1) א. (ג) את שבעה בבעיית סיום אילוצים באופן הבא:

- המשתנים יהיו $\{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ כאשר t_i מייצג כמה מאובר n_i נעשו מתי-בקבוצה, לכל $1 \le i \le k$.
- כל משתנה יכול לקבל את הערך 0 או 1 (בינארי). כאשר של $t_i = 0$ המשתנים שמאובר n_i בקבוצה מקומם לא נעשו מתי-בקבוצה, ובמקרה של $t_i = 1$ המשתנים שמאובר n_i בקבוצה מקומם כן נעשו מתי-בקבוצה.
- האילוצים הם: מספר המשתנים שערכם שווה ל-1 הוא בדיוק p $(t_1 + t_2 + \dots + t_k = p)$, וכן כל שני משתנים t_i, t_j שערכם 1 מקיימים ש- $n_i \nmid n_j$ הם מספרים ראשוניים.

בדוגמא מקומם יש קבוצה של 8 מספרים טבעיים ו- $p=3$. בקבוצה המשתנים מופיעה גם הפה $\{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8\}$, כאשר כל משתנה יכול לקבל את הערכים 0 ו- 1. האילוצים הם: $\sum_{i=1}^{8} t_i = p$, וכן האילוץ השני הנאמן דומה לנראה לעיל.

לדוגמא הפתרון הראשון $\{4, 25, 57\}$ נקבל את המשתנים $\{1,0,0,0,1,0,0,1\}$, ולדוגמא הפתרון השני $\{25, 32, 57\}$ נקבל את המשתנים $\{0,0,0,0,1,1,0,1\}$.

ב. MRV מבטיח לבחור משתנה לשיוך שיכול לקבל מכי פחות ערכים אפשריים. המשמעות בבעיית ה- CSP שבחלק המשתנה הם האילוצים הם שאם למשתנה יש פחות אפשרויות, אז יש לו אפשרות 1 ומכי שבבר הוא יכול לו משהו. לכן, לא כדאי למשתנים בינריסטיקת MRV.

ג. בינריסטיקה של הפרדה קדמית שמבטיחה לבחור משתנה עם מתי בחלקה יתרון של אילוצים.

במקרה שלנו, יש קשר אבטי על כל המשתנים וגם
אילוץ בין כל שני משתנים (לכן כמות של מספרים
מותרים). לכן לא נצטרך למשתנים בהיוריסטיקה
כ, שבן לכל המשתנים יש רשימה את מספר אילוצים.

ג. כדי למנוע בדיקה קדימה, לאחר מיפוי כשהם למשתנים
נשמור את הרשומות של המשתנים שמשפיעים מהשינוי
אותו משתנה (בהתאם לאילוצים). כך, נצטרך גם לבדוק
כשהם למשתנים אחרים (שם מקבל על משתנים
הנגזרים).

ד. כדי למנוע שקבילות קשתות, לאחר מיפוי כשהם
למשתנים נשמור את הרשומות של המשתנים
בכך שנבדוק שלכל משתנה t_i קיים כשהם כך
שלכל משתנה t_j קיים כשהם כאשר האילוץ בין
t_i ל- t_j אינו מספר.

נוכל להשתמש בשקבילות קשתות (AC) שכבר הוסבר
בהגדרת CSP שבשאלה, אך בגלל שיהיה צריך
לשנות בהבדיקה בקדימה (כי אם לשני משתנים
אין כשהם כדי שהרשת שלהם תהא $\{0,1\}$, ולכן
הם יהיו שקבילים אחד עם השני - לא אם גם
מישהו מספרים גדולים מאחד לאחד).

ב.א. נתונים לאורי שבעה אבני משקל
בעסק מרגע מחשיבים באופן דבק אבן של M (לפחות)
מיום שמתבקש לשקול לקוחות.

נכתוב את בסיס הידע המתאים בלוגיקה כך שמתוך
יחד מבקש מחשבים את הפסוקים של $\underline{\underline{\text{כל}}}$ המחשבים
באופן:

(1) $M \vee C$
(2) $(C \vee O) \wedge \neg(C \wedge O)$
(3) $\neg P \rightarrow O$
(4) $(P \vee M) \wedge \neg(P \wedge M)$
(5) $O \rightarrow T$
(6) $P \rightarrow O$

ג. נמיר את בסיס הידע לצורת CNF:

(1) $M \vee C$
(2) $(C \vee O) \wedge (\neg C \vee \neg O)$
(3) $P \vee O$
(4) $(P \vee M) \wedge (\neg P \vee \neg M)$
(5) $\neg O \vee T$
(6) $\neg P \vee O$

ד. נוסיף שאילתא ש: $O \wedge M \wedge T \wedge \neg C \wedge \neg P$
נעדכן את שלילת השאילתא לבסיס הידע:

(7) $\neg O \vee \neg M \vee \neg T \vee C \vee P$

כעת, נעשה הוכחה כדלקמן:

(8) Res from 3 + 6 : O
(9) " " 5 + 8 : T
(10) " " 7 + 8 : $\neg M \vee \neg T \vee C \vee P$
(11) " " 10 + 9 : $\neg M \vee C \vee P$
(12) " " 2 + 8 : $\neg C$

(13) Res from 1+12: M

(14) " " 4+13: $\neg P$

(15) " " 11+12: $\neg M \vee P$

(16) " " 13+15: P

ובמילים פשוטות בין 14 ל-16. למען, שלמה כתוב
אין לי מקומות מבטיח ביצה, משאל כתוב שמים
מקומות מבטיח ביצה.

3) א. נחשב את האנטרופיה של המאורע הסיווג "אושר":

$$H(\text{אושר}) = -\left(\frac{6}{10}\cdot\log_2\frac{6}{10} + \frac{4}{10}\cdot\log_2\frac{4}{10}\right) =$$

$$= -\left(0.6\cdot(-0.74) + 0.4\cdot(-1.32)\right) = \underline{\underline{0.972}}\ \text{bits}$$

ב. נחשב את המשקל של המאורע "מאמר מקפד":

$$Gain(\text{מאמר מקפד}) = H(\text{אושר}) - \left[\frac{6}{10}\cdot B\left(\frac{4}{6}\right) + \frac{4}{10}\cdot B\left(\frac{1}{2}\right)\right] =$$

$$= 0.972 + \left[\frac{6}{10}\cdot\left(\frac{4}{6}\cdot\log_2\left(\frac{4}{6}\right) + \frac{2}{6}\cdot\log_2\left(\frac{2}{6}\right)\right) + \frac{4}{10}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot\log_2\left(\frac{1}{2}\right) + \frac{1}{2}\cdot\log_2\left(\frac{1}{2}\right)\right)\right] =$$

$$= 0.972 + \left[\frac{6}{10}\cdot\left(\frac{4}{6}\cdot(-0.6) + \frac{2}{6}\cdot(-1.6)\right) + \frac{4}{10}\cdot(-1)\right] =$$

$$= \underline{\underline{0.012}}$$

ג. כן! אם מאמרים A יעדיף את מאמרים C לאחר שם מאז E_1 ו-E_2. אולם, אם מתקיים שגם עבור i-ה ($i=1,2$) $\frac{n_i}{n_i+p_i} = \frac{E_1}{E_1+E_2}$ כי שבמקרה של A לא משפיע אינפורמציה על C כי אם יבוא עכשיו מאמרים A יקח שמאמרים C עדיין יהיה לקיחה אם עדיין מתקיים באותו מקום.

נחשב לבאמת גם על ד' נשבר מקסימום Gain באופן הבא:

$$Gain(A) = B(C) - \left[\frac{p_1+n_1}{E_1+E_2}\cdot B\left(\frac{n_1}{n_1+p_1}\right) + \frac{p_2+n_2}{E_1+E_2}\cdot B\left(\frac{n_2}{n_2+p_2}\right)\right] = B\left(\frac{E_1}{E_1+E_2}\right) - \left[\frac{p_1+n_1}{E_1+E_2}\cdot B\left(\frac{E_1}{E_1+E_2}\right) + \frac{p_2+n_2}{E_1+E_2}\cdot B\left(\frac{E_1}{E_1+E_2}\right)\right] = \cancel{B\left(\frac{E_1}{E_1+E_2}\right)} - 1\cdot\cancel{B\left(\frac{E_1}{E_1+E_2}\right)} = 0$$

[מתקיים $\frac{n_1+p_1}{E_1+E_2} = 1 - \frac{n_2+p_2}{E_1+E_2}$]

מאחר, מתקבל מקסימום כלומר 0.

דוגמא: $E_1 = 2$, $E_2 = 2$, $n_1 = 1$, $n_2 = 1$, $p_1 = 1$, $p_2 = 1$.

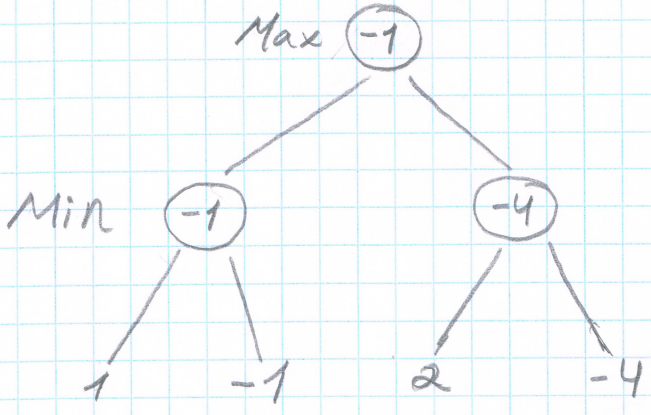
בפרט: מתיחסים ל-E_1 ו-E_2 בצורה מקסימום E_1 ו-E_2.

4) א. על יופס מרשמן

ב. לא, ייתכן שאפשר לעשות חיתוך אלפא בתנאי שנדע את המשקל המלא בעבור מהלכים כאפשריים כאשר הגיע שחקן אחרון בעומק אפשרי לבדו.

למשל, ייתכן שהגיע (שחקן מינימאקס) מגיע את המצב המשולש (נניח בהנחה מן הצד) ואז שחקן המקסימום יגיע למשקל מינימום מהלכים משלו. מאחר כך, עדיף מינימקס בעומק נמוך יהיה עסקה שלו.

נשאר בלבד:



ג. אלגוריתם אלפא-בטא נתן אסטרטגיה אופטימלית גם כאשר יש אופטימום, בתנאי שאנחנו שאלגוריתם מינימקס נתן (בדיוק אין מתקן טוב), אך בשימוש בהיוריסטיקה יכולים לחתוך את עצומה האופטימלית. בהיוריסטיקה מינימקס מבצעה אינם תקינים ויכול לגרום לאלגוריתם אלפא בטא לפרוס את הפתרון עם מהלכים מינימום של משאבים כלל דבר לסכנת את כל הפתרון).

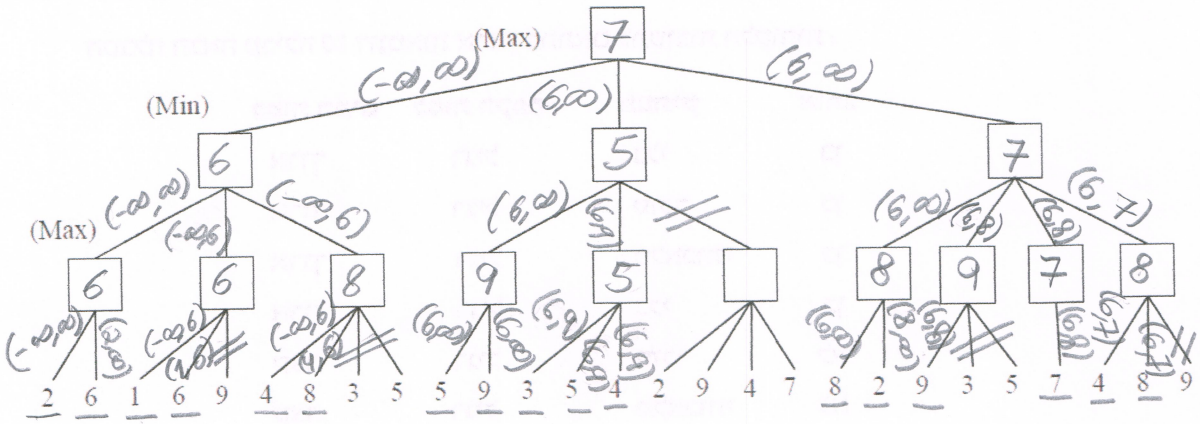
בכלל שבאלגוריתם לא יהיה חוב בעלים של מינימקס, אלא "נגמרים" את רשת המשחק לא נתן לבדוק מהלכים שבאמצע הדרך נתן.

בתנאי שבהיוריסטיקה יכולים לגרום הפסקת כל בעקבות חשבון מהלכים אבל בכל לא הפסדים נתנים מהלכים אופטימלי.

לסיכום, בכלל אינם נתנים.

שאלה 4 **(20 נק': א'- 9 נק'; ב'- 7 נק'; ג'- 4 נק')**

נתון עץ משחק הבא:



הערכים המופיעים בעלים הם הערכה סטטית שלהם. (רמת השורש היא 0.)

א. העתיקו למחברתכם את העץ וסמנו את חלקי העץ אשר ייגזמו במהלך חיפוש אלפא-ביתא <u>משמאל לימין</u>. כתבו (בצמתים) את ערכיהם של הצמתים אשר ייסרקו.

ב. 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? <u>הסבירו והוכיחו את תשובתכם</u>.

אם הערכים בעלי העץ הם מספרים חיוביים ושליליים לסירוגין (חיובי, שלישי, חיובי, שלילי וכן הלאה), אז ערך המינימקס בשורש העץ הוא מספר חיובי.

ג. האם הטענה הבאה נכונה? <u>הסבירו</u>.

גיזום אלפא-ביתא עם פונקצית הערכה יוריסטית מבטיח אסטרטגית משחק אופטימלית נגד יריב אופטימלי.

המשך הבחינה בעמודים הבאים

5) א. נראה ביטוי לחישוב ההסתברות המשותפת לאירועים הנשאלים:

$$P(A,\neg S,H,E,\neg C) = P(A)\cdot P(\neg S)\cdot P(H)\cdot P(E|A,\neg S,H)\cdot P(\neg C|E,H)$$

ב. כדי שיתקיים $P(A,\neg C,E)=P(A)P(\neg C)P(E)$, כלומר המשתנים $A,\neg C,E$ בלתי תלויים מותנה בשני. נדרש לראות ש-C הוא casual chain של A, לכן C תלוי (מותנה) ב-A.

ג. בהתאם לנתונים המופיעים ש"לפני שהם ב-CPT של הנשאר:

- בטבלת ההסתברות ל-E מופיעים A,S,H. לפי הנוסחה לכל 3 הנשאר של המשתנים תלוי מאחר כולם לפי המשתנים יש שני אפשרויות (0 ו-1) ו לפי המשתנים בלי לקיים). בסה"כ, 2^3 אפשרויות. אולם, בטבלה לא מופיעים 8 ערכים (לא כולל כולם שלו שייכים לחשב הראשון).
- בטבלת ההסתברות ל-C מופיעים E,H. באופן דומה בטבלה לא מופיעים $2^2=4$ ערכים (לא כולל כולם שלו שייכים לחשב הראשון).

מאחר ל-A, S, H יש בטבלאות קיים שמלאים לכן אינם.

לסיכום, בסך הכל נדרשים $15=4+8+1\cdot 3$ ערכים.

ד. C בלתי תלוי באופן מותנה ב-$\underline{S}$ וב-$\underline{A}$ בהינתן $\underline{E}$ ו-$\underline{H}$.