**חלק 1 – מבוא והקדמה**

1. כל שורה בקובץ מייצגת צומת בגרף. הצומת מיוצגת על ידי –

* אינדקס צומת
* קו רוחב
* קו אורך
* רשימה של קשתות מופרדות בפסיקים

כל קשת מורכבת משלישייה במבנה , כאשר –

* – צומת יעד
* – מרחק
* – סוג כביש

**חלק 2 – בסיסי**

1. פונקציית ה-cost שכתבנו היא במבנה הבא –

*כלומר הפונקציה מקבלת שני צמתים, ואת הזמן שבו בוצע חיפוש המסלול. הפונקציה מוצאת את המהירות הנוכחית בצומת (לפי הזמן שקיבלנו), ממירה אותו ליחידות של מטר לדקה, ומחזירה את הזמן שיקח לעבור את קטע הדרך לפי המרחק בין הצמתים.*

*פונקציית היוריסטיקה שכתבנו היא במבנה הבא –*

*כלומר הפונקציה מקבלת את הצומת הנוכחית ואת צומת היעד של המסלול. הפונקציה לוקחת את המהירות המקסימלית המותרת בכל סוגי הכבישים וממירה אותה למטרים לדקה. בנוסף, היא משתמשת במרחק האווירי בין הצומת הנוכחית לצומת היעד כדי להחזיר את זמן הנסיעה בין הצמתים לפי .*

*הזמן שיקח ליסוע בפועל בין צומת כלשהי אל היעד תלוי במרחק בין הצמתים ובמהירות. המהירות חסומה על ידי המהירות המקסימלית בכבישים (בהנחה שהנהג לא עובר את המהירות המותרת), והמרחק המינימלי בין הצמתים הוא המרחק האווירי. לכן –*

*ולכן הפונקציה היוריסטית קבילה.*

1. להציג גרף ולנתח אותו

**חלק 3 – שיפור ל-**

1. לא, המסלול שיתן עבור פונקציית המחיר הישנה לא בהכרח יהיה אופטימלי.

נראה דוגמא לכך –

פיטר יוצא מביתו שבחיפה אל מקום עבודתו שבמרכז תל אביב בשעה 6 בבוקר. בשעה 6 הכבישים פנויים יחסית, אך בסביבות השעה 7 מתחילים עומסים בכביש החוף באזור נתניה. פונקציית המחיר הישנה לא צופה את העומס העתידי ולכן מחשבת את המסלול בשעה 6 על פי הפקקים באותו הזמן. לכן היא ככל הנראה תיקח את פיטר דרך כביש החוף. כאשר פיטר יגיע לאזור נתניה, יתחילו הפקקים ובשלב זה יהיה כבר מאוחר מידי לשנות את המסלול לכביש עוקף. אם מראש, פיטר היה נוסע דרך הכביש העוקף, הוא היה מגיע מוקדם יותר, ולכן פונקציית המחיר הישנה תיתן פתרון לא אופטימלי.

נתאר בקצרה את החלקים של הביטוי –

* + – מגדיר את הזמן שיקח ליסוע בכביש שמעניין אותנו, לפי ההיסטוריה של המהירויות בכביש.
  + – מתאר את היחס בין העומס הנוכחי בכביש כלשהו לבין העומס בעבר באותו כביש.
  + – מתאר את ממוצע העומס בכבישים בסביבת צומת המקור, ביחס לעומס באותם כבישים בעבר.

בסך הכל, פונקציית המחיר היא הזמן שיקח ליסוע בכביש שמעניין אותנו - , בהתבסס על זמן הנסיעה בו בעבר, אך עם התייחסות לעומס הכבישים בסביבת צומת המקור.

העומס בסביבת צומת המקור מעניין אותנו כיוון שהוא צפוי להשפיע על העומס שיהיה בכביש . הנחה סבירה היא שככל שקיימים יותר רכבים באזור מסויים, כך הכבישים באזור יותר פקוקים, ולכן כמות הרכבים באזור ככל הנראה תשפיע על העומס בכביש שמעניין אותנו.

* 1. עבור הדוגמא שכתבנו בשאלה 6 שבה השתמשנו בפונקציית המחיר הישנה, התוצאה של האלגוריתם לא תהיה אופטימלית.

לעומת זאת עבור אותו מקרה, פונקציית המחיר החדשה תעריך כבר בשעה 6, שכאשר פיטר יגיע לנתניה יהיו פקקים באותו אזור. לכן מראש היא תבחר מסלול עוקף, כדוגמת כביש 4, אשר יהיה אומנם איטי יותר מבחינת מהירות הנסיעה, אך יתחמק מהפקקים העתידיים. לכן בסך הכל פיטר יגיע מוקדם יותר בעזרת הפונקציה החדשה. הפונקציה תבחר את המסלול המהיר ביותר בהתחשב בכלל הפרמטרים ולכן זהו פתרון אופטימלי.

* 1. פונקציית המחיר החדשה תהיה לא אופטימלית במקרה שבו העומס בכבישים ביום מסויים חורג

לא עשינו עדיין!

היוריסטיקה שבחרנו עבור חלק זה היא היוריסטיקה מהחלק הקודם. כלומר שישית מהזמן שיקח לעבור את קטע הדרך במהירות המקסימלית ובמרחק אווירי. נוכיח כי יוריסטיקה זו קבילה –

אנו מעוניינים לחסום את ה- מלמטה, נסתכל על ה- ונפשט אותו:

בשביל לחסום את הביטוי מלמטה, ניתן להתעלם מהממוצע, כיוון שה- המממוצע בהכרח גדול מהביטוי המינימלי שעליו ממצעים. לכן –

*נסמן –*

* + *- המרחק בין ל-*
  + *- המהירות עבור*
  + *- המהירות עבור*

*נקבל ש-*

*כעת, נרצה למזער את הביטוי, ולכן ניקח במונה את המהירות המינימלית האפשריות ובמכנה את המהירות המקסימלית האפשרית. ידוע שהמהירות בכל קטע דרך לא עולה על המהירות המקסימלית באותו קטע, ואינה יורדת מ- המהירות המקסימלית באותו קטע. נסמן את המהירות המקסימלית בקטע דרך ב-. לכן -*

*הוא ה- החל מצומת ועד היעד ולכן -*

*.*

*- כפי שהראינו עבור היוריסטיקה הראשונה*

*כלומר היוריסטיקה החדשה שהגדרנו, שהינה מהיוריסטיקה הישנה, היא קבילה.*

1. להשלים גרפים וכו'
2. רשות