

תקציר:

מודל הסימולציה מתאר תהליך השכרת גליליים בעיר תל אביב ומתמקד ב-16 תתי אזורים. בתתי האזורים ישנם 240 גליליים הפזורים באופן שווה בתחילת כל יום, כלומר, 15 גליליים בכל תת אזור, ונעים בין האזורים במהלך היום לפי מוצא השוכרים ויעדם. כאשר תושב רוצה לשכור גליליים מיעד מסוים ולהגיע ליעד אחר (אשר יכול להיות באזור בו הוא נמצא או באזור אחר) הוא בודק האם יש גליליים זמינים באזור בו הוא נמצא – אם כן, יצעד אליהם וישכור אותם במידה וישארו פנויים לאחר הצעידה. במידה ואין באזור בו הלקוח נמצא גליליים זמינים יוכל לבחור אם לצעוד לאחד מהאזורים השכנים ולשכור את הגליליים הפנויים להשכרה באזור זה או לחילופין יוכל לוותר על השירות. במידה וצעד לאזור שכן ולאחר הצעידה גם שם אין גליליים זמינים, הלקוח מוותר על השירות. כמו כן, לאחר שלקוח שכר גליליים תתכן תקלה שלא תאפשר המשך נסיעה ותגרור את ויתורו של הלקוח על השירות. בסוף כל יום, מפעילי השירות מתקנים את הגליליים התקולים ומשנעים גליליים מאזור לאזור בכדי שבתחילת כל יום יהיו בדיוק 15 גליליים בכל תת אזור.

מטרת המודל היא להעריך מדדים שיסייעו לחברה המפעילה את השירות בניהול המערכת. מדדים אלו יוכלו לעזור לחברה להחליט על כמות הגליליים האופטימלית (במונחים אותם החברה מגדירה – רווח, הקטנת עזיבות וכו') באזור מסוים, הקצאת כמות משנעים אופטימלית לפי אזורים, שינוי שיטת השינוע והתאמת כמות שונה לכל אזור, סגירת/פתיחת אזורים חדשים, הפסקת/הרחבת הפעילות ועוד.

ניחוח פלט הסימולציה:

פלט הסימולציה עונה על ציפיותינו מהתבוננות בנתוני השאלה. כפי שצפינו, **ממוצע ההשכרות** בשעות הבוקר הראשונות שואף לתוחלת מספר ההגעות השעתית אך דועך באופן יחסית חד בשל אופן פיזור הגליליים בתחילת כל יום, שלא תואם את הביקוש בכל אזור, במקום חלוקה לפי פרופורציית הביקוש ליציאה מאזור. חלה קפיצה בשעות הערב אשר נובעת מכך שאזורי המוצא המבוקשים בערב הם אזורי היעד המועדפים בבוקר – בהם נצברו גליליים רבים. הירידה בממוצע מספר ההשכרות בערב הדרגתית יותר בשל פיזור שתואם את הביקוש באופן טוב יותר מבבוקר. המגמה המתוארת מעלה משפיעה על מדדים נוספים, כך **ממוצע מספר הצעידות לאזורים שכנים וממוצע מספר הוויתורים על שירות** מושפעים מאוד מהביקוש לאזורי מוצא בשעות הבוקר אך פחות מושפעים מהביקוש לאזורי מוצא בשעות הערב. ולבסוף **ממוצע מספר השינועים בסוף יום** מתקבל מכך שאזורי המוצא והיעד המבוקשים בשעות היום ובשעות הערב הוא מעין תמונת מראה – ומכך מתקבל מספר מאוזן יחסית של שינועים שנדרשים לבצע בסוף כל יום.

מבוא:

המערכת הנחקרת היא מערכת הגליליים בעיר. הגליליים ניתנים להשכרה על ידי תושבי העיר כאשר יש אילוצים והנחות על המערכת המתוארים בפירוט בתיאור הבעיה בפרויקט.

המדדים אותם נרצה לקבל בסוף הרצת הסימולציה לאחר 50 שבועות:

*כלל המדדים חושבו לפי יום וכך חושבו התוצאות ולפיכך התבצע הניתוח.

- תוחלת מספר ההשכרות בחלוקה לשעות יום** – מדד זה מתקבל על ידי יצירת רשימה הכוללת את סך שעות הפעילות של המערכת (6:00 – 22:00). נאתחל את הרשימה בתחילת ההרצה כך שכל איבר יהיה מאופס ובכל ביצוע השכרה נוסיף 1 לשעה הרלוונטית ובכך נבצע ספירה לכמות ההשכרות לפי שעה. לאחר הרצה של 50 שבועות, נקבל את סכום ההשכרות בכל שעה ביום למשך 350 ימים. את הרשימה נחלק ב350 ומכך נקבל את תוחלת מספר ההשכרות בכל יום בחלוקה לשעות הפעילות.
- תוחלת מספר הצעידות אל תתי אזורים שכנים מכל תת אזור** – נאתחל מילון אשר כל אזור הוא מפתח והערך של כל אזור הוא 0. בכל פעם שאין גליליים זמינים באזור בו הלקוח נמצא והוא נדרש לצעוד לאזור שכן, נוסיף 1 לערך של האזור בו הוא נמצא. בסיום ההרצה נקבל את סך כל הצעידות מכל תת אזור על פני 350 ימים. בחלוקה של כל ערך ב350 נקבל את תוחלת הצעידות מכל תת אזור ביום.

- תוחלת מספר הפעמים בהם משתמשים מוותרים על השירות בשל חוסר זמינות או תקלה - נאתחל משתנה שאנחנו מעלים ב-1 בכל פעם שיש אירוע של עזיבה בשל אחד מהמקרים. בסיום 50 השבועות נקבל את סך הנטישות למשך 350 ימים וכאשר נחלק ב-350 נקבל את סך הנטישות ביום.
- תוחלת מספר פעולות השינוע שהמפעילים נדרשים לבצע - את מדד זה נקבל בעזרת 3 מילונים: מילון אחד המכיל את כמות הגלגיליים התקינים בסוף יום, מילון שני המכיל את כמות הגלגיליים התקולים בסוף יום ומילון שלישי, מילון עזר, שבעזרתו נסכום את סך הגלגיליים בכל תת אזור - תקינים ותקולים. כל אזור בעל יותר מ-15 גלגיליים יזדקק לשינועים לפי כמות הגלגיליים העודפים שנמצאים בו. בסוף 350 הימים נקבל את סך השינועים ובחלוקה ל-350 נקבל את סך השינועים ביום אחד.

מודל הסימולציה:קלט הסימולציה:

המודל מקבל כקלט אובייקט אחד של אירוע אשר מקבל בבנייתו: זמן, סוג אירוע, אזור בו הלקוח נמצא וכן האזור שאליו רוצה הלקוח להגיע. בתחילת כל יום נאתחל במודל אירועים של הגעת לקוחות מכל תת אזור לכל תת אזור בו ממוצע בקשות הנסיעה שונה מ-0. כאשר התאים בטבלה המתארת את הביקוש לנסיעה בבוקר שווים ל-0, נבצע בדיקה אם בערב, הביקוש בתא זה שונה מ-0. במידה וכן ניצור אירוע לעוד 8 שעות. בצורה זו אנו בעצם מתחילים לגלגל את הסימולציה כאשר לאחר כל טיפול באירוע הגעת לקוח אנו מוסיפים אירוע חדש ליומן האירועים של הגעת לקוח בין 2 תתי האזורים הנ"ל. על מנת לשנע את הגלגיליים בכל סוף יום, יצרנו אירוע "שינוע" שמוזן למערכת בצורה ידנית.

הגדרת המודל:נתוני הבעיה:

- זמן הרצת המודל: המודל רץ במשך שבוע ימים (כאשר בכל יום פועל בין 00:00-22:00). על מנת לקבל את המדדים נריץ את המודל 50 שבועות.
- מספר שרתים: ישנם 240 שרתים (גלגיליים) בכל האזורים המתחלקים ב-16 אזורים (15 גלגיליים בכל אזור), משתנה כתלות בהשכרות ובגלגיליים התקולים.
- תנאי התחלה: 240 גלגיליים זמינים בתחילת היום, 15 בכל אזור. בתחילת היום אין לקוחות שמשכירים גלגיליים וכל הגלגיליים תקינים.
- הגעת לקוחות: לפי ביקוש המתואר בטבלה ומחולק לשעות בוקר ושעות ערב.
- משכי השכרות וצעידות בתוך האזור ולאזורים שכנים:

$$z \sim N\left(\frac{15}{60}, \frac{3}{60}^2\right) - \text{משך השכרה}$$

$$y \sim U\left(\frac{2}{60}, \frac{3}{60}\right) - \text{משך צעידה (בתוך התת אזור)}$$

$$w \sim N\left(\frac{8}{60}, \frac{2}{60}^2\right) - \text{משך צעידה לאזור שכן}$$

- שעון סימולציה לפי יומן אירועים
- שינוע גלגיליים: בכל סוף יום משנעים את הגלגיליים מכלל האזורים כך שבכל אזור יש 15 גלגיליים תקינים.
- נטישת לקוחות: לקוחות עוזבים את המערכת בכמה מצבים:
 - כאשר אין גלגיליים זמינים באזור בו נמצא הלקוח בהסתברות של 50% שהלקוח ינטוש.
 - כאשר אין גלגיליים זמינים באזור בו נמצא הלקוח וגם אין גלגיליים זמינים באזור השכן אליו צעד, הלקוח ינטוש את המערכת.
 - בהסתברות של 0.005 יש תקלה בגלגיליים והלקוח יוותר על השירות.

מטרת המודל:

- מציאת תוחלת מספר ההשכרות בחלוקה לשעות היום.
- מציאת תוחלת מספר הצעידות אל תתי אזורים שכנים מכל תת אזור.
- מציאת תוחלת מספר הפעמים בהם משתמשים ויתרו על השירות בשל חוסר זמינות או תקלה.
- מציאת תוחלת מספר פעולות השינוע שהמפעילים נדרשים לבצע.

מצבי המערכת:

- Scooters – מילון המייצג את כמות הגלגליים הזמינים בכל תת אזור בכל שלב בסימולציה, מכיל ערכים בדידים בין 0-240.
- Damaged_Scooters – מילון המייצג את כמות הגלגליים התקולים בכל תת אזור בכל שלב בסימולציה, מכיל ערכים בדידים בין 0-240.
- Cal_Scooters – מילון עזר המייצג את כמות הגלגליים (התקנים + התקולים) בכל תת אזור בסיום יום בסימולציה, מכיל ערכים בדידים בין 0-240.
- Neighbors – מילון המייצג את השכנים של כל תת אזור. מתקבל מהמפה הנתונה בשאלה.
- Leavers – משתנה המייצג את כמות הנוטשים.
- Transports – משתנה המייצג את סך השינועים של גלגליים מאזור לאזור. מכיל ערכים בין 0-225 עבור כל יום בהרצת הסימולציה, כלומר 0 – 225*350.
- Rents – רשימה של 16 השעות בה המערכת פועלת (00:00 - 22:00). מייצגת את כמות ההשכרות בכל שעה ביום.
- Walks – מילון המכיל את סך הצעידות מכל תת אזור לתת אזור שכן.
- *בנוסף: number_of_rent_scooter – משתנה שסופר את מספר הגלגליים המושכרים בכל זמן נתון.

הנחות:

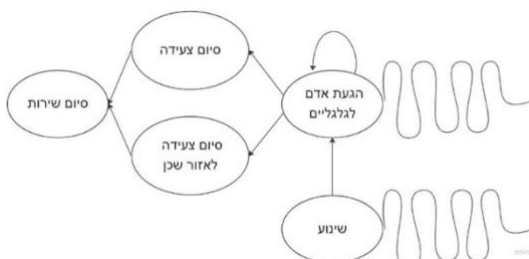
- תהליך הגעת הלקוחות לגלגליים בשעות הבוקר ובשעות הערב הינו פואסוני עם קצב נתון לפי מטריצות הביקוש הנתונות בתרגיל.
- בשעה 22:00 מערכת הגלגליים בעיר נסגרת ולכן מי שעתיד לסיים שירות אחרי 22:00 לא יתחיל אותו מלכתחילה. הנחה זו נלקחה לאחר הבנה שאם לקוח משכיר גלגליים לפני השנה 22:00 ועתיד לסיים את ההשכרה אחרי, הסימולציה עוצרת בשעה 22:00 ולכן אנו מאבדים גלגליים בסכימה הסופית, כלומר אנו מורידים מהמילון שלנו גלגליים אך לא מוסיפים אותו בסיום.
- כאשר לקוח צועד בתוך האזור על מנת להגיע לגלגליים, מתבצעת בדיקה לגלגליים פנויים כאשר סיים לצעוד. במידה ולא, הלקוח נוטש ומתווסף גם כן למדד הנוטשים עקב אי זמינות.
- פעולת שינוע בודדת היא העברת גלגליים בודד מאזור לאזור.
- הביקוש לנסיעות נקבע לפי האזור המקורי אליו הגיע הלקוח, ולא לפי האזור השכן אליו צעד אם היה צורך בכך.

מבנה אירוע (event time, event_type, curr_area : None, to : None):

אירוע מקבל 4 פרמטרים- סוג האירוע, זמן האירוע, האזור הנוכחי בו נמצא הלקוח, אזור היעד אליו הוא רוצה להגיע. האזורים מקבלים NONE כברירת מחדל.

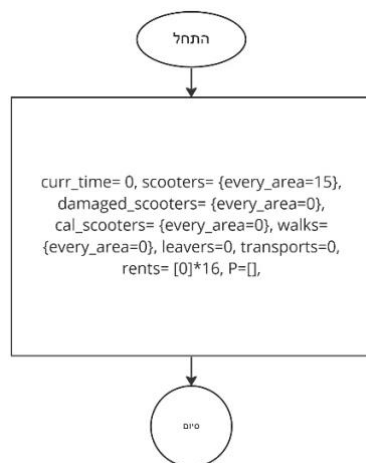
הפרוצדורות הקיימות:

- ראשי
- אתחול
- הדפסת פלט

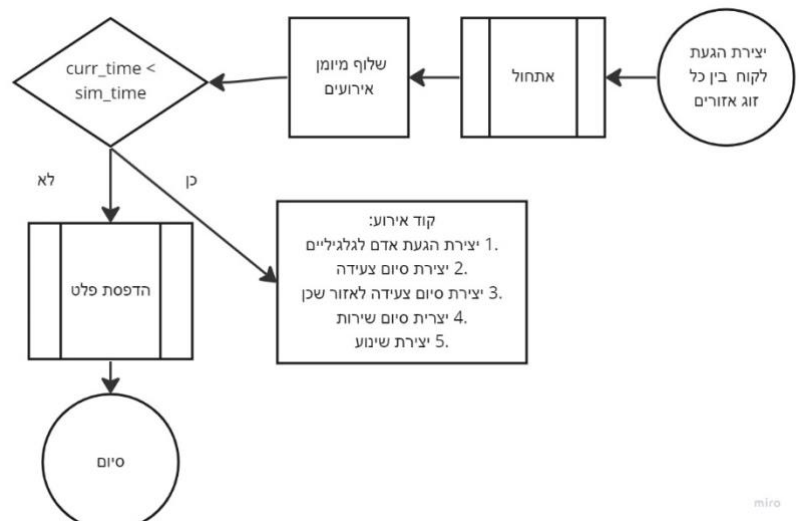


- יצירת הגעת אדם לגלגליים- מכניס ליומן הסימולציה אירוע של הגעת לקוח לפי ממוצע בקשות לנסיעה המוצג במטריצות הנתונות בשאלה.
- ביצוע הגעת אדם לגלגליים- מתאר את התהליך שעובר אדם המבקש לשכור גלגליים הכולל, ניסיון השכרה באזור במוצא, אפשרות לצעידה לאזור שכן, השכרת גלגליים, נסיעה או תקלה וסיום השכרה.
- יצירת סיום צעידה- מכניס ליומן הסימולציה אירוע של סיום צעידה לגלגליים פנויים של לקוח באזור מסוים.
- ביצוע סיום צעידה- מתאר את התהליך שעובר אדם בעת צעידה לגלגליים פנויים באזור המוצא הכולל, בדיקת זמינות גלגליים באזור המוצא ועדכון המדדים הרלוונטיים.
- יצירת סיום צעידה לאזור שכן- מכניס ליומן הסימולציה אירוע של סיום צעידה לאזור שכן אם דבר זה עומד בתנאים.
- ביצוע סיום צעידה לאזור שכן- מתאר את התהליך שעובר אדם בעת צעידה לגלגליים פנויים באזור שכן הכולל, בדיקת זמינות גלגליים באזור השכן ועדכון המדדים הרלוונטיים.
- יצירת סיום שירות- מכניס ליומן הסימולציה אירוע של סיום שירות.
- ביצוע סיום שירות- מתאר את התהליך שעובר אדם בעת השכרת הגלגליים הכולל את ההסתברות לקבלת גלגליים תקולים ועזיבת השירות או נסיעה לאזור היעד ועדכון המדדים הרלוונטיים.
- יצירת סיום שינוע- מכניס ליומן הסימולציה אירוע של יצירת סיום שינוע כל 16 שעות.
- ביצוע סיום שינוע- מתאר את התהליך שמפעילי המערכת מבעים בעת סידור הגלגליים באזורים.

אתחול:

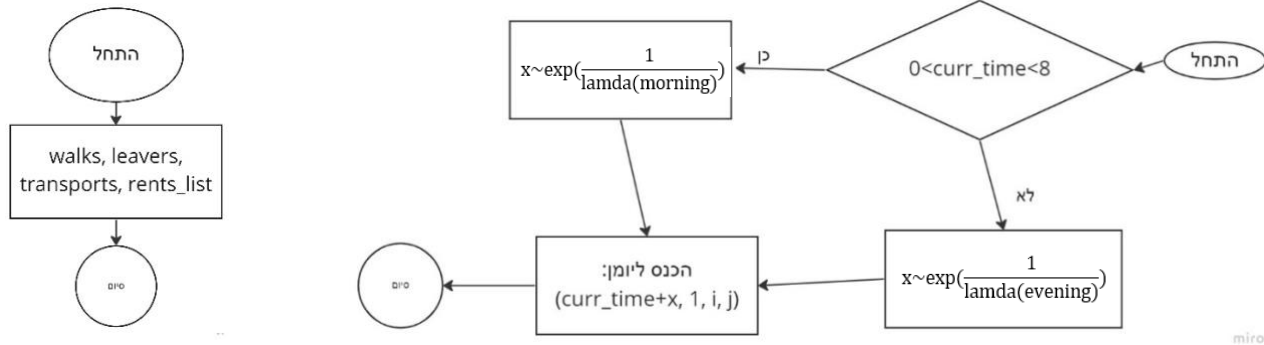


ראשי (ריצה של 50 פעמים):



הדפסת פלט:

יצירת הגעת אדם לגלגליים:

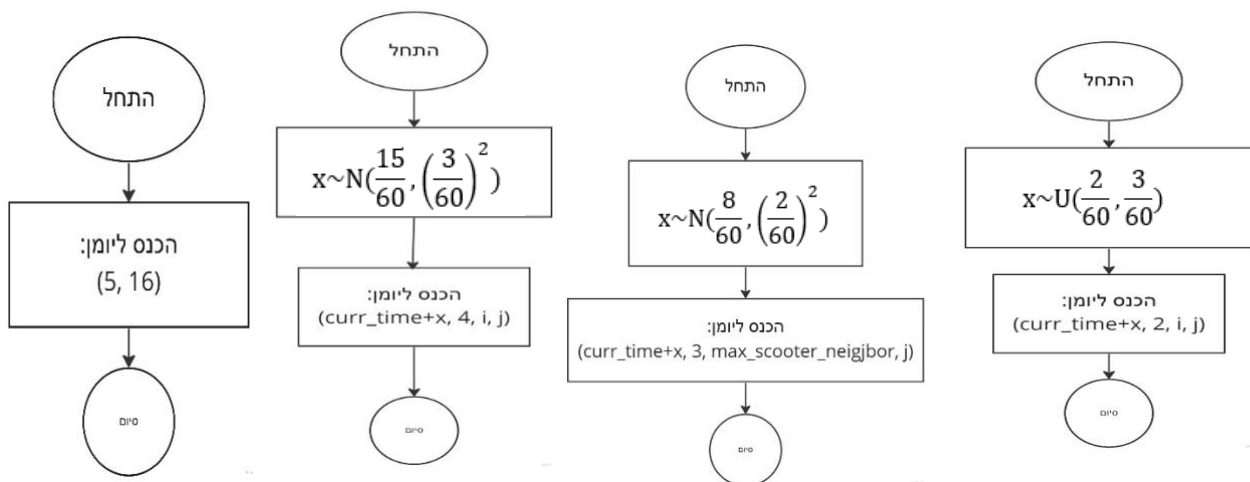


יצירת שינוע:

יצירת סיום שירות:

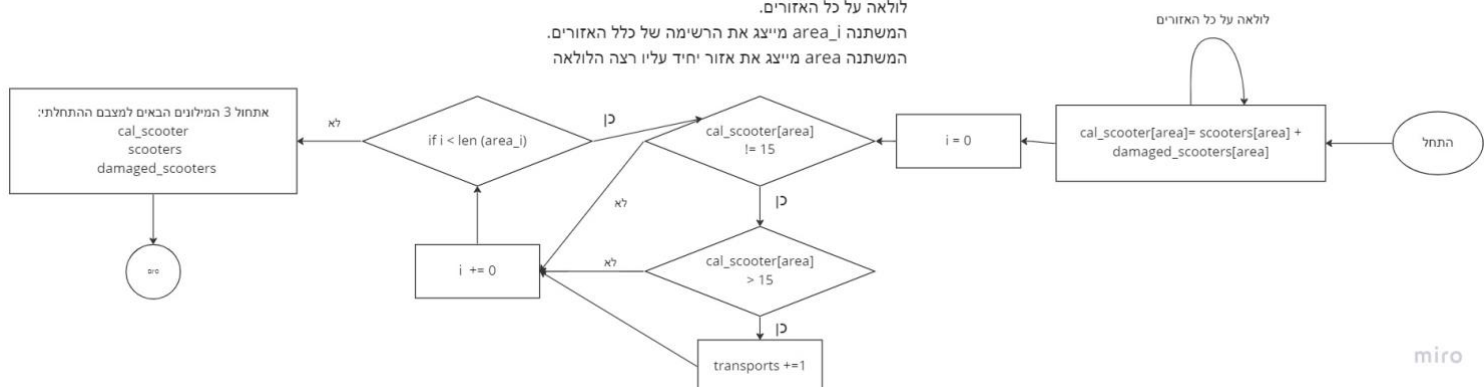
יצירת סיום צעידה לאזור שכן:

יצירת סיום צעידה:

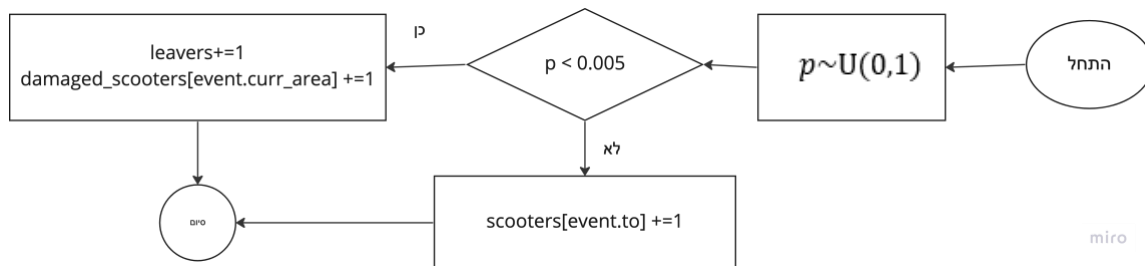


ביצוע סיום שינוע:

לולאה על כל האזורים.
המשתנה area_i מייצג את הרשימה של כלל האזורים.
המשתנה area מייצג את אזור יחיד עליו רצה הלולאה

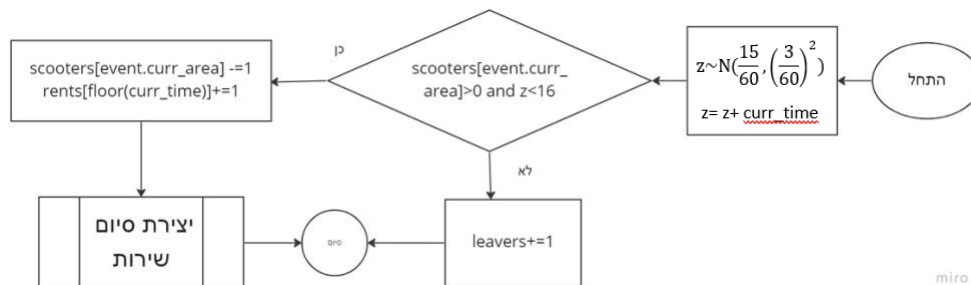


ביצוע סיום שירות:



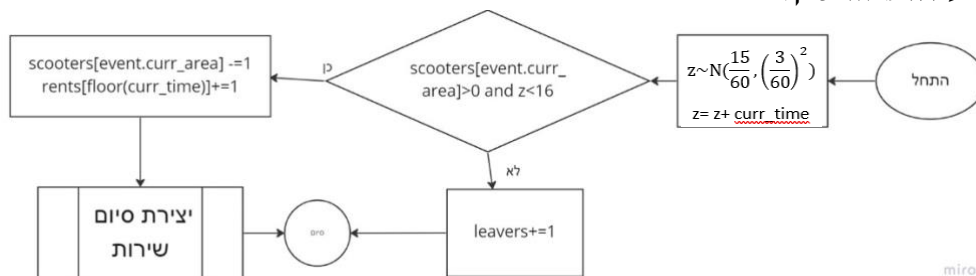
miro

ביצוע סיום צעידה:



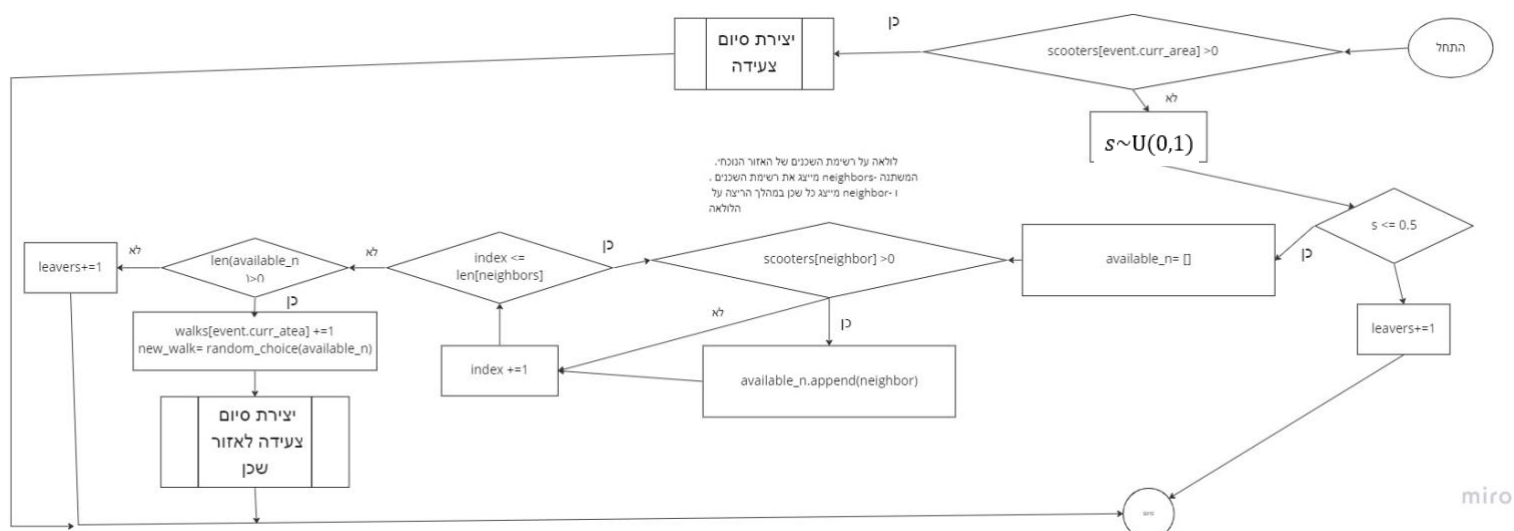
miro

ביצוע סיום צעידה לאזור שכן:



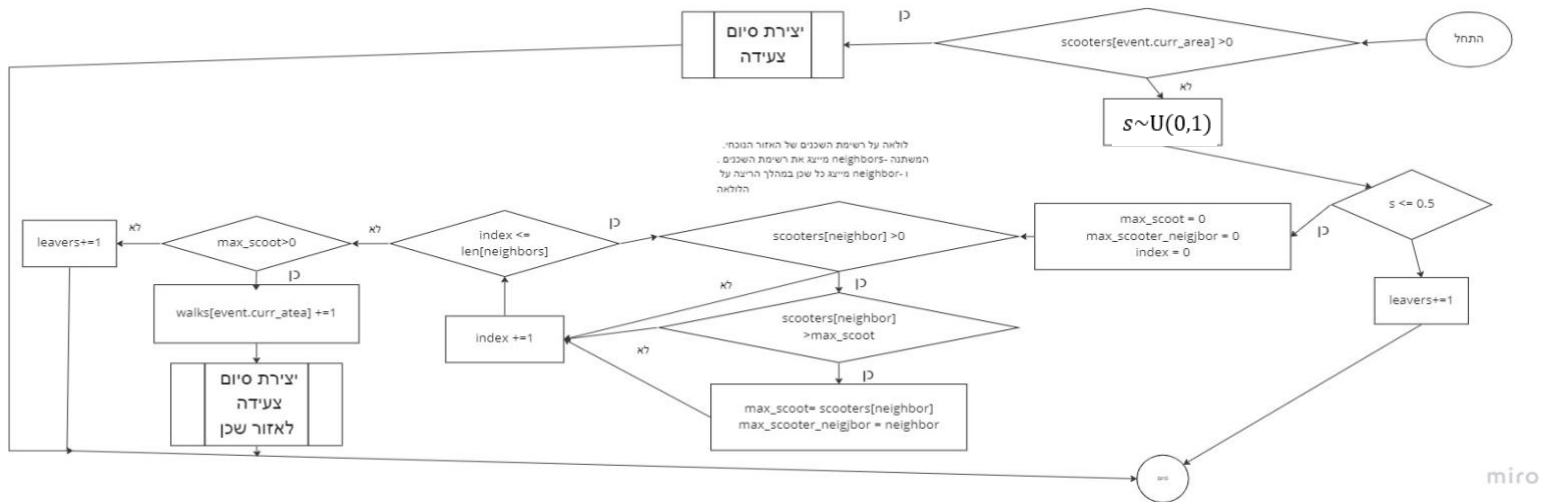
miro

ביצוע הגעת אדם לגלגליים - בחירה רנדומלית:



miro

ביצוע הגעת אדם לגלגליים - בחירה מחושבת:



הצגת הפלטים:

לצורך חיזוי התוצאות השתמשנו ב-6 וקטורי עזר:

DD – הביקוש השעתי ליציאה מהאזור, **DA** – הביקוש השעתי להגעה לאזור, Δ – ההפרש בין הביקושים לשעה:

קצב יציאת (חיובי) / כניסת (שלילי) גלגליים מאזור (חיובי) / לאזור (שלילי). m – בוקר, e – ערב.

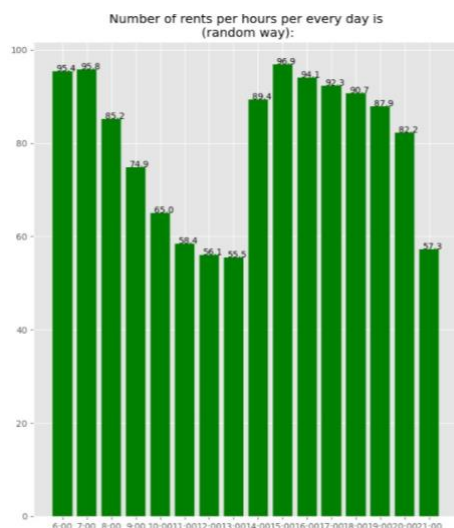
312	313	314	315	316	317	321	322	323	324	325	326	331	332	333	341	
4.3	10.7	5.2	5.6	10.0	4.5	4.2	10.6	5.8	5.2	9.3	2.5	2.5	2.9	8.4	8.3	DD _m
9.6	3.1	2.5	2.8	4.8	9.3	9.1	5.7	2.6	2.1	2.9	10.1	13.5	9.7	8.1	4.1	DA _m
-5.3	7.6	2.7	2.8	5.2	-4.8	-4.9	4.9	3.2	3.1	6.4	-7.6	-11	-6.8	0.3	4.2	Δ_m
9.7	2.6	3.0	2.0	4.3	9.1	8.4	6.4	3.3	2.2	2.9	10.5	14.6	8.9	7.3	4.8	DD _e
4.6	11.7	5.5	4.6	9.9	4.9	4.4	10.8	5.4	5.4	9.9	0.6	1.6	2.0	9.5	9.2	DA _e
5.1	-9.1	-2.5	-2.6	-5.6	4.2	4.0	-4.4	-2.1	-3.2	-7.0	9.9	13.0	6.9	-2.2	-4.4	Δ_e

מדד 1- תוחלת מספר השכרות ביום בחלוקה לשעות יום:

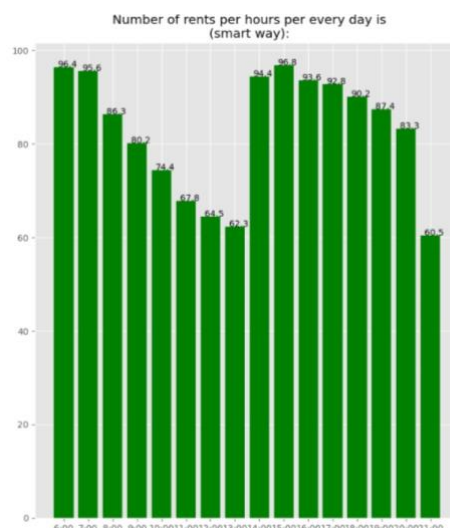
התוצאות שהתקבלו מהרצת הסימולציה מתכתבות עם התוצאות להן ציפינו:

כפי שצפינו, **בשעות הבוקר** הראשונות, מספר השכרות הגלגליים שואף לביקוש השעתי לגלגליים בכלל האזורים שנסכם ל-100, זאת משום שהגלגליים פזורים באופן אחיד בתחילת כל יום. חלה ירידה חדה במספר ההשכרות בהמשך היום, זאת בשל הפרש מהותי בין הביקושים **ליציאה** / **הגעה** מאזורים מסוימים. כך למשל, בשעות הבוקר הביקוש ליציאה מאזורים **312, 316, 322, ו-325** הינו 10.15 לקוחות בשעה במוצע. זאת לעומת ביקוש הגעה לאזורים אלה של 4.125 לקוחות בשעה. הבדל ביקוש זה גורר יציאה ממוצעת של כ-6.025 גלגליים מאזורים אלו ולכן לאחר כשעתיים וחצי במוצע לא יותרו גלגליים באזורים אלו ואכן ניתן לראות כי הירידה בגרף מגיעה לאחר השעה השנייה. צבר גלגליים נוצר ביעדים שאטרקטיביים כתחנת יעד אך לא כתחנת מוצא. **בשעות הערב**, חלה קפיצה חדה במספר ההשכרות בשעות הראשונות, זאת בשל היפוך בביקוש אזורי המוצא – תחנות היעד האטרקטיביות בשעות הבוקר **312, 317, 326, ו-331** אליהן הגיעו במוצע 10.44 לקוחות בשעה, עתה הפכו לתחנות המוצא האטרקטיביות – עם הגעת 10.56 לקוחות בשעה. עתה, בשונה משעות הבוקר, יש מצבור גלגליים המאפשר לענות על הביקוש הגבוה למשך זמן יחסית ארוך. ניתן לראות כי ממוצע מספר ההשכרות בערב יורד באופן הרבה פחות חד מהבוקר – זאת בשל פרישת הגלגליים אשר תואמת יותר את הביקוש ולא מתפלגת באופן אחיד.

בחירה רנדומלית:



בחירה מחושבת:

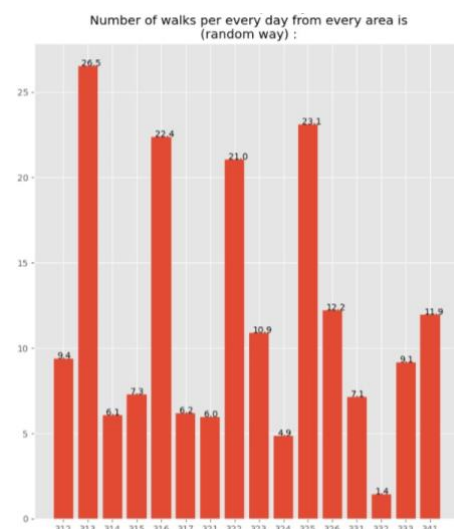


כפי שניתן לראות אין הבדל ניכר בין אופן בחירת השכנים בתוחלת ההשכרות היומית. עם זאת, ניתן להבחין בירידה קלה בממוצע מספר ההשכרות היומי בבחירה הרנדומלית. ניתן להסביר זאת על ידי כך שכאשר בוחרים באזור השכן עם כמות הגלגליים המקסימלית, המערכת שואפת להגיע לאיזון ולכן כאשר בוחרים שכן בצורה רנדומלית ניתן לצפות לירידה הנ"ל.

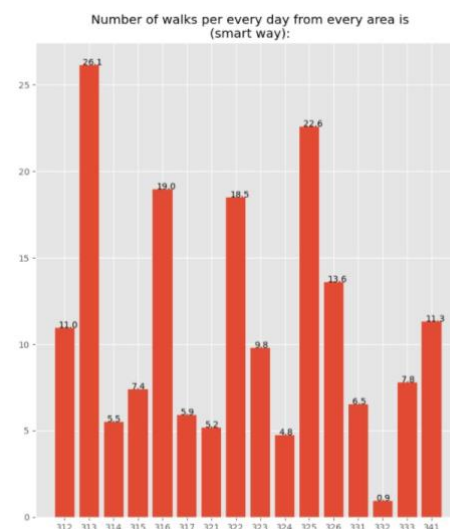
מדד 2- תוחלת מספר הצעידות אל תתי אזורים שכנים מכל תת אזור:

כפי שצפינו מניתוח וקטורי העזר, באזורים בהם ישנו ביקוש גבוה ליציאה וערך Δ גבוה – המבטא יציאת גלגליים מן האזור, ישנו מספר רב יותר של לקוחות אשר צועדים לאזורים שכנים. אזורים אשר יהיו ריקים מגלגליים במוצע למשך זמן רב יותר והביקוש אליהם רב, יגררו מספר גבוה יותר של צעידות לאזורים שכנים. **הביקושים בשעות הבוקר משפיעים בעיקר על מדד זה** – זאת מפני שבתחילת היום התפלגות הגלגליים באזורים היא אחידה – 15 לאזור, ולכן הגלגליים באזורים 312, 316, 322, ו-325 אוזלים יחסית מהר. אולם בערב, האזורים המבוקשים ליציאה הם אלה בהם הצטברו גלגליים במהלך שעות היום והאזורים מתרוקנים מגלגליים באופן יותר איטי. לפיכך, ניתן לראות כי ממוצע כמות הצעידות מאזורי המוצא המבוקשים בערב נמוך יותר.

בחירה רנדומלית:



בחירה מחושבת:



ניתן לראות כי ההבדל בין מספר הצעידות לאזורים שכנים בין בחירת שכן מחושבת לרנדומלית יחסית קטן. העלנו השערה בה מספר שעות פעילות הגלגליים קצרה דיה מכדי להגיע לחוסר איזון משמעותי בכמות הגלגליים בכלל

האזורים. כאשר בחנו השערה זו (ע"י הרצת הקוד רק על בסיס מטריצת הביקושים בבוקר) נפער פער גדול בין הגרפים השונים. כמו שסברנו, הבחירה המחושבת יצרה השפעה כאשר היתה אופציה בה המערכת יצאה מאיזון. במקרה זה הבחירה הרנדומלית יצרה כמות צעידות גדולה באזורים עם הביקוש הגבוה בבוקר בעוד בבחירה המחושבת מספר הצעידות היה נמוך משמעותית.

מדד 3- תוחלת מספר הפעמים בהם משתמשים מוותרים על השירות בשל חוסר זמינות או תקלה:

במהלך שעות הבוקר ישנם אזורים מבוקשים אשר נותרים ריקים מגלגיליים לאחר כ-2.5 שעות במוצע ולכן החל מנקודת זמן זו הלקוחות המגיעים מוותרים על השירות ביותר מ-50% מהמקרים (הכוללים גם את הנטישה מאזורים שכנים).

- בחירת שכן מחושבת: 379.12 עזיבות ביום.
 - בחירת שכן רנדומלית: 422.58 עזיבות ביום.
- הגיוני שנקבל יותר עזיבות בבחירה רנדומלית, שכן הבחירה המחושבת שולחת לקוח לאזור בו קיימים מספר רב של גלגיליים ולכן הסיכוי שברגע שלקוח יגיע לאזור השכן, לא ימצאו בו גלגיליים הוא נמוך. לעומת זאת, בבחירה רנדומלית, הלקוח ישלח לאזור אקראי בו יש סיכוי גבוה יותר שכאשר יגיע לאזור השכן, לא ימצאו בו גלגיליים פנויים ויעזוב את המערכת.

מדד 4- תוחלת מספר פעולות השינוע שהמפעילים נדרשים לבצע ביום:

- בחירת שכן מחושבת: 71.285 שינועים ביום.
 - בחירת שכן רנדומלית: 74.3228 שינועים ביום.
- ניתן לראות כי ההפרש בין הבחירה המחושבת לרנדומלית בכמות השינועים הוא זניח. אך ניתן לציין כי התקבלו יותר שינועים בבחירה הרנדומלית. כמו שהסברנו במדד הקודם, משום שהבחירה המחושבת שואפת לאזן את המערכת ואילו הבחירה הרנדומלית לא, ייתכן ונסיים את היום בצורה פחות מאוזנת וכתוצאה מכך נדרש לבצע כמות שינועים גדולה יותר. נוסף על כן, הערך המספרי שקיבלנו, עונה על ציפיותינו. מספר השינועים המקסימלי המהווה חסם עליון הוא 225, זאת כאשר כל הגלגיליים נמצאים בסוף יום באזור יחיד. מטריצות הביקושים של הבוקר והערב מהוות מעין תמונת מראה אחת של השנייה, כלומר אזורי היעד המבוקשים במהלך היום הם אזורי המוצא המבוקשים בערב ולהפך ולכן ישנו איזון יחסי במעבר של גלגיליים בין האזורים.

סיכום:

ביצענו סימולציה על מערכת להשכרת גלגיליים בעיר תל אביב. הסימולציה פועלת במהלך שבוע למשך 16 שעות בכל יום ורצה למשך 50 שבועות. הסימולציה מחשבת ארבעה מדדים שונים על מנת לבדוק את מצב המערכת במטרה לייעל את אופן השכרת הגלגיליים בעיר. התוצאות שקיבלנו בכל מדד מסונכרנות עם שאר המדדים. הגורם שמוביל לירידה בכמות ההשכרות בשעות היום הוא אותו גורם שמוביל לעלייה במספר ההליכות לאזור שכן מאותם אזורים- התרוקנות אזורי המוצא המבוקשים מגלגיליים. מספר פעולות השינוע נמצא באזור הצפוי בתחום הפיזיבילי. קיימת תלות בין המדדים במודל. תוחלת מספר הצעידות לאזורים שכנים, מספר העזיבות, ותוחלת מספר השינועים היומית מושפעים מכמות ההשכרות בכל אזור. יחד עם זאת, תוחלת מספר השינועים תלויה בכמות הצעידות לאזורים שכנים. דבר זה פוגע ברמת המהימנות של הסימולציה מכיוון שכאשר יש תלויות לא ניתן לבחון במדויק מיהו הגורם המשפיע. נדרשת בדיקה ספציפית המתחשבת בתלויות בין המדדים. המלצות לטיוב המודל:

- שינוע הגלגיליים בסוף כל יום יבוצע בהלימה לביקושי הבוקר בכל אזור- במודל הנוכחי הגלגיליים מחולקים בצורה אחידה (15 גלגיליים בכל אזור) ללא כל התייחסות לתוחלת הביקוש היומית בבוקר, דבר הגורם לחוסר בגלגיליים באזורי המוצא המבוקשים, בנוסף, גורם לרווייה באזורי היעד המבוקשים. דבר זה משפיע על כמות הצעידות לאזורים שכנים, על ממוצע ההשכרות ועל כמות העזיבות היומית. על מנת לטייב

את המודל נמליץ לשנע את הגלגיליים בכל סוף יום בצורה שתמקסם את תוחלת ההשכרות, תמזער עזיבות ופחית צעידות לאזורים שכנים ובכך תייעל את המערכת.

- הצגת אזורים שכנים אופציונליים על בסיס שאיפה לאיזון המערכת- נתחשב בשקלול של הביקוש והזמינות בכל האזורים השכנים בעת הכוונת הלקוח לתת אזור שכן כלומר, הכוונה לאזור דל בביקוש ובעל כמות גדולה של גלגיליים. במידה ולא קיימים גלגיליים זמינים בתת אזור המוצא, במחצית מהמקרים יבדוק המשתמש האם בתתי האזור השכנים ישנם גלגיליים זמינים. על מנת לבדוק זאת, המשתמש יכנס לאפליקציית הגלגיליים בעיר וזו, תתעדף אזורים לפי הכתוב מעלה ותציע ללקוח את האזורים שיביאו לאיזון המערכת ומזעור העזיבות והשינועים.
- חישוב מדדים לפי זמן ואזורים ביחד- כלל המדדים מושפעים גם מהאזור בוא מתבצעת ההשכרה וגם מהזמן בה היא מתרחשת. בחלק זה התבקשנו להציג את המדדים כמספר או תוחלת. מדדים אלו לא מציגים את השעה ביום והאזור המדובר בעת ובעונה אחת מה שמקשה על ניתוח והסקת מסקנות לגבי ההשפעות של הגורמים המשמעותיים ביותר בבעיה- אזור ושעה. כאשר יתקבל מידע אודות גורמים אלו, נוכל לנתח את המערכת בצורה יעילה יותר ולהסיק מסקנות בהתאם.