

מעבדה בבינה מלאכותית
203.3630 ב.1
סמסטר ב' – שנה"ל תשפ"ב

מרצה: שי בושנסקי
shay@cs.haifa.ac.il

ניסוי מספר 3:

META HEURISTICS SWARM INTELLIGENCE
CVRP אינטליגנציה הנחיל

מועד הגשה אחרון:

יום ו' 29 לאפריל 2022

מרכיב הציון:

התרגיל הינו חובה

תנאי ההגשה:

העבודה וההגשה בזוגות (ניתן כמובן להגיש ביחידים)

המשימה:

סקרנו בהרצאה אוסף של meta heuristics : Simulated Annealing, Tabu Search, Ant Colony Optimization שאותן הכללנו בתוך חיפוש אבסטרקטי מקומי iterative local search משימתכם הינה להשתמש בהן באופן זה-על-מנת לפתור הבעיה הבאה. לצורך פתרון נדרשת מידה של יצירתיות במימוש ובבחירת הפרמטריזציה של האלגוריתמים הנ"ל.

בעיית ה-CVRP:

ניתוב רכבים (CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM) היא הבעיה הבאה:
נתון צי של רכבים בעלי תכולה קבועה שצריכים לספק ביקוש בערים נתונות הפרושות על מפה דו-מימדית .

עליכם למצוא לצי הקצאת מסלולים אופטימלית (אין צורך להשתמש בכל הרכבים) כך שכל רכב יצא מהמחסן, יבקר בכל עיר פעם אחת וישוב למחסן וכך שבתום הביקורים כל הביקושים יסופקו. פתרון יחשב אופטימלי אם לא ניתן לבצע את הנ"ל במסלול כולל קצר יותר.

מדובר בבעיה פרקטית השייכת למחלקת הבעיות שהן NP-COMPLETE. להלן ההגדרה הפורמאלית של הבעיה:

► n Locations, v Vehicles

► For each location,

– demand d_i and location x_i, y_i

► The capacity of the vehicles c

► The sequence of deliveries of vehicle i , T_i

$$\text{minimize: } \sum_{i \in V} \left(\text{dist}(0, T_{i,0}) + \sum_{\langle j,k \rangle \in T_i} \text{dist}(j, k) + \text{dist}(T_{i,|T_i|-1}, 0) \right)$$

subject to:

$$\sum_{j \in T_i} d_j \leq c \quad (i \in V)$$

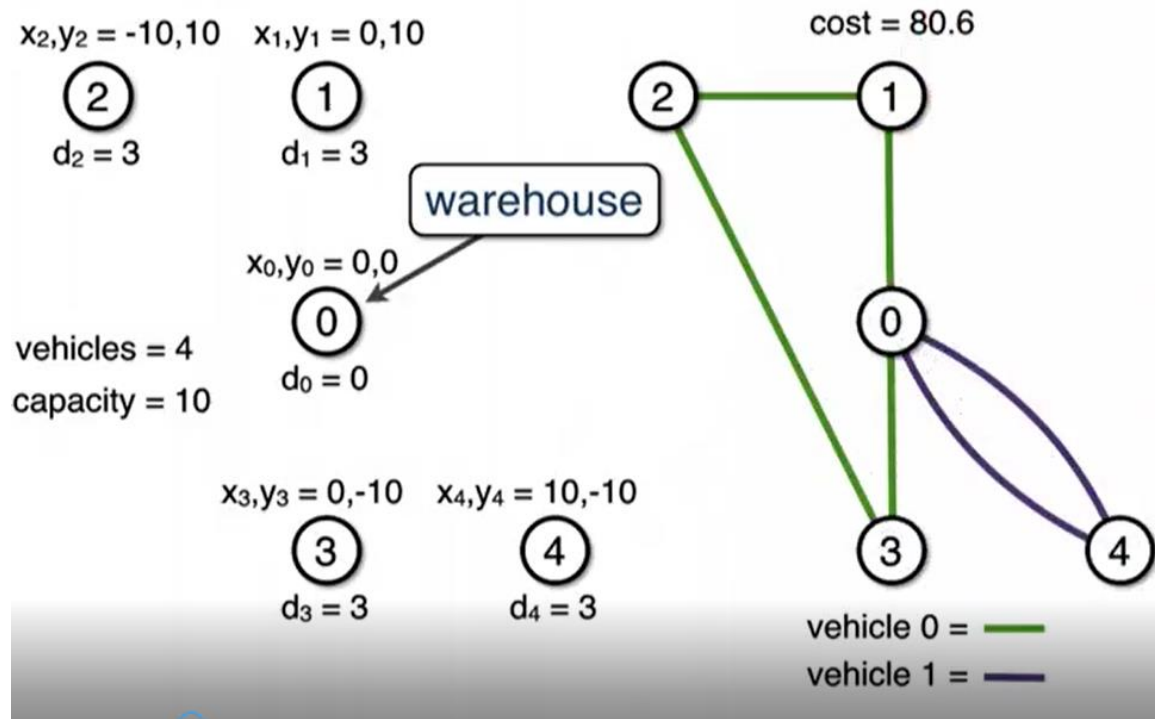
$$\sum_{i \in V} (j \in T_i) = 1 \quad (j \in N \setminus \{0\})$$

לדוגמא: בהנתן קואורדינטות המחסן $(0,0)$, קואורדינטות הערים מסומנות ב x,y הביקוש בכל

עיר d מציאת מסלול, (תת-אופטימלי), ל 4 רכבים כשתכולת כל רכב היא 10 בעזרת 2 רכבים בלבד:

(a) הרכב הראשון יוצא מהמחסן מבקר בערים 1,2,3 וחוזר למחסן

(b) הרכב השני יוצא מהמחסן מבקר בעיר 4 וחוזר



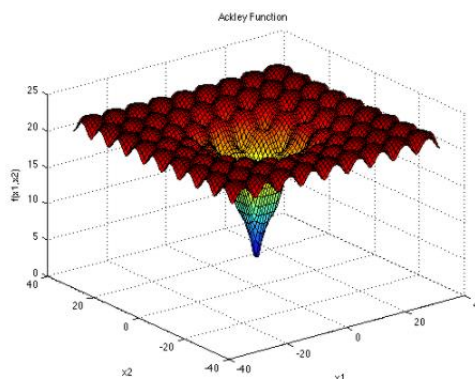
עלות המסלול מחושבת: $\sqrt{10^2+20^2}+2*\sqrt{10^2+10^2}+10+10+10$
80.64=

עליכם לפתח תוכנה שתקבל כקלט בעיית CVRP ושתחזיר את המסלולים האופטימליים עבור צי הרכבים הנתונים תחת אילוצי הבעיה.

עליכם להשוות בין חמישה אלגוריתמי חיפוש מבינה מלאכותית:

1. תכננו לפחות היוריסטיקה אחת שהיא multi-stage heuristic. הסבירו ונמקו את השיקולים מאחורי ההיוריסטיקה שבחרתם וכן ציינו מה הסיבוכיות של ההיוריסטיקה.
2. ממשו חיפוש לוקאלי איטרטיבי ILS המבוסס על מטה-היוריסטיקות:
 - a. TS להלן TABU SEARCH
 - b. אלגוריתם נחיל: DISCRETE ANT COLONY OPTIMIZATION להלן ACO
 - c. ואלגוריתם SIMULATED ANNEALING
3. האלגוריתם הגנטי GA עם ISLAND MODEL שפותח במעבדה הקודמות
4. ואלגוריתם COOPERATIVE PSO

5. לבדיקה האלגוריתמים עליכם למצוא באמצעותם מינימום גלובאלי לפונקציית Ackley המתוארת להלן (לפי ההיוריסטיקה הטבעית):



$$f(\mathbf{x}) = -a \exp \left(-b \sqrt{\frac{1}{d} \sum_{i=1}^d x_i^2} \right) - \exp \left(\frac{1}{d} \sum_{i=1}^d \cos(cx_i) \right) + a + \exp(1)$$

תחת ההגדרות הבאות:

- Number of dimensions, $d = 10$
- $X_i \in [-32.768, 32.768]$, for all $i = 1, \dots, d$
- $a = 20$, $b = 0.2$ and $c = 2\pi$
- $f(X^*) = 0.0$ at $X^* = (0.0, \dots, 0.0)$

CVRP: טיפול בקלט/פלט, ניתוח הבעיה ובנית אב-טיפוס לפתרון:

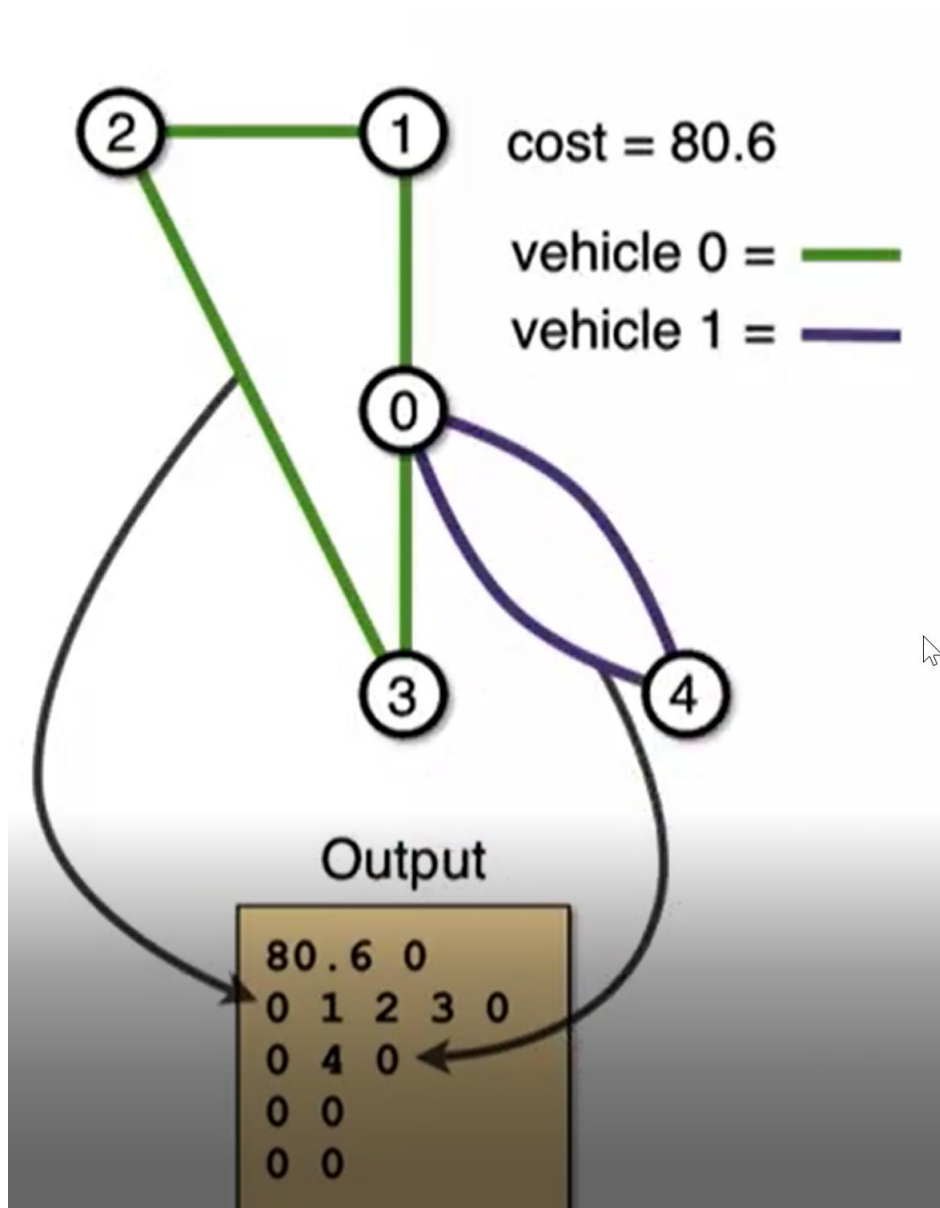
1. לימדו את פורמט הקלט/פלט – (בעיה/פתרון) המוסברים בסעיפים בהמשך
2. התאימו את בעיית הדוגמא לעיל לפורמט הקלט ולכל אלגוריתם שאתם נדרשים לפתח
3. עבור האלגוריתמים השונים פתחו היוריסטיקות שונות שיכולות לסייע בפתרון – מותר כמובן לעשות שימוש בכל ההיוריסטיקות שנלמדו בקורס המבוא עבור בעיות TSP
4. קדדו את האלגוריתמים (ראו סעיף לגבי האלגוריתמים הספציפיים)
5. עבור כל היוריסטיקה בה אתם עושים שימוש הסבירו את יתרונותיה ביחס לבעיית

CVRPn

6. שלבו את ההיוריסטיקות באלגוריתמים המתאימים, בצעו "בדיקת שפיות" על הדוגמא לעיל תוך בחינת ההיוריסטיקות השונות – ותוך כמה זמן. הדפיסו את הפתרון עצמו לפי מטריצת הפלט ובנוסף את זמני הריצה (CPU ו ELAPSED).
7. שרטטו גרף המבטא את שיפור הפיטנס לאורך האיטרציות

הקלט:

רשימת בעיות דוגמא ניתן למצוא באתר <http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/infobiosys/vrp> תחת הכותרת Vehicle Routing Data Sets יש לחלץ את את מס' הרכבים, מס' הצמתים, תכולת כל רכב, רשימת הקואורדינטות של כל צמת ורשימת הביקושים של כל צמת בהתאמה



הערות:

1. בתום ריצת כל אלגוריתם, על הפותר להחזיר את ערך הפונקציה ההיוריסטית ואח"כ עבור רכב שנעשה בו שימוש את רשימת אינדקסי הערים בה ביקר לפי הסדר (יש להתחיל באינדקס 0 - המחסן ולסיים באינדקס 0 - המחסן)
2. מאחר שהאלגוריתמים סטוכסטים במהותם – הקפידו לבצע מספיק ריצות כדי להסיק מסקנות מגובות סטטיסטית לצורך השוואה ראויה לגבי המדדים
3. בACO אתם שולטים על ההיורסטיקה ("η") ועל הפרמטרים השונים של האלגוריתם וגם על מהלך העדכון וטכניקות החלצות מאופטימום לוקאלי
4. TS אתם מגדירים מהי הסביבה בכל צעד – למשל TS אילו קשתות רלוונטיות
5. כמו-כן לוויסות פרמטרי הקשיחות של האלגוריתמים ב T SA n ב TS אלפא וביתא ב ACO וכווננם דינאמית בהתאם למשל לערכי הפונקציה ההיוריסטית

ההגשה: במתכונת הסטנדרטים של המעבדה

יש להגיש דו"ח מסודר הכולל:

- א. תוכנת מקור SOURCE – מימוש הנ"ל בשפת תכנות לבחירתך מתועדת
- ב. תוכנות ריצה מתאימות EXE
- ג. מסמך המסכם את תוצאות העבודה