

# ממן 16

מבוא לבינה מלאכותית 20551

סמסטר 2020א

29/01/2020

גיא כרמי 301726154

1	ממן 16
2	שאלה 1
2	סעיף א
3	סעיף ב
4	שאלה 2
5	שאלה 3
5	סעיף א
5	סעיף ב
5	תת סעיף 1
5	תת סעיף 2
5	תת סעיף 3
7	סעיף ג
7	תת סעיף 1
7	תת סעיף 2
7	תת סעיף 3
8	שאלה 4
8	סעיף 1
8	סעיף 2
9	סעיף 3
9	סעיף 4
10	סעיף 5
10	סעיף 6

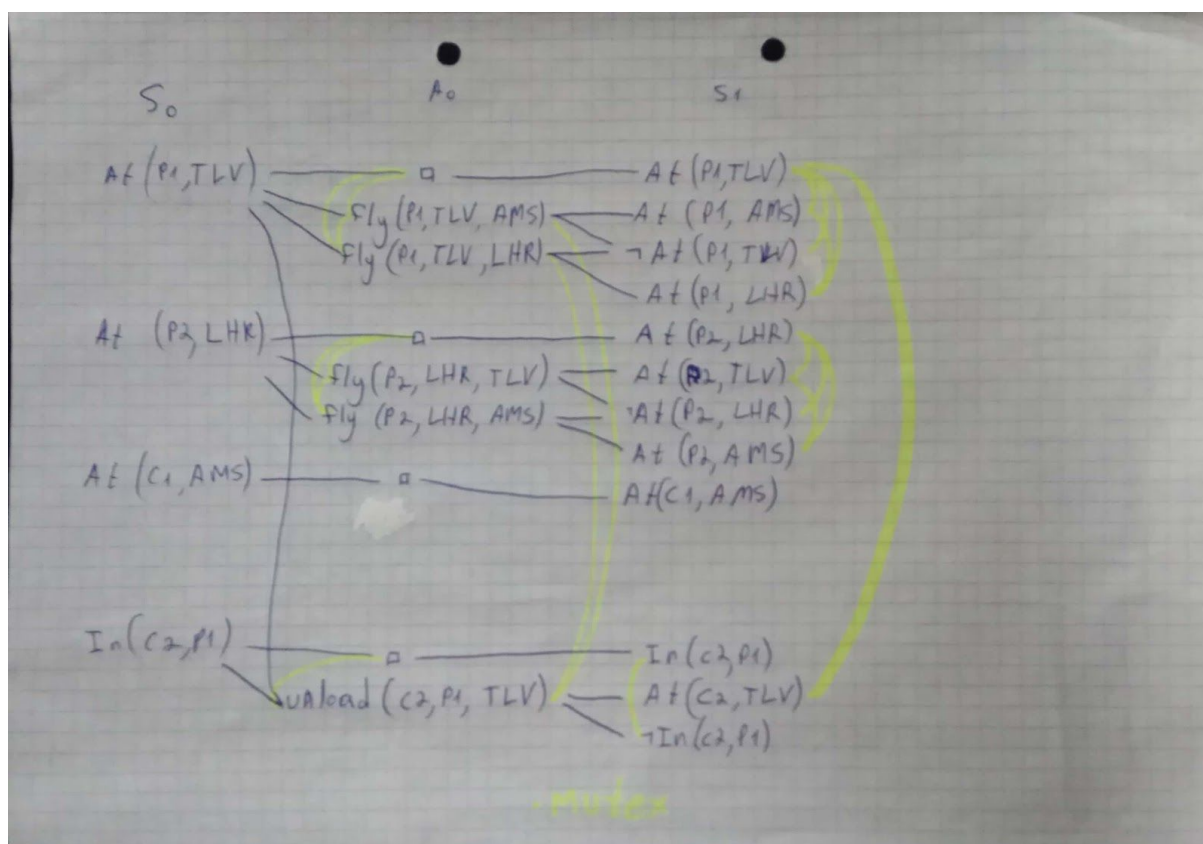
## שאלה 1

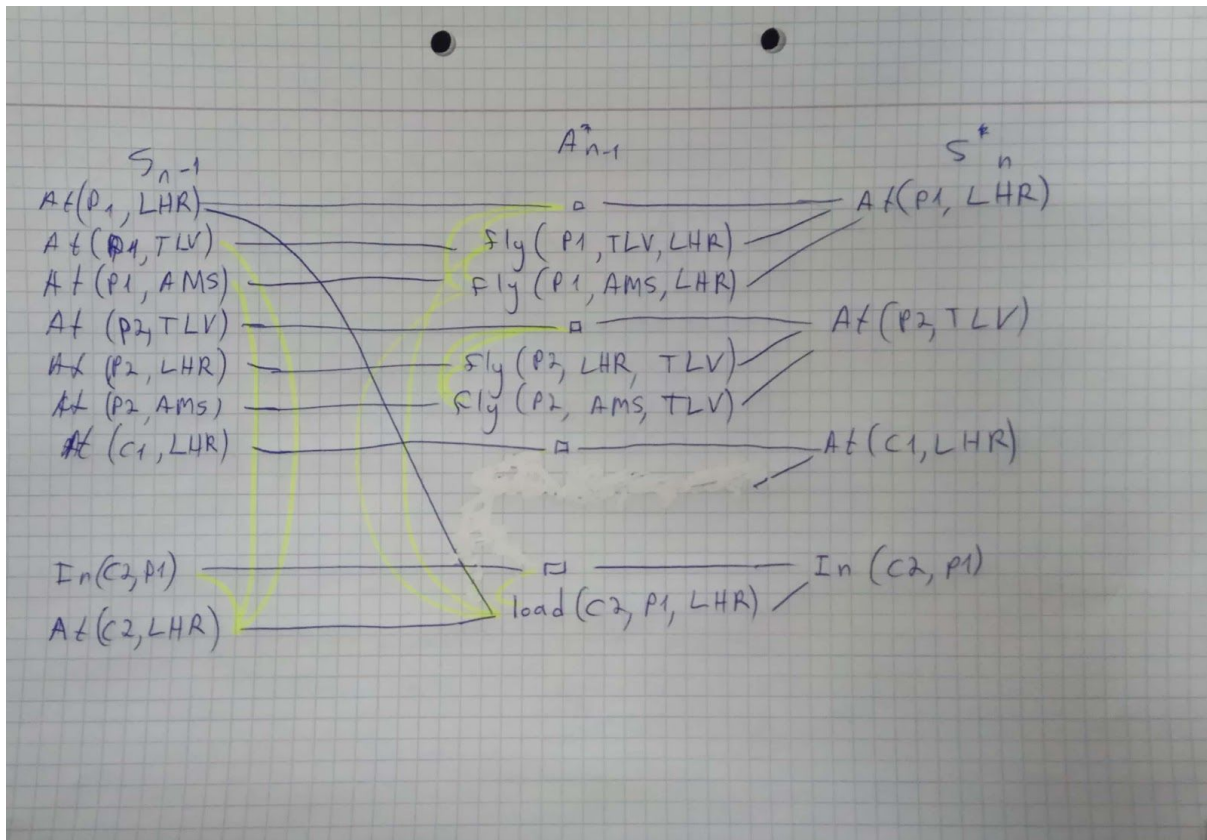
הנחתי מספר הנחות שאינן מפורטות בשאלה:

הנחתי כי מטוס לא יכול להכיל יותר מיחידת מטען אחת.

הנחתי כי מטוס לא יכול לטוס ממקום לעצמו (אלא רק להישאר באותו מצב, כלומר הפעולה ה"ריקה", שזה בעצם אותו דבר).

## סעיף א





## שאלה 2

ישנה מכונה עם מס' מצבים סופי

ישנו סרט ועליו סמלים מתוך קבוצה סופית

ישנן שתי פעולות, תנועה ימינה ותנועה שמאלה, אשר יכולות לשנות את מצב המכונה ולשנות את הסמל במיקום הסרט אותו עוזבים.

נצטרך לייצג את תא הסרט שמתחת לראש:

UnderHead(cell)

ואת הסמל שיש עליו:

HasSymbol(cell,symbol)

בנוסף את המצב בו נמצאים:

State(state)

כמו כן על מנת לוודא שהפעולות מותרות נצטרך לוודא כי התאים ביניהם עוברים אכן סמוכים

Neighbors(cell1,cell2)

וכי הפעולה אכן מותרת מהמצב הראשון לשני בהינתן הסמל הקיים והסמל שנכתב מפעולה כזו נכון.

AllowedToMove((state1,symbol1),(state2,symbol2))

פעולות:

תנועת הראש מ-cell1 ל-cell2 תוך כתיבת symbol2 ב-cell1 (ומחיקת symbol1 ממנו), ומעבר מ-state1 ל-state2 :

Action(

Move((state1,cell1,symbol1),(state2,cell2,symbol2)),

precond: Neighbors(cell1,cell2) and AllowedToMove((state1,symbol1),(state2,symbol2))

and State(state1) and UnderHead(cell1) and HasSymbol(cell1,symbol1),

effect: State(state2) and not State(state1) and UnderHead(cell2) and not UnderHead(cell1)

and HasSymbol(cell1,symbol2) and not HasSymbol(cell1,symbol1)

)

ישנן מספר סופי של מצבים, מספר סופי של סמלים (ומכאן שגם מספר סופי של פעולות מותרות), וישנו מצב סופי אליו מכונת הטיורינג אמורה להגיע, לכן גם בעיית התכנון סופית ומכאן פתירה, והיא קשה לפחות כמו בעיית הקבלה של מכונת טיורינג סופית.

### שאלה 3

#### סעיף א

$$P(G|M) = \frac{P(G,M)}{P(G,M)+P(\neg G,M)}$$

$$P(G,M) = P(G) \cdot P(M|G) = 0.1 \cdot 0.667$$

$$P(\neg G,M) = P(\neg G) \cdot P(M|\neg G) = 0.9 \cdot 0.25$$

$$P(G|M) = \frac{0.0667}{0.0667+0.225} = 0.22866$$

#### סעיף ב

תת סעיף 1

$$P(G,M,B,C) = P(G) \cdot P(M|G) \cdot P(B|M) \cdot P(C|M) = 0.1 \cdot 0.667 \cdot 0.4 \cdot 0.25 = 0.00667$$

תת סעיף 2

$$P(G|\neg C) = \frac{P(G,\neg C)}{P(G,\neg C)+P(\neg G,\neg C)}$$

$$P(G,\neg C) = P(G,\neg C,M) + P(G,\neg C,\neg M)$$

$$= P(G) \cdot P(M|G) \cdot P(\neg C|M) + P(G) \cdot P(\neg M|G) \cdot P(\neg C|\neg M)$$

$$= 0.1 \cdot 0.667 \cdot 0.75 + 0.1 \cdot 0.333 \cdot 0.5 = 0.066675$$

$$P(\neg G,\neg C) = P(\neg G,\neg C,M) + P(\neg G,\neg C,\neg M)$$

$$= P(\neg G) \cdot P(M|\neg G) \cdot P(\neg C|M) + P(\neg G) \cdot P(\neg M|\neg G) \cdot P(\neg C|\neg M)$$

$$= 0.9 \cdot 0.25 \cdot 0.75 + 0.9 \cdot 0.75 \cdot 0.5 = 0.50625$$

$$P(G|\neg C) = 0.11637$$

תת סעיף 3

$$P(B) = P(B,M,G) + P(B,\neg M,G) + P(B,\neg M,\neg G) + P(B,M,\neg G)$$

$$= P(G) \cdot P(M|G) \cdot P(B|M) + P(G) \cdot P(\neg M|G) \cdot P(B|\neg M)$$

$$+ P(\neg G) \cdot P(\neg M|\neg G) \cdot P(B|\neg M) + P(\neg G) \cdot P(M|\neg G) \cdot P(B|M)$$

$$= 0.1 \cdot 0.667 \cdot 0.4 + 0.1 \cdot 0.333 \cdot 0.2 + 0.9 \cdot 0.75 \cdot 0.2 + 0.9 \cdot 0.25 \cdot 0.4$$

$$= 0.2583$$

$$P(C|B) = \frac{P(C,B)}{P(C,B)+P(\neg C,B)}$$

$$\begin{aligned} P(C,B) &= P(C,B,M,G) + P(C,B,M,\neg G) + P(C,B,\neg M,G) + P(C,B,\neg M,\neg G) \\ &= P(G) \cdot P(M|G) \cdot P(B|M) \cdot P(C|M) + P(\neg G) \cdot P(M|\neg G) \cdot P(B|M) \cdot P(C|M) \\ &\quad + P(G) \cdot P(\neg M|G) \cdot P(B|\neg M) \cdot P(C|\neg M) + P(\neg G) \cdot P(\neg M|\neg G) \cdot P(B|\neg M) \cdot P(C|\neg M) \\ &= 0.1 \cdot 0.667 \cdot 0.4 \cdot 0.25 + 0.9 \cdot 0.25 \cdot 0.4 \cdot 0.25 \\ &\quad + 0.1 \cdot 0.333 \cdot 0.2 \cdot 0.5 + 0.9 \cdot 0.75 \cdot 0.2 \cdot 0.5 \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(\neg C,B) &= P(\neg C,B,M,G) + P(\neg C,B,M,\neg G) + P(\neg C,B,\neg M,G) + P(\neg C,B,\neg M,\neg G) \\ &= P(G) \cdot P(M|G) \cdot P(B|M) \cdot P(\neg C|M) + P(\neg G) \cdot P(M|\neg G) \cdot P(B|M) \cdot P(\neg C|M) \\ &\quad + P(G) \cdot P(\neg M|G) \cdot P(B|\neg M) \cdot P(\neg C|\neg M) + P(\neg G) \cdot P(\neg M|\neg G) \cdot P(B|\neg M) \cdot P(\neg C|\neg M) \\ &= 0.1 \cdot 0.667 \cdot 0.4 \cdot 0.75 + 0.9 \cdot 0.25 \cdot 0.4 \cdot 0.75 \\ &\quad + 0.1 \cdot 0.333 \cdot 0.2 \cdot 0.5 + 0.9 \cdot 0.75 \cdot 0.2 \cdot 0.5 \\ &= 0.15834 \end{aligned}$$

$$P(C|B) = \frac{0.1}{0.1+0.15834} = 0.38708$$

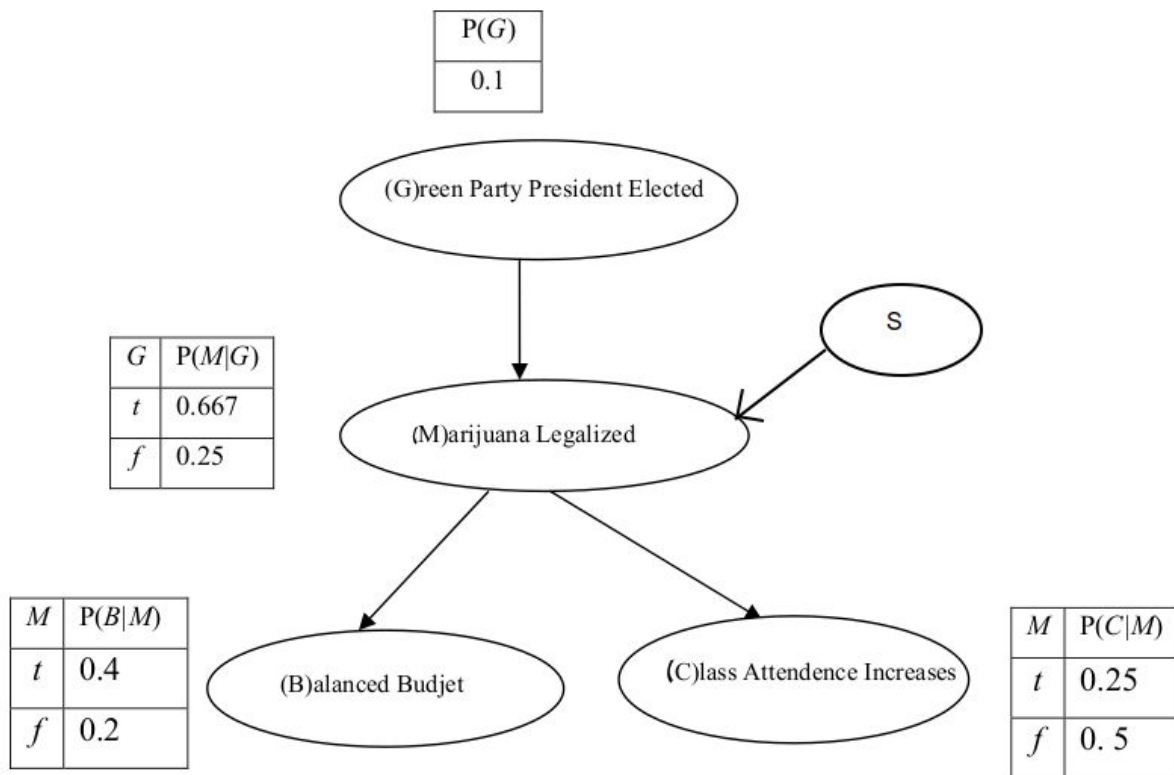
מכיוון שיש אי תלות מותנה בין B ל-G בהינתן M (כפי שמוסבר בעמ' 198 במדריך) לכן

$$P(B|M,G) = P(B|M) = 0.4$$

## סעיף ג

תת סעיף 1

נוסיף את S וממנה חץ ל-M בלבד:



תת סעיף 2

בעקבות שינוי S, תשתנה רק ה-CPT של הצומת M, לטבלה תתווסף עוד עמודה (ועוד מספר שורות בהתאם למספר התוצאות האפשריות של S).

תת סעיף 3

- I. הטענה אינה נכונה. מהטענה נובע כי C ו-B בלתי תלויים, אך זה לא נכון מהרשת
- II. הטענה אינה נכונה. באופן דומה, גם כן הסיכוי ל-B שונה מהסיכוי ל-B בהינתן G (הטענה נכונה רק בהינתן M בשני האגפים)
- III. הטענה נכונה, כיוון שהמשתנים S ו-G בלתי תלויים
- IV. הטענה אינה נכונה, ברור כי C תלוי ב-M (גם בהינתן G)

- V. הטענה אינה נכונה, כפי שראינו בסעיף הראשון בשאלה, G תלוי ב-M, ואילו כפי שראינו מסעיף III בתת סעיף זה, G אינו תלוי ב-S, לכן גם בהינתן S, השוויון אינו נכון
- VI. הטענה אינה נכונה, בדיוק כמו ב-V, גם בהינתן S עדיין קיימת תלות בין G ל-B (שהרי אם ידוע כי B, זה משפיע בהחלט על הסיכוי ש-G)
- VII. הטענה אינה נכונה, המשתנים B ו-G תלויים גם בהינתן C



## שאלה 4

### סעיף 1

ברור כי לא נכון, במצב כזה היה מתקיים

$$P(A, B, C) = P(A)P(B)P(C) \text{ (וכנל עבור שלילה של כל אחד מהם)}$$

נתבונן בשורות השלישית, הרביעית והחמישית: בשורה השלישית המכפלה של

$P(\neg A)$ ,  $P(B)$ ,  $P(\neg C)$  היא אפס, לכן אחד מהם צריך להיות אפס, אבל בשורה הרביעית נראה

כי  $P(\neg A)$ ,  $P(B)$  אינם אפס, ובשורה החמישית כי  $P(\neg C)$  אינו אפס.

### סעיף 2

בגרף זה נצפה לראות כי A ו-C בת"ל, ואילו נראה תלות של B בשניהם, כלומר נצפה שיתקיים

$$P(A, B, C) = P(A)P(C)P(B|A, C)$$

נתבונן האם ניתן לפתור את מערכת המשוואות

$$1. [1 - P(A)][1 - P(B|\neg A, \neg C)][1 - P(C)] = 0.15$$

$$2. [1 - P(A)][1 - P(B|\neg A, C)]P(C) = 0.1$$

$$3. [1 - P(A)]P(B|\neg A, \neg C)[1 - P(C)] = 0$$

$$4. [1 - P(A)]P(B|\neg A, C)P(C) = 0.25$$

$$5. P(A)[1 - P(B|A, \neg C)][1 - P(C)] = 0.15$$

$$6. P(A)[1 - P(B|A, C)]P(C) = 0.1$$

$$7. P(A)P(B|A, \neg C)[1 - P(C)] = 0$$

$$8. P(A)P(B|A, C)P(C) = 0.25$$

נתחיל למלא את טבלאות הCPT:

מהשורה הראשונה ברור כי  $[1 - P(A)]$  וכי  $[1 - P(C)]$  שונים מאפס (ולכן גם  $P(A)$  וגם  $P(C)$

), לכן מהשורה השלישית נובע כי  $P(B|\neg A, \neg C) = 0$  ולכן מהשורה הראשונה

$$[1 - P(A)][1 - P(C)] = 0.15$$

באופן דומה מהשורה החמישית והשביעית נובע כי  $P(B|A, \neg C) = 0$  וכי  $P(A)[1 - P(C)] = 0.15$

ולכן נובע כי  $[1 - P(A)] = P(A) = 0.5$  ומכאן גם כי  $[1 - P(C)] = 0.3$

לכן  $P(C) = 0.7$

נותרו רק 2 שורות חסרות בטבלת הCPT של B, הלא הן  $P(B|A, C)$  ו-  $P(B|\neg A, C)$

נציב במשוואות 2 ו-4 ובמשוואות 6 ו-8 את מה שידוע לנו עד כה, ונראה כי  $P(B|\neg A, C) = 0.714$  וכי גם  $P(B|A, C) = 0.714$

כלומר קיבלנו כי מערכת המשוואות פתירה ולכן הגרף מייצג את הטבלה, וכי טבלאות הCPT הן:

$$P(A) = 0.5$$

$$P(C) = 0.7$$

$$P(B|A, C) = 0.714$$

$$P(B|A, \neg C) = 0$$

$$P(B|\neg A, C) = 0.714$$

$$P(B|\neg A, \neg C) = 0$$

### סעיף 3

בגרף זה נצפה לראות כי A ו- C בלתי תלויים ואילו B יהיה תלוי רק ב- C, כלומר נצפה שיתקיים

$$P(A, B, C) = P(A)P(C)P(B|C)$$

נתבונן האם ניתן לפתור את מערכת המשוואות

$$1. [1 - P(A)][1 - P(B|\neg C)][1 - P(C)] = 0.15$$

$$2. [1 - P(A)][1 - P(B|C)]P(C) = 0.1$$

$$3. [1 - P(A)]P(B|\neg C)[1 - P(C)] = 0$$

$$4. [1 - P(A)]P(B|C)P(C) = 0.25$$

$$5. P(A)[1 - P(B|\neg C)][1 - P(C)] = 0.15$$

$$6. P(A)[1 - P(B|C)]P(C) = 0.1$$

$$7. P(A)P(B|\neg C)[1 - P(C)] = 0$$

$$8. P(A)P(B|C)P(C) = 0.25$$

נפעל באופן דומה לסעיף הקודם ונראה מהשורה הראשונה והשלישית כי  $P(B|\neg C) = 0$ , נבדוק זאת השביעית ונראה כי תוצאה זו תקינה עד כה.

נתבונן בשורה הראשונה והחמישית ונקבל שוב כי  $P(A) = 0.5$  וכי  $P(C) = 0.7$

כעת ניתן לחשב את  $P(B|C)$  בשורה הרביעית ולקבל כי  $P(B|C) = 0.714$

נציב את התוצאות בשורה השמינית ונקבל כי התוצאה תקינה.

לאחר מעבר קל על כל מערכת המשוואות נראה כי תוצאות אלו קבילות ולא מתקבלת סתירה,

לכן הגרף מייצג את טבלה, וכי טבלאות הCPT הן:

$$P(A) = 0.5$$

$$P(C) = 0.7$$

$$P(B|C) = 0.714$$

$$P(B|\neg C) = 0$$

#### סעיף 4

מגרף זה נצפה לראות כי B ו-C בת"ל וכי A תלוי בשניהם, כלומר

$$P(A, B, C) = P(A|B, C)P(B)P(C)$$

נתבונן האם ניתן לפתור את מערכת המשוואות

$$1. [1 - P(A|\neg B, \neg C)][1 - P(B)][1 - P(C)] = 0.15$$

$$2. [1 - P(A|\neg B, C)][1 - P(B)]P(C) = 0.1$$

$$3. [1 - P(A|B, \neg C)]P(B)[1 - P(C)] = 0$$

$$4. [1 - P(A|B, C)]P(B)P(C) = 0.25$$

$$5. P(A|\neg B, \neg C)[1 - P(B)][1 - P(C)] = 0.15$$

$$6. P(A|\neg B, C)[1 - P(B)]P(C) = 0.1$$

$$7. P(A|B, \neg C)P(B)[1 - P(C)] = 0$$

$$8. P(A|B, C)P(B)P(C) = 0.25$$

מיד נראה כי מהשורה הראשונה והשלישית מתקבל כי  $P(B) = 0$  אבל נקבל סתירה משורה 4, לכן גרף זה אינו מייצג את הטבלה.

#### סעיף 5

מגרף זה נצפה לראות כי B בלתי תלוי, A תלוי ב-B וכי C תלוי ב-A וב-B, כלומר

$$P(A, B, C) = P(A|B)P(B)P(C|A, B)$$

נתבונן האם ניתן לפתור את מערכת המשוואות

$$1. [1 - P(A|\neg B)][1 - P(B)][1 - P(C|\neg A, \neg B)] = 0.15$$

$$2. [1 - P(A|\neg B)][1 - P(B)]P(C|\neg A, \neg B) = 0.1$$

$$3. [1 - P(A|B)]P(B)[1 - P(C|\neg A, B)] = 0$$

$$4. [1 - P(A|B)]P(B)P(C|\neg A, B) = 0.25$$

$$5. P(A|\neg B)[1 - P(B)][1 - P(C|A, \neg B)] = 0.15$$

$$6. P(A|\neg B)[1 - P(B)]P(C|A, \neg B) = 0.1$$

$$7. P(A|B)P(B)[1 - P(C|A, B)] = 0$$

$$8. \quad P(A|B)P(B)P(C|A, B) = 0.25$$

מהשורות הראשונה והשנייה נקבל כי  $P(C|\neg A, \neg B) = 0.4$

מהשורות השלישית והרביעית כי  $P(C|\neg A, B) = 1$

מהשורות החמישית והשישית כי  $P(C|A, \neg B) = 0.4$

ומהשורות השביעית והשמינית כי  $P(C|A, B) = 1$

נקבל את המערכת:

$$1. \quad [1 - P(A|\neg B)][1 - P(B)] = 0.25$$

$$2. \quad [1 - P(A|B)]P(B) = 0.25$$

$$3. \quad P(A|\neg B)[1 - P(B)] = 0.25$$

$$4. \quad P(A|B)P(B) = 0.25$$

מהשורות הראשונה והשנייה נקבל כי  $P(B) = 0.5$  והמשורה החמישית כי

$$P(A|B) = P(A|\neg B) = 0.5$$

לאחר מעבר קל על כל מערכת המשוואות נראה כי תוצאות אלו קבילות ולא מתקבלת סתירה,

לכן הגרף מייצג את טבלה, וכי טבלאות ה-CPT הן:

$$P(A|B) = 0.5$$

$$P(A|\neg B) = 0.5$$

$$P(B) = 0.5$$

$$P(C|A, B) = 1$$

$$P(C|A, \neg B) = 0.4$$

$$P(C|\neg A, B) = 1$$

$$P(C|\neg A, \neg B) = 0.4$$

## סעיף 6

מגרף זה נצפה לראות כי A בת"ל ואילו B תלוי ב-A וגם C תלוי ב-A, כלומר

$$P(A, B, C) = P(A)P(B|A)P(C|A)$$

נתבונן האם ניתן לפתור את מערכת המשוואות

$$1. \quad [1 - P(A)][1 - P(B|\neg A)][1 - P(C|\neg A)] = 0.15$$

$$2. \quad [1 - P(A)][1 - P(B|\neg A)]P(C|\neg A) = 0.1$$

3.  $[1 - P(A)]P(B|\neg A)[1 - P(C|\neg A)] = 0$
4.  $[1 - P(A)]P(B|\neg A)P(C|\neg A) = 0.25$
5.  $P(A)[1 - P(B|A)][1 - P(C|A)] = 0.15$
6.  $P(A)[1 - P(B|A)]P(C|A) = 0.1$
7.  $P(A)P(B|A)[1 - P(C|A)] = 0$
8.  $P(A)P(B|A)P(C|A) = 0.25$

מיד נראה כי מהשורה הראשונה והשלישית נובע כי  $P(B|\neg A) = 0$  אך זאת בסתירה לשורה הרביעית.

כלומר הגרף הזה אינו מתאר את הטבלה.