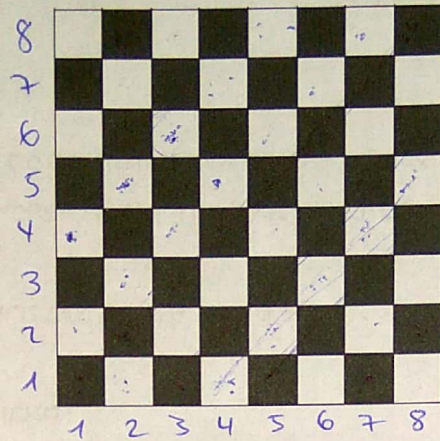


שאלה 1 (22 נק': סעיף א - 9 נק'; סעיף ב - 4 נק'; סעיף ג - 4 נק'; סעיף ד - 5 נק')

נתון המשחק הבא (משחק לשחקן יחיד):

המשחק מתנהל על לוח ריבועי של 8×8 משבצות כמו לוח שח (ראו איור).



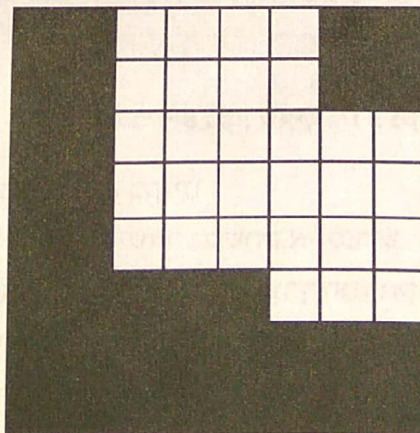
המשבצת השמאלית תחתונה היא המשבצת (1,1).

השכנות של משבצת הן המשבצות שמעליה, המשבצות שמתחתיה, המשבצות שמשמאלה והמשבצות שממינה (אם קיימות בלוח).

יש משבצות עם ארבע שכנות (למשל, (2,3)), יש משבצות עם שלוש שכנות (למשל, (5,8)) ויש משבצות עם שתי שכנות (למשל, (8,1)).

בלוח הנתון לעיל (הלוח ההתחלתי) השכנות של כל משבצת לבנה הן משבצות שחורות, והשכנות של כל משבצת שחורה הן משבצות לבנות.

מעוניינים להגיע למצב שבו לפחות שתיים מהשכנות של כל משבצת הן באותו הצבע של המשבצות. למשל, בלוח הבא התנאי הזה מתמלא:



הפעולות המותרות הן הפיכת הצבע של משבצת (משחור ללבן או מלבן לשחור).

המחיר של הפיכת משבצת לבנה לשחורה שווה למספר השורה שבה נמצאת המשבצת. (למשל,

המחיר של הפיכת הצבע של המשבצת (4,5) מלבן לשחור הוא 4).

המחיר של הפיכת משבצת שחורה ללבנה שווה למספר העמודה שבה נמצאת המשבצת. (למשל,

המחיר של הפיכת הצבע של המשבצת (4,5) משחור ללבן הוא 5).

(המשך השאלה בעמוד הבא)

א. תארו את מרחב המצבים של הבעיה:
 מהי קבוצת המצבים האפשריים? השתדלו שהייצוג של מצב יהיה קומפקטי ככל האפשר.
 כמה מצבים יש בקבוצת המצבים האפשריים? 2^{64}
 תארו את הפעולות האפשריות באופן שמתאים לייצוג שבחרתם למצבים.
 מהו המצב ההתחלתי?
 מהו מבחן המטרה?

ב. מהי דרגת ההסתעפות המקסימלית של עץ החיפוש של הבעיה? 64
 מהו העומק של עץ החיפוש? הצדיקו היטב את תשובתכם. 22

ג. הוכיחו: יש צומתי מטרה בעץ החיפוש בעומק 32.

ד. מוצעת היוריסטיקה הבאה:
 לכל משבצת סופרים כמה שכנות שלה הן באותו הצבע שלה (למשבצת (i, j) נסמן מספר זה על-ידי x_{ij}). מחסרים מספר זה מ-2 ($2 - x_{ij}$). אם התוצאה חיובית, מוסיפים את התוצאה הזו לערך המוחזר. הערך המוחזר הוא סכום הערכים של כל המשבצות.

$$\left(\sum_{1 \leq i, j \leq 8} (2 - x_{ij}) \text{ for } x_{ij} < 2 \right)$$

למשל, אם למשבצת לבנה יש שלוש משבצות שכנות, ושתיים מהן שחורות, אז המשבצת הזו תורמת לסכום 1. אם שלושתן שחורות, היא תורמת 2 לסכום, ואם רק אחת שחורה, או שכולן לבנות, היא לא תורמת דבר לסכום.

האם היוריסטיקה המוצעת קבילה? נמקו את תשובותיכם. $C(22) = 99$
 $H_0 = 128$

שאלה 2 (20 נק': סעיף א': 9 נק'; סעיף ב' - 8 נק'; סעיף ג': 3 נק')

להלן משחק קוביות אותו נוהגים לשחק בקזינו:
 בכל סיבוב השחקן יכול להחליט אם להישאר במשחק או לפרוש.
 אם בחר לפרוש – הוא מקבל 10 ש"ח ואת זכויותיו לאורך המשחק.
 אם בחר להישאר מוטלת קובייה סטנדרטית וחוקית – אם תוצאתה 1 או 2, השחקן מקבל 4 ש"ח ואת זכויותיו לאורך המשחק, והמשחק נגמר. אחרת, הוא מקבל 4 ש"ח והמשחק ממשיך לסיבוב נוסף. כלומר, ללא תלות בתוצאת הקובייה, השחקן יקבל 4 ש"ח.
 השחקן איננו ממהר לחזור הביתה ולכן משתמש במקדם הפליית עתיד שערכו 1.

א. תארו את המשחק כ-MDP.
 ב. מצאו את המדיניות האופטימלית (5 נק').
 לצורך כך מספיק להראות את 2 האיטרציות הראשונות לחישוב (3 נק') – אך יש להציג את הערכים האופטימליים המתקבלים.

ג. מהי תוחלת הזכייה של שחקן המשחק במדיניות האופטימלית? 10

שאלה 3 (21 נק': א'-3 נק'; ב'-6 נק'; ג'-6 נק'; ד'-6)

במסעדת האוניברסיטה ניתן להזמין 3 סוגי ארוחות:
ארוחה צימחונית (מורכבת מ-3 תוספות שונות),
ארוחה בשרית (מורכבת ממנה בשרית רגילה ו-2 תוספות שונות),
וארוחה משודרגת (מורכבת ממנה בשרית משודרגת ו-2 תוספות שונות).
התוספות האפשריות הן: אורז, קינואה, ואפונה.
המנות הבשריות הרגילות הן: שניצל עוף וקציצות בקר.
המנות הבשריות המשודרגות הן: עוף במילוי בשר בקר וסטייק אנטריקוט.

רונית הזמינה ארוחה במסעדת האוניברסיטה, כאשר ידוע כי:

- רונית לא אוכלת בשר בקר
- רונית תמיד מזמינה קינואה
- רונית לא אוכלת סטייק אנטריקוט ביחד עם קינואה

- א. באילו משתנים ניתן להשתמש כדי להוכיח את הנדרש? הסבירו בקצרה מה משמעות כל משתנה.
- ב. כתבו בסיס ידע בתחשיב הפסוקים אשר יתאר את הבעיה שלעיל תוך שימוש במשתנים שהגדרתם בסעיף א'.
- ג. המירו את בסיס הידע שכתבתם לצורת CNF.
- ד. האם ניתן להוכיח בעזרת אלגוריתם הרזולוציה כי "רונית לא הזמינה ארוחה משודרגת"? אם כן, הראו את כל שלבי ההוכחה.
אם לא, הוסיפו את המידע המינימלי (פסוק המכיל מספר מינימלי של פרדיקטים) החסר לצורך ההוכחה והראו את כל שלבי ההוכחה.

המשך הבחינה בעמודים הבאים

שאלה 4 (20 נקודות: סעיף א' - 12 נק'; סעיף ב' - 8 נק')

א. הארי פוטר קיבל עץ משחק לתרגול אלגוריתם הגיזום אלפא-ביתא. לאחר שהוא רשם את הערכים המתעדכנים בצמתים הפנימיים של העץ בסריקת אלפא-ביתא משמאל לימין ובסריקת אלפא-ביתא מימין לשמאל, מחק לורד וולדמורט המרושע את הערכים שבעלי העץ. בעמוד הבא מופיע בציור העליון העץ עם הערכים של הסריקה משמאל לימין, ובציור התחתון העץ עם הערכים של הסריקה מימין לשמאל. הערכים המתעדכנים של כל צומת רשומים ליד הצומת. הערכים של הסריקה משמאל לימין (הציור העליון) מופיעים משמאל לצמתים. הערכים של הסריקה מימין לשמאל (הציור התחתון) מופיעים מימין לצמתים.

עזרו להארי פוטר. רשמו את הערכים שנמחקו מעלי העץ A עד R. לכל עלה X בעץ התשובות האפשריות הן:

- $X = n$ כאשר n הוא מספר שלם
- $X \geq n$ כאשר n הוא מספר שלם
- $X \leq n$ כאשר n הוא מספר שלם
- לא ידוע

ב. פרופסור דמבלדור טוען שאם בעץ משחק יש לכל צומת פנימי בדיוק שני בנים, ונתונים הערכים המתעדכנים בצמתים הפנימיים של העץ בסריקת אלפא-ביתא משמאל לימין ובסריקת אלפא ביתא מימין לשמאל, אז אפשר לשחזר את הערכים שנמחקו מעלי העץ באופן מלא. (אפשר לשחזר במדויק את הערך שהיה לכל עלה). תנו דוגמה שתראה שהטענה של הפרופסור לא נכונה. ציירו את העץ, וסמנו את העלה שהערך שלו לא ניתן לשחזור. בעץ שאתם מציירים לא כל העלים חייבים להיות באותו העומק. אתם רשאים לצייר עץ בכל גובה שתצאו.

המשך השאלה בעמוד הבא

שאלה 5 (17 נק': א'- 4 נק'; ב'- 8 נק'; ג'- 5 נק')

ברשת מסויימת של בתי קפה ראינו לקוחות לגבי העדפת הקפה שלהם. המטרה היא לבדוק כיצד משפיעות התכונות הבאות על העדפת הקפה. התכונות שנבדקו הן שתי תכונות טעם: כמות המים וכמות הקפה - שהן תכונות בינריות, ותכונה נוספת ממתיק (כלומר סוג ההמתקה) - המקבלת שלושה ערכים המציינים האם ההעדפה היא להמתקה עם סוכר או עם תחליף מלאכותי או ללא המתקה כלל. הטבלה הבאה מכילה 10 דוגמאות אימון בהתאם לתשובות הלקוחות:

| כמות המים | כמות הקפה | ממתיק | אוהב |
|-----------|-----------|---------|------|
| ארוך | רגיל | בלי | כן |
| ארוך | רגיל | סוכר | כן |
| ארוך | רגיל | מלאכותי | כן |
| ארוך | רגיל | בלי | כן |
| קצר | רגיל | סוכר | לא |
| קצר | רגיל | מלאכותי | לא |
| קצר | כפול | בלי | לא |
| ארוך | כפול | סוכר | לא |
| קצר | כפול | מלאכותי | כן |
| קצר | כפול | בלי | כן |

- מהי האנטרופיה של משתנה הסיווג "אוהב"?
- מהו תוספת האינפורמציה (information gain) של התכונה "כמות הקפה"?
- נניח שנתונה תכונה בינרית A המפצלת קבוצת דוגמאות E לשתי תת-קבוצות לא ריקות E_1 ו- E_2 . נניח כי לבן ה- i ($i=1,2$) יש p_i דוגמאות חיוביות ו- n_i דוגמאות שליליות ביחס למשתנה סיווג בינרי C. האם יתכן שתוספת האינפורמציה של התכונה A (לצורך ניבוי הסיווג C) היא 0? אם כן, הסבירו כיצד ואם לא, הסבירו למה לא.

ניתן להשתמש בערכים המקורבים הבאים (כל ה-log-ים הם בבסיס 2):

$$\begin{aligned} \log 0.1 &= -3.32, & \log 0.2 &= -2.32, & \log 0.3 &= -1.74, & \log 0.33 &= -1.6, & \log 0.4 &= -1.32, \\ \log 0.45 &= -1.15, & \log 0.5 &= -1.0, & \log 0.55 &= -0.85, & \log 0.6 &= -0.74, & \log 0.67 &= -0.6, \\ \log 0.7 &= -0.5, & \log 0.8 &= -0.3, & \log 0.9 &= -0.15, & \log 1 &= 0 \end{aligned}$$

בהצלחה!