



חיקוי קלוש: מה ניתן ללמוד מניסויי מעבדה אודות איסוף מידע ברשתות?



דותן פרסיץ

ד"ר דותן פרסיץ הוא חבר סגל בכיר בפקולטה לניהול ע"ש קולר באוניברסיטת תל אביב. סיים דוקטורט בשנת 2010 בבית הספר לכלכלה ע"ש איתן ברגלס באוניברסיטת תל אביב, ובשנים 2010–2020 היה פוסט-דוקטורנט במחלקה לכלכלה באוניברסיטת British Columbia בקנדה. מחקרו עוסק בשימוש בתיאוריה של ההעדפה הנגלית על מנת לחשוף את המנגנונים וכללי ההחלטה שבהם משתמשים מקבלי החלטות בשדה ובמעבדה. בנוסף הוא משתמש בתורת המשחקים ובכלכלה התנהגותית כדי להבין את העקרונות המובילים את התארגנויות הפרטים ברשתות חברתיות ואת זרימת האינפורמציה על גבי רשתות אלו, בתיאוריה ובמעשה.

תקציר

רשתות הקשרים שלנו הן מרכזיות להפצת ידע ארגוני, כלכלי וחברתי. כיצד אנו משתמשים ברשת הקשרים שלנו על מנת לאסוף מידע? בחלק הראשון של מאמר זה אסקור את הספרות התיאורטית והניסויית בנושא זה. הספרות התיאורטית מתמקדת במבני רשת גדולים במיוחד וטוענת שלמעט מקרים חריגים, אין בעיה אמיתית של איסוף מידע ברשתות. מרבית הספרות הניסויית מתמקדת במבני רשת קטנים (3–7 שחקנים), ותוצאות הניסויים השונים מעידות על קיום סימולטני של התנהגות מתוחכמת (המשתמשת בכל המידע לגבי מבנה הרשת) והתנהגות נאיבית (המשתמשת רק במידע הנמצא בסביבה הקרובה). בחלק השני של המאמר אתאר ניסוי מעבדה במבנה רשת בינוני בגודלו (18 שחקנים), ואטען כי תוצאותיו אינן עקביות עם התנהגות מתוחכמת או נאיבית (או שילוב שלהן), וכי הניתוח המתאים הוא ניתוח המבוסס על כשלים מבניים ותבניות התנהגותיות. כשלים מבניים הם תכונות של מבנה הרשת המונעות (או מקשות) גם על שחקנים רציונליים לעילא לאסוף מידע באופן יעיל. תבניות התנהגותיות הן סטיות מהתנהגות אופטימלית שמובילות לאיסוף מידע שאיננו יעיל. שתי תבניות שבהן נתמקד הן "תת-תגובה למידע חדש", שלפיה אנו נוטים לתת משקל גבוה מדי למידע הפרטי הראשוני שברשותנו ו"תת-חיקוי", שלפיה אנו נוטים לחקות פחות מדי אינדיבידואלים עם מידע רב משלנו. לאחר שאציג את תוצאות הניסוי ברמת המיקרו (התנהגות הפרטים) והמאקרו (השוואה בין מבני רשת שונים), אסיים ואטען שמניעת אינפורמציה משחקנים מרכזיים עשויה לשפר את יכולתם של כל הפרטים לאסוף מידע.



היא באילו מקרים אנו יודעים להשתמש באופן אופטימלי במידע המפוזר ברשת החברתית, ובאילו מקרים אנו נתקלים בחסמים, אובייקטיביים וסובייקטיביים, שמונעים מאיתנו לנצל את המידע במלואו.

דוגמה: לחבוש או לא לחבוש – זו השאלה

ישראל ישראלי הוא נער מתבגר המתגורר עם הוריו ואחיותיו במרכז עיר גדולה בישראל. ישראל מבלה את מרבית זמנו בבית הספר ובתנועת הנוער שבה הוא מדריך. מפעם לפעם ישראל וחבריו נפגשים בבתייהם או במקומות ציבוריים ברחבי העיר. כאשר ישראל נדרש להתנייד במהלך היום ממקום למקום הוא בדרך כלל משתמש באופניו. שאלה מרכזית העולה במוחו בכל פעם שהוא עומד לרכוב על אופניו היא "האם לחבוש קסדה או לא לחבוש קסדה?". ביום הולדתו האחרון הוריו של ישראל העניקו לו זוג אופניים חדשים במתנה, ואביו פצח בנאום חוצב להבות על הסיכונים הרבים הכרוכים ברכיבה ללא קסדה. ישראל מצא את הנאום משכנע, ובפעם הראשונה שרכב על אופניו החדשים אכן חבש את הקסדה

כבר באמצע המאה ה-19 אפיינו סוציולוגים את מבנה החברה האנושית כרשת הקשרים השונים בין חבריה. קשרים אלה, המחברים את האינדיבידואלים בחברה, הם מגוונים ויכולים להתבסס על קרבה משפחתית, על קשרי חברות, על שייכות משותפת לארגונים ומועדונים, או על יחסים כלכליים וטובות הנאה. בשנים האחרונות פלטפורמות כמו פייסבוק ולינקדאין מאפשרות לתחזק קשרים קיימים, ליצור קשרים חדשים, להבין טוב יותר את מיקומנו ברשת החברתית, להעביר מסרים לשכנינו ברשת החברתית ולקבל מהם מסרים.

אחד השימושים המרכזיים שאנו עושים בקשרים החברתיים שברשותנו הוא איסוף מידע. במקרים רבים אנו מסוגלים לאסוף בעצמנו מידע חלקי בלבד אודות בעיה שברצוננו לפתור או מוצר שבו אנו מתעניינים. כדי להשלים את המידע אנו בוחנים את החלטות שעושים חברינו (שכנינו) ברשת (הקשרים) ומנסים להסיק מתוכן מה המידע שברשותם. אנו עושים זאת על מנת שנוכל לשפר את איכות המידע שברשותנו ולקבל החלטות טובות יותר.

במאמר זה נסקור את הספרות הניסויית אודות איסוף אינפורמציה על גבי רשתות. השאלה שתעמוד במרכז הסקירה

ללא היסוס. כאשר הביט לעבר חבריו שרכבו לצידו ראה שרק חלקם חובשים קסדה. למחרת ניסה ישראל לשקלל בהחלטתו לגבי חבישת קסדה את המידע שקיבל מאביו יחד עם תצפיותיו אודות התנהגות חבריו השונים – מי מהם חבש קסדה ומי לא. למעשה, לפני כל רכיבה ישראל מגבש את דעתו לגבי חבישת הקסדה על פי המידע שהיה בידיו לפני הנסיעה האחרונה, בצירוף האינפורמציה שאסף בנסיעתו האחרונה (מי מחבריו חבש קסדה בפעם האחרונה שרכבו).

דוגמה זו מכילה את הרכיבים החשובים באיסוף אינפורמציה על גבי רשתות – קבלת החלטות על בסיס קיום מידע חלקי אישי על הבעיה (המידע שהתקבל מנאומו של האב), ועדכון על ידי איסוף חוזר של מידע ממקורות ברשת החברתית (התצפיות שישאל ערך אודות חבישת קסדה על ידי חבריו). עתה אתאר את האופן המעט יותר פורמלי שבו כלכלנים עוסקים בבעיות מסוג זה.

המסגרת: מהי אגירת אינפורמציה על פני רשת?

רשת הקשרים החברתית מתוארת על ידי שני רכיבים. הרכיב הראשון הוא קבוצת האינדיבידואלים החברים ברשת. כאשר מדובר בקבוצות קטנות ובינוניות (צוותי עבודה, כיתות בבית ספר, כפרים במדינות פחות מפותחות וכו') ניתן למספר את האינדיבידואלים החברים ברשת מ-1 ועד n (ח מייצג את מספר החברים ברשת). כאשר מדובר בקבוצות גדולות מאוד (מדינה, פייסבוק וכו') אנו מניחים לעיתים כי מספר האינדיבידואלים הוא כמעט אין אינסופי. הרכיב השני הוא הקשרים שבין האינדיבידואלים החברים ברשת. בהקשר של אגירת אינפורמציה, קשר הוא זוג של חברים ברשת שיכולים לראות זה את החלטותיו של זה (במונחי הדוגמה שלעיל, לצפות זה בקטנתו של זה). לשם הפשטות, במאמר זה אניח כי כל הקשרים בעלי עוצמה זהה וחסרי כיווניות, כלומר צד א' של הקשר יכול לצפות בכל החלטה של צד ב', וצד ב' של הקשר יכול לצפות בכל החלטה של צד א'.

כלכלנים מתארים אגירת אינפורמציה כתהליך דינמי. בצורתו הפשוטה ביותר, שבה נעסוק במאמר זה, זהו תהליך שבו מוטל מטבע הונג. תוצאת ההטלה מוסתרת מחברי הרשת, אולם הם מקבלים מידע אישי שעשוי להיות שגוי על תוצאות ההטלה. מטרת חברי הרשת היא לנחש נכונה האם המטבע נחת על

"עץ" או על "פלי". לאחר הניחוש הם נחשפים לניחושים של חבריהם ומתבקשים לנחש שוב, וכך חוזר חלילה.

כלומר, ישנם שני מצבים אפשריים ("עץ" או "פלי") וכל אחד מהם הוא המצב האמיתי בסיכוי שווה. לפני תחילת התהליך מתממשת אחת משתי האפשרויות (מוטל המטבע) והופכת להיות המצב האמיתי. לאחר שהוגרל המצב האמיתי (הוטל המטבע), מחולקות לחברים ברשת החברתית פיסות מידע לגבי המצב שהוגרל. אם הוגרל מצב 1 ("עץ"), כל חבר רשת יקבל את פיסת המידע "אחד" ("עץ") בהסתברות $\frac{1}{2} > p$, ואנו נאמר שהם קיבלו סינגל נכון. בהסתברות $1 - p$ הוא יקבל את פיסת המידע "שתיים" ("פלי"), ואנו נאמר שהם קיבלו סינגל לא נכון. לעומת זאת, אם הוגרל מצב 2 ("פלי"), כל חבר רשת יקבל את פיסת המידע "שתיים" ("פלי") באותה הסתברות p , ואנו נאמר שהם קיבלו סינגל נכון. בהסתברות $1 - p$ הוא יקבל את פיסת המידע "אחד" ("עץ") ואנו נאמר שהם קיבלו סינגל לא נכון.¹

לאחר חלוקת פיסות המידע מתבקש כל אחד מחברי הרשת החברתית לנחש את המצב האמיתי ובכך מסתיים הסיבוב הראשון של תהליך אגירת האינפורמציה. הסיבוב השני נפתח בכך שכל אחד מחברי הרשת רואה את ניחושיהם של שכניו ברשת החברתית (הוא אינו רואה את ניחושיהם של חברי הרשת שאליהם אינו קשור ברשת החברתית). לאחר הצפייה בניחושי השכנים בסיבוב הראשון, כל אחד מחברי הרשת החברתית מתבקש לנחש שוב את המצב האמיתי ובכך מסתיים הסיבוב השני של תהליך אגירת האינפורמציה, שבו משלבים מקבלי ההחלטות בפעם הראשונה מידע פרטי (הסינגל שקיבלו בפתיחת הסיבוב הראשון) עם מידע שאספו ברשת החברתית (ניחושי שכניהם בסיבוב הראשון). הסיבוב השלישי נפתח בכך שכל אחד מחברי הרשת רואה את ניחושיהם של שכניו ברשת החברתית בשני הסיבובים הראשונים, ואז מתבקש לנחש שוב את המצב האמיתי. תהליך זה ממשיך באופן דומה עד שכל חברי הרשת מגבשים את דעתם.

המחקר על איסוף אינפורמציה על גבי רשתות עוסק בניית תיאורטי ואמפירי של תהליכים מסוג זה. השאלות העומדות בלב

1 דרך אינטואיטיבית ושקולה לתאר את חלוקת הסינגלים היא שקיימים שני כדים המכילים m כדורים כל אחד. בכד א' יש $p \times m$ כדורים עם הסימון 1 ושאר הכדורים מסומנים ב-2, ואילו בכד ב' יש $p \times m$ כדורים עם הסימון 2 ושאר הכדורים מסומנים ב-1. אם מצב 1 הוגרל להיות המצב האמיתי, פיסות המידע מחולקות לחברי הרשת מתוך כד א' עם החזרה. לעומת זאת, אם מצב 2 הוגרל להיות המצב האמיתי, פיסות המידע מחולקות לחברי הרשת מתוך כד ב' עם החזרה.

המחקר הן מגוונות ומשתרעות משאלות תיאורטיות העוסקות במבני קשרים ברשת החברתית שבהם אינדיבידואלים בעלי כוח חישוב בלתי מוגבל יצליחו להגיע לניחוש נכון של המצב האמיתי ובאילו מהירות יעשו זאת, ועד שאלות התנהגותיות המתמקדות באופן שבו אינדיבידואלים מתמודדים עם בעיה זו בניסויים הנערכים במעבדה ובשדה, ובפרט באילו מבני קשרים אנו מתקשים לאסוף מידע וכיצד ניתן להפוך את התהליך ללקל יותר.

תיאוריה: הבייסיאנים והנאיביים

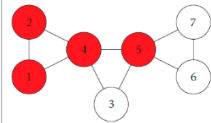
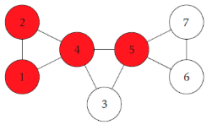
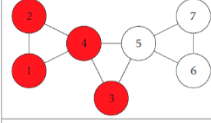
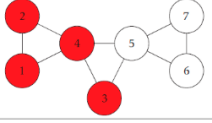
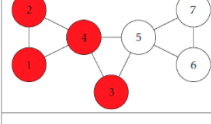
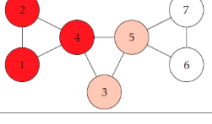
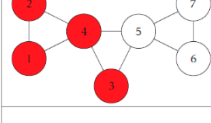
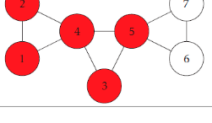
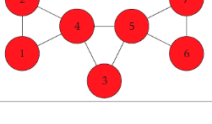
הספרות התיאורטית מתרכזת בניתוח של התפשטות אינפורמציה ברשתות שבהן הפרטים שייכים לאחד משני טיפוסים קיצוניים. טיפוס קיצון אחד הוא הטיפוס הבייסיאני. במסגרת שלפנינו הוא מאופיין בכך שהוא מנצל את כל המידע שברשותו – מבנה הרשת, המידע על התפלגות פיסות האינפורמציה שחולקו לפרטים, פיסת האינפורמציה הספציפית שהוא קיבל, ופעולות חברי הרשת שבהן הוא צפה. בתום כל סיבוב, הטיפוס הבייסיאני צופה בפעולות שכניו לרשת ומעדכן את אמונתו לגבי המצב האמיתי בעזרת חוק בייס. טיפוס קיצון שני הוא הטיפוס הנאיבי (לעיתים נקרא גם טיפוס דה-גרונד, לציון מאמרו של DeGroot מ-1974 שלמד את תכונותיה של חברה המורכבת מטיפוסים מסוג זה). בתום כל סיבוב, הטיפוס הנאיבי בוחן את הבחירות שנעשו בסביבתו הקרובה (כולל בחירתו שלו) בסיבוב שזה עתה הסתיים ומעדכן את אמונתו על פי הממוצע שלהן (ובמקרה שבו יש שתי אפשרויות, על פי בחירת הרוב).

טבלה 1 שבעמוד הבא מתארת התפשטות אינפורמציה ברשת שבה כל שבעת הפרטים הם מטיפוס נאיבי (צד שמאל), לעומת התפשטות האינפורמציה באותה רשת כשכל הפרטים הם מטיפוס בייסיאני (צד ימין). בשני המקרים המצב האמיתי הוא "עץ" וחלוקת פיסות האינפורמציה זהה. פרטים 1, 2, 4 ו-5 מקבלים את פיסת המידע "עץ" (אדום), ואילו פרטים 3, 6 ו-7 מקבלים את פיסת המידע "פלי" (לבן). ניחוש "נכון" של כל אחד מהפרטים יהיה שהמטבע נפל על "עץ".

נביט תחילה במקרה שבו הפרטים נאיביים. בסיבוב הראשון כל פרט מנחש על פי פיסת המידע שקיבל משום שאין בידו מידע אחר. בתום הסיבוב הראשון כל אחד מהפרטים צופה

בשכניו, וניחושו בסיבוב השני יהיה הניחוש הפופולרי בקרבם (כולל ניחושו שלו). פרטים 1 ו-2 ינחשו אדום בסיבוב השני משום שצפו בשלושה ניחושים אדומים. באותו אופן, פרט 3 צפה בניחושים האדומים של פרטים 4 ו-5 ולכן ישנה את ניחושו מלבן לאדום, פרט 4 ינחש שוב אדום (כי צפה בארבעה אדומים ולכן אחד), פרט 5 ישנה את ניחושו מאדום ללבן (כי צפה בשלושה לבנים ושני אדומים), ופרטים 6 ו-7 ינחשו גם הם לבן (כי צפו בשני לבנים ואדום אחד). לאחר הסיבוב השני יצפו כל הפרטים בניחושיהם של שכניהם וכולם יחליטו שלא לשנות את ניחושיהם. לכן ניחושיהם של הפרטים יתייצבו על ניחושי הסיבוב השני, הפרטים לא יגיעו להסכמה ביניהם, ושלושה מהם ינחשו באופן שגוי גם לאחר סיבובים רבים.

טבלה 1: המקרה שבו כל הפרטים הם נאיביים (שמאל) מול המקרה שבו כל הפרטים בייסיאנים (ימין)

Naive	Bayesian	Round
		1
		2
		3
		4
		5

נביט עתה במקרה שבו הפרטים בייסיאנים. תוצאת שני הסיבובים הראשונים זהה לזו של המקרה הנאיבי מכיוון שגם לפרטים בייסיאנים כדאי לנחש על פי פיסת האינפורמציה שלהם בסיבוב הראשון ועל פי הרוב בסביבתם הנצפית בסיבוב השני. תחכומם של הבייסיאנים מתגלה בסיום הסיבוב השני. פרט 3 למשל, מבין שפרטים 6 ו-7 קיבלו פיסת אינפורמציה לבנה, משום שאם לא כך, פרט 5 היה

השאלות המרכזיות בספרות הזו הן האם חברי הרשת מגיעים להסכמה, ואם כן, האם הם מסכימים על מצב העולם הנכון. במאמר הסקירה שלהם על למידה חברתית מ-2024 את הספרות בנושא, וכותבים כי המסקנה שלהם היא ששוויוניות במבנה הרשת (כלומר אי קיום של קבוצה קטנה של פרטים ש"חשובים" יותר מאחרים לצורך איסוף מידע) מובילה להפצה טובה של אינפורמציה באופן שכמעט אינו תלוי בטיפוס של הפרטים.³ לעומת זאת, חוסר שוויוניות עשוי להוביל להסכמה על מצב עולם שגוי. הדוגמה המוכרת ביותר היא דוגמת "המשפחה המלכותית" שהוצגה על ידי Bala and Goyal במאמר מ-1998. דמיינו רשת שבה עיני כולם נשואות לקבוצה קטנה של שחקנים שניזונה רק מאינפורמציה פנימית. אם האינפורמציה הפנימית מוטא (אפילו במקרה), הרי שהמשפחה תאמין במצב עולם שגוי, ואחריה יאמינו במצב העולם השגוי גם כל שאר חברי הרשת. כישלון מסוג זה עשוי להתרחש גם כאשר השחקנים מתוחכמים וגם כאשר הם נאיביים.

איסוף אינפורמציה בשדה ובמעבדה

ניסויי שדה ללמידה אודות איסוף אינפורמציה ברשתות קשים מאוד ליישום, משום שבמרבית המקרים החוקרים אינם יודעים את המבנה המלא של רשת הקשרים ואינם צופים בכל האינטראקציות שבהן מידע עובר מאינדיבידואל לאינדיבידואל. עם זאת, קיימים שני תחומים שבהם תועדו מאפיינים רשתיים המשפיעים על איסוף אינפורמציה. התחום הראשון הוא העברת אינפורמציה בנוגע למשרות פניות. במחקר מפורסם שנערך בשנת 1973 הראה Granovetter כי משרות רבות מאוישות הודות להעברת אינפורמציה אודותיהן דרך קשרים חלשים – קשרים בין אינדיבידואלים שמכירים זה את זה אך תדירות האינטראקציה ביניהם נמוכה. תופעה זו מכונה על

מנחש אדום בסיבוב השני. כמו כן, פרט 3 מבין שלפחות אחד משני הפרטים, 1 או 2, קיבל פיסת אינפורמציה אדומה, משום שאם לא כך פרט 5 היה מנחש לבן בסיבוב השני. כלומר פרט 3 מבין שיש לפחות שלוש פיסות אינפורמציה אדומות ושלוש פיסות אינפורמציה לבנות ולכן הוא אדיש בין שני הניחושים האפשריים (מסומן בוורוד). יתרה מזאת, פרט 3 מבין שפרט 4 יודע בתום הסיבוב השני בדיוק מה התפלגות פיסות האינפורמציה משום שהוא צופה ישירות בפרטים 1, 2, 3 ו-5, ובנוסף, לאחר הסיבוב השני הוא יכול להסיק כי פיסות האינפורמציה שבידי פרטים 6 ו-7 הן לבנות. לכן פרט 3 יודע כי ניחושו של פרט 4 בסיבוב השלישי יחשוף את הניחושו הנכון ועליו לחקותו החל מהסיבוב הרביעי. פרט 5 חולק תובנה זהה ולכן גם הוא אדיש בסיבוב השלישי וממתין לצפות בניחושו של פרט 4. שימו לב כי פרט 4 יודע כבר בסיבוב השני כי הניחושו הנכון הוא אדום משום שהוא צופה בארבע פיסות אינפורמציה אדומות (יותר ממחצית פיסות האינפורמציה שחולקו). ארבעת הפרטים האחרים – 1, 2, 6 ו-7 – יודעים כי הם צופים בפרט בעל אינפורמציה טובה יותר משלהם (פרטים 1 ו-2 בפרט 4, ופרטים 6 ו-7 בפרט 5). לכן האסטרטגיה הטובה ביותר עבורם היא לחקות אותם, כלומר לעשות בסיבוב השלישי את מה שהם עשו בסיבוב השני, בסיבוב הרביעי את מה שעשו בשלישי וכך הלאה. לכן בסיבוב השלישי פרטים 1 ו-2 ינחשו אדום ופרטים 6 ו-7 ינחשו לבן. בסיבוב הרביעי פרטים 3 ו-5 יודעים כי עליהם לנחש אדום בעקבות פרט 4, והתפשטות המידע מסתיימת בהצלחה בסיבוב החמישי כאשר פרטים 6 ו-7 מחקים את פרט 5 ומשנים את ניחושם מלבן לאדום. כלומר, לאחר חמישה סיבובים הפרטים הגיעו להסכמה וניחושם של כל הפרטים היה נכון.

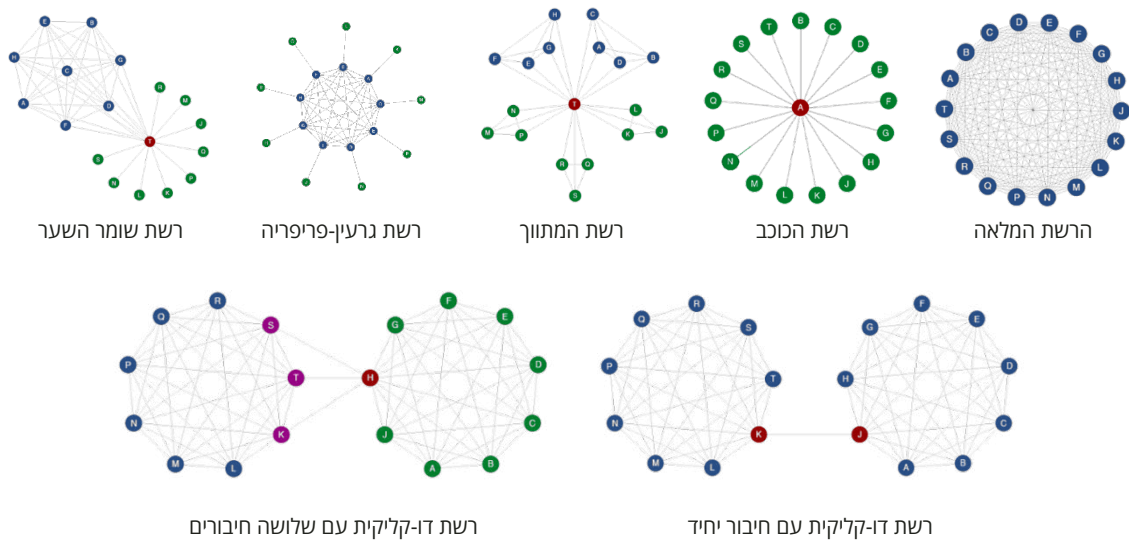
איסוף אינפורמציה בספרות התיאורטית

בשל מגבלות מתמטיות, מרבית הספרות התיאורטית מתרכזת בניחות סביבות רבות משתתפים שבהן ניתן להניח כי מספר המשתתפים הוא אין-סופי. יתרה מכך, עבודות אלה מתרכזות בעיקר בהתנהגות של הפרטים כאשר גם מספר הסיבובים הוא אין-סופי. הנחות אלה מאפשרות שימוש בכלים אנליטיים רבי עוצמה כמו חוקי המספרים הגדולים, משפט הגבול המרכזי ומושגי ההתכנסות השונים.²

2 שתי הנחות נוספות מופיעות במרבית העבודות בספרות זו, בעיקר כדי להתגבר על המגבלות המתמטיות. ההנחה הראשונה היא שהמצב

האמיתי הוא רציף (כלומר לא אחד משני צדדיו של מטבע, אלא למשל מספר מהרצף בין אפס לאחד), וכך גם פיסות האינפורמציה והניחושים. תחת הנחה זו, ניחושו של השחקן בכל סיבוב מנלה במדויק את אמונתו לגבי המצב האמיתי. ההנחה השנייה היא שחברי הרשת אינם מתעניינים בהשפעה של הניחושים שלהם על ניחושיהם וניחושי חבריהם בסיבובים הבאים.
3 הציטוט המדויק: "An overarching conclusion ... is that egalitarianism in network structure, formalized in various ways, promotes information aggregation and welfare. This lesson holds across a variety of Bayesian, quasi-Bayesian and heuristic settings."

טבלה 2: שבע הרשתות בניסוי



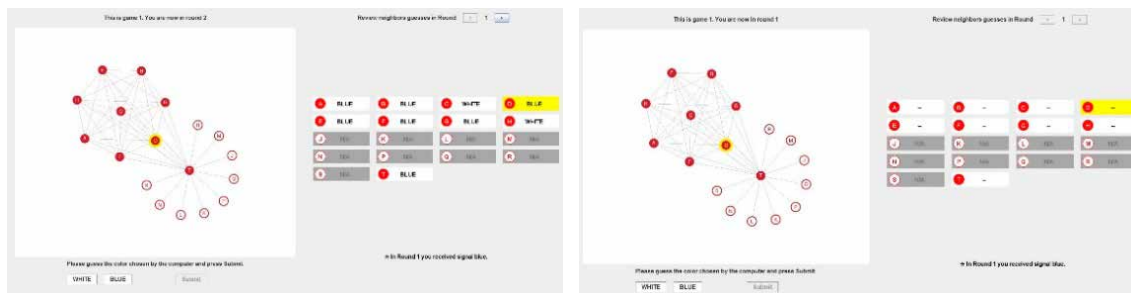
הקושי לבחון את ההתנהגות האנושית ברשתות חברתיות בשדה, הוביל חוקרים רבים לחפש את המידע החסר בעזרת ניסויי מעבדה. בשנים האחרונות מספר צוותים של חוקרים ביצעו במעבדה ניסויים כדי לבחון האם נבדקים הממוקמים ברשת חברתית ומתומצאים לנחש נכונה את הצד שעליו נפל המטבע, מתנהגים באופן מתוחכם (בייסיאני) ומנצלים את כל האינפורמציה שברשותם, או לחלופין משתמשים בשיטות נאיביות המנצלות רק חלק קטן מהאינפורמציה. בשל מגבלות ניסויי המעבדה, מרבית הניסויים הללו נעשו על רשתות קטנות שבהן בין שלושה לשבעה נבדקים. המסקנה העיקרית העולה מן המחקרים הללו היא כי מודל קבלת החלטות העולה בקנה אחד עם התנהגות הנבדקים חייב לכלול את שני המרכיבים – המתוחכם והנאיבי. כך למשל, במאמר שפורסם בשנת 2020 טוענים, Chandrasekhar Larreguy and Xandri כי חלק מהפרטים באוכלוסייה הם מתוחכמים וחלק נאיביים.⁵ במאמר אחר שפורסם גם הוא ב-2020, מראות Grimm and Mengel כי מודל קבלת החלטות בעל התאמה טובה לנתונים הוא כזה שעל פיו הפרטים הם נאיביים אך לא לגמרי – במקום לתת לכל אחד

שם המאמר שבה היא תועדה לראשונה, "The strength of weak ties". ההסבר לתופעה זו היא שהמידע שאנו וחברינו הקרובים חשופים אליו הוא דומה ולכן מידע חדש יגיע לעיתים רחוקות, אולם המידע שאנו וחברינו הרחוקים חשופים אליו שונה ולכן הקשרים האלה יעבירו מידע חדש לעיתים קרובות. התחום השני הוא אימוץ רעיונות או מוצרים חדשים. מחקרים רבים נעשו מאז שנות החמישים של המאה הקודמת אודות האופן שבו קבוצות מאמצות טכנולוגיות, פרקטיקות או מוצרים חדשים. בשנים האחרונות התרכזו המחקרים באופן שבו יש לבחור את נקודת הכניסה, "injection point", כדי להפוך את האימוץ לאופטימלי. המשותף למחקרים אלה הוא ההמלצה לאסוף אינפורמציה רבה ככל האפשר אודות הרשת החברתית של קבוצת המטרה, לחשב לכל אחד מהפרטים בקבוצה ציון (המכונה מדד מרכזיות) התלוי במיקומו ברשת החברתית (מחקרים שונים ממליצים על דרכי חישוב שונות של ציונים אלה), ולהשתמש בפרטים שקיבלו את הציונים הגבוהים ביותר כנקודות הכניסה.⁴ הציונים מבטאים את המידע שבה האינפורמציה שאליה חשוף הפרט תפוזר ברשת. ציונים גבוהים משויכים לפרטים שהמידע שאליו הם חשופים מתפזר בצורה הטובה ביותר ברשת.

5 בניסוי שערכו בקרב כפריים בהודו נמצא ששיעור המתוחכמים הוא כעשרה אחוזים, בעוד שכשחזרו על הניסוי בקרב סטודנטים במקסיקו נמצאו שכמחצית מהנבדקים הם מתוחכמים.

4 דוגמה טיפוסית העוסקת בהחדרה של כלי מיקרו-מימון בקרב אוכלוסייה כפרית בהודו מתועדת במאמר שפורסם על ידי Banerjee, Dufo and Jackson בשנת 2013.

תמונה 1: המסכים בניסוי (מימין מסך סיבוב ראשון, משמאל מסך סיבוב שני).



אחרת שתחשוף את התבניות ההתנהגותיות המכתיבות את התנהגות הפרטים.

משכניהם משקל שווה, הם משקללים את דעותיהם על פי מאפייני מיקומם ברשת.⁶

פרופ' מרינה אגרנוב מהמכון הטכנולוגי בקליפורניה (Caltech), פרופ' בנג'מין גילן ממכללת קלרמונט מקאנה (Claremont McKenna College) ואני, ביצענו בשנים האחרונות סדרה של ניסויים מתוך מטרה לענות על ה"חוסרים" הללו בספרות הכלכלית לגבי איסוף מידע על פני רשתות.⁷

למיטב ידיעתי, הניסוי היחיד עד כה שלא התמקד ברשתות קטנות תואר במאמר שפורסם בשנת 2023 על ידי Choi, Goyal, Moisan and To. בניסוי זה בחנו החוקרים את התנהגותם של נבדקים ברשתות שיש בהן 40 חברים. מסקנתם הייתה כי התנהגות הפרטים עלתה בקנה אחד עם התנהגות נאיבית, כפי שלדעתם מצופה מנבדקים הנדרשים לאסוף מידע ברשתות גדולות ומורכבות.

הניסוי

בפורמט הסטנדרטי של ניסויים מסוג זה, בחנו את שבעת מבני הרשתות המופיעים בטבלה 2. כל אחת מהרשתות הללו מכילה 18 חברים. הרשת שמשמשת כבסיס להשוואה היא הרשת המלאה שבה כולם מקושרים לכולם. שתי רשתות הן רשתות מבוססות כוכב – רשת הכוכב שבה שחקן אחד מחובר ישירות לכל השחקנים האחרים ולהם אין קשרים נוספים, ורשת המתווך שבה שחקן אחד מחובר ישירות לכל השחקנים האחרים ואילו הם מחוברים זה לזה בקבוצות קטנות של 3–4 שחקנים. שתי רשתות הן רשתות מבוססות גרעין של תשעה חברים המקושרים באופן מלא ותשעה נוספים בעלי קשר בודד – ברשת גרעין-פריפריה לכל שחקן בגרעין מחובר שחקן פריפריה אחד, ואילו ברשת שומר השער כל שחקני

במחקרים שנעשו עד כה אודות איסוף אינפורמציה על גבי רשתות חסרים שני מרכיבים עיקריים. הראשון הוא גודל הרשתות. כפי שראינו, הספרות התיאורטית מתרכזת, מסיבות מתמטיות, במבני רשתות גדולים מאוד (אינסופיים), ואילו הספרות הניסויית מתרכזת, מסיבות טכניות, ברשתות קטנות מאוד. אולם במרבית הרשתות החברתיות שבהן אנו פועלים בחיי היום-יום מספר החברים אינו אינסופי מצד אחד וגם אינו זעיר מהצד השני. לכן נראה כי בספרות הכלכלית קיים פער משמעותי לגבי איסוף מידע ברשתות בעלות גודל בינוני וגדול. המרכיב השני הוא מסגרת הניסוח – בעוד שבענפים רבים של קבלת החלטות בכלכלה קיימת בשנים האחרונות נטייה לתאר את התנהגות הפרטים כאוסף של סטיות מובנות מהתנהגות רציונלית, הרי שבתחום שלפנינו נבחנות שוב ושוב אותן שתי מסגרות חשיבה – המסגרת הבייסיאנית המתוחכמת והמסגרת הנאיבית. נראה כי יש צורך במחקר מעבדתי שינקוט בגישה

הפריפריה מחוברים לאותו שחקן (המכונה "שומר השער"). לסיים, שתי רשתות הן רשתות המבוססות על שתי קליקות מקושרות לחלוטין – ברשת דו-קליקית עם חיבור יחיד יש קשר יחיד בין שחקן בקליקה הימנית לשחקן בקליקה השמאלית,

7 המאמר המתאר את סדרת הניסויים עדיין לא פורסם במסגרת עיתון מקצועי כלכלי. לקבלת גרסה עדכנית ניתן לפנות לכותב מאמר זה.

6 ליתר דיוק, ככל שמקדם ה-clustering של השקן גבוה יותר, כך דעתו מקבלת משקל גבוה יותר. מקדם ה-clustering מודד את הקישוריות בין חבריו של האינדיבידואל – ככל ששיעור גבוה יותר של זוגות של שכנים שלו הם חברים ישירים בינם לבין עצמם, כך מקדם ה-clustering גבוה יותר.

אם כולם מתוחכמים – מה אמור לקרות?

אם כל אחד מ-18 השחקנים היה בייסיאני, הרי שברשת המלאה צפויה להיות התכנסות מהירה מאוד למצב הנכון, משום שכבר בסיבוב הראשון כולם ינחשו על פי פיסת המידע שקיבלו, כל פיסות המידע יתגלו, וכל שייוותר לשחקנים הוא לספור איזה מהניחושים מופיע יותר פעמים (דינמיקה כזו צפויה גם כאשר כל השחקנים נאיביים).

גם ברשתות שבהן יש שחקן אחד שמחובר לכולם (רשת הכוכב, רשת המתווך ורשת שומר השער), ההתכנסות צפויה להיות מהירה, השחקן המרכזי רואה את כל הניחושים (ולכן נחשף לכל פיסות המידע) בתחילת הסיבוב השני, ולכן שאר השחקנים צפויים לחקות אותו (ולנחש נכון) החל מהסיבוב השלישי. שחקנים נאיביים, לעומת זאת, לא יזהו את החשיבות של השחקן המרכזי ולכן צפויים לבצע טעויות רבות יותר.

ברשתות האחרות צפויים קשיים במקרים מסוימים. קשיים אלה מכונים קשיים מבניים, משום שהם צפויים להופיע ללא תלות בתחכום השחקנים.

ברשתות הדו-קליקיות, קשיים צפויים לצוץ כאשר חלוקת פיסות המידע אינה שוויונית – למשל כאשר בקליקה אחת חולקו יותר פיסות מידע לבנות ובשנייה חולקו יותר פיסות מידע כחולות. לשחקנים המקשרים בין הקליקות אין אפשרות להעביר באופן ישיר מידע לגבי הכמויות המדויקות של פיסות האינפורמציה בכל צד ועליהם להסיק זאת מתוך פעולותיהם של השחקנים האחרים. ניתן להראות (לא נעשה זאת כאן) כי היסק כזה אפשרי וכי שחקנים מתוחכמים מאוד (המשחקים עם שחקנים מתוחכמים מאוד) יכולים להגיע לניחוש הנכון לאחר מספר לא קטן של סיבובים.

ברשת הגרעין-פריפריה הקושי המבני הוא חמור במיוחד (שימו לב כי זהו מבנה של "משפחה מלכותית"). דמיינו מקרה שבו הצבע הנבחר הוא לבן, ואכן מחולקות 12 פיסות מידע לבנות ורק 6 פיסות מידע כחולות. אולם פיסות המידע מחולקות כך ששש פיסות המידע הכחולות מחולקות לשישה משחקני הגרעין. במקרה כזה, בסיבוב השני יראה כל אחד משחקני הגרעין שישה ניחושים כחולים וארבעה ניחושים לבנים ולכן יבחר בצבע הכחול. בסיבובים הבאים לא תהיה לו סיבה לשנות זאת, ושחקני הפריפריה, המחקים את שחקן הגרעין שאליו

ואילו ברשת דו-קליקית עם שלושה חיבורים שחקן אחד בקליקה הימנית מחובר לשלושה שחקנים בקליקה השמאלית.

המשתתפים בניסוי שיחקו עשר פעמים באותה רשת, כאשר בכל משחק מיקומם ברשת הוגרל מחדש. כל אחד מהמשחקים נפתח בכך שהמחשב הגריל בסיכוי שווה צבע לבן או צבע כחול. כל אחד מהנבדקים קיבל סינגל נכון בהסתברות 70% וסינגל שגוי בהסתברות 30%. בסיבוב הראשון הנבדקים התבקשו לנחש את הצבע שהגריל המחשב ללא מידע נוסף מעבר לפיסת האינפורמציה שקיבלו. בתום הסיבוב נחשפו הנבדקים לניחושי שכניהם והתבקשו לנחש שוב, וחוזר חלילה. המשחק הסתיים כאשר אף אחד מהנבדקים לא שינה את ניחושו במשך שלושה סיבובים רצופים.⁸ הנבדקים תומצו לנחש כמיטב יכולתם בכל סיבוב.⁹

תמונה 1 מתארת מסכים טיפוסיים בניסוי. מצד שמאל מופיעה הרשת המשוחקת. המיקום של הנבדק מתואר על ידי המעגל המוקף בצהוב, שכניו הישירים מסומנים באדום, והנבדקים האחרים בלבן. הסינגל שהתקבל מופיע בשורה התחתונה בצד הימני של המסך. בצד ימין של המסך מופיעים ניחושי העבר של השכנים הישירים – במסך הימני, מסך סיבוב ראשון, אין מידע לגבי ניחושיהם, ואילו במסך השמאלי מופיעים ניחושיהם בסיבוב הקודם (בסיבובים מתקדמים יותר ניתן לדפדף לסיבובים קודמים). את הניחוש מבצעים על ידי בחירה באחד הצבעים בתחתית המסך השמאלי.

כמובן שהניסוי אינו מתאר סטואציה אמיתית – הרשתות "מסודרות" יותר מאשר רשתות חברתיות אמיתיות והאינפורמציה מובנית יותר מאשר אינפורמציה אמיתית. עם זאת, כמו בכל ניסוי מעבדה במדעי החברה, אנו משתמשים בכך שהסביבה הניסויית היא מבוקרת על מנת לבודד תופעות שבעולם האמיתי קשה להפרידן משלל התהליכים המתרחשים בעת ובעונה אחת. בדרך כלל, לאחר שתופעות מתגלות בניסויי מעבדה, קל יותר לחוקרים אמפיריים לזהות סיטואציות אמיתיות שבהן ניתן למדוד את השפעתן של תופעות אלה ולבחון האם הן דומיננטיות כפי שהן במעבדה. אנו מאמינים שתהליך דומה יקרה גם עם התופעות המתוארות כאן. במקרה כזה נאמר שלניסוי המעבדה המתואר כאן יש תוקף חיצוני.

8 במקרה שהמשחק הגיע לסיבוב 50 הוא הופסק בכל סיבוב בהסתברות של 50%.

9 בנוסף לדמי השתתפות, בסיום הניסוי הוגרל אחד מהמשחקים וסיבוב אחד במשחק שהוגרל – כל נבדק שניחש נכונה בסיבוב זה זכה ב-60 ש"ח נוספים, ואילו נבדק שטעה זכה ב-15 ש"ח נוספים בלבד.

הם קשורים, יבחרו גם הם בצבע הכחול. כלומר, במקרים כאלה צפויה התכנסות מהירה לניחוש שגוי. הסיכוי לחלוקה כזו של פיסות מידע אינו גבוה אך גם אינו אפסי (בערך 2%).

גם ברשתות הדו-קליקיות וגם ברשת הגרעין-פריפריה, אם כל השחקנים נאיביים או צפויים לראות אחדות דעים בתוך כל קליקה. עם זאת, במקרים שבהם מופיעים קשיים מבניים, לא תהיה אחדות דעים בין הקליקות או בין חברי הגרעין לחברי הפריפריה.

מה קורה באמת? – חלק ראשון: ניתוח התנהגות

נתמקד תחילה בניתוח התנהגות השחקנים כבודדים. בפרט נתמקד בשלוש שאלות. השאלה הראשונה היא: האם הנבדקים מנחשים בסיבוב הראשון על פי פיסת המידע שקיבלו בתחילת המשחק? השאלה הזאת חשובה גם מפני שהתנהגות כזו מבטאת הבנה בסיסית של הסיטואציה ("פיסת המידע היא אינפורמטיבית") וגם מפני שהיא מאפשרת להעריך את איכות המידע שנמצא בידי השחקנים (האם הם יודעים את הסינגלים של שכניהם?). השאלה השנייה היא: האם הנבדקים מנחשים בסיבוב השני על פי בחירת הרוב מבין ניחושי הסיבוב הראשון שלהם ושל שכניהם הישירים? שימו לב, גם שחקנים מתוחכמים וגם שחקנים נאיביים אמורים להתנהג כך. השאלה השלישית היא: האם נבדקים שאמורים (על פי התנהגות בייסאנית) לחקות את אחד משכניהם מכיוון שהמידע שבידיו טוב יותר מהמידע שבידיהם, אכן עושים זאת?

התשובה לשאלה הראשונה היא שברוב המקרים של המקרים (מעל 90%) נבדקים אכן מנחשים בסיבוב הראשון על פי פיסת המידע שקיבלו בתחילת המשחק, בכל הרשתות ובכל המיקומים.¹⁰ כלומר, נראה שלמשתתפים יש הבנה בסיסית של המשחק. יתרה מזאת, לפני קבלת ההחלטה על הניחוש בסיבוב השני הייתה לנבדקים סיבה טובה לראות בפעולות של שכניהם שיקוף אמיתי של האינפורמציה שהייתה בידיהם בסיבוב הראשון (פיסת המידע הפרטי שקיבלו).

התשובה לשאלה השנייה מורכבת יותר. נבדק שפיסת המידע שקיבל (וככל הנראה ניחש לפיה בסיבוב הראשון) עולה בקנה אחד עם הניחושים של רוב שכניו בסיבוב הראשון, ימשיך לנחש לפיה בכ-95% מהמקרים. לעומת זאת, אם ניחושי רוב שכניו שונים מפיסת המידע שבידו, בסיבוב השני הוא ישנה את ניחושו וינחש על פי הרוב רק בכ-55% מהמקרים.¹¹ כלומר, כבר בסיבוב השני הנבדקים במקרים רבים אינם מוכנים לקבל את העובדה שייתכן שהם קיבלו פיסת מידע שגויה ועליהם לשנות את ניחושם. סטייה שכזו מהתנהגות אופטימלית מכונה בספרות הכלכלית "הטיית תת-תגובה למידע חדש" (Under-Reaction to New Information) Bias.¹² במסגרת הטייה זו, מקבלי החלטות מעדיפים לתת למידע הפרטי הראשוני משקל גבוה יותר מאשר לראיות שאינן עולות עימו בקנה אחד. אנו רואים כי הטיית תת התגובה למידע חדש מחמירה כאשר קבוצת המיעוט גדולה יחסית, ונחלשת כאשר למקבל ההחלטות יש יותר שכנים ישירים (סביבה מקומית גדולה יותר).

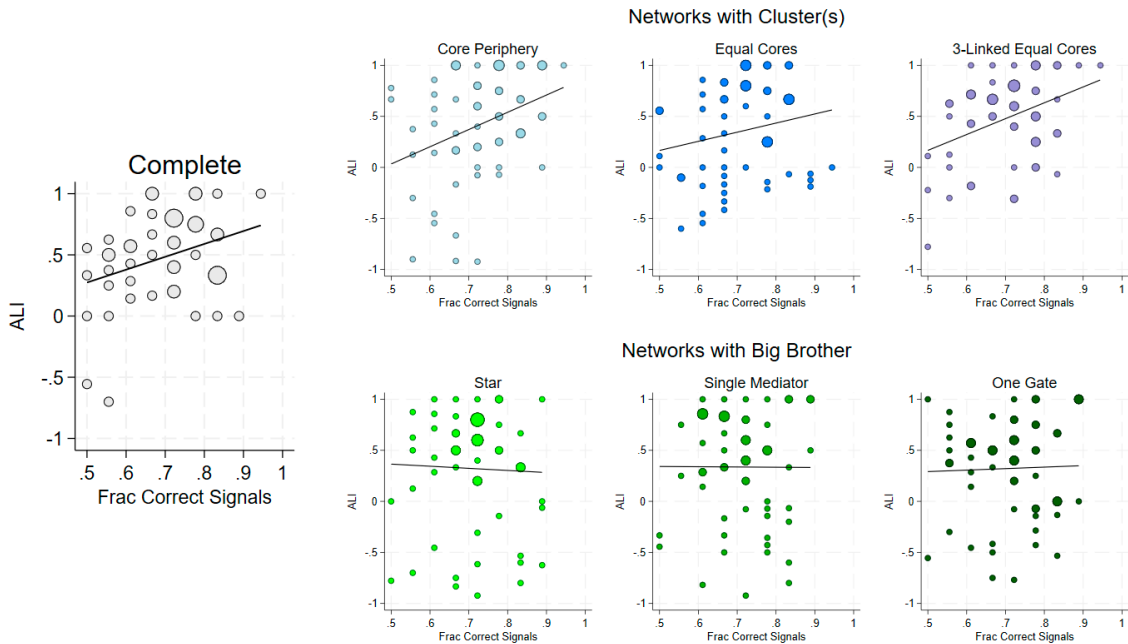
התשובה לשאלה השלישית היא שבקרב מקבלי ההחלטות, שיקולי החיקוי מורכבים הרבה יותר מאשר צופה התיאוריה. כאשר בתום הסיבוב השני מתגלה למקבל ההחלטות שניחושו זהה לניחושו של השחקן שהוא צריך לחקות, הוא יחזור על ניחושו (כלומר יחקה) בסיבוב השלישי ביותר מ-95% מהמקרים. לעומת זאת, אם בתום הסיבוב השני מתגלה למקבל ההחלטות שניחושו שונה מניחושו של השחקן שהוא צריך לחקות, הוא ישנה את ניחושו (כלומר יחקה) בסיבוב השלישי רק בכ-35% מהמקרים. אנחנו קוראים לתופעה זו "תת-חיקוי" (Under Imitation). מסתבר ששיעור תת החיקוי תלוי בשלושה גורמים מרכזיים. הראשון, שיעורי החיקוי יורדים ככל שמספר השכנים הישירים של מקבל ההחלטות קרוב יותר למספר השכנים הישירים של השחקן שהוא צריך לחקות ("אין לי מה ללמוד ממנו"). השני, שיעורי החיקוי נמוכים יותר כאשר בסיבוב השני רוב השחקנים בסביבת מקבל ההחלטות ניחשו כמוהו לעומת מקרים שבהם מקבל ההחלטות שייך למיעוט בסביבתו המקומית ("הרוב חושבים כמוני"). השלישי, שיעורי החיקוי עולים כאשר השחקן שמקבל ההחלטות צריך לחקות שינה את ניחושו בין הסיבוב הראשון לסיבוב השני ("הוא לא סובל מתת-תגובה למידע חדש").

11 אחוז "המסרבים לשנות" נע בין כ-40% ברשת המלאה ליותר מ-60% ברשת שומר השער.

12 ראו דיון מפורט בהטייה זו בסקירתו של Benjamin אודות הטיות וטעויות של בני אדם בהסקה סטטיסטית שפורסמה ב-Handbook of Behavioral Economics: Applications and Foundations ב-2019.

10 השיעורים נעים בין 88% ל-95%. כלומר, במשחק ממוצע פחות משני שחקנים (מתוך 18) ניחושו שלא על פי פיסת האינפורמציה שקיבלו. 70% מהנבדקים ניחושו בסיבוב הראשון של כל אחד מעשרת המשחקים שבהם השתתפו על פי פיסת האינפורמציה שקיבלו.

תמונה 2: איכות למידה על פי סוג רשת ואיכות פיסות האינפורמציה¹



1 הרשת המלאה מצוינת בשם Complete, רשת הכוכב מצוינת בשם Star, רשת שומר השער מצוינת בשם One gate, רשת המתווך מצוינת בשם Single mediator, רשת הגרעין-פריפריה מצוינת בשם Core periphery, הרשת הדו-קליקית עם חיבור יחיד מצוינת בשם Equal cores, והרשת הדו-קליקית עם שלושה חיבורים מצוינת בשם 3-linked Equal cores.

הם חוששים מכך שחיקוי עשוי להוביל לשגיאה ולפיכך מחקים בפועל פחות מהצפוי.

המחקרים הפוטנציאליים מבינים שההסתברות לשגיאה כתוצאה מחיקוי תלויה באמינותו של השחקן שיש לחקות. על פי התנהגות המחקרים הפוטנציאליים, אמינותו חשובה רק כאשר יש ביניהם חילוקי דעות. במקרה כזה, אמינותו של השחקן שיש לחקות יורדת במקרים שבהם אין לו הרבה יותר מידע מאשר למחקה הפוטנציאלי, וגם במקרים שבהם, על פי סביבתו הקרובה של המחקה הפוטנציאלי, השחקן שהוא אמור לחקות טועה. לעומת זאת, אמינותו של השחקן שיש לחקות עולה כאשר התנהגותו מעידה שהוא אינו סובל מתת-תגובה למידע חדש, כלומר כאשר הוא משנה את התנהגותו בין הסיבוב הראשון לשני.

שימו לב כי על פי ההשערה, אמינותו של השחקן שיש לחקות מוטלת בספק מכיוון שיש חשד שהוא סובל מתת-תגובה למידע חדש. לכן אם נוכל לשכנע את המחקרים הפוטנציאליים כי הוא

אם כן, ניתוח התנהגות הנבדקים בניסוי מעיד על קיומן של הטיית התנהגותיות. נשים לב כי עוצמת ההטיה הראשונה, תת-תגובה למידע חדש, תלויה גם במבנה הרשת וגם בחלוקת פיסות המידע. עוצמת ההטיה השנייה, תת-חיקוי, תלויה גם היא במבנה הרשת ובחלוקת פיסות המידע, אולם גם בהתנהגותו של השחקן שמקבל ההחלטות צריך לחקות.

ומה קורה באמת? – חלק שני: השערה ובדיקתה

הממצאים מעלים את ההשערה הבאה: הסיבה לתת-חיקוי היא החשש של המחקרים הפוטנציאליים מהיותו של השחקן שהם אמורים לחקות חשוף לתת-תגובה למידע חדש. על פי השערה זו, הנבדקים מודעים היטב להטיית תת-תגובה למידע חדש, ומשערים שלשחקן שהם אמורים לחקות קשה לשנות את ניחושם אם המידע החדש שהוא מקבל (ניחושם של שכניו) סותר את פיסת האינפורמציה הפרטית שלו. לכן

מבנים רשתיים ותכונותיהם

הצעד האחרון שנעשה במאמר זה הוא להבין כיצד ההטיות ההתנהגותיות והקשיים המבניים שבהם צפינו במהלך הניסוי משפיעים על הצלחתם של הנבדקים לאסוף מידע במבנים הרשתיים השונים. אנו מודדים את הצלחתם של הנבדקים על ידי מדד איכות למידה שפיתחנו לצורך מאמר זה. אנו מכנים מדד זה בשם Aggregate Level learning Index ובקיצור ALI. המדד נע בין מינוס אחד לאחד, המדד עולה עם כמות השחקנים שקיבלו פיסת מידע שגויה אך ניחשו נכון בסיום המשחק, ויורד עם כמות השחקנים שקיבלו פיסת מידע נכונה אך שנו בניחושם בסיום המשחק. לכן המדד שווה לאחד כאשר כולם ניחשו בסיבוב האחרון את הצבע הנכון, הוא שווה למינוס אחד כאשר כולם ניחשו בסיבוב האחרון את הצבע הלא הנכון, והוא שווה לאפס כאשר מספר הנבדקים שניחשו בסיבוב האחרון את הצבע הנכון שווה למספר הנבדקים שקיבלו פיסת מידע נכונה.

תמונה 2 מסכמת את איכות הלמידה של הנבדקים על פי סוגי הרשתות השונים והאיכות של פיסות המידע בין חברי הרשת השונים (כמה מפיסות המידע שחולקו היו נכונות). כל תרשים מייצג תוצאות של אחת הרשתות בניסוי. בכל תרשים הציר האופקי מתאר את כמות פיסות המידע הנכונות שחולקו לנבדקים והציר האנכי מתאר את איכות הלמידה. כל עיגול מתאר משחק אחד, עיגולים גדולים מתארים כמה משחקים שהניבו תוצאות דומות.

נביט תחילה ברשת המלאה. בעוד שסביר לצפות כי ברשת המלאה כל אחד מהנבדקים יצליח בקלות יחסית להבין את הצבע הנכון כבר בסיבוב השני, הרי שבמציאות הלמידה איננה מושלמת בשל טעויות מקריות, אך גם בשל הטיית תת-תגובה למידע חדש. עם זאת, ככל שאיכות המידע ברשת כולה משתפרת (מספר פיסות המידע הנכונות שחולקו גדול יותר), כך עולה מדד ההצלחה מכיוון שפחות נבדקים חשופים לסיכון של הטיית תת-תגובה למידע חדש.

נביט עתה ברשת הגרעין-פריפריה וברשתות הדו-קליקיות. כפי שתראו לעיל, רשתות אלה חשופות לקשיים מבניים, כלומר, גם נבדקים מתוחכמים מאוד (המאופיינים בהתנהגות בייסיאנית) יתקשו מאוד (רשתות דו-קליקיות) ואולי אף לא יצליחו (רשת גרעין-פריפריה) ללמוד את הצבע הנכון. כאמור,

אינו סובל מהטיה זו, הרי שאמינותו לא צפויה להיות מוטלת בספק והטיית תת החיקוי צפויה להיות חלשה יותר (כאשר המחקר והשחקן שיש לחקות חלוקים בדעתם בסיבוב השני, שיעורי החיקוי צפויים להיות גבוהים יותר).

ביצענו ניסוי נוסף על מנת לבחון תחזית זו. התמקדנו ברשת "שומר השער". ברשת זו כל השחקנים אמורים לחקות את "שומר השער" החל מהסיבוב השלישי. חזרנו בדיוק על הניסוי הראשון בהבדל יחיד – פיסת המידע שניתנה לשומר השער הייתה לא אינפורמטיבית, היא הוגדרה כך שב-50% היא לבנה וב-50% כחולה, ללא תלות בצבע שנבחר על ידי המחשב. יידענו כמובן את כל המשתתפים באופי השונה של פיסת המידע שקיבל שומר השער. כאשר אלה פני הדברים, אין סיבה שהמחקרים הפוטנציאליים יחששו מכך שלשומר השער תהיה תת-תגובה למידע חדש במהלך ההחלטה בסיבוב השני, משום שבסיבוב הראשון הוא כלל אינו מקבל מידע. לכן, על פי ההשערה, הטיית תת התגובה למידע חדש של שומר השער והטיית תת החיקוי של שאר השחקנים ברשת צפויות להיחלש.

תוצאות הניסוי השני מעידות כי המשפיען אכן סובל פחות מהטיית תת-תגובה למידע חדש. שיעור הניחושים הנכונים שלו עלה מ-83% ל-90%, כלומר עוצמת ההטיה קטנה בכמחצית. כתוצאה מכך חל שיפור באופן שבו תפסו המחקרים הפוטנציאליים את אמינותו של שומר השער. השחקנים שיש להם קשר בודד (רק אליו) הגדילו את שיעורי החיקוי שלהם ב-13%, והאחרים הגדילו את שיעור החיקוי שלהם ב-22%, כאשר ניחושו בסיבוב השני עלה בקנה אחד עם ניחוש הרוב בסביבתם הקרובה באותו סיבוב. אולם כאשר בסיבוב השני המחקרים הפוטנציאליים היו שייכים לרוב בסביבתם הקרובה ושומר השער ניחש אחרת (כלומר היה שייך למיעוט בסביבתם הקרובה), לא נצפה כל שינוי בשיעורי החיקוי.

המסקנה מהניסוי הנוסף היא שגרעית אינפורמציה משחקנים מרכזיים נוטה לשפר את אמינותם (להקטין את נטייתם לתת-תגובה למידע חדש) ובכך להגדיל את שיעורי החיקוי, בתנאי שהסביבה הקרובה מחזקת את הנטייה לחקות. כאשר האינפורמציה הנאספת מהסביבה הקרובה מחזקת את האינפורמציה הפרטית ואינה עולה בקנה אחד עם האינפורמציה המשתקפת מהתנהגותו של השחקן שיש לחקות, הסביבה הקרובה "מנצחת" ותת החיקוי נשאר בעינו.

סיכום

במאמר זה תהינו כיצד אנו משתמשים ברשת הקשרים שלנו על מנת לאסוף מידע. בחלק הראשון סקרתי את הספרות התיאורטית והניסויית בנושא זה. הספרות התיאורטית מתמקדת במבני רשת גדולים במיוחד וטוענת שלמעט מקרים חריגים אין בעיה אמיתית של איסוף מידע ברשתות. לעומתה, מרבית הספרות הניסויית מתמקדת במבני רשת קטנים (3-7 שחקנים), ותוצאות הניסויים השונים מעידות על קיום סימולטני של התנהגות מתוחכמת (המשתמשת בכל המידע לגבי מבנה הרשת) והתנהגות נאיבית (המשתמשת רק במידע הנמצא בסביבה הקרובה). בחלק השני של המאמר תיארתי ניסוי מעבדה במבנה רשת בינוני בגודלו (18 שחקנים). הראיתי כי תוצאותיו אינן עקביות עם התנהגות מתוחכמת או נאיבית (או שילוב שלהן), וכי הניתוח המתאים הוא ניתוח המבוסס על כשלים מבניים ותבניות התנהגותיות. כשלים מבניים הם תכונות של מבנה הרשת שעשויות להקשות ואף למנוע גם משחקנים רציונליים לעייל לאסוף מידע באופן יעיל. תבניות התנהגותיות הן סטיות מהתנהגות אופטימלית המובילות לאיסוף מידע שאיננו יעיל. שתי תבניות שבהן דנו היו הטיית "תת-תגובה למידע חדש" שלפיה אנו נוטים לתת משקל גבוה מדי למידע הפרטי הראשוני שברשותנו, והטיית "תת חיקוי" שלפיה אנו נוטים לחקות פחות מדי אינדיבידואלים עם מידע רב משלנו. לאחר שהצגתי את תוצאות הניסוי ברמת המיקרו (התנהגות הפרטים) והמאקרו (השוואה בין מבני רשת שונים), תיארתי ניסוי נוסף המראה שמניעת מידע משחקנים מרכזיים עשויה לשפר את יכולתם של כל הפרטים לאסוף אינפורמציה.

הקשיים המבניים הופכים משמעותיים כאשר לחברים רבים ברשת מחולקות פיסות מידע שגויות. לכן לא מפתיע כי כאשר כמות פיסות המידע הנכונות עולה, שיעורי ההצלחה ברשתות אלה עולים, וכאשר החשש מקשיים מבניים מוסר לחלוטין, הם משתווים לשיעורי ההצלחה ברשת המלאה.

לסיום, נביט ברשתות שבהן יש שחקן אחד ויחיד שכל השחקנים האחרים מחוברים אליו (רשת הכוכב, רשת המתווך ורשת שומר השער). ברשתות כאלה אם השחקן המרכזי מקבל פיסת אינפורמציה שגויה וסובל מתת-תגובה למידע חדש, הרי שכל שאר השחקנים עשויים להגיע למסקנות לא נכונות לגבי הצבע שבחר המחשב. שחקנים אלה מודעים לכך ולכן אנו רואים תת-חיקוי. תופעות אלה גורמות לכך ששיעורי הלמידה ברשתות אלה נמוכים באופן מפתיע. בנוסף, אנו רואים ששיפור באיכות המידע אינו מוביל לשיפור באיכות הלמידה. תופעה זו מוסברת בכך שבעוד שאצל רוב השחקנים הטיית תת התגובה למידע חדש מתמתנת כאשר יש מעט פיסות אינפורמציה שגויות בסביבתם, נראה שתת התגובה למידע חדש של השחקן המרכזי ברשתות המדוברות איננה רגישה לגודל קבוצת המיעוט. ייתכן שהסיבה לכך היא שהשחקן היחיד רואה את כל פיסות המידע ואף אחד מהשחקנים האחרים לא יכול לזהות את טעותו (בניגוד לרשת המלאה שבה כל השחקנים רואים את כל המידע ויכולים לזהות טעויות).¹³

13 בלשון הספרות הכלכלית אנו נאמר שהשחקנים ברשת המלאה כפופים ל-monitoring על ידי שכניהם, בעוד שהשחקן המרכזי ברשתות הכוכב, המתווך ושומר השער אינו כפוף ל-monitoring על ידי שכניו.

- Bala, V., and Goyal, S (1998). Learning from neighbours. *The review of Economic Studies* 65(3), 595–621.
- Banerjee A, Chandrasekhar AG, Duflo E, Jackson MO. (2013). The diffusion of microfinance. *Science* 341(6144), 1236498.
- Benjamin, D. J. (2019). Errors in probabilistic reasoning and judgment biases. *Handbook of Behavioral Economics: Applications and Foundations* 1(2), 69–186.
- Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., Tamuz, O., and Welch, I. (2024). Information cascades and social learning. *Journal of Economic Literature* 62(3), 1040–1093.
- Chandrasekhar, A. G., Larreguy, H., and Xandri, J. P. (2020). Testing models of social learning on networks: Evidence from two experiments. *Econometrica* 88(1), 1–32.
- Choi, S., Goyal, S., Moisan, F., and To, Y. Y. T. (2023). Learning in networks: An experiment on large networks with real-world features. *Management Science* 69(5), 2778–2787.
- DeGroot, M. H. (1974). Reaching a consensus. *Journal of the American Statistical association* 69(345), 118–121.
- Granovetter, M. (1973). The strength of weak ties. *The American Journal of Sociology* 78(6), 1360–1380.
- Grimm, V. and Mengel, F. (2020). Experiments on belief formation in networks. *Journal of the European Economic Association* 18(1), 49–82.