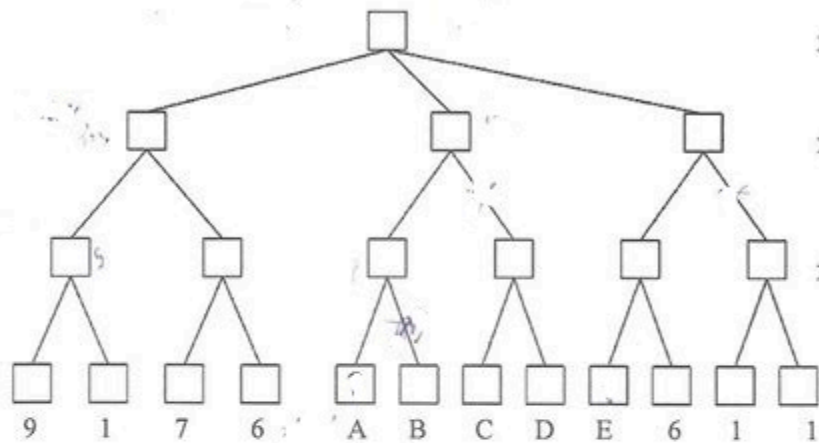
שאלה 3 (18 נקודות)

א. להלן נתון עץ חיפוש:



הפעילו את אלגוריתם אלפא-ביתא על עץ זה משמאל לימין והראו את הגיזומים שיבצע (אם יהיו).

ב. נתון עץ המשחק הבא:



ברמה ראשונה משחק שחקן MIN, ובשתי הרמות שלאחר מכן – שחקן MAX-משחק!

עבור אילו ערכי A, אלגוריתם אלפא-ביתא (המתבצע משמאל לימין) לא יפתח את צומת B?

שאלה 4 (24 נקודות)

לשני המנחים דני (D) וירון (Y) מצפה בוקר עמוס והם מכינים את לוח הזמנים שלהם (לאותו בוקר).

ישנן חמש משימות שצריכות להתבצע:

- (F) – לארגן כיבוד לסמינר המחקר, משימה שאורכת שעה.
- (H) – להכין שאלות לשיעורי בית, משימה שלצורך ביצועה נדרשות שעתיים רציפות.
- (P) – להכין את הרובוט PR2 לביקור של קבוצת תלמידי ביי"ס, משימה שלוקח שעה לבצעה.
- (S) – להנחות את סמינר המחקר, משימה שלוקח שעה לבצעה.
- (T) – ללמד את תלמידי ביי"ס על הרובוט PR2, משימה שנדרשות שעתיים ברצף כדי לבצעה.

לוח הזמנים מורכב מיחידות זמן של שעה אחת: 8-9, 9-10, 10-11, 11-12 בבוקר.

הדרישות עבור לוח הזמנים הן כדלקמן:

- (a) בכל יחידת זמן, כל מנחה יכול לבצע משימה אחת לכל היותר (F, H, P, S, T).
- (b) הכנת PR2 (P) צריכה להתבצע לפני שמלמדים את הקבוצה של ה-preschoolers (T).
- (c) את הכיבוד יש להביא (F) לפני הסמינר (S).
- (d) הסמינר (S) צריך להסתיים עד השעה 10 בבוקר.
- (e) דני ידאג להביא את הכיבוד (F) משום שיש לו רכב.
- (f) המנחה שאינו מנחה את הסמינר (S) עדיין צריך להיות נוכח בו, ולכן אינו יכול לבצע משימה אחרת (F, T, P, H) במהלך הסמינר.
- (g) מנחה הסמינר (S) אינו מלמד את תלמידי ביה"ס (T).
- (h) המנחה שמלמד את תלמידי ביה"ס (T) צריך גם להכין את הרובוט PR2 (P).
- (i) הכנת שאלות לשיעורי בית (H) אורכת שעתיים רצופות ולכן צריכה להתחיל לכל המאוחר בשעה 10 בבוקר.
- (j) ללמד את תלמידי ביה"ס (T). משימה זו אורכת שעתיים רצופות ולכן עליה להתחיל לכל המאוחר בשעה 10 בבוקר.

כדי לנסח בעיה זו כ-CSP, השתמשו במשתנים F, H, P, S, T.

הערכים שהמשתנים יכולים לקבל מציינים את שם המנחה האחראי לביצוע המשימה ואת שעת התחלת ביצועה (תחילת יחידת הזמן שבמהלכה המשימה מתבצעת). יש לזכור כי עבור משימה שהזמן הנדרש לביצועה הוא שעתיים (ברצף), המשתנה אמנם מייצג את שעת ההתחלה של ביצוע המשימה, אבל המנחה יהיה עסוק בביצועה גם ביחידת הזמן הבאה (על פי אילון a).

(המשך השאלה בעמוד הבא)

ישנם 8 ערכים אפשריים לכל משתנה, ונסמנם כך:

D8, D9, D10, D11, Y8, Y9, Y10, Y11

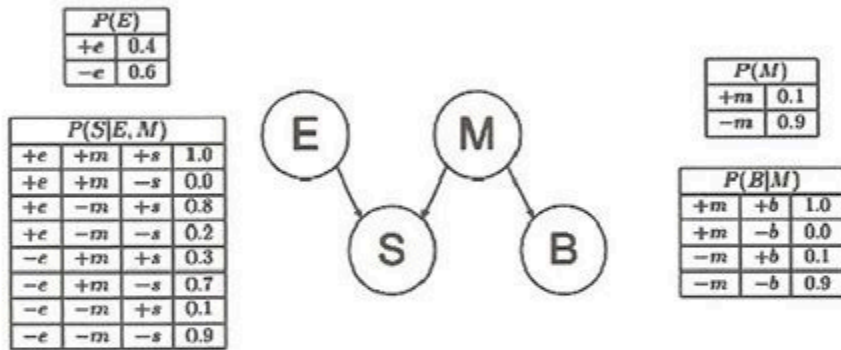
האות מתאימה לשם המנחה והמספר ליחידת הזמן. למשל, השמת הערך D8 למשתנה פירושה שהמשימה מבוצעת על-ידי המנחה דני החל מהשעה 8 (בבוקר).

- 2 נק' א. מהו גודל מרחב המצבים עבור CSP זו?
- 2 נק' ב. אילו מהמשפטים a עד j (שלעיל) כוללים אילוצים אונריים?
- 4 נק' ג. מחקו את כל הערכים כך שיתקיימו האילוצים האונריים.
- 4 נק' ד. לאחר בחירת  $S=D9$ , מחקו את כל הערכים שהיו נמחקים באמצעות בדיקה קדימה (forward checking).
- 4 נק' ה. בהתבסס על תוצאת הסעיף הקודם, מי הוא המשתנה הבא שתבחר יוריסטיקת MRV להציב לו ערך?
- הציבו את הערך האפשרי הראשון למשתנה זה ובצעו בדיקה קדימה (מחיקת ערכים).
- 4 נק' ו. חזרו כעת לתוצאת סעיף ג' (אילוצים אונריים). לאחר בחירת  $S=D9$ , מחקו את כל הערכים שהיו נמחקים באמצעות עקביות קשת (arc consistency).
- 2 נק' ז. השוו בין תשובותיכם לסעיפים ד' ו-ו'. האם עקביות קשת גרמה למחיקה של יותר או פחות ערכים ביחס לבדיקה קדימה? הסבירו מדוע.
- 2 נק' ח. בהמשך לסעיף ו', האם קיים פתרון (ללא נסיגה לאחור)? כתבו את הפתרון(נות) אם קיים(ים).

**המשך הבחינה בעמוד הבא**

שאלה 5 (16 נקודות)

להלן רשת בייסיאנית וטבלאות ה-CPT המתאימות.



בסעיפי השאלה יש לחשב ערך מספרי או להשאיר כביטוי אריתמטי שבו מופיעים ערכים הלקוחים מה-CPTs. אין לבצע חישובים מיותרים כאשר ניתן לענות ללא ביצוע חישוב.

- א. (4 נק') חשבו  $P(-E, -S, -M, -B)$ .
- ב. (4 נק') חשבו  $P(+M | +S, +B, +E)$ .
- ג. (4 נק') בהתבסס על מבנה הרשת שלעיל בלבד, קבעו האם הטענה הבאה נובעת ממבנה הרשת:  
אי תלות מותנה בין  $E$  לבין  $B$  בהינתן  $S$ .
- ד. (4 נק') מהי ההסתברות  $P(+E | +M)$ ?

**בהצלחה !**