

# דו"ח מעבדה

## נושא הפרויקט: $A^*$ מול $IDA^*$

### הקדמה

בפרויקט זה יצרנו השוואה בין שני אלגוריתמי חיפוש:  $A^*$  ו- $Iterative deepening A^* (IDA^*)$ .

אלגוריתם  $A^*$  - הוא אלגוריתם למציאת מסלול אופטימלי בגרף כאשר ההיוריסטיקה אדמיסיבילית. הוא שלם, כלומר הרצת האלגוריתם מבטיחה מציאת מסלול בין צומת המקור לצומת היעד, אם קיים מסלול כזה. התכונה המרכזית של אלגוריתם זה, היא שהוא עוקב אחר כל צומת שבו ביקר וכך חוסך בזמן ריצה כי נמנע מלחזור ולחקור צמתים יותר מפעם אחת. בכל איטרציה האלגוריתם בוחר את הצומת האופטימלי ביותר מתוך רשימה שצבר ובכך חוסך עוד בזמן ריצה כי אינו משקיע משאבים בחקירת צמתים מיותרים או פחות אופטימליים. כדי לאפשר את הפעולות האלו שמטרתן לחסוך בזמני ריצה, לאלגוריתם דרישות זיכרון גבוהות.

אלגוריתם  $Iterative deepening A^* (IDA^*)$  - הוא אלגוריתם חיפוש בגרף שנועד לאפשר חיפוש לרוחב בדומה לאלגוריתם  $A^*$ , אך ללא דרישות הזיכרון הגבוהות שלו. כדי לפתור את הצורך בזיכרון שמצריך האלגוריתם  $A^*$ , משתמשים באלגוריתם חיפוש לעומק איטרטיבי מעמיק  $IDA^*$ , כשהעומק המוגדר בכל איטרציה הוא העומק הכי נמוך של בן של צומת שפותח באיטרציה הקודמת והיה עמוק יותר מהעומק שנבחר באותה איטרציה.

### מטרת הניסוי

מטרת הניסוי היא להשוואת את ביצועי האלגוריתמים ולקבל אינדיקציה על ההפרשים בין זמני הריצה, סיבוכיות מקום ומספר הקודקודים שהאלגוריתם מפתח. אנו משערים כי אלגוריתם  $A^*$  בעל ביצועים טובים יותר מבחינת זמן ריצה ושיפתח פחות מצבים מאשר מספר המצבים שיפותחו ע"י אלגוריתם  $IDA^*$ . אנו משערים כי הרצת האלגוריתם  $IDA^*$  בכל איטרציה, שמתחילה מאותה נקודת המוצא, מאריכה משמעותית את זמן הריצה עד למציאת הפיתרון.

### תיאור מהלך הניסוי

מימשנו את האלגוריתמים עבור בעיית החיפוש N-puzzle כאשר בחרנו  $N=8$ .

#### תיאור הבעיה:

N-Puzzle הוא פאזל המורכב מ-N אריחים (N יכול להיות 8, 15, 24 וכן הלאה) וחלל אחד ריק שמאפשר בכל מהלך להזיז אריח בודד. ניתן לפתור את החידה על ידי הזזת האריחים בזה אחר זה אל החלל הריק היחיד ובכך להשיג את תצורת המטרה, הנראת באופן הבא:

1	2	3
4	5	6
7	8	0

(כאשר 0 מסמל את התא ריק ללא אריח)

מימשנו את שני האלגוריתמים בקוד בשפת Python, לפי התיאור הבא:

- מימוש אלגוריתם  $A^*$  שכולל שתי רשימות, open ו- closed. הרשימה open היא מבנה נתונים מסוג תור עדיפויות (min-heap) וכך מובטח שבכל איטרציה יבחר להיחקר State אופטימלי, בעל ערך  $f$  מינימלי וכאשר האלגוריתם נתקל בכמה כאלה הוא יבחר את State עם הערך  $g$  הנמוך יותר.  
הרשימה closed היא מסוג set ששומר כל צומת שנחקר לאחר שהתגלו הצמתים השכנים שלו, כדי לחסוך במקום שמרנו עבור כל צומת את המזהה שלה לפי פונקציית hash שהופעלה על הפאזל שלה.

- מימוש אלגוריתם  $IDA^*$  שכלל מבנה נתונים Stack.

- Puzzle Generator – זוהי מחלקה שאחראית ליצור start state, שממנו ניתן להגיע למצב המטרה. יצירת state זה, נוצרת תחילה ממצב המטרה ומבצעת הרצה של 1000 איטרציות, כך שבכל איטרציה מתבצעת הזזה של האריח הריק לכיוון רנדומלי חוקי (כלומר, בגבולות הלוח).

בהתחלה הרצנו את האלגוריתמים עם פונקציה היוריסטית של סכום של מספר האריחים שלא במקומם, אך זמני הריצה עבור שני האלגוריתמים היו גבוהים ובעיקר עבור  $IDA^*$  שהתקשה להגיע לפתרון בזמן סביר.

לבסוף, עבור כל אחד משני האלגוריתמים קבענו את הפונקציה ההיוריסטית להיות: סכום מרחקי מנהטן של כל האריחים עבור state הנוכחי בהשוואה ל- goal state.

ביצענו 50 הרצות שהתחילו ממצב התחלתי זהה עבור שני האלגוריתמים. ובכל סיום ריצה ביצענו כתיבה של התוצאות אל קובץ results.csv המצורף לקבצי ההגשה.

## **תוצאות הניסוי**

תוצאות הניסוי מפורטות בטבלת תוצאות קובץ results.csv

בתוצאות הניסוי החלטנו למדוד עבור כל הרצה את הפרמטרים הבאים:

1. המצב ההתחלתי ממנו התחיל האלגוריתם את הריצה
2. מספר האריחים שלא במקומם במצב ההתחלתי
3. סכום מרחקים אוקלידים בין כל אריח במצב ההתחלתי לבין מיקומו במצב המטרה
4. אורך המסלול של הפתרון (מספר הזזות של אריחים כדי להשיג את סידור האריחים במצב המטרה)
5. זמן ריצה עבור אלגוריתם  $A^*$
6. מספר הקודקודים שפותחו ע"י הרצת אלגוריתם  $A^*$
7. זמן ריצה עבור אלגוריתם  $IDA^*$
8. מספר הקודקודים שפותחו ע"י הרצת אלגוריתם  $IDA^*$

בכל 50 ההרצות שבוצעו במהלך הניסוי, זמן הריצה של אלגוריתם  $IDA^*$  היה גדול משל  $A^*$  ובכל הרצה מספר הקודקודים ש-  $IDA^*$  פיתח, היה גדול/שווה למספר הקודקודים שפיתח אלגוריתם  $A^*$ .

להלן ממוצעים של התוצאות שהתקבלו מ50 ההרצות:

#Wrong indexes	Manhattan distance	Path length	A* time (sec)	A* nodes	IDA* time (sec)	IDA* nodes
7.22	14.04	22.04	0.209799495	821.3	31.03584949	251278.98

### **מסקנות הניסוי**

ראינו כי אלגוריתם A\* אכן בעל ביצועים טובים יותר מבחינת סיבוכיות מקום וזמן מאשר אלגוריתם IDA\*. ריצת אלגוריתם IDA\* נמשכת זמן רב משמעותית יותר מהרצתו של A\* ובריצת IDA\* האלגוריתם מפתח הרבה יותר קודקודים.

בנוסף ראינו כי לא ניתן לחזות את הקושי של בעיית החיפוש ב n-puzzle על בסיס כמות הקודקודים שבמקום שגוי במצב ההתחלתי לעומת מצב המטרה או על בסיס חישוב מרחק מנהטן בין המצב ההתחלתי למצב המטרה. מה שיכול לתת אינדיקציה לקושי הבעיה הוא אורך המסלול של הפתרון, אך אותו אנחנו מגלים רק לאחר הרצת אחד האלגוריתמים לפתרון.