

**מעבדה בבינה מלאכותית**  
**203.3630 ב.1**  
**סמסטר ב' – שנה"ל תש"ף**

**מרצה:** שי בושנסקי

**ניסוי מספר 3:**

**תחרות בצביעת גרפים CSP לאופטימיזציה דיסקרטית**

**מועד הגשה אחרון:**

יום ו' 7 במאי 2021 – ההגשה באי-מייל ל- [shay@cs.haifa.ac.il](mailto:shay@cs.haifa.ac.il)

**מרכיב הציון:**

**התרגיל הינו חובה**

**תנאי ההגשה:**

העבודה וההגשה בזוגות (ניתן כמובן להגיש ביחידים)

**המשימה:**

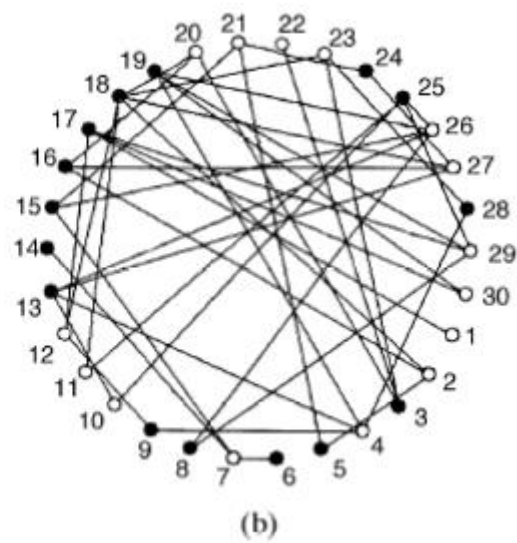
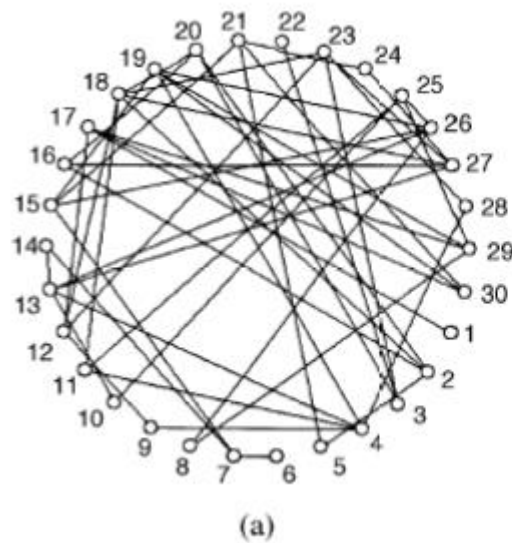
צביעה של גרף  $G = (V; E)$  היא פונקציה  $f: V \rightarrow C$  כאשר  $C$  קבוצת צבעים ומקיים עבור כל צלע  $e = (v_1, v_2)$  בגרף  $f(v_1) \neq f(v_2)$ .  
אם  $k = |C|$  אזי אומרים ש- $G$  היא " $k$  צביעה".  
המספר המינימלי של צבעים המאפשר צביעה של  $G$  נקרא "המספר הכרומטי של  $G$ " ומסומן  $\chi(G)$  (למדא של  $G$ ). בפרט אם  $\chi(G) = 2$  אזי  $G$  הוא גרף דו-צדדי (bipartite).

קיים קשר ישיר בין הקושי בצביעת גרף לבין דרגת הצפיפות שלו.

לדוגמא: מציאת גרף דו-צדדי מתוך גרף דוגמה של "לי":

(a) בעיה: הגרף המקורי של LEE 30 צמתים 50 צלעות

(b) פתרון: תת-גרף דו-צדדי של LEE 38 צלעות



עליכם לפתח תוכנה שתקבל כקלט גרף כלשהו  $n \times n$  ושתמצא עבורו צביעה אופטימלית קרי  $k$  מינימלית. הקלט ינתן כמטריצת סמיכויות (adjacency matrix).  
כאמור מדובר בבעיה השייכת למחלקת הבעיות שהן NP-COMPLETE.

עליכם לנסות למצוא את הצבע הכרומטי של  $K_n$  מהגרפים בקלט (לשאוף לאופטימום גלובאלי)

א. הקלט:

את רשימת הגרפים הלקוחים מתחרות DIMACS ניתן למצוא באתר

<https://mat.tepper.cmu.edu/COLOR/instances.html>

תחת הכותרת Graph Coloring Instances

1. עליכם לקרוא את הקלט ולהדפיס את מאפייניו בכללם מספר הצמתים הקשתות וכן לחשב

את צפיפות הגרף

ב. בחלק הראשון של העבודה תשוו בין ביצועי אלגוריתם חיפוש לאחור לבין אלגוריתם חיפוש קדימה

- a. אלגוריתם חיפוש לאחור BACKTRACKING עם BACKJUMPING  
b. אלגוריתם חיפוש קדימה FORWARD CHECKING עם ARC CONSISTENCY  
במימוש של אלגוריתמים אלה עליכם להשתמש בהיוריסטיקות HDI MRV LCV

ג. בחלק השני של העבודה עליכם להשוות בין שלושת גישות של החיפוש הלוקאלי קרי:

- a. הגישה ששמה את הפיזביליות במרכזה  
b. הגישה ששמה את פונקציית המטרה במרכזה (שרשראות KEMPE)  
c. הגישה ההיברידית

ד. במימוש יש לבחור אלגוריתם חיפוש לוקאלי (אפשר יותר) וכן אלגוריתם גנטי (עם אופרטורים המותאמים לבעיה)

ה. עליכם להשוות בין האלגוריתמים וההיוריסטיקות עפי הקריטריונים הבאים:

- a. זמן ריצה  
b. כמות STATES שנסרקו  
c. איכות הפתרון  
d. ולנמק את בחירתכם בבחירת האלגוריתמים וההיוריסטיקות שהשתמשתם בהם

#### ההגשה:

יש להגיש דו"ח מסודר הכולל:

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

דוגמאות לתוצאות k min (ממוצע 8 הרצות) של אלגוריתם גנטי עם שתי פונקציות התאמה שונות (על קבצי הקלט באתר הנ"ל)

Graph name	$ V $	$ E $	$\chi(G)$	$k$ min	
				bad edge	heuristics
1-Insertions_4	67	232	$\leq 4$	4	5
1-Insertions_5	202	1227		7	6
1-Insertions_6	607	6337		27	7
2-Insertions_3	37	72	$\leq 4$	4	4
2-Insertions_4	149	541	$\leq 4$	4	5
2-Insertions_5	597	3936		20	6
3-Insertions_3	56	110	$\leq 4$	4	4
3-Insertions_4	281	1046		7	5
3-Insertions_5	1406	9695		40	6
1-FullIns_3	30	100		4	4
1-FullIns_4	93	593		5	5
1-FullIns_5	282	3247		16	6
2-FullIns_3	52	201		5	5
2-FullIns_4	212	1621		10	6
2-FullIns_5	852	12201		44	7
3-FullIns_3	80	346		5	6
3-FullIns_4	405	3524		18	7
3-FullIns_5	2030	33751		94	8
4-FullIns_3	114	541		6	7
4-FullIns_4	690	6650		29	8
4-FullIns_5	4146	77305		158	9
fpsol2.i.1	496	11654	$\leq 65$	66	65
fpsol2.i.2	451	8691	$\leq 30$	36	30
fpsol2.i.3	425	8688	$\leq 30$	34	30
inithx.i.1	864	18707	$\leq 54$	62	54
inithx.i.2	645	13979	$\leq 31$	38	31
inithx.i.3	621	13969	$\leq 31$	37	31
DSJC125.5	125	3891	$\leq 17$	22	20
DSJC250.5	250	15668	$\leq 28$	62	37
DSJC500.1	500	12458		47	16
DSJC500.5	500	62624		128	66
DSJR500.1	500	3555		28	12
DSJR500.1c	500	121275		56	88
le450_15a	450	8168	$\leq 15$	42	18
le450_15b	450	8169	$\leq 15$	42	18
le450_15c	450	16680	$\leq 15$	58	27