

## בינה מלאכותית - בחן 2

חומר עזר: מותר. משך הבחן: 80 דקות. יש לנמק כל תשובה בקצרה

### שאלה 1 (50%)

יש לתכנן knowledge-base עם העובדות הבאות:

- 1) לכל פיראט יש (Has-part) לפחות רגל (Leg) אחת שעשויה מעץ.
- 2) כל דבר שעשוי מעץ צף על המים (Floats).
- 3) אם Joe לא צף אז הוא פיראט.
- 4) כל דבר שיש לו חלק שצף גם הוא צף.

יש לכתוב ידע זה ב-FOL תוך שימוש בפרדיקטים ופונקציות הבאים בלבד (מותר גם שויון):

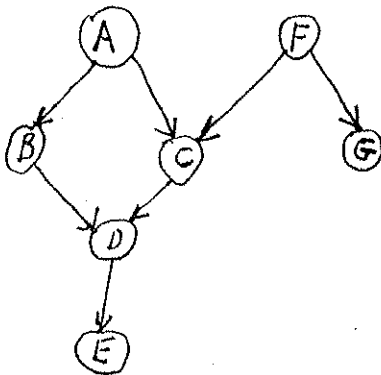
Pirate(x)	; x is a pirate
Joe	; A constant symbol, denoting Joe
Wood	; Constant symbol, denoting the material "wood"
Leg(x)	; x is a leg
Has-part(x, y)	; object y is part of x
Floats(x)	; object x floats
Material(x)	; Function denoting what object x is made of.

- א) תחילה כתוב את הידע ב-FOL עם כמתים וכו'.
- ב) המר את כל הידע לצורה קנונית - CNF.
- ג) רשום עובדה זו, ואת השלילה שלה. המר את התוצאה ל-CNF.
- ד) הוכח את העובדה שבסעיף ג' בשלילה בעזרת resolution - ז"א יש להגיע לסתירה עם ה-knowledge base. רשום את ה-unifier עבור כל זוג בטויים בהם השתמשת בהוכחה.

### שאלה 2 (30%)

נתונה רשת Bayes שבציור, כאשר כל המשתנים בינאריים.

- א) האם רשת זו היא polytree? אם לא, צייר רשת זו מחדש עם macro-nodes מינימאליים כך שהתוצאה היא polytree.



- ב) האם B בלתי תלוי ב-G?
- ג) האם B בלתי תלוי ב-G כשנתון D?  
 $P(D|B, C) = 0.9$   
 $P(E|D) = 0.9$        $P(E|\sim D) = 0.5$   
 $P(A) = 0.8$        $P(F) = 0.1$        $P(G|F) = 0.7$
- ד) חשב את  $P(E|B, C, G)$
- ה) חשב את  $P(A, \sim F)$

### שאלה 3 (20%)

לכל אחד מהמשפטים הבאים, ציין אם הוא נכון או לא נכון, ונמק בקצרה (פחות מ-20 מילים!)

- א) אלגוריתם simulated annealing ללמידת עצי החלטה עבור דוגמאות עם n משתנים (attributes) תמיד יחזיר את עץ ההחלטה המדויק הקטן ביותר בזמן פולינומיאלי ב-n.
- ב) אלגוריתם Back Propagation תמיד ימצא משקלים כך שרשת הנורונים תחזיר תוצאה מדויקת על כל ה-training set.
- ג) ניתן להשתמש ב-genetic algorithm ללימוד רשת נורונים, גם ב-unsupervised learning.
- ד) באלגוריתם הסק Forward Chaining מתבצע ההסק בזמן ה-assert, כלומר בזמן הכנסת מידע חדש ל-knowledge base.

בינה מלאכותית - בחן 2

חומר עזר: מותר משך הבחן: 100 דקות

שאלה 1 (20%)

- לכל אחד מהמשפטים הבאים, ציין אם הוא נכון או לא נכון, ונמק בקצרה (פחות מ-20 מילים!)
- (א) אלגוריתם Partial Order Planning, אם מצליח לייצר תכנית, תמיד מחזיר קבוצת אופרטורים מסודרת בסדר מלא.
- (ב) נקודות ההחלטה (branching) בחיפוש באלגוריתם Partial Order Planning הן: בחירת האופרטורים שלהם effect המתאים ל- preconditions שצריך לספק, וכן בחירת סדר בין אופרטורים במקרים מסויימים, ו(אולי) עוד החלטות.
- (ג) בבעיית Partially Observable Markov Decision Process ה-agent יודע בכל רגע בדיקון מהו ה-state שבו נמצא העולם, שכן יש לו גלאים.
- (ד) בכל רשת Bayes שהוא singly connected, ניתן לחשב הסתברות שולית של כל משתנה בזמן פולינומיאלי, אם אין evidence.

שאלה 2 (20%)

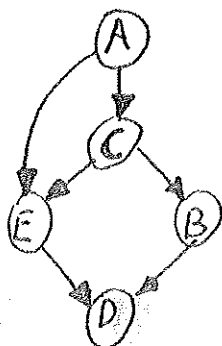
- (א) סטודנט הנבחן ב-AI נתקל בבעיית ההחלטה הבאה. עליו לענות על שאלה 3, השווה 20 נקודות. הוא יכול לבחור בשלוש אפשרויות: א, ב, ג, שהן זרות. הערכת הסטודנט לגבי התשובה הנכונה היא שהסתברויות לנכונות תשובות א, ב, ג, הן 0.1, 0.5, 0.4, בהתאמה. אבל אם א או ב נכונות, יש סכוי של 0.4 שהנימוק יהיה נכון, ואם ג' נכונה אז יש סכוי של 0.8 שהנימוק יהיה נכון. תשובה לא נכונה ערכה 0, תשובה נכונה עם נימוק לא נכון ערכה 10, ותשובה נכונה עם נימוק נכון: 20. בהנחה שמטרת הסטודנט לקבל Best expected score, מה צריך הסטודנט לענות?
- (ב) במקרה הקודם, המרצה מציע רמז, במחיר של 5 נקודות בציון המבחן, המבטיח שהנימוק יהיה נכון במידה והתשובה היא א או ג, וחסר תועלת אחרת (ולא ניתן מידע לגבי זהות התשובה הנכונה). האם על הסטודנט לקנות את הרמז, ומה עליו לענות לאחר קבלתו? מהו המחיר המקסימאלי שהסטודנט צריך להיות מוכן לשלם בעד הרמז?

שאלה 3 (20%)

- מגדירים יצוג א כחזק יותר (more expressive) מיצוג ב, אם כל מה שניתן ליצג (בצורה יעילה) בעזרת ב ניתן ליצג בעזרת א, אבל יש מקרים שניתן ליצג בעזרת א שלא ניתן לייצג בעזרת ב בצורה יעילה. לצורך זה, פקטור לינארי נחשב "יעיל". בידנו מחלקת בעיות ההחלטה הבינאריות על attributes בינאריים, ואנו משווים בין המודלים: עצי החלטה (כאשר סופרים מספר קודקודים כללי בעץ), לעומת רשת perceptrons עם hidden units (כאשר סופרים מספר units, ואין הגבלה על מספר הכניסות לכל unit). בחר באחת האפשרויות הבאות (בלבד) לגבי מחלקת הבעיות הנתונה, והוכח נכונות (הוכחה ממש, או דוגמא נגדית, לפי הצורך). הערה: ניתן "לקנות" מהמרצה רמז במחיר 5 נקודות!
- (א) רשת perceptrons היא ייצוג חזק יותר מעץ החלטה.
- (ב) עץ החלטה הוא ייצוג חזק יותר מרשת perceptrons.
- (ג) אף אחד מהמודלים האלו אינו חזק מהשני (שווי ערך, או לא ניתנים להשוואה).

שאלה 4 (20%)

נתונה רשת Bayes שבציר. לגבי רשת זו, האם מתקיימות טענות אי-התלות המותנית הבאות (נמק כל מקרה ע"י בדיקת כל המסלולים!)



- (א)  $I(\{A\}, \{B\} | \{\})$
- (ב)  $I(\{A\}, \{B\} | \{C, D\})$
- (ג)  $I(\{A\}, \{B\} | \{C, D, E\})$
- (ד) נתון  $P(C|A) = 0.2, P(A) = 0.5$   
 $P(D|B) = 0.3, P(B) = 0.9, P(C|\sim A) = 0.5$   
 חשב  $P(A|B, C)$

שאלה 5 (20%)

חבר סגל המעורב בפרוייקט מחקר multi-agent robotics מעונין לייצר עץ החלטה למשכורת החודשית (באלפי שקלים) אותה יש לתקצב לסטודנטים אותם הוא שוכר לצורך הפרוייקט. מדגם של אנשים שכבר הועסקו, מראה שרצוי להתחשב בציון פרוייקט, ברמת תכנות ב-Java, ובציון בקורס AI. ה- training set נתון בטבלה. יש ליצור עץ החלטה כאלגוריתם greedy כאשר המדד לבחירת attributes הוא מינימום שגיאת חישוב target attribute, כשהחלטה בקודקוד היא לפי ממוצע. לדוגמא, אם בקודקוד ארבעה מקרים שמשכורתם 1, 3, 3, 5 הממוצע הוא 3 והשגיאה הממוצעת למקרה היא 1. כמוכן, אם בקודקוד של העץ כל המספרים זהים, השגיאה היא 0.

הערה: שימו לב שזהו training set עם רעש, ז"א לא יתכן לבצע classification ללא שגיאות!

AI	Java	Project	Salary (target attribute)
high	high	high	10
high	high	low	7
high	high	high	7
high	low	low	3
low	low	high	3
low	high	high	1
low	low	low	2
low	low	low	2

בהצלחה!