

סיכום המאמר השמת נוסעים בנסיעות שיתופיות עפ"י החשיבות הסביבתית, שנכתב ע"י ד"ר חייה לוינגר, ד"ר נועם חזון וד"ר עמוס עזריה מאוניברסיטת אריאל.

מבוא:

הבעיה שהמאמר בא לפתור היא בעיה חברתית הקשורה לנסיעות השיתופיות, שבהם קבוצת נוסעים עם מסלולים דומים, חולקים רכב אחד ובכך גם פותרים את בעיית ההתניידות האישית ויחד עם זאת חוסכים את רוב הוצאות הנסיעה וגם פותרים כמה בעיות סביבתיות כמו הורדת כמות הרכבים בכביש וכמות הפחמן הדו חמצני הנפלט מהרכב. לפי הסקרים שנערכו בארה"ב ב 2009 נמצא כי בערך 83.4% מכלל הנסיעות במדינה בוצעו ע"י הרכבים הפרטיים. בממוצע תפוסת הרכב הממוצעת היא 1.67 אנשים. תוצאה כזאת אומר שמספר מופרז של רכבים נמצא כל הזמן על הכביש ובכך מגביר את זיהום האוויר ע"י פליטת הפחמן הדו חמצני, צריכת הדלק וכמות העומס בכבישים, מה שגם עלול להצריך השקעות נוספות להרחבה ותחזוקת הכבישים. הגברת השימוש ברכבים אוטונומים יכולה לתרום לפופולריות של הנסיעות השיתופיות, מהסיבה הפשוטה שזה הרבה יותר קל וזול לחברות לתחזק ציא של רכבים אוטונומים שעונים לצרכים של המשתמשים השונים. בהנחת קבוצת נוסעים הנמצאים בנקודת מוצא כלשהי, שרוצים להגיע לאותה נקודת היעד וגם לחזור חזרה מאוחר יותר. לכל אחד מהמשתמשים יש רכב משלו אבל לכל נוסע יש העדפה אישית לגבי האנשים שאיתם הוא רוצה לנסוע ביחד באותו הרכב. כלומר, כל נוסע רוצה לנסוע רק עם האנשים שהם החברים שלו. יחד עם זאת, הרכבים כידוע מוגבלים מבחינת כמות הנוסעים אותם הם יכולים להכיל. המטרה היא לסדר את הנוסעים ברכבים בכמות כמה שיותר גבוהה, כך שבכל רכב יסעו רק האנשים שהם החברים אחד של השני.

במילים אחרות, ניתן לפרמל את הבעיה לבעיה של מציאת איחודים חברתיים, שמוגדרים ע"י רשת חברתית. הרשת מוגדרת ע"י גרף לא ממושקל ולא מכוון, שבו הקודקודים הם הנוסעים והצלעות מציגות את קיום הקשר החברתי בין הנוסעים. פונקצית התועלת של נוסע כלשהו היא כמות החברים שיש לו בחבורת האנשים שבו הוא נמצא. בנוסף, קימת מגבלת גודל החבורה, נסמן אותה עם  $k$ , שנובעת מהכיבולת המקסימלית של הרכב.

המאמר מראה שהבעיה היא קשה חישובית לכל  $k \geq 3$ . כלומר, הבעיה היא NP-Complete. ולכן,

המאמר עוסק בפיתוחו של אלגוריתם קירוב, שערך הקירוב שלו הוא  $\frac{1}{k-1}$ . כמו כן, המאמר מראה שיחס הקירוב הוא צמוד עבור האלגוריתם, כלומר האלגוריתם מספק פתרון שהוא בדיוק  $\frac{1}{k-1}$  מהפתרון האופטימלי. בנוסף, המאמר מנתח את התרחיש בו אין מנגנון מרוכז לשיוך נוסעים לרכב, ומניח שהנוסעים מצטרפים לרכבים באופן שרירותי אך מקסימלי. המאמר מראה שיחס הקירוב עלול ליפול לכל היותר ל  $\frac{1}{k}$ . זאת מאחר שברוב הרכבים, כמות המקומות ישיבה היא יחסית נמוכה  $k \in \{3, 4, 5\}$ .

עפ"י המאמר, נושא פתרון בעיית איחודים תלוי חברה שיש לשדה הרכבות האיחודים החברתיים, שהוא שיש לחקר של מערכות מרחבות סוכנים.

על מנת למקם בהקשר המתאים, המאמר מתחיל מתיאור כללי של בעיות ניתוב רכבים ובעיות תזמון שהוצגו לראשונה ב [Dantzig and Ramser, 1959].

בפרט, בעיית ניתוב הרכבים המסורתית וחלק מההרחבות שלה עוסקות במציאת מערך מסלולים אופטימלי עבור צי רכבים במטרה לספק או לאסוף מוצרים עבור קבוצה נתונה של לקוחות. במקרה זה ההתייחסות היא עבור הסקר המקיף [Parragh et al., 2008a], סוג זה של בעיות מוגדרות שם כבעיות ניתוב רכבים עם גרירה אחורית.

סקר אחר, יותר עדכני, גם כן מגדיר שיטה לסיווג הגרסאות השונות לבעיית ניתוב הרכבים לפי 11 קריטריונים, שמוצג ע"י [Psaraftis et al., 2016].

סוג נוסף של בעיות שמוצג ע"י [Parragh et al., 2008b] הן בעיות ניתוב רכבים עם איסוף והובלה של משלוחים.

מבעיות אלה, נובעת תת קבוצה נוספת של בעיות הנקראת בעיות משלוח בחיג, בהן המוצר המועבר זה הנוסע עם נקודות איסוף ומשלוח משויכות. בעיות אלה פורסמו לראשונה ע"י [Cordeau and Laporte, 2003]. בעיות מסוג זה שונות מבעיות אחרות בניתוב רכבים בכך שבהם יש לחשב את משקלי עלויות ההובלה ואי הנוחות של המשתמש זה מול זה על מנת לספק פתרון הולם. כלומר בעיות אלה מצריכות לדעת גם את רמת שביעות הרצון של המשתמש. המאמר מפנה גם לסקר של [Molenbruch et al., 2017] שבו גם ניתן לראות את ההבחנה הזאת.