שאלה 1 (22 נקודות: א׳-8 נק׳; ב׳-4 נק׳; ג׳-4 נק׳;ד׳- 6 נק׳)

נתאר את בעית ששת החצים :

נתונים שישה חצים המסודרים בטור. במצב ההתחלתי שלושת החצים העליונים מצביעים ימינה, ושלושת החצים התחתונים מצביעים שמאלה.

המטרה היא לעבור **במספר מינימלי של צעדים** למצב שבו החצים פונים ימינה ושמאלה לסירוגין, והחץ העליון פונה ימינה.

הפעולות המותרות הן הפיכת הכיוון של שני חצים סמוכים (למשל, השני והשלישי).

מצב התחלתי	*מצב מטרה*
→	→
→	←
→	→
←	←
←	→
←	←

א. תארו את מרחב המצבים של הבעיה :

- מהי קבוצת המצבים האפשריים?
  (בחרו ייצוג למצבים כך שהתיאור של הפעולות יהיה תמציתי ככל האפשר.
  רמז : כדאי להיעזר במשתנים בוליאניים).
- תארו את הפעולות האפשריות באופן שיתאים לייצוג שבחרתם למצבים.
- מהו המצב ההתחלתי?
- מהו מבחן המטרה?

ב. מהי דרגת ההסתעפות (branching factor) של עץ חיפוש של הבעיה?
מהו העומק של עץ החיפוש?
נמקו את תשובותיכם.

ג. האם היוריסטיקה שסופרת את מספר החצים שכיוונם הפוך מזה שבמצב המטרה היא יוריסטיקה **קבילה** (admissible)? נמקו את תשובתכם.

ד. איזו משיטות החיפוש הבאות תהיה הטובה ביותר לפתרון בעיית ששת החצים?
בחרו בשיטה אחת בלבד, ונמקו את הבחירה.

A* ; Greedy best-first search; Uniform-cost search - חיפוש מונחה מחיר ;
Breadth-first search -חיפוש לרוחב ; Depth-first search - חיפוש לעומק

המשך הבחינה בעמודים הבאים

שאלה 2 (22 נק׳: א׳- 10 נק׳ ; ב׳-6 נק׳; ג׳- 6 נק׳)

במפעל של יצרנית מזון גדולה מייצרים מספר סוגי מוצרים : שוקולד, קרמבו ועוגה.
כל אחד מהמוצרים הללו מורכב מכמה חומרי גלם כמפורט להלן :

מוצר	**חומרי גלם**
שוקולד	קקאו, חלב, סוכר
קרמבו	קקאו, סוכר, ביצים
עוגה	קמח, סוכר, ביצים

במפעל דוגמים כל מוצר לפני שיוצא מהמפעל, מחשש לזיהומים. מוצר יוצא מזוהם בגלל שאחד (או יותר) מחומרי הגלם המשמשים לייצורו מזוהם(ים), ~~או בגלל שפס הייצור מזוהם (פס הייצור של המוצרים השונים נפרדים לחלוטין)~~. ניתן להניח שאין מקורות אחרים לזיהום של המוצרים.

א. נסחו את הידע המתואר לעיל בעזרת תחשיב הפסוקים. הגדירו משתנים בהם ניתן להשתמש כדי לתאר את הבעיה, והסבירו בקצרה מה משמעות כל משתנה.

ב. המירו את המשפטים שהתקבלו בסעיף א׳ לצורת CNF.

ג. המפעל דגם את העוגה וגילה זיהום וכן דגם את הקרמבו וגילה שאין בו זיהום.
הוכיחו באמצעות אלגוריתם הרזולוציה שהקמח מזוהם.

שאלה 3 (18 נק׳:א׳- 11 נק׳; ב׳ -7 נק׳)

סטודנט כתב תכנית המממשת את אלגוריתם מינימקס ואת הפונקציות הנחוצות למשחק שחמט.
האלגוריתם מבצע מינימקס מלא עד לעלים (מצבי סיום של המשחק).
במשחק שערך נגד התוכנה שם לב לכך שלמרות שהמחשב יכול היה לנצח במשחק בצעד הבא במט (מצב סופי במשחק שחמט), הוא נמנע מלבצע את הצעד הזה ובחר צעד אחר.

הסטודנט בדק ומצא שהמימוש שלו נכון כולו ואין באגים בתוכנית שכתב.

א. הסבירו בפירוט כיצד יתכן מצב כזה.

ב. הציעו שינוי(ים) לאלגוריתם אלפא ביתא (המופיע בעמ׳ 170 בספר הלימוד) שימנע מצבים כאלה. תארו בפירוט את השינוי(ים) והסבירו את הפתרון המוצע.

המשך הבחינה בעמודים הבאים

שאלה 4 (18 נק׳: א׳- 8 נק׳ ; ב׳ – 6 נק׳ ; ג׳ – 4 נק׳)

למטוס בעל 2 מנועים, ההסתברות לנחיתה מוצלחת כשרק מנוע אחד תקין היא 80%, כאשר שני המנועים אינם תקינים ההסתברות היא 0% וכאשר שניהם תקינים ההסתברות היא 99.99%.

בתנאים רגילים, לכל מנוע יש סיכוי של 1% שיפסיק לפעול במהלך הטיסה.

ההסתברות גדולה פי 10 אם המטוס נפגע מלהקת ציפורים.

דבר נוסף שעלול להשפיע הוא גיל המטוס: במטוס ישן הסיכוי לתקלה כפול מאשר במטוס חדש. כמובן שההשפעה של פגיעת ציפורים במנוע של מטוס ישן גם היא גדולה יותר- יש סיכוי של 20% שהמנוע יפסיק לפעול.

בסקר בטיחות שנעשה, התגלה שמתוך סך הטיסות, רק 0.5% נפגעו מציפורים. בנוסף, חברות התעופה מקפידות שאחוז המטוסים הישנים, מתוך כלל המטוסים, יהיה 10% בלבד.

השתמשו במשתנים הבאים:

L - נחיתה מוצלחת.

E1 - מנוע 1 תקין.

E2 - מנוע 2 תקין.

B - פגיעה בלהקת ציפורים.

A - המטוס ישן.

א. שרטטו את הרשת הבייסיאנית היעילה ביותר (מינימום קשתות) לייצוג בעיה זו, כולל טבלאות ה-CPT.

ב. אלו מהטענות הבאות נובעות ממבנה הרשת הבייסיאנית ששרטטתם <u>בלבד</u>? נמקו בקצרה כל תשובה.

i. E1 ו-E2 בלתי תלויים.

ii. E1 ו-E2 בלתי תלויים בהינתן A, L ו-B.

iii. E1 ו-E2 בלתי תלויים בהינתן A ו-B.

ג. הוכיחו או הפריכו:
בכל סדר הכנסה שונה של קודקודים בבניית רשת בייסיאנית, מקבלים מבנה אחר של הרשת.

המשך הבחינה בעמודים הבאים

שאלה 5 (20 נק׳: א׳-6 נק׳; ב׳-6 נק׳; ג׳-4 נק׳; ד׳-4 נק׳)

בקזינו שוקלים להוסיף משחק חדש להיצע המשחקים הקיימים, אך קודם לכן צריכים לבדוק אותו.

בעלי הקזינו שכרו אתכם לביצוע הבדיקה. בכל סיבוב במשחק, השחקן יכול להטיל קוביה הוגנת (כלומר, קוביה שתיפול על כל אחת משש פאותיה בהסתברות שווה).

כל סיבוב עולה 1 ₪ והשחקן **חייב** להטיל קוביה בסיבוב הראשון.

בכל פעם שהשחקן מטיל קוביה, יש לשחקן שתי פעולות אפשריות:

1. **עצירה**: הפסק לשחק ואסוף את הערך הכספי שמראה הקוביה

או

2. **הטלת קוביה**: הטל קוביה פעם נוספת ושלם עוד 1 ₪.

בשאלה זו עליכם להשתמש ב-MDP. השחקן מתחיל במצב התחלה, שבו לשחקן יש רק פעולה אפשרית אחת: הטלת קוביה. מצב S_i מציין מצב בו הקוביה מראה את המספר i. כאשר שחקן מחליט לעצור, המשחק נגמר, והשחקן מועבר למצב סיום.

א. כדי לפתור בעיה זו, החלטתם להשתמש ב-Policy Iteration. המדיניות ההתחלתית π מופיעה בטבלה שלהלן. השלימו בטבלה את ערכי המדיניות עבור $\gamma = 1$.

מצב	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
$\pi(s)$	הטלת קוביה	הטלת קוביה	עצירה	עצירה	עצירה	עצירה
$V^*(s)$						

ב. לאחר שמצאתם את ערכי המדיניות, בצעו Policy Improvement כדי למצוא את המדיניות החדשה π'. הטבלה שלהלן מראה את המדיניות הישנה π וחלק מן המדיניות החדשה π'.

אם גם עצירה וגם הטלת מטבע הן פעולות אפשריות עבור מצב כלשהו, כתבו את שתיהן כך: עצירה / הטלת מטבע. גם כאן $\gamma = 1$.

מצב	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
$\pi(s)$	הטלת קוביה	הטלת קוביה	עצירה	עצירה	עצירה	עצירה
$\pi'(s)$	הטלת קוביה					עצירה

ג. האם המדיניות $\pi(s)$ מסעיף א׳ אופטימלית? נמקו את תשובתכם.

המשך השאלה בעמוד הבא

ד. נניח שכעת אנו עובדים עם איזשהו ערך של γ בתחום $[0,1)$ ורוצים להריץ Value Iteration.

בחרו **באחת מן** הטענות הבאות שחייבת להתקיים אחרי התכנסות. **נמקו** את בחירתכם.

1. $$V^*(s_i)=\frac{1}{6}\sum_j max\left\{-1+i,\ \sum_k V^*(s_j)\right\}$$

2. $$V^*(s_i)=\sum_j max\left\{-1+i,\ \frac{1}{6}\gamma V^*(s_j))\right\}$$

3. $$V^*(s_i)=\sum_j max\left\{\frac{i}{6}\ ,\ -1+\gamma V^*(s_j)\right\}$$

4. $$V^*(s_i)=max\left\{i\ ,\ -1+\frac{\gamma}{6}\sum_j V^*(s_j)\right\}$$

5. $$V^*(s_i)=\sum_j max\left\{i\ ,\ -\frac{1}{6}+\gamma V^*(s_j)\right\}$$

6. $$V^*(s_i)=\sum_j max\left\{\frac{-i}{6}\ ,\ -1+\gamma V^*(s_j)\right\}$$

בהצלחה!