

יסודות מערכות תובלה ושינוע

מצגת 3

תכנון תחבורה

שלבים בתכנון תחבורה

- יצירה ומשיכה של נסיעות
- יצירה – נסיעות שמקורן בבית
- משיכה – נסיעות שיעדן אינו בבית
- ביקוש והיצע
- פילוג נסיעות – מהו מסלול הנסיעה מהמקור ליעד
- פיצול נסיעות – מהו אמצעי הנסיעה
- הצבה ברשת – בהתאם לזמן הנסיעה / קבלת החלטה

הצבת נסיעות

□ שיווי משקל משתמש – (UE) User Equilibrium

□ יתקבל כאשר יתקיים שוויון בין עלות / זמן הנסיעה

□ דטרמיניסטי – כאשר אף נוסע לא יצליח לשפר את משך נסיעתו ע"י שינוי מסלול נסיעתו

□ סטוכסטי – כאשר אף נוסע לא יחשוב כי ניתן לשפר את משך נסיעתו ע"י שינוי מסלול נסיעתו

□ מינימום זמן נסיעה כולל – (SO) System Optimum

□ יתקבל כאשר יתקיים שוויון בין העלויות השוליות

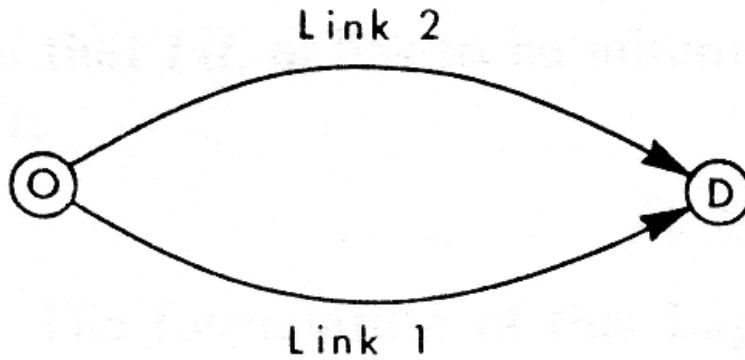
דילמת האסיר

- המשטרה עצרה שני עבריינים שביצעו פשע משותף, ומפרידה ביניהם לצורך חקירה.
- אם תצליח המשטרה להביא להרשעתם, ייכנס כל אחד מהם לכלא ל-15 שנה.
- בחוסר ראיות הם יועמדו לדין על עבירה משנית שבגינה ייכנס כל אחד מהם לכלא לשנה אחת.
- למשטרה אין די ראיות להעמידם לדין, ולכן היא מציעה לכל אחד מהם להעיד נגד רעהו, וכפרס מובטח לעד עונש מופחת: אם שני האסירים יקבלו את הצעת המשטרה, ייכנס כל אחד מהם לכלא לחמש שנים, ואם רק אחד מהם יעיד ורעהו ישתוק, העד יצא מיד לחופשי וחברו ייכלא ל-15 שנה.

דילמת האסיר

- כל העובדות הללו ידועות לשני האסירים, אך אין באפשרותם לתקשר האחד עם השני.
- הדילמה שעומדת בפני כל אחד מהם היא "איזו טקטיקה לנקוט - לשתוק או להעיד?".
- אסיר א': "בלי תלות בטקטיקה שבה יבחר ב', כדאי לי להעיד, משום שבכל מקרה אם אעיד, עונשי יהיה קטן מאשר אם אשתוק".
- אסיר ב' מנתח את המצב בצורה דומה.
- החלטה רציונלית של שניהם מובילה לכך ששניהם בוחרים להעיד, ונכנסים לכלא לחמש שנים.
- אילו שתקו שניהם, היה כל אחד מהם נכנס לכלא לשנה בלבד.

דוגמא - UE

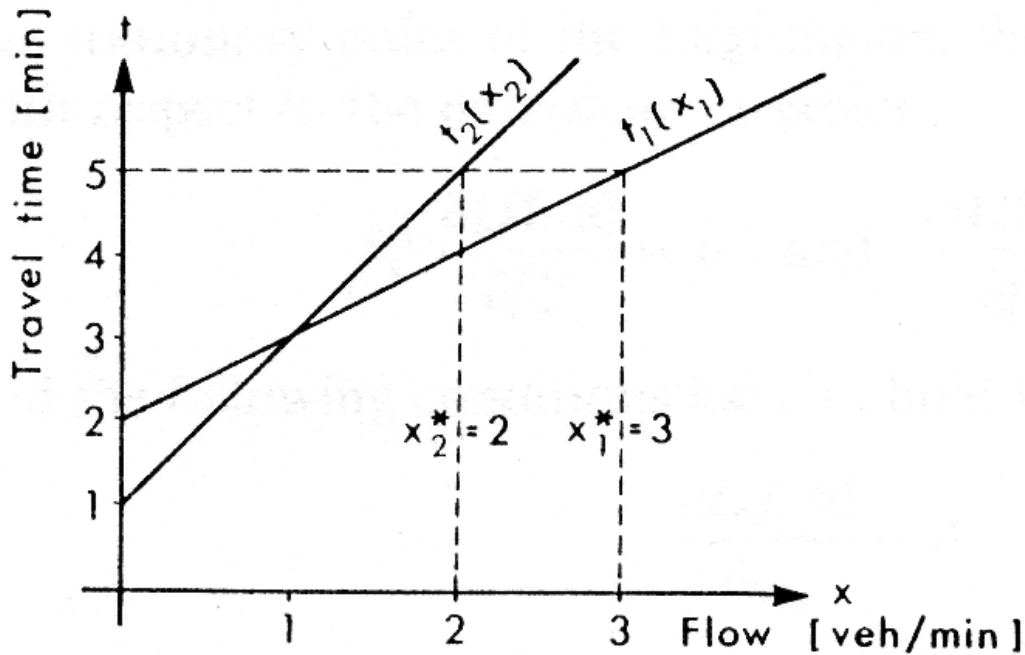


$$t_1 = 2 + x_1 \quad \square$$

$$t_2 = 1 + 2x_2 \quad \square$$

$$x_1 + x_2 = 5 \quad \square$$

$$t_1 = t_2 \quad \square$$



שיווי משקל משתמש – האם מתרחש במציאות?

The screenshot shows a Google Maps interface in Hebrew. The search bar contains the text "קניון מלחה - מ דפנה, רעננה, ישראל". The map displays a route from Dfena, Ramat Hasharon (marked with a green 'A') to Jerusalem (marked with a green 'B'). The route is highlighted in purple and passes through Tel Aviv and Ramat Hasharon. The interface includes search bars, navigation controls, and a summary panel on the right with travel time and distance information.

Google Maps Summary:

- From:** דפנה, רעננה, ישראל (A)
- To:** קניון מלחה, דרך אגודת ספורט בית"ר, ירושלים, ישר: (B)
- Mode:** חוסף יעד - הצג אפשרויות
- Distance:** 33.700 ק"מ
- Options:** לווין, תנועה
- Summary:**
 - נביש יצחק רבין/נביש 6 ונביש 1 81.5 ק"מ, 55 דקות**
 - במצב התנועה הנוכחי: שעה 9 דקות
 - נביש יצחק רבין/נביש 6 ונביש 443 78.3 ק"מ, 57 דקות**
 - במצב התנועה הנוכחי: שעה 9 דקות
 - נביש 1 84.5 ק"מ, 58 דקות**
 - במצב התנועה הנוכחי: שעה 18 דקות
- הוראות נסיעה לקניון מלחה**
- בנתיב זה יש נקודות תשלום.**
- דפנה, רעננה, ישראל (A)**

Braess's paradox

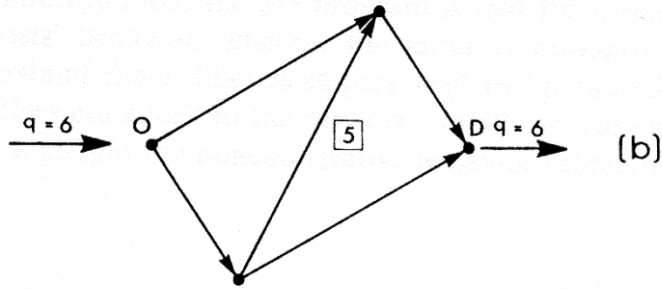
□ ברשת שבה כל הישויות הנעות מחפשות באופן רציונאלי את הנותיב היעיל ביותר, הוספת קיבולת עשוייה להפחית את היעילות הכוללת של הרשת.

□ נהגים שמחפשים את המסלול הקצר ביותר ליעדם מגיעים בסופו למצב המכונה שיווי משקל משתמש (ובתורת המשחקים "שיווי משקל נאש"). במצב זה אף נהג לא יכול לשפר את מצבו ע"י נקיטה חד-צדדית באסטרטגייה שונה.

□ שיווי משקל משתמש הוא פחות יעיל משיווי משקל שיכול להתקבל אם הנהגים יפעלו באופן בילתי אנוכי – כלומר, יתאמו את פעולותיהם לטובת הכלל.

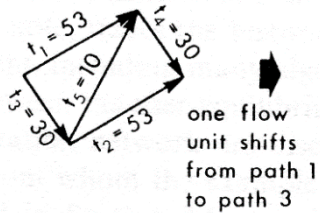
Braess's paradox

□ הוספת כביש



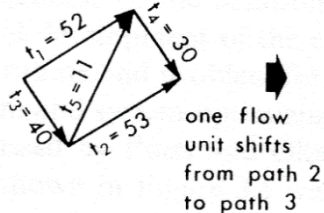
Added link $t_5 = 10 + x_5$

Added path:



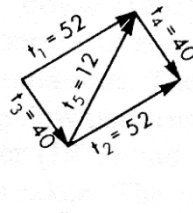
$C_1 = 83$
 $C_2 = 83$
 $C_3 = 70$

one flow unit shifts from path 1 to path 3



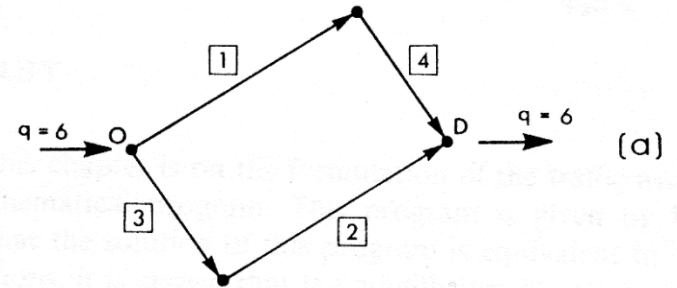
$C_1 = 82$
 $C_2 = 93$
 $C_3 = 81$

one flow unit shifts from path 2 to path 3



$C_1^* = 92$
 $C_2^* = 92$
 $C_3^* = 92$

□ רשת מקורית



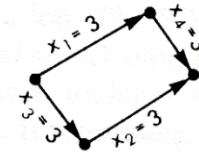
Performance Data

$t_1(x_1) = 50 + x_1$
 $t_2(x_2) = 50 + x_2$
 $t_3(x_3) = 10x_3$
 $t_4(x_4) = 10x_4$

Path Definition

Path 1

Path 2



□ מה קרה לזמן הנסיעה ברשת ?

□ זמן הנסיעה ברשת - 83

Braess's paradox

לחסום את התנועה בכוונה תחילה

מאת סיינטיפיק אמריקן ישראל | 26 באפריל 2009 | 17 תגובות

איך סגירת רחובות וסילוק רמזורים יכולים לשפר את קצב הנסיעה העירונית

מאת לינדה בייקר



מכונית חונה באחד הרחובות הבודדים שאינם צבועים בארץ. צילום: אבי בליזובסקי

הנדסת תעבורה רגילה מניחה שאם מספרם של כלי רכב קבוע, הוספת כבישים תפחית את עומסי התנועה. לכן כשלפני כמה שנים הרסו מתכנני העיר סיאול כביש מהיר של שישה נתיבים והחליפו אותו בפארק שאורכו שמונה קילומטרים, הופתעו מומחי התחבורה לגלות שזרימת התחבורה בעיר השתפרה ולא הידרדרה. "אנשים יצאו מדעתם, נזכרת אנה נגורני, חוקרת באוניברסיטת מסצ'וסטס שבאמרהסט, העוסקת ברשתות מחשבים ותחבורה. "זה היה כמו ההופכי של 'פרדוקס בראס' (Braess paradox)".

הפרדוקס הזה, פרי מחשבתו של המתמטיקאי דיטריך בראס מאוניברסיטת רוהר בבוכום שבגרמניה, מנוסח כהפשטה: הוא קובע שברשת שבה כל הישויות הנעות מחפשות באופן רציונלי את הנתיב היעיל ביותר, הוספת קיבולת עשויה למעשה להפחית את היעילות הכוללת של הרשת. הפרויקט בסיאול הוכיח את הדינמיקה הזאת: סגירת הכביש המהיר – כלומר הפחתת הקיבולת של הרשת – שיפרה את היעילות של המערכת.

על אף שפרדוקס בראס זוהה לראשונה בשנות ה-60, והוא מבוסס על תיאוריה כלכלית משנות ה-20, הוא מעולם לא זכה לתשומת לב בארצות הברית המעודדת שימוש בכלי רכב. אלא שבמאה ה-21 מביאות הבעיות הכלכליות והסביבתיות לבחינה מחודשת של הרעיון ולפיו הגבלת מרחב הנסיעה של כלי הרכב עשויה דווקא לייעל את תנועתם של אנשים רבים יותר. המפתח לגישה זו לתכנון תעבורה, הנוגדת את השכל הישר, טמון בהשפעה על האינטרס העצמי הטבוע בכל הנהגים.

Braess's paradox

מקרה מייצג מתואר במאמר "מחיר האנרכיה ברשתות תעבורה", שפרסמו בספטמבר 2008 מיילק גסטנר, מומחה למדעי המחשב ממכון סנטה פה, ועמיתיו בכתב העת *Physical Review Letters*. תוך שימוש ברשתות כבישים היפותטיות ואמיתיות, הם מסבירים שנהגים המחפשים את הנתבי הקצר ביותר ליעדם מגיעים בסופו של דבר למצב המכונה בתורת המשחקים "שיווי משקל נאש". במצב זה אף נהג יחיד אינו יכול לשפר את מצבו על ידי נקיטה חד-צדדית באסטרטגיה שונה. הבעיה היא ששיווי משקל נאש הוא פחות יעיל משיווי המשקל שיייוצר אם הנהגים יפעלו באופן בלתי אנוכי – כלומר, אם הם יתאמו את פעולותיהם לטובת הכלל.

"מחיר האנרכיה" הוא מדד לאי היעילות שנגרמת בגלל נהגים אנוכיים. בניית התחבורה בין שני מקומות בבוסטון גילו החוקרים שמחיר זה עלול להיות גבוה: נהגים אנוכיים מבליים בכביש 30% יותר זמן מזה שהיה נדרש בתנאים "מיטביים מבחינה חברתית".

גסטנר אומר שהפתרון נשען על פרדוקס בראס. "מכיוון שנהגים אנוכיים מביאים את הפונקציה הלא-נכונה לערך המיטבי שלה, אפשר לכוון אותם לפתרון טוב יותר אם מסלקים כמה מן הקשרים ברשת", הוא מסביר. מדוע? במידה מסוימת זה מפני שסגירת דרכים מקשה על נהגים יחידים לבחור בנתיב הטוב (והאנוכי) ביותר. בדוגמה של בוסטון, גילה הצוות של גסטנר ששישה אתרים שבהם אפשר לחסום את התנועה ולהפחית את העיכוב בתרחיש הנהיגה האנוכית (הדרכים האלה לא היו מאטות את הנהגים לו היו מתנהגים באופן לא אנוכי).

פעילות לריסון בביקוש לנסיעות

- כבישי אגרה (Toll Roads)
- אגרת גודש (Congestion toll)
- נתיבי תחבורה ציבורית – עדיפות לתח"צ
- HOV – High Occupancy Vehicles
- HOT – High Occupancy OR Toll
- בקרת תנועה – גל ירוק / גל אדום

פעילות לריסון בביקוש לנסיעות

המחיר בנתיב המהיר "נתקע" וגרם לפקק ענק

מאת: עמירם ברקת, גלובס
יום שלישי, 28 בינואר 2014, 10:28



התשלום על השימוש בנתיב המהיר נעשה בהתאם לשיטה דינמית שמעלה את המחיר ככל שהגודש בנתיב עולה. הבוקר, כתוצאה מתקלה במערכת הממוחשבת, "נתקע" החיוב על 7 שקלים בלבד

תגיות: כביש 1



תקלה ב"סגנון רמי לוי" (צילום: קובי ליאני)

תקלה מביכה ב"סגנון רמי לוי" הביאה הבוקר (ג') לסתימת נתיב האגרה בכניסה לתל אביב מכביש 1.

התשלום על השימוש בנתיב המהיר נעשה בהתאם לשיטה דינמית שמעלה את המחיר ככל שהגודש בנתיב עולה. בשעות שיא העומס בבוקר עומד החיוב בכניסה לנתיב המהיר בדרך כלל על 70-80 שקל ואף יותר.

אלא שהבוקר נתוצאה מהפסקת חשמל במערכת הממוחשבת "נתקע" החיוב על 7 שקלים בלבד. מאות נהגים בכביש 1

שהבחינו "במבצע" עברו להשתמש בנתיב בבת אחת והנתיב נפקק לחלוטין בתוך זמן קצר.

פעילות לריסון בביקוש לנסיעות

