



שם הפרויקט		מס' פרויקט
בחינת הפוטנציאל של זימון תורים למשאיות במסוף מכולות		2022-01-248
מנחה שותף	מנחה אקדמי	
ד"ר הילה הינדי לינג	פרופ' הלל בר גרא	
חברי הצוות		
	אלון קליימן	איריס פבריקנט
	alonkl@post.bgu.ac.il	irisfab@post.bgu.ac.il

תקציר:

בעידן החדש הנמלים משמשים כשער לסחורות המיועדות לשווקי העולם. עם זאת, רוב הנמלים הגדולים מתמודדים עם עיכובים משמעותיים בהעברת מטענים עקב אילוצי קיבולת של הנמלים, רשתות כבישים ומסילות. לגורמים אלו יש השפעה על העברת מכולות מהטרמינל אל העורף. פרויקט זה נערך בשיתוף פעולה עם חברת נמל חיפה, שהיא אחת החברות שמתפעלות את נמל חיפה ובפרט את מסוף המכולות שפרויקט זה מנתח.

בפרויקט זה חקרנו וניתחנו את תנועת המשאיות במסוף המכולות ובעורף של נמל חיפה בכדי לבחון את הפוטנציאל של זימון תורים למשאיות, בה משאית תצטרך להזמין תור טרם הגעתה לנמל. במטרה להפחית את זמני ההשהייה של המשאיות ולשפר את היעילות בממשק שבין הנמל לבין חברות התובלה של היבואנים והיצואנים. במצב הקיים זמני שהיית המשאיות בנמל ארוכים, דבר הגורם לתורים בשטחי האחסון והתפעול, המובילים לפגיעה בפעילות השוטפת והתקינה של הנמל. אחת ההשערות להיווצרות התורים ושהייה ממושכת של משאיות בנמל, הינה הגעה אקראית של משאיות לטעינה ופריקה של מכולות. כמו כן הגעה אקראית לנמל לא מאפשרת תכנון סידורי עבודה מבעוד מועד וכתוצאה מכך הנמל צריך להיות גמיש ולהגיב מהר לשינויים בהתאם להגעת המשאיות.

במסגרת הפרויקט התמקדנו במספר שלבים עיקריים. תחילה ערכנו ניתוח מצב קיים של יום תפעולי אחד. ביום זה הגיעו לנמל 2001 משאיות מתוכן כ-36% בעלות זמן שהייה גבוה מ-30 דקות (זהו זמן התקן שהנמל שואף להגיע אליו) ואף 7 משאיות עם זמן שהייה גבוה מ-4 שעות. כחלק מהניתוח ראינו כי יום בנמל מחולק לשני חלקים, שעות פעילות עיקריות 5:00 ל-18:00 ופעילות נמוכה יותר בשאר שעות היממה. לכן לאחר דיון עם הגורמים הרלוונטיים בנמל הוחלט להמשיך את הניתוח רק בשעות הפעילות העיקריות.

לאחר מכן, הרחבנו את מאגר הנתונים לשלושה חודשי פעילות, מאגר זה כולל 148,611 רשומות של משאיות. לאחר טיוב וניתוח הנתונים הסקנו כי המקור לזמני שהייה ארוכים הוא בעיקר הגעה של משאיות בשעות בהן יש הפסקות, דבר הגורם להצטברות משאיות במערכת. זמן שהייה הממוצע בהפסקות הינו 50.8 דקות לעומת משאיות שאינן נכנסות בהפסקות בעלות זמן שהייה ממוצע של 34.6 דקות. בכדי לוודא כי ההפרש אינו מקרי בוצע מבחן סטטיסטי Wilcoxon rank-sum שקבע ברמת מובהקות של 5% ו- $P\text{-value} < 2.2e-16$ כי משאיות הנכנסות בהפסקות ממתינות יותר. בנוסף לחסימת כניסת משאיות בשעות ההפסקות בדקנו אפשרות לשיפור המצב הקיים על ידי כניסת משאיות באופן אחיד וקבלת שירות FIFO, על מנת לבחון את היעילות של אפשרויות אלו ערכנו סימולציה חישובית שהראתה כי בתנאים אלו זמן שהייה ירד. כמו כן ערכנו מבחן סטטיסטי Kolmogorov-Smirnov לבדיקת הלינאריות של זמני הגעת המשאיות ומצאנו כי במרבית שעות הפעילות הסטייה מהקו הליניארי אינה מובהקת סטטיסטית כלומר ההתפלגות של הגעת המשאיות אחידה. בנוסף, קבענו 7 מדדים עיקריים המשקפים יום בנמל: מספר משאיות, מספר משאיות הנכנסות בהפסקות, ממוצע משאיות במערכת, זמן שהייה ממוצע, יציבות הביקוש מול ההיצע ולינאריות כניסת המשאיות.

לאחר בחינת הממצאים גילינו שיש פוטנציאל ממשי במערכת זימון תורים כדי למנוע הגעת משאיות בשעות בהן הנמל לא נמצא בפעילות (נבחן על-ידי מבחן סטטיסטי). בנוסף לממצאים שהצגנו בפרויקט נמליץ לנמל לבדוק כיצד מערכת זימון תורים תוכל להקטין את זמני השירות על-ידי סידור המכלות בסדר אחר בעזרת המידע ממערכת הזימון, שיאפשר שליפה מהירה יותר.

מילות מפתח: זימון תורים, ניתוח סטטיסטי, מסוף מכולות, ניתוח נתונים, נמל חיפה.