



איתי אשלגי
 תפקיד: מרצה (Assistant Professor) בבית הספר למינהל עסקים ב-MIT
 גיל: 36
 מצב משפחתי: רווק
 מגורים: בוסטון
 השכלה: תואר ראשון במתמטיקה ומדעי המחשב מאוניברסיטת חיפה, תואר שני ודוקטורט ב"חקר ביצועים" מהטכניון
 * עוד משהו: מקווה לרוץ במרתון בוסטון בשנה הבאה



איתי אשלגי: "ככל שגדל השוק החלפת כליות, כך נוצרו עוד הזדמנויות"

צולם בבית החולים אסותא; היציבות באיכות רשת אייס

אחי יתרום לך, אשתך תתרום לי

מה קורה כשתורת המשחקים פוגשת את עולם הרפואה? מתקבל מנגנון חכם של החלפת איברים בין תורמים | ד"ר איתי אשלגי מצא את הדרך לשכנע בתי החולים לשתף פעולה במשחק מציל חיים

אפרת נוימן | תצלום: איליה מלניקוב



נמצא מזור לשלושת החולים. הסיפור פורסם בהרחבה בעיתון "בוסטון גלוב" במאמר השנה. היה זה שלושה חודשים אחרי ניתוחי ההשתלות, כששלושת בני הזוג ערכו פגישה מרגשת. הם החליפו רשמים, התחבקו, הצטלמו וטעמו מהעוגה שהכינה סוון, ועליה נכתב: "תודה לכל מעגל הנסים שלנו".
 מעגל ההחלפות של פלקה, שייב ויאנג אינו יחיד מסוגו. בשנת 2000 בוצעה החלפת הכליות הראשונה בארה"ב וב-2007 בוצעה ההחלפה הראשונה בבריטניה. כתוצאה מהאפשרות להחליף כליות, צמח מספר ההשתלות ביותר מ-15% במרכזי השתלה רבים בארה"ב. לפי הערכות, מספר ההשתלות יעלה ב-30% לפחות, אם תחום ההחלפות ימשיך ויתפתח.
 ויש מי שכבר חשבו על דרכים לשכלל את התהליך: ד"ר איתי אשלגי, פוסט דוקטורנט מאוניברסיטת הרווארד, שהצטרף באחרונה ל-MIT, מסיים בימים אלה מחקר מעשי בשיתוף עם פרופ' אל רות (Al Roth), כלכלן מאוניברסיטת הרווארד. מטרת המחקר היא לארגן מנגנון טוב יותר מהמודל שקיים כיום לתורמי כליות. המטרה היא לייצר מודל שבו לכל החשקנים, כולל לבתי החולים שמרווחים על החולים ועל התורמים הפוטנציאלים, יהיה כדאי להיות שותפים בו.
 בשנים האחרונות מתרחבים והולכים המעגלים השותפים להחלפות כליות באמצעות תורמים בריאים. עם זאת, כדי למקסם את התהליך, יש צורך במאגר גדול של מאות זוגות

ר"ר רוברטה פלקה בת ה-60 היה ברור שיום אחד היא תורקק להשתלת כליה. פלקה סובלת ממהלת כליות גנטית, אביה מת מהמהלה בגיל 54 ושניים מאחיה חולים בה. למעשה, אחי מאחיה כבר עבר השתלה, באמצעות כליה שנתרמה על ידי אחותם. נורת האוהרה החלה להבהב ביתר שאת לפני כשנתיים, אז היא החלה לסבול מחולשה, מלחץ דם גבוה ומציסטות בכליות שהיו מוגדלות. פלקה, אונקולוגית במקצועה, הבינה שאין מנוס: כדי להציל את חייה, היא חייבת לעבור השתלה.
 "החשור המיידר" לתרומה היה בעלה, ר"ר אנדרו לוי, אלא שסוג הרם שלו לא התאים לשלה. גם קרובי משפחה אחרים לא היו יכולים לתרום: בנה חולה אף הוא במחלה, אחותה כבר תרמה לאחיה, אחות אחרת חולה במחלה ולאחות השלישית יש בעיות בריאות אחרות.
 אז מה עושים? חבל ההצלה של פלקה הגיע דרך "החלפת כליות". כמו פלקה ולוי נמצאו עוד שני זוגות שבהם אחד מבני הזוג היה חולה ואילו השני לא התאים לו בתורם. המעגל החל להירקם: פלקה קיבלה תרומת כליה מאשה בשם וי יאנג, ואילו לוי תרם כליה לפטר שייב. אשתו של שייב, סוון, תרמה כליה להאי נגויאן, בעלה של יאנג. וכך, באמצעות מעגל של החלפות,



(חולה ותורם), כך שאפשר יהיה לייצר מהם מעגלים קטנים אופטימליים. "החוכמה היא כמוכר לבצע החלפות בדרך נכונה ויעילה, שתהיה כדאית לכל הצדדים", מסביר אשלגי. "ככל שגדל השוק ההחלפת כליות, כך עלו מצד אחד בעיות חדשות, אך מצד שני נוצרו הזדמנויות".
רות, יחד עם שותפים אחרים, הראו שאם יש מספיק חולים, מעגלים קטנים יספיקו כדי להגיע למספר השתלות מקסימלי.

מעצבים את השווקים

המודל החדש של אשלגי ורות - שעדיין אינו מיושם בפועל - הוא יישום בתחום "תורת המשחקים" שעוסק בנייתו מצבי קונפליקט באמצעות מודלים מתמטיים. הרעיון הוא כזה: כשם שתורת המשחקים כבר שלחה זרועות לכיוונים של כלכלה, פוליטיקה, משפט, ביולוגיה ופסיכולוגיה - כך אפשר להגיע בעזרתה גם לפתרון בעיות בתחום השתלת כליות.

מדובר בתת הקטגוריה של עיצוב שווקים (Market Design) - תחום שרות נחשב בו למומחה העולמי ונמנה עם יוצריו. המטרה היא להנדס את הכלכלה ולתקן את השווקים באמצעות מודלים תיאורטיים. "השיתוף בין כלכלה למדעי המחשב ממריא בשנים האחרונות ואני צופה יותר ויותר 'הנדסת שווקים' בעזרת ידע משני התחומים", אומר אשלגי.

הצורך בשוק החלפות יעיל אינו מוטל בספק: בארה"ב מחכים יותר מ-85 אלף איש להשתלות כליות. לעומת זאת, ב-2009 קיבלו רק 6,387 איש כליות מן החי, ו-10,441 קיבלו כליות מן המת. יותר מ-6,000 מתו או הוצאו מהרשימה כי כבר לא היה טעם לבצע את ההשתלה.

שוק החלפת הכליות הוא לא היחיד שבו אפשר לתכנן מודל שיסדיר את ההיצע והביקוש כך שכל הצדדים ייצאו מרווחים. יש שוק נוסף של איברים מהחי המוצעים לתרומה שבו הוא יכול לפעול, כמו תרומה של חלק מהכבד - אך בשלב זה אין מנגנון שמסדיר זאת.

דוגמה נוספת לאפשרות של יישום מנגנון החלפות חכם הוא בשוק הנדל"ן, שבו רואים יותר ויותר אנשים המחליפים דירות ביניהם. השוק מתקיים לא רק באזור או במדינה ספציפיים: בישראל, למשל, בעלים של דירות בתל אביב מבקשים להחליף דירות עם דיירים מברלין, מניו יורק או ממקומות אחרים. הם מתקשרים באמצעות המלצות מפה לאוזן, קבוצות בפייסבוק או באתרי אינטרנט שונים.

"אם היה מנגנון מרכזי, מספר ההחלפות יכול היה

להיות גדול יותר", מסביר אשלגי. "בתחום תרומת הכליות המעגלים מוגבלים בגודל שלהם, כי יש צורך לבצע כמה השתלות בו זמנית - וכדי לא ליצור מצב שבו תורם לא ממלא את תפקידו, ומביא לכך שחולה מסוים במעגל לא יקבל כליה ובאותו הזמן 'יבזבז' את התורם שלו. בנדל"ן, לעומת זאת, אין צורך בהגבלה".

אשלגי מספר על אלגוריתם פשוט שפיתח פרופ' דיוויד גייל שנקרא Top Trading Cycles, המוצא החלפות באופן יעיל. "לאחר השימוש בפתרון של גייל, לא תהיה תת קבוצה של שחקנים שירצו להחליף ביניהם, כלומר כולם ייצאו מרווחים", אומר אשלגי.

האלגוריתם עובד כך: כל שחקן מצביע על העדיפות הראשונה שלו, וכך נוצר מעגל של הצבעות באורך כלשהו. כל מי שנמצא במעגל יוצא מהמשחק יחד עם הבית שלו. כל שחקן שנותר מצביע בשנית על העדיפות הראשונה שלו מבין אלה שנותרו וכך הלאה.

"המודל הזה גם יכול להיות רלוונטי לאחר השמה של תלמידים לבתי ספר תיכוניים", מוסיף אשלגי, "וכן בשוק המתמחים ברפואה שמחפשים בית חולים להתמחות בו. לדוגמה, אלגוריתם שפיתח רות מיושם בשוק המתמחים ברפואה בארה"ב".

בנוסף, רות מצא שלשחקנים תמיד כדאי לתת את ההעדפות האמיתיות שלהם. כלומר, לא כדאי להם לרמות, מכיוון שמצבם לא יהיה טוב יותר אם לא יהיו כנים במתן העדפותיהם.

תמריצים לשיתוף פעולה

אחרי שאשלגי סיים לפני כשנתיים את הדוקטורט בחקר ביצועים בטכניון בתחומים שקשורים לתורת המשחקים ולתורת המחשב, הוא פגש את רות בכנס בירושלים והאחרון הזמין אותו לעבוד עמו כחלק מפוסט דוקטורט בהרווארד. המטרה היתה למצוא מודל מתאים, מתחכם יותר, שישימש להחלפת כליות ויביא בחשבון תמריצים, כך שגם בתי החולים ירצו להיות שותפים בו.

מעגלי החלפות מצליחים להתקיים כיום, אבל אשלגי מסביר כי כל האלגוריתמים שפיתחו עד כה כדי לייצר את המעגלים האלה, הביאו בחשבון רק משתנים כמו ההתאמה בין האנשים ויצירה של מספר מקסימלי של החלפות בהתבסס על עדיפויות מסוימות - למשל מתן עדיפות לאנשים שקשה יותר להתאים להם כליות, או לילדים. האלגוריתם הקיים מחפש מעגלי השתלה כך שייבחר אוסף המעגלים הקטן ביותר, שמאפשר כמה שיותר השתלות. אלא שבשיטה הזאת, מסביר אשלגי, לא הביאו בחשבון תמריצים שיש לבתי חולים. הבעיה, לדבריו, נעוצה בכך ששיתוף של מרכזי השתלה



תצלום: י"ח

מטרת המחקר של ד"ר איתי אשלגי ופרופ' אל רות (בתמונה) היא לארגן מנגנון טוב יותר מהמודל שקיים כיום לתורמי כליות ולייצר מודל שבו לכל השחקנים, כולל בתי החולים, יהיה כדאי להיות שותפים

אחת השאלות שנחקרות בימים אלה היא כיצד להתייחס לתורמים אלטרואיסטים. תורם כזה יכול לפתוח צוהר לשרשרת החלפות, והוא אינו מוגבל בזמנים. בזכות אותו חובה ליצור מעגל כי הוא למישהו אחר

רבים מוביל להתנהגות אסטרטגית מצד שחקנים חדשים - בתי החולים. ההנחה היא שבתי חולים רוצים שכמה שיותר חולים המאושפזים אצלם יעברו השתלות, אבל הם לא בהכרח חושפים את כל המידע. "יש עדויות לכך שבתי חולים לא משתפים פעולה", אומר אשלגי, "יש כאלה שלא מדווחים על חולה שיש לו תורם עם סוג דם מבוקש כי הם לא רוצים לוותר עליו והם מקווים שיהיה להם חולה מתאים בקרוב. לפעמים גם אחרי שהם מדווחים והמנגנון מוצא החלפות, בתי החולים לא מסכימים לכל החלפה".

המנגנון שלכם מוצא לכך פתרון?

"כן. המטרה היא ליצור מנגנון שיהיה שיתוף פעולה מלא בין בתי החולים. לשם כך צריך שיהיו להם תמריצים לשותף פעולה - למשל להבטיח לכל בית חולים מספר מסוים של החלפות. כך כל בית חולים ירווח באופן מלא על כל החולים ועל התורמים".

לפי המודל של אשלגי ורות, יש להסתכל על כל בית חולים בנפרד ולברוק כמה השתלות הוא יכול לבצע בתוך בית החולים - בלי החלפות מחוץ לו. בשלב הבא, המודל מבטיח לבית החולים כי מספר ההשתלות שיקבל לא יפחת ממספר ההשתלות שבית החולים יכול לאפשר בעצמו, כך שמצבו לא יהיה נחות יותר ויהיה לו תמריץ לשותף במידע.

בנוסף, המודל מבטיח כי כל אותם חולים שהיו מקבלים כליות להשתלה באותו בית החולים יקבלו כליות בכל מקרה - ייתכן שמאנשים אחרים. המטרה היא שבית החולים שישתף במידע יגדיל את המאגר, ויוכל להגיע בעצמו למספר מקסימלי של השתלות.

כאמצעות שיתופי פעולה עם בתי חולים שונים, אשלגי ורות הצליחו לפתח את המנגנון באופן תיאורטי. בקרוב הם יפרסמו על כך מאמר בירחון כלכלי, ובמקביל ישלחו נתונים לעיתון רפואי, כדי שהמודל יקבל תהודה גם בקרב רופאים. המטרה היא שבתי חולים ישתמשו במנגנון וכך יגדל מספר המושטלים.

"אנחנו מראים שלא קיים מנגנון (אלגוריתם) המבטיח לפחות 50% ממספר ההשתלות הפוטנציאליות, שהוא חסין תמיד נגד מניפולציה. כלומר לכל מנגנון שמטרתו למקסם את מספר ההשתלות אפשר למצוא סיטואציה שבה בית חולים מסוים היה מעדיף לא לשותף פעולה באופן מלא", אומר אשלגי. "תחת ניתוח שיוצא מנקודת הנחה שבתי חולים לא יודע במדויק אילו חולים ותורמים ישנם בכל בתי החולים האחרים - ובכך שיש התפלגות ידועה של סוגי הדם וההתאמות בעולם - אנחנו מוכיחים שלבתי חולים כדאי להשתתף במנגנון שאנו מציעים. בנוסף, אנו מראים שמספר ההשתלות לא ייפגע כמעט, למרות ההשתתפות הבטוחה המנגנון מאפשר לכל בית חולים".

אחת השאלות שנחקרות בימים אלה היא כיצד להתייחס לתורמים אלטרואיסטים - כלומר, כאלה שתורמים כליות לאנשים שהם אינם מכירים מתוך כוונת טהורות, ללא ציפייה לתמורה. היתרון הוא שתורם כזה יכול לפתוח צוהר לשרשרת החלפות, והוא אינו מוגבל בזמנים. בזכות אותו תורם אין חובה ליצור מעגל כי הוא לא דורש תרומה למישהו אחר.

בכתבה מנובמבר 2009 שפורסמה במגזין "פיפל", תוארה שרשרת החלפות מסוג זה, שנתפשת כראשונה וכארוכה ביותר בארה"ב. היא החלה בתורם אלמוני והסתיימה ב-20 חולים שקיבלו כליות.

הבעיה שניצבת בפני המתכננים של מנגנון ההחלפות היא שלבתי חולים אין אינטרס לדווח על תורמים אלטרואיסטים, כדי לא "לבזבז" אותם. יש גם ויכוח אם כדאי לסיים שרשרת בחולה שמקבל כליות, אך אין לו זוג שנותן אחת בתמורה. חולים כאלה מחכים לרוב לתרומות מאנשים שמתו, ואינם נכללים במנגנון ההחלפות.

בשלב זה עדיין אין מדיניות מגובשת בשאלות האלה, והעניין נבדק בשיתוף עם ד"ר מייק ריס, שהוא הרופא האחראי במרכזי החלפות באוהיו שבו משתתפים 81 בתי חולים - אך נראה כי מדובר בתחילתו של תהליך ארוך.