

## מבחן ב"ישומי בינה מלאכותית" 372.1.3502

מועד א. 1/02/06  
מרצה: ד"ר אריאל פלנר  
משך המבחן שעתיים וחצי

נא לכתוב בקצרה. יורדו נקודות על תשובות ארוכות ומסורבלות

חלק א:

ענו על 3 מתוך 4 השאלות הבאות. (27 נקודות לשאלה)

(1)

- (א) נסחו את בעיית ה-Traveling-Salesman Problem (TSP) באופן כללי (כבעיה בעולם) והראו כיצד היא ניתנת לכתיבה כבעיה על גרפים.
- (ב) הראו יוריסטיקה ל-TSP והוכיחו שהיא אדמיסיבילית
- (ג) הראו שהיוריסטיקה שכתבתם היא טובה (כלומר עונה על שאר הקריטריונים הדרושים)
- (ד) ענו בקצרה - מה ההבדל הלוגי הבסיסי בין הדרישה בסעיף ב' לדרישה בסעיף ג' (שוב, בקצרה. מי שמאריך - כנראה שלא מבין)
- (ה) נתונה הגרסה הבאה ל-15-puzzle. בגרסה זו אופרטור אחד יכול להזיז שורה (או עמודה) שלמה של אריחים, כלומר ה-blank יכול לקפוץ עד 3 מקומות ע"י הפעלת אופרטור אחד בלבד (וכל האריחים שבאמצע זזים משבצת אחת)
- האם Manhattan distance אינה פונקציה אדמיסיבילית פה? אם כן הסבירו מדוע? אם לא הסבירו מדוע ותנו פונקציה יוריסטית אחרת כלשהי (גם אם היא לא כל כך מדהימה) שהיא כן אדמיסיבילית לבעיה זו.

(2)

(א) נתון עץ משחק בינארי מאוזן בגובה 4. ערכי העלים הם:

ימין--< 6,7,5,4,8,9,10,11,14,15,16,3,12,4,13 --> שמאל  
בצעו סריקת אלפא-ביתא משמאל לימין. (הנחו שהשחקן בשורש הוא שחקן המקסימום)

מה הערך שהתקבל בשורש?  
אילו תתי עצים נגזמו?

(ב) כדי לבצע צעד במשחק על השחקן להטיל הוביה. אם יצא אי זוגי (1,3,5) יש לו שלשה מהלכים אפשריים שערכם 2, 5 ו-10. אם יצא 2 או 4 יש לו שני מהלכים אפשריים שערכם 3, 6. אם יצא 6 יש לו שלשה מהלכים אפשריים שערכם 4, 6, 8. ציירו את עץ ה expectimax המתאים וחשבו את הערך של השורש כאשר

(1) השחקן הוא שחקן המקסימום.

(2) השחקן הוא שחקן המינימום

(ג) בוריס ומיטל משחקים אחד נגד השני. אנו מניחים כי יש להם את אותן פונקציות והערכה וכי הם נוהגים בהגיון (לא עושים טעויות וואו שטויות). (בוריס (שחקן המקסימום) פרש עץ משחק מלא (כל העלים הם קודקודים טרמינליים בהם המשחק הסתיים) וקיבל 4 בשורש.

כל תוצאה מעל 0 היא ניצחון לבוריס. 0 הוא תיקן ומתחת ל-0 הפסד לבוריס. מה אפשר לדעת על בוריס בעקבות מידע זה (למשל, האם בוריס ינצח) כאשר

1. המשחק היה אותלו (Othello)?

2. המשחק היה שש-בש (להזכירכם, בשש בש זורקים קוביות)?

(3)

נתונה הנוסחה של pac-learning :  $m \geq 1/\epsilon (\ln 1/\delta + \ln |H|)$   
(להזכירכם  $m$  כפונקציה של  $\epsilon$  ו  $\delta$ )

(א) הסבירו את הנוסחה והוכיחו אותה.

(ב) נניח שיש עולם עם 5 תכונות (attributes) בינאריות (למשל: חם, קר) וישנן שתי התנהגויות שונות של העולם (clasiffications) למשל (שיחק, לא שיחק)

אנו מעוניינים ללמוד היפותזה שבוודאות של לפחות 96% תהיה עם טעות של לכל היותר 3%. בכמה דוגמאות עלינו לאמן את המערכת שלנו? הסבירו כיצד הגעתם

(ג) אותה השאלה בדיוק כמו בסעיף ב' רק שכעת יש שלושה ערכים אפשריים לתכונות (למשל: בהיר, מעונן, גשום) ויש ארבע התנהגויות שונות של העולם (clasiffications) למשל (שיחק טניס, יצא לריצה, צפה בטלוויזיה, גלש באינטרנט). בכמה דוגמאות עלינו לאמן את המערכת שלנו כעת? הסבירו כיצד הגעתם לכך.

(4)

א. הסבירו מדוע  $A^*$  עם יוריסטיקות אדמיסיבליות מחזיר פתרון אופטימלי.  
(המלצה: לא לכתוב ארוך. המקצר ינצח)

ב. מהי סיבוכיות הזמן ומהי סיבוכיות הזיכרון של Iterative Deepening Search?  
(כלומר גרסת ה Iterative deepening של depth-first-search) הוכיחו במדויק.

ג. תארו מקרה (כלומר תכונות של מרחב החיפוש) בו נעדיף להשתמש ב Iterative Deepening Search ותארו מקרה בו נעדיף להשתמש בחיפוש לרוחב?

### חלק ב: (20 נקודות)

5) הסבירו במשפט אחד או שניים (לכל היותר) 4 מ 5 המושגים הבאים (5 נקודות מושג)  
לא לכתוב אנציקלופדיות.

- א. פעולת mutation
- ב. Turing Test (מבחן Turing)
- ג. Pattern databases
- ד. Hill-climbing
- ה. Cross validation

# פתרון מועד א' 2006

הפתרון המוצע כאן הינו קצר ותמציתי.

שאלה 1:

(א) תיאור הבעיה: בהינתן מספר ערים, ועלויות מעבר מעיר לעיר צריך למצוא מסלול בעל עלות קטנה ביותר העובר בין כל הערים וחוזר לנקודת המוצא.

נגדיר:

C – A group of all cities in our world

$C_i$  = the current city

$V$  = binary vector, that has  $n$  coordinates. For each  $i$ ,  $V_i = 1$  iff the salesman has visited city  $i$ .  $V_i = 0$  otherwise.

מצב כללי:

 $\langle C_i, V \rangle$ 

## מצב התחלתי:

 $\langle C_0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \rangle$ 

## מצב סופי:

 $\langle C_0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1 \rangle$ 

## אופרטור:

בהינתן  $i$  ולכל  $j$  :

If there is an edge between city  $C_i$  and city  $C_j$  and we are now in  $C_i$  and never been to  $C_j$ , for example for  $i=2$  and  $j=3$ :  $C_2, 1, 1, 0, 0, 1, 1 \rightarrow C_3, 1, 1, 1, 1, 1, 1$

(ב) ושתמש ב-MST "informed search.ppt" כלומר MST-ISP-2MST

(ג) היוריסטיקה אדמיסבילית,

היוריסטיקה מדויקת מאחר והיא מעריכה לכל מצב נתון הערכה העולה ממצב היוריסטיקה מהירה לחישוב.

(ד) הדרישה בסעיף ב' היא דרישה מחייבת בעבור פתרון אופטימאלי, בעוד הדרישות בסעיף ג' לא משפיעות על איכות הפתרון.

ה) M.D. איננה פונקציה יוריסטיקה אדמיסבילית.  
הצעת פונקציה יוריסטיקה אדמיסבילית תהיה למשל  $3 / M.D. (n)$  לכל מצב  $n$  במרחב החיפוש.

## שאלה 2:

(א) הערך שהתקבל בשורש: 6

הצמתיים שנגזמו (משמאל לימין): 4,10,11,12,13

(ב) צריך לפתח עץ expectimax. התוצאות הסופיות:

1. 8.5
2. 2.666

(ג)

1. בוריס בטוח מנצח
2. אין לדעת אם בוריס ינצח או יפסיד. תלוי בתוצאות הקוביות. כמו-כן- תוחלת המשחק היא 4, כלומר אם בוריס היה משחק המון משחקים בהם התוחלת שלו היא 4, לרוב הוא היה מנצח.

## שאלה 3:

(א) פתרון מלא נמצא במצגת "learning.ppt" שקופיות: 64-68 וכן בספר  
(ב)

$$|H| = 2^{2^5} = 2^{32}$$

$$\epsilon = 0.03$$

$$\delta = 1 - 0.96 = 0.04$$

$$M = 847$$

(ג)

$$M_1 = 11.116$$

$$\epsilon = 0.03$$

$$\delta = 1 - 0.96 = 0.04$$

$$M = 11.116$$

#### שאלה 4:

(א) חשובה ממצה במצגת "informed search.ppt" בשקופיות 38 – 41. רק כאשר פתרון נמצא בקדמת open-list והוא קטן מכל שאר הקודקודים בopen-list ניתן לעצור.

(ב)

Time complexity is:

$$(d+1)(1) + db + (d-1)b^2 + \dots + (1)b^d \Rightarrow O(b^d)$$

Space complexity is:  $O(bd)$

(ג) כאשר רוצים פתרון אופטימאלי לבעיה

נעדיף IDS. אם אין בעיה של חזרות/מעגלים וגם כשיש בעיה של זיכרון וגם

נעדיף BFS כאשר אין לנו מידע על מוקדם הבעיה (לכן לא נצליח לפתח יוריסטיקה). הפתרון נמצא ברמות הרדודות של העץ, אין בעיה של זיכרון ולא בעיה של זמן. אין לנו אלגוריתם טוב יותר בתנאים אלו.

#### שאלה 5:

(א) פעולת mutation – החלפת ערך של אחד או יותר מהביטים שהוחלפו ע"י פעולת crossover בצורה הסתברותית, על-מנת להעשיר את מגוון הפתרונות, לצאת ממקסימים מקומיים וכן שיחזור גנים טובים שאבדו במהלך הדורות. מתבצע כחלק מאלגוריתם גנטי (חיפוש מקומי)

(ב) Turing test – מבחן שבא לבדוק בינה ממוחשבת. במבחן זה יושב אדם מול מסוף מחשב ומתקשר איתו. האדם צריך להחליט האם מאחורי המסוף עונה יושב אדם אחר ועונה על השאלות או שמא מחשב. אם לא יכול לקבוע בוודאות כי מדובר במחשב, התוכנה עברה את מבחן זה.

(ג) Pattern Database – בבעיות שלהן מרחב מצבים גדול מכדי להריסס ל DB רגיל, ניתן להלקח לתתי בעיות שמרחב הפתרונות שלהן כן ניתן לאחסן ב DB. ה- DB יכול את הפתרון להת הבעיה. DB זה ישמש כחסם תחתון לפתרון הבעיה המקורית

(ד) אלגוריתם המדני, שייך לאלגוריתמי חיפוש מקומי. אלגוריתם זה מתחיל במצב כריטי ומתחיל מרחב המצבים האפשרי. מייצרים את הבנים של המצב. אם אחד הבנים של המצב זה מייצג את ערך המצב הנוכחי מפתחים אותו, וכך הלאה, עד שאין בנים לצומת אשר משפרים את ערך המצב הנוכחי (= איכות הפתרון).

(ה) פתרון מלא נמצא במצגת "learning.ppt" בשקפים 61.62

## Cross-Validation

- Estimate the accuracy of an hypothesis induced by a supervised learning algorithm
- Predict the accuracy of an hypothesis over future unseen instances
- Select the optimal hypothesis from a given set of alternative hypotheses
  - Pruning decision trees
  - Model selection
  - Feature selection

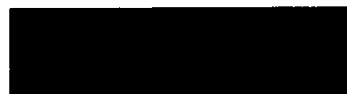
61

## Cross-Validation

- k-fold cross-validation splits the data set  $D$  into  $k$  mutually exclusive subsets  $D_1, D_2, \dots, D_k$



- Train and test the learning algorithm  $k$  times, each time it is trained on  $D \setminus D_i$  and tested on  $D_i$



62

## A\* Algorithm -- the idea

- Uses as heuristic function:  
(cost so far) + (expected cost to goal)
- Intuition: it is the SUM of both costs that ultimately matters.
- $f(n)=g(n)+h(n)$
- The  $f(n)$  cost is actually a lower bound estimation of the path from the initial node to the goal node via node  $n$ .
- When  $h(n)$  is an exact measure, the strategy is optimal

38

## A\* Algorithm

- We take into account both the cost of reaching a node from the Initial state,  $g(h)$ , as well as the heuristic estimate from that node to the goal node,  $h(n)$ .

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

- For given  $h(n)$ , this is the best estimate of a lowest cost path from the initial state to a goal state that is constrained to pass through node  $n$
- The  $a$  stands for "algorithm", and the  $*$  indicates its optimality property.

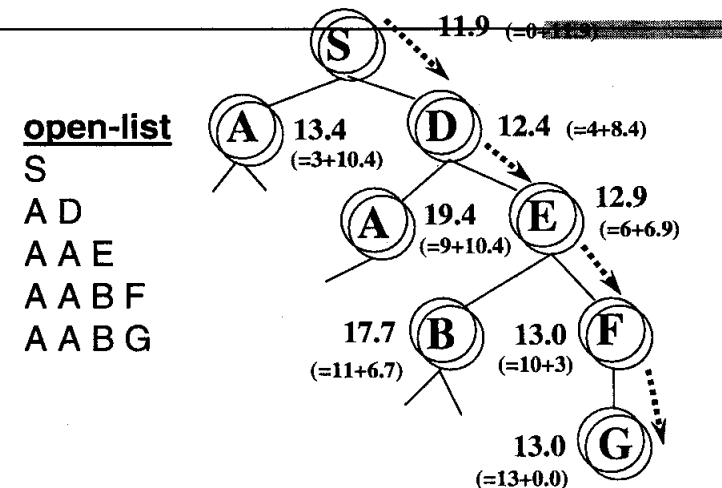
39

## A\* Algorithm

- Admissible condition: the estimated cost to goal always **underestimates** the real cost (it is always optimistic)  
 $h(n) \leq h^*(n)$
- when  $h(n)$  is admissible, so is  $f(n)$ :  $f(n) \leq f^*(n)$   
 $f(n)$  is the estimated cost of the cheapest solution through  $n$   
 $f^*(n)$  is the actual cost of the cheapest solution through  $n$

40

## Example



41