

פרויקט ניהול עומסים ברכבת – חיישני לחץ

פרויקט ב-IoT – 236333

מגישות:

209461284 שהם דהן

314827957 תמר גוזלן

315232744 נועה אדמוני

על הפרויקט

ברכבת ישראל, כמו ברכבות רבות בעולם, עיכובים הם דבר שבשגרה. עם זאת, אין ספק שעיכובים ואיחורים בתנועת רכבות זו תופעה שהרבה אנשים היו שמחים למגר.

גורם שמשפיע על העיכובים ברכבת הוא התפזרות הנוסעים הממתינים לאורך הרציף – ההתפזרות משפיעה על זמן העלייה של הנוסעים לרכבות, שכן עומס בחלק מסוים של הרציף יגרום לעומס בעלייה לרכבת באותו אזור ולבסוף לעיכוב ביציאת הרכבת מהתחנה.

בנוסף, ברכבות קורים מקרים רבים בהם נוסעים עולים לקרון מסוים ומגלים כי אין בו מקומות ישיבה פנויים, ולכן בלית ברירה הם מבצעים את הנסיעה בעמידה. העניין הוא, שבמקרים רבים בקרונות מרוחקים יותר ישנם מקומות ישיבה פנויים רבים שהנוסעים לא מודעים אליהם. בכדי לנסות לצמצם את שתי הבעיות לעיל שנגרמות מחוסר התפרסות של נוסעים לאורך רציפי רכבת, פיתחנו את הפרויקט שלנו – "Take-A-Seat".

במסגרת הפרויקט יוצגו נתונים אודות המקומות הפנויים בכל קרון ברכבת הנכנסת לתחנה על גבי מסכים הפזורים לאורך הרציף. כל מסך יציג את הקרונות הנמצאים בסביבתו וכל נוסע יוכל להיעזר בו על מנת להחליט לאיזה קרון לעלות. זאת על מנת למנוע עומס בחלק מסוים של הרציף ולהבטיח פיזור אחיד של הנוסעים על פני הרכבת.

סקירה מהספרות

במאמר "Influencing Longitudinal Passenger Distribution on Railway Platforms to Shorten and Regularize Train Dwell Times" (1), החוקרים מגדירים את המושג "זמן שהייה" (Dwell Time) של רכבות כזמן שלוקח לדלתות להיפתח, לנוסעים לרדת מהרכבת ולעלות אליה, ולדלתות להסגר שוב. החוקרים טוענים כי זמן השהייה הוא גורם משמעותי ביותר בזמן הנסיעה של רכבת והוא מושפע מגורמים רבים כמו השעה ביום, העומס של הנוסעים על הרכבת, מבנה הרכבת והרציפים ועוד. גורם קריטי במיוחד בזמן השהייה של רכבות, מסבירים החוקרים, הוא ההתפרסות של הנוסעים לאורך רציף הרכבת – ככל שההתפלגות תהיה יותר אחידה (uniform distribution) זמן העלייה לרכבת יהיה קטן יותר. החוקרים החליטו לספק לנוסעים מידע שיוכל להשפיע על הקרון בו הנוסעים יבחרו. הם סיפקו לנוסעים 2 סוגים של מידע:

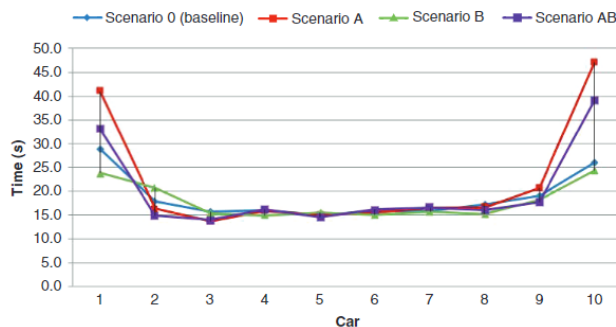
1. מידע לגבי המיקום ברציף ביחס למיקום היציאה בכל תחנה עוקבת של קו הרכבת. מידע זה יסייע לכל נוסע באופן אינדיבידואלי לדעת היכן הכי כדאי לו לעמוד בהתאם ליעד שלו.
2. מידע לגבי התפלגות העומס של הנוסעים בכל קרון בתוך הרכבת. מידע זה יסייע לכל הנוסעים ביחד לדעת כיצד להתפרס על הרציף.

החוקרים שיקללו את תוצאות כל אחד מסוגי המידע שסופקו ביחד ובנפרד ובדקו את ההשפעה שלהם על זמן העלייה לרכבת בכל דלת. נתמקד במקרה השני.

על מנת לספק מידע לגבי התפוסה בכל קרון רכבת, תלו לוחות תאורה בתקרת התחנה שמייצגים אזורים לאורך הרציף. לוחות התאורה משנים את צבעם בהתאם לעומס בכל אזור של הרכבת המגיעה. החוקרים צפו שהשיטה הזו תגרום להפחתת זמן השהייה של כל רכבת וגם להעלאת הסיכוי של כל נוסע למציאת מקום ישיבה. אותה השיטה נוסתה בעבר בתחנת Tekniska Högskolan שבשטוקהולם ולפי המאמר "Real Time Crowding Information (RTCI) Provision: Impacts and Proposed Technical Solution". השיטה הזו הפחיתה פערים בין תפוסה של קרונות רכבת ביותר מ-40%.

לפני תחילת הניסוי, החוקרים ערכו סקר בתחנת הרכבת בפרוץ אותה רצו לבחון. הם שאלו את הנוסעים שאלות כמו מה סיבת בחירת המיקום שלהם בעמידה על הרציף, האם היו מוכנים להתקדם על הרציף בשביל עלייה נוחה יותר וכו'. החוקרים גילו כי רוב הנוסעים היו מוכנים לעבור לאזור אחר ברציף בהתאם לעומס על הרכבת וכי, ככל הנראה, מתן מידע לגבי התפלגות העומס בתוך הרכבת תסייע לכלל הנוסעים.

החוקרים ביצעו את הניסוי וגילו כי השיטה סייעה לאחידות התפלגות הנוסעים על הרציף – גם בקרונות המרוחקים, והרי כפי שצוין לעיל זהו גורם קריטי במיוחד בזמן השהייה של רכבות ולכן זמן השהייה צומצם. ניתן לראות בגרף המייצג את זמן העלייה של נוסעים לרכבת בכל אחד מ-10 הקרונות, כי העקומה הירוקה המייצגת את השימוש בלוחות התאורה מיתנה בצורה הטובה ביותר את מקרה הבסיס (עקומה כחולה):



לסיכום, מהמאמר ניתן להסיק כי הוספת אינדיקטורים על הרציף שנותנים מידע לגבי העומס בתוך הרכבת יכול לגרום להתפלגות טובה יותר של נוסעים על הרציפים וכך להפחית את זמני העלייה לרכבת ולשמור על התפלגות אחידה גם בתוכה.

סימולציה 1 – צמצום זמן שהייה של הרכבת בתחנה

מטרה: לבדוק כיצד הפרויקט משפר את העיכוב הכולל הנוצר מזמן העלייה בכל תחנה במסלול הרכבת.

מבוא: מתצפית שערכנו בתחנת הרכבת ראינו שרוב הנוסעים מרוכזים במרכז הרציף. להערכתנו, זה קורה מכיוון שהיציאות והכניסות לרציף נמצאות במרכזו. הריכוז במרכז הרציף דבר מגדיל את זמן העלייה לקרונות האמצעיים ביחס לשאר הקרונות. על מנת לצמצם את זמן העלייה, נרצה לגרום לפיזור אחיד של הנוסעים ברציף וכך להקטין את זמן השהייה של הרכבת בתחנה. ההשערה שלנו היא ששילוב מסכים עם מידע על מספר המקומות הפנויים בכל קרון תוביל לפיזור אחיד וכתוצאה מכך תשפר את העיכוב הכולל.

במהלך התצפית, מעבר לאבחנה כי רוב הנוסעים מרוכזים במרכז הרציף, מדדנו ומצאנו כי לרוב הנוסעים לוקחות כ-4 שניות לעלות לרכבת, אך ישנם נוסעים שזמן העלייה שלהם ארוך משמעותית. עם הממצאים הללו כתבנו סקריפט בפייתון שמסמלץ רציף עם 100 נוסעים להם זמני עלייה שונים לרכבת והעדפה לקרונות המרכזיים (הקוד נמצא בגיט).

לקחנו תוצאה של אחת ההרצות מהסימולציה וניתחנו אותה אל מול המקרה בו יהיה פיזור אחיד של נוסעים על הרציף כתוצאה מהמסכים שנציב (נניח שזה יהיה המצב).

ראשית, ננתח את תוצאות התצפית שערכנו:

סה"כ	קרון 7	קרון 6	קרון 5	קרון 4	קרון 3	קרון 2	קרון 1	
100	3	21	20	25	17	9	5	מספר נוסעים
150s	11	81	80	150	81	31	34	זמן עלייה (בשניות)

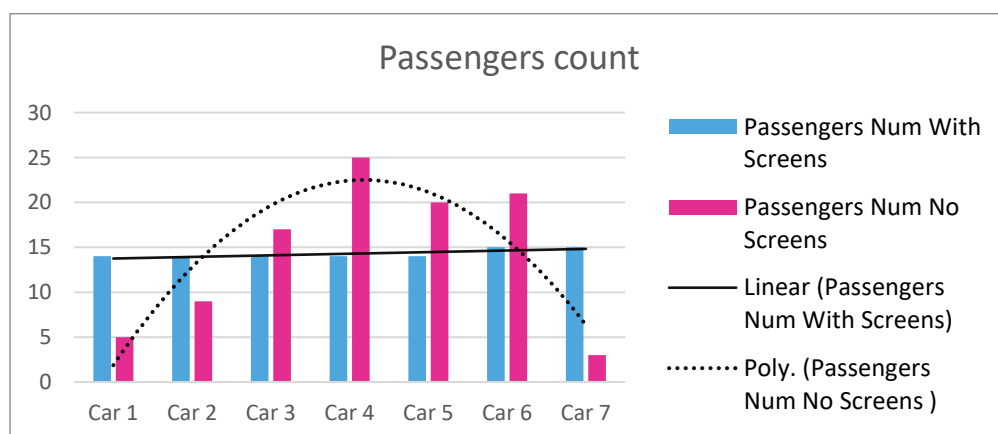
- זמן ממוצע לעלייה לרכבת – 4.68 שניות.
- זמן היציאה של הרכבת מהתחנה = זמן העלייה הארוך ביותר: 150s

לאחר הצבת המסכים, נניח כי הם אכן מובילים לפיזור אחיד על פני הרציף ונקבל כי :

סה"כ	קרון 7	קרון 6	קרון 5	קרון 4	קרון 3	קרון 2	קרון 1	
100	15	15	14	14	14	14	14	מספר נוסעים
70s	70.2	70.2	65.52	65.52	65.52	65.52	65.52	זמן עלייה (בשניות)

- זמן היציאה של הרכבת מהתחנה = זמן העלייה הארוך ביותר: 70s

תוצאות: ניתן לראות שזמן היציאה של הרכבת מהתחנה התקצר ב-80 שניות. הרכבת שבחנו היא הרכבת הנוסעת ממודיעין-מרכז לנהריה, העוברת ב17 תחנות. לכן סך הזמן שנחסך מקצה לקצה הוא $1360s = 17 * 80$. כלומר בעזרת הפרויקט הרכבת תגיע ליעדה כ22 דקות לפני.



בגרף שמשמאל אפשר לראות את השיפור בזמני העלייה לקרונות (גם את קובץ האקסל ניתן למצוא בגיט):

סימולציה 2 – הגדלת מספר הנוסעים היושבים

מטרה: לבדוק האם הפרויקט מגדיל את מספר הנוסעים היושבים בנסיעה.

מבוא: אנחנו מעריכות שבהינתן מידע על תפוסת הרכבת נוסעים יוכלו לבחור את הקרון אליו הם עולים בצורה טובה יותר בהתאם לסיכוי שלהם למצוא מקום ישיבה. בצורה זו נקטין את פערי התפוסה בין הקרונות.

נשתמש בתוצאות הסימולציה שהזכרנו לעיל שערכנו לטובת ניתוח השפעת הפרויקט.

בתצפית ובסימולציה הבחנו כי הקרונות האמצעיים צפופים יותר מהקרונות הקיצוניים. נשתמש בעובדה זאת לצורך הערכת המקומות הפנויים בכל קרון:

סה"כ	קרון 7	קרון 6	קרון 5	קרון 4	קרון 3	קרון 2	קרון 1	
100	3	21	20	25	17	9	5	מספר נוסעים
170	42	24	7	5	12	30	50	מספר מקומות פנויים (לפני)
108	39	3	0	0	0	21	45	מספר מקומות פנויים (אחרי)

גם כאן, נניח כי לאחר הצבת המסכים הם אכן יובילו לפיזור אחיד על פני הרציף ונקבל כי :

סה"כ	קרון 7	קרון 6	קרון 5	קרון 4	קרון 3	קרון 2	קרון 1	
100	15	15	14	14	14	14	14	מספר נוסעים
170	42	24	7	5	12	30	50	מספר מקומות פנויים (לפני)
88	27	9	0	0	0	16	36	מספר מקומות פנויים (אחרי)

תוצאות: ניתן לראות שבעזרת הפרויקט בתחנה זו הצלחנו לגרום לכך שעוד 20 נוסעים ימצאו מקום ישיבה.

סוף דבר

במהלך העבודה על הפרויקט נחשפנו לצורך בשיפור זמני ההגעה של הרכבת ואיכות הנסיעה בה הן דרך קריאת מאמרים בנושא והן דרך תצפיות שערכנו.

למדנו על הערך שפרויקט כמו שלנו יכול לתרום לחוויית השימוש ברכבת וכי שילובו בתחנות בישראל עשוי לשפר לא רק את זמן השהייה של הרכבת בתחנה (וכתוצאה מכך גם את זמן ההגעה) אלא גם את מספר הנוסעים היושבים במהלך הנסיעה.

ביבליוגרפיה

1. Zoi Christoforou, Pierre-Adrien Collet, Bachar Kabalan, Fabien Leurent, Axelle de Feraudy, Awzan Ali, Thilo Jessaï Arakelian-von Freeden, and Yuelu Li (2017). **Influencing Longitudinal Passenger Distribution on Railway Platforms to Shorten and Regularize Train Dwell Times.** <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.3141/2648-14>