
האוטובוס החכם בדרך אליכם

במילת הבאזז "ביג דאטה" נתקלים לא מעט בשנים האחרונות. הכוונה לכמויות האדירות של נתונים גולמיים שעוברים ברשת האינטרנט, ברשתות הסלולר ולמעשה בכל רשת ממוחשבת, ונאגרים בשרתי חברות וממשלות. מדובר באוצר בלום למציאת תבניות ודפוסים, והוא מוביל בשנים האחרונות להתפתחויות משמעותיות בתחומי הרפואה, הפיננסים, המדעים ולמעשה כמעט בכל תחום בחיינו. בדרך כלל אומרים "ביג דאטה" בנשימה אחת עם מלים כמו היי-טק, סטארטאפ ואקזיט. כעת, בזכות חוקרים מאוניברסיטת תל אביב ובן גוריון, הטכנולוגיה הזו מגיעה לתחום שסובל בישראל,



כיום התחבורה הציבורית בישראל אינה מותאמת לצורכי המשתמשים

תקועים במאה ה-20

זמני נסיעה ארוכים, תדירות נמוכה, צפיפות, מסלולי קווים פתלתלים, עמידה בפקקים לצד מכוניות פרטיות – כל אלו הם מנת חלקם היומיומית של משתמשי התחבורה הציבורית בישראל. המצב הזה עולה למשל המסים הרבה כסף, לא רק בשל שעות העבודה היקרות שמתבזבזות בפקקים, אלא גם בשל [זיהום האוויר](#) הגבוה שמייצרים עומסי התחבורה ברחבי הארץ וגורמים ליותר מאלף מקרי מוות מדי שנה. למצב הזה יש סיבות רבות ומגוונות, שאחת מהן מוכרת פחות: תכנון התחבורה הציבורית בישראל מבוסס על נתונים בני לא פחות מעשור. בשנת 2007 ערכה הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה סקר שבחן את הקשרים בין אזורי המגורים של תושבי ישראל לבין אזורי התעסוקה. הסקר חילק את מטרופולין תל אביב ליותר מ-1200 אזורי תנועה ובחן, עבור כל שני אזורי תנועה במפה, כמה אנשים נוסעים מאזור אחד למשנהו על בסיס יומיומי – למשל, מהרחובות הסמוכים לשדרות ירושלים ביפו לאזור אוניברסיטת תל אביב. למרבה ההפתעה, מאז ועד היום זהו כלי העבודה המקצועי המרכזי המשמש את הרשות הארצית לתחבורה ציבורית בעת בחינת מסלולים חדשים לקווי אוטובוס. כלי נוסף הוא סקרים שנערכים בתוך האוטובוסים ובהם נשאלים הנוסעים על נקודות המוצא והיעד שלהם (ולפיכך הם לא כוללים את נוסעי הרכב הפרטי). “בעידן שבו למרבית הנוסעים יש סמארטפון עם רכיב GPS ואפליקציות כמו Waze שחוזות עומסי תנועה, רשת התחבורה הציבורית בישראל מבוססת על נתונים בני עשר שנים”, אומר גיל יעקב, מנכ”ל 15 דקות, ארגון צרכני תחבורה ציבורית בישראל. “ממשלת ישראל נשארה במאה העשרים, בעוד שהכלים המקצועיים התקדמו למאה ה-21”, הוא מוסיף. את המצב הזה החליטו לשנות פרופ’ יצחק בננסון מהחוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם באוניברסיטת תל אביב וד”ר ערן בן אליא מהחוג לגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי באוניברסיטת תל אביב. ~~במסגרת הפרויקט, בוצעו ניסויים שונים במטרה להבין את הצרכים של תושבי תל אביב וד”ר בלה דמיטרייב מאוניברסיטת בן גוריון, הם החלו לפני שנתיים במיזם השאפתני “תחבורה ציבורית חכמה” הממומן על ידי משרד התחבורה ונערך במקביל גם במספר אוניברסיטאות ומכוני מחקר בגרמניה, בלגיה, שוודיה ופולין, כחלק מרשת שיתופי הפעולה האקדמיים EraNet של האיחוד האירופי. מטרת הפרויקט הישראלי, שהוצג לאחרונה [בכנס “ערים חכמות”](#) באוניברסיטת תל אביב, היא לבנות מערכת תוכנה, שתוכל לסייע לאנשי המקצוע במשרד התחבורה לתכנן תחבורה ציבורית טובה יותר במטרופולין תל אביב – כזו שמותאמת לצרכי הנוסעים כיום, ולא פחות חשוב מכך – לאפשר הכנסת שינויים ושיפורים לאורך זמן, בהתאם לדפוסי השימוש והביקוש~~

המשתנים. "כיום התחבורה הציבורית בישראל בכלל ובגוש דן בפרט אינה מותאמת לצורכי המשתמשים", מסביר פרופ' בננסון. "מטרת צוות המחקר שלנו היא להעריך את חוסר ההתאמה בין הביקוש - צורכי הנוסעים, לבין ההיצע - רשת התחבורה הציבורית הקיימת, ולהתאים ביניהם. כמו כן, המערכת שאנחנו בונים תאפשר לבצע שינויים בהמשך, כך שהתחבורה הציבורית תישאר מותאמת לצרכים המשתנים". הפעם, כדי לענות על השאלה כמה אנשים נוסעים מדי יום מאזור א' לאזור ב' במטרופולין תל אביב, נעזרים החוקרים במידע סטטיסטי שאוסף משרד התחבורה על השימוש בכרטיסי הרב קו, ובעתיד, הם מקווים, גם בנתונים סטטיסטיים ואנונימיים של חברות הסלולר על מידע מבוסס מיקום שמתקבל ממכשירי הטלפון הניידים. בנוסף עומדים לרשותם מאגרי מידע כגון מסלולים ולוחות זמנים של רשת התחבורה הציבורית הקיימת, וכן מפות עם שכבות מידע של נתיבי תחבורה, ריכוזי אוכלוסין וכו'. כל המידע הזה מוזן לאלגוריתמים שמשמשים לתכנון מערכת תחבורה ציבורית אשר משרתת ביעילות את הנוסעים



ניתן להכניס למערכת שינוי מסוים בתחבורה הציבורית והמערכת תחזה את תגובת המשתמשים. צילום: Unsplash ,CW Mavis

לשחרר את הגודש

כלי נוסף שמשמש את החוקרים היא [מערכת קוד פתוח](#) להדמיית התנהגות משתמשים ברשת התחבורה, וזאת כדי לחזות את תגובת הנוסעים לשינויים המוצעים על ידי האלגוריתמים. המערכת הוכיחה את עצמה במדינות רבות בעולם כבעלת יכולת חיזוי גבוהה של התנהגות נוסעים, בין היתר בגרמניה, אוסטריה, שווייץ, סינגפור, שוודיה, בלגיה ופולין, והיא משמשת שם את הגורמים המקצועיים לתכנון תחבורה. לדוגמה, ניתן להכניס למערכת שינוי מסוים בתחבורה הציבורית: החל מהוספת קו במסלול חדש או שינוי מסלול של קו קיים, דרך שינוי בתדירות או בלוח הזמנים ועד להזזת תחנות, שינוי קיבולת כלי הרכב (מאוטובוס למיניבוס או להפך) או אמצעי התחבורה (אוטובוס/מונית שירות) והוספת נת"צ (נתיב תחבורה ציבורית), והמערכת תחזה את תגובת המשתמשים לשינוי. "אם אני רואה בהדמיה שנוצר גודש לא סביר במקטע מסוים, אני יכול להוסיף קו באותו מקטע כדי לשחרר את הגודש", מסביר בננסון.

התאמת מערכת ההדמיה לישראל הציבה בפני החוקרים אתגר לא צפוי, לאור העובדה שבכל הערים הגדולות בעולם יש נת"צים (נתיבי תחבורה ציבורית) ואילו בארץ יש מעט

מאד נתיבים כאלה. "זה משפיע משמעותית על מהירות הנסיעה של האוטובוסים בהדמיה, והצריך מאתנו הכנסת התאמות מיוחדות במערכת", מסביר בננסון. גיל יעקב מארגון צרכני התחבורה הציבורית מדגיש לגבי חשיבות הנת"צים, כי "נתיבי תחבורה ציבורית הם הבסיס לכל מערכת תחבורה ציבורית בעולם. כדי שהיא תהיה אמינה, ניתנת לחיזוי ותחרותית ביחס לזמני נסיעה ברכב פרטי, נדרשת רשת נת"צים בערים ובצירים הבין-עירוניים המובילים אליהם. לצערי, משרד התחבורה מתעכב בהקמת נת"צים בצירים הבין-עירוניים, ובאשר לצירים העירוניים הוא תלוי בהסכמת ראשי הערים. אני מאד מקווה שהפיתוח שלהם יואץ בשנים הקרובות". החוקרים מקווים כי מתכנני התחבורה יעשו שימוש במערכת אחת למספר חודשים, ובהתאם להמלצותיה יבוצעו שינויים בקנה מידה קטן עד בינוני. "בקנה מידה כזה, להבדיל מרפורמת קווים כפי שהיתה בגוש דן לפני מספר שנים, אנחנו יכולים לצפות בדיוק גבוה למדי את תגובת הציבור באמצעות מערכת הסימולציה שלנו", מסביר בננסון. "בטווח הארוך אנחנו רוצים לשנות את המערכת מן היסוד: ממערכת נוקשה ומקובעת שהנוסעים צריכים להתאים את עצמם אליה, למערכת מודרנית וגמישה, שמתמשת בטכנולוגיות מידע ותקשורת שנמצאות בחזית המדע כדי להתאים את עצמה לנוסעים באופן אופטימלי", הוא מוסיף. עם זאת חשוב להבין, כי כל שינוי בתחבורה הציבורית דורש היערכות הן בצד התכנון (עליו נותנת המערכת מענה) והן בצד הביצוע, דבר שכרוך באישור משרד התחבורה. במקרה של שינוי שדורש תוספת תקציבית, כמו למשל בהוספת קו חדש או הגברת תדירות, יידרש לעתים גם אישור של משרד האוצר, ואם השינוי כרוך בהצבת תחנה חדשה - אז גם תיאום עם הרשות המקומית. "אין ספק שהמערכת צריכה להתאים את עצמה לקצב פעולה אחר גם במצב הקיים היום ובוודאי בעתיד עם טכנולוגיות מתקדמות", אומר יעקב.

הדמיה של כלי הרכב בתל אביב: הרכב הפרטיים מיוצגים במשולשים ירוקים והאוטובוסים בעיגולים כחולים

נגן וידאו 00:53 00:00

הנוסעים הישראלים חכמים

כיום המערכת לתכנון תחבורה ציבורית חכמה נמצאת בפיתוח, והחוקרים ממתינים לקבלת מידע סטטיסטי מחברות הסלולר. עד שהמערכת תוכנס לשימוש ברשות הארצית לתחבורה ציבורית, נותר לתהות: מעבר לשיפור הצפוי באיכות החיים של משתמשי התחבורה הציבורית הקיימים ([שמבזבזים כ-120 שעות בשנה על המתנה לאוטובוסים](#)), כמה נוסעים ישאירו את הרכב הפרטי בחניה ויעברו לאוטובוס בעקבות הטמעת המערכת המתקדמת? יעקב אופטימי: "הציבור לומד להסתגל מהר ומעדיף את התחבורה הציבורית המהירה - כאשר היא קיימת - על פני הנוחות של הרכב הפרטי. ולראייה, אלפי נהגים משאירים את רכבם בחניון חנה וסע במחלף שפירים ונוסעים בשאטלים שמגיעים ישירות למוקדי התעסוקה בנתיב מהיר ויעודי. גם אפליקציות כמו מוביט, אובר, גט טקסי וכן אפליקציות לשיתופי נסיעות מוכיחות שהנוסעים הישראלים חכמים". הוא מסכם: "אני מקווה שמדינת ישראל המתגאה ביוזמותיה הטכנולוגיות תדע

לאמץ את הטכנולוגיה העדכנית גם בתחום תכנון התחבורה הציבורית והסעת ההמונים".
בעקבות הכתבה ב"זווית" הסיפור פורסם גם ב-[מאקו](#)