

מיפוי רשת הדירקטורים בישראל

אייל סולגניק, * יצחק סוארי, ** לירון קונסטנטין***

בעבודה זו נעשה ניסיון, ראשון בישראל, למפות את הטופולוגיה של רשת הדירקטורים בחברות הציבוריות בישראל. באמצעות מיפוי זה ניסינו, ראשית, לתת תשובה לשאלה המעניינת בתחום מחקר זה: האם רשת הדירקטורים בישראל מהווה "עולם קטן"? זאת, משום שכיום אנו יודעים כי למבנה הרשת יכולות להיות השפעות מהותיות, בין היתר, על העברת מידע, פרקטיקות ו"וירוסים" חשבונאיים

* ד"ר אייל סולגניק, מנהל כספים ראשי, קבוצת אידיבי, ראש (משותף) תוכנית החשבונאות במרכז הבינתחומי הרצליה. כיהן כרואה-החשבון הראשי וכמנהל מחלקת תאגידים ברשות ניירות-ערך, כחבר במועצת המוסד לתקינה בחשבונאות, במועצת רואי-החשבון ובמועצת השמאים, וכן בוועדות ציבוריות שונות.

** פרופ' יצחק סוארי, מייסד ומנהל של פירמת ייעוץ מובילה, יושב-ראש אלייד אחזקות, ראש מכון קסירר למחקר בחשבונאות באוניברסיטת תל-אביב. בעברו הרחוק ראש החוג לחשבונאות באוניברסיטה העברית בירושלים, סגן נציב מס הכנסה וחבר דירקטוריון הבורסה. כן כיהן כיושב-ראש וכחבר במספר רב של ועדות ציבוריות, ביניהן הוועדה לקביעת כללי חשבונאות (לשכת רואי-החשבון), הוועדה המייעצת לענייני בנקאות בבנק ישראל, הוועדה האקדמית והנהלת מכון ירושלים לחקר ישראל, הוועדה הציבורית לבחינת היבטי המס בפיצולי חברות, הוועדה הציבורית לקביעת הקריטריונים למענקי איזון לרשויות המקומיות, הוועדה הציבורית לבחינת מצב חובות הקיבוצים, הוועדה הציבורית לבחינת שדה תעופה נבטים ונתב"ג 2000, ועוד.

*** לירון קונסטנטין, הכלכלן הראשי של חיל המודיעין, בוגר תואר ראשון בכלכלה וחשבונאות, וסטודנט לתואר שני במדעי הניהול בתוכנית חקר ביצועים והחלטות.

תודתנו והערכתנו העמוקות נתונות לפרופ' נוגה אלון על ייעוץ מתמטי לעבודה. כמו-כן נתונה תודתנו הרבה לעו"ד עודד ערן ולרו"ח ערן צ'רנינסקי על הערותיהם והארותיהם המועילות. תודתנו נתונה גם לעו"ד אורלי שלוסברג על סיועה בליבון עניינים הקשורים לחוק החברות, וכן לאבי כתב על תכנות האלגוריתם המרכזי בעבודה. תודה מיוחדת נתונה לרשות ניירות-ערך, אשר אלמלא עזרתה הרבה באיסוף הנתונים, לא הייתה עבודה זו מגיעה לידי גמר. לבסוף, נבקש להודות למערכת כתב העת משפט ועסקים, ובמיוחד לסער רוסמן, לחוף כהן ולאנה רכינב, על עבודתם היסודית.

בין חברות ציבוריות, עד כדי גרימת תוצאה משקית משמעותית. כפי שהממצאים מראים, רשת הדירקטורים בישראל הינה אכן "עולם קטן", שכן אף-על-פי שבין הדירקטורים בה קיימים 11,000 קשרים (מתוך מיליוני הקשרים האפשריים), ניתן להגיע מכל דירקטור לכל דירקטור במהלך ממוצע של 5-6 צעדים בלבד. עם זאת, היא אינה מהווה "עולם קטן" יותר מהצפוי. דהיינו, ברשת אקראית (המבוססת על אותם פרמטרים) הפרמטרים של "עולם קטן" (מרחק ממוצע וטרנזיטיביות רשתית) לא היו גבוהים יותר (ולמעשה הם אף נמוכים יותר). ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם ממצאים לגבי רשתות דירקטורים בארצות-הברית, באנגליה ובגרמניה, על-אף השוני במודל הממשל התאגידי הנקוט בהן. עבודתנו זו היא בגדר סנונית ראשונה, המיועדת לשרת קובעי מדיניות במגוון שאלות של ממשל תאגידי, חוק ניירות-ערך, חוקי הגבלים עסקיים ועוד.

מבוא

- פרק א: עולם הדירקטורים
- פרק ב: היכרות קצרה עם תורת הגרפים
1. הגדרות, מונחים וחישובים בסיסיים
 2. האלגוריתם של דייקסטרה
 3. מציאת המרחק בין שני דירקטורים – דוגמה
- פרק ג: מהי רשת הדירקטורים?
- פרק ד: מודל רשת הדירקטורים האקראית
- פרק ה: רשת הדירקטורים בישראל – התוצאות
1. הנתונים הבסיסיים
 2. התפלגות מספר השכנים של דירקטורים ברכיב הקשירות הגדול
 3. ההתפלגות השלמה של המרחקים בעבור כל דירקטור, או מיהם האיש או האישה המהווים את מרכז הרשת?
 4. רשימת הדירקטורים והחברות המקושרים ביותר
 5. מה מגדיל את הקישוריות של הדירקטור?
 6. האם הדירקטורים החיצוניים מעלים או מורידים את רמת הריכוזיות?
 7. דירקטוריות – האם הן מקושרות יותר או פחות?
- פרק ו: מציאת המרכז (center) של הרשת
- פרק ז: סיכום ומחשבות ראשוניות על השלכות משפטיות אפשריות של המודל
- נספח א: אופן החישוב של רשת הדירקטורים האקראית
- נספח ב: מציאת מרחק בין שני דירקטורים
- נספח ג: רשת הדירקטורים בישראל – תוצאות

מבוא

השערונייה החשבונאית האחרונה בארצות-הברית, לאחר "מגפת האנרוניטיס" ולפני פרוץ המשבר הכלכלי הנוכחי,¹ היא שערוניית ה-Backdating בנושא האופציות למנהלים. עד-מהרה נהפכה בעיה חשבונאית לכאורה – שמעטים מבינים בה ואשר נובעת, בחלקה לפחות, מחוסר יעילות בכללי החשבונאות – לבעיה של טוהר מידות שמעורבים בה רכיבים של מוסריות כלכלית, ומשם קצרה הייתה הדרך לשורה של משפטים פלייטים, אשר "הניבו" ו"ניבו" שנים לא-מעטות של מנכ"לים בכירים מאחורי הסורגים. Erik Lie, במאמרו משנת 2005 שבעקבותיו נחשפה השערונייה (או אולי נכון לומר "פרצה"), הסביר כי עצם העובדה שרוב המנהלים קיבלו את האופציות בתקופות שבהן מחירי המניות היו נמוכים מעלה את החשד שלפחות חלק מן האופציות חולקו בדיעבד.² במחקר מאוחר יותר, אשר ניסה להתחקות אחר היקף התופעה, קובעים Lie ו-Heron כי הם מעריכים ש-29.2% מהחברות עשו מניפולציות מעין אלה בשנים 1996–2005.³ הנה כי כן, מדובר בתופעה נפוצה מאוד, ובהינתן העובדה שהיא אופיינית מאוחר יותר כהתנהגות פלילית, מדהים שהיא נפוצה כל-כך בקרב חברות הנהנות מיכולות ניתוח

1 מלאכת כתיבתו של מאמר זה החלה קודם לפרוץ המשבר הכלכלי הפוקד את העולם בימים אלה, ואשר מצוי אולי לקראת סיומו. משבר זה, אשר הוביל לקריסת מוסדות פיננסיים ענקיים ולפשיטות-רגל של חברות ותעשיות אדירות, קורא תיגר על מושכלות-יסוד הנוגעות בהתערבות ממשלתית בשוקי הון קפיטליסטיים, במגבלות וגבולות לתגמול מנהלים, בתחומי המימון והחשבונאות, ובהקשר שלנו, במיוחד, בנאותות השימוש בחשבונאות של שווי הוגן. אנו סבורים כי מחקרנו – העוסק גם בתופעה של "כך עושים כולם" בהתייחס לעולם התאגידי ובמתן הסבר לה באמצעות רשתות מקצועיות – וכן מסקנותיו רלוונטיים גם להבנת חלק מן התופעות שמצאו ביטוי במשבר הנוכחי, ובמיוחד השימוש הלא-מושכל והלא-זהיר, בהיקף ענקי, במכשירים פיננסיים מסובכים ואף חסרי היגיון כלכלי.

2 "This study documents that the abnormal stock returns are negative before unscheduled executive option awards and positive afterward. The return pattern has intensified over time, suggesting that executives have gradually become more effective at timing awards to their advantage, and possibly explaining why the results in this study differ from those in past studies. Moreover, I document that the predicted returns are abnormally low before the awards and abnormally high afterward. Unless executives possess an extraordinary ability to forecast the future market-wide movements that drive these predicted returns, the results suggest that at least some of the awards are timed retroactively." Erik Lie, *On the Timing of CEO Stock Option Awards*, 51 MANAGEMENT SCIENCE 802 (2005).

3 Erik Lie & Randall A. Heron, *What Fraction of Stock Option Grants to Top Executives Have Been Backdated or Manipulated?* (working paper, 2006) www.biz.uiowa.edu/faculty/eliel/Grants-11-01-2006.pdf.

מהטובות בעולם, שהיו אמורות לדעת מה מחירה של סטייה מהנורמות, ואשר היה להן מעט מאוד להרוויח מכך והמון להפסיד.

בהינתן תופעה מפתיעה זו של פרקטיקה שנהפכת בתוך זמן קצר לנפוצה ביותר בעולם העסקי ואשר מוכרות בדיעבד כפלילית, שאלנו את עצמנו שתי שאלות, גם בהקשר זה של ה-Backdating וגם בהקשרים דומים אחרים שבמסגרתם נתקלנו בשנים האחרונות בפרקטיקות חשבוניות ומשפטיות הקונות אחיזה בזמנית במשק כולו: (1) מהו המבנה שבבסיס "העולם התאגידי" (ככל שקיים מבנה כזה) המעודד תופעות מעין אלה, תופעות מהטיפוס של "כך עושים כולם" בהקשר של פרקטיקות חשבוניות, משפטיות ועסקיות? (2) מה המשמעויות של תופעות אלה, ומהן ההשלכות לקובעי מדיניות ולשחקנים במשחק הכלכלי?

אנו מוצאים לנכון להדגיש כי אף שפתחנו מאמר זה בהתייחסות לתופעה של "כך עושים כולם" בהקשר השלילי של Backdating, מבנה המעודד תופעה של "כך עושים כולם" אינו בהכרח שלילי. פעמים אף יש בכך היבטים חיוביים מאוד, כאשר פרקטיקות ראויות של ממשל תאגידי – ניהול סיכונים, שקיפות, בקרה ועוד – "מחלחלות" מחברה לחברה.

מבלי להרחיב את יריעת הדיון, נאמר כי מבנה המעודד את התופעה של "כך עושים כולם" הוא מבנה שבו, בין היתר, התאגידים קשורים ביניהם במסרים טובים ומהירים של מעבר מידע; התאגידים חשופים לסיכון ולאחריות דומים, ולכן נוטים להתנהגות של עדר; וקיים בקרבם, גם בשל מבנה שוק ההון והתמריצים בו, רצון להשוואתיות.

לפני שנפרט על-אודות הקשרים בעולם הדירקטורים, נאמר כמה מילים על התמונה הרחבה יותר של קשרים באוכלוסיות כלשהן. כל מי שבילה אי פעם במסיבה חווה בוודאי את החוויה שלאחר שיחה קצרה עם זר גמור הוא גילה לפתע כי יש להם מכרים משותפים, וסיכם את החוויה במילים "איזה עולם קטן". בדרך-כלל, בעיקר בישראל, הנטייה היא לייחס את "העולם הקטן" למבנה החברה הישראלית, הכוללת אוכלוסייה קטנה יחסית הנפגשת בצמתים רבים. ברם, זוהי אחת התופעות המפורסמות, אשר אינה ייחודית לישראל, ובמשך שנים היה לה אופי אנקדוטלי: "תופעת העולמות הקטנים" או בשמה המוכר יותר – Six Degrees of Separation.

כך, למשל, באתר אינטרנט שנוהל על-ידי צוות חוקרים מאוניברסיטת קולומביה, בראשות Duncan J. Watts – אדם שתרומו לחקר התופעה של "העולם הקטן" היא מכרעת – התנהל "שחזור" מדהים, מותאם לעידן האינטרנט, של הניסוי המפורסם והמבריק שערך הפסיכולוג מילגרם (Milgram) על-מנת לברר כמה דרגות הפרדה יש בין שני אנשים כלשהם בעולם (האתר נסגר היות שהניסוי נגמר).⁴ כזכור, מילגרם "הוכיח", וכיום יש המערערים על איכות הניסוי וכלליות ממצאיו, כי בין כל שני אנשים בעולם יש בממוצע "שש דרגות הפרדה". להלן, בקצרה, מתודת הניסוי העדכני, החשובה להבנת הממצאים:

Jeffrey Travers & Stanley Milgram, *An Experimental Study of the Small World Problem*, 32 SOCIOMETRY 424 (1969) 4

"We have addressed these issues by conducting a global, Internet-based social search experiment. Participants registered online and were randomly allocated one of 18 target persons from 13 countries. Targets included a professor at an Ivy League university, an archival inspector in Estonia, a technology consultant in India, a policeman in Australia, and a veterinarian in the Norwegian army. Participants were informed that their task was to help relay a message to their allocated target by passing the message to a social acquaintance whom they considered 'closer' than themselves to the target. Of the 98,847 individuals who registered, about 25% provided their personal information and initiated message chains. Because subsequent senders were effectively recruited by their own acquaintances, the participation rate after the first step increased to an average of 37%. Including initial and subsequent senders, data were recorded on 61,168 individuals from 166 countries, constituting 24,163 distinct message chains. More than half of all participants resided in North America and were middle class, professional, college educated, and Christian, reflecting commonly held notions of the Internet-using population."⁵

המסקנות מהמחקר המקיף מרתקות:

"We report on a global social-search experiment in which more than 60,000 e-mail users attempted to reach one of 18 target persons in 13 countries by forwarding messages to acquaintances. We find that successful social search is conducted primarily through *intermediate to weak strength ties*, does *not* require highly connected '*hubs*' to succeed, and, in contrast to unsuccessful social search, disproportionately relies on *professional relationships*. By accounting for the attrition of message chains, we estimate that social searches can reach their targets in a median of five to seven steps, depending on the separation of source and target, although small variations in chain lengths and participation rates generate large differences in target reachability. We conclude that although global social networks are, in principle, searchable, actual success depends sensitively on individual incentives."⁶

Peter S. Dodds, Roby Muhamad & Duncan J. Watts, *An Experimental Study of Search* 5
in *Global Social Networks*, 301 SCIENCE 827, 827 (2003)

שם (ההדגשות הוספו). 6

דהיינו, הניסוי האינטרנטי שב ומאשש את מסקנות הניסוי המפורסם של מילגרם. העולם הוא אכן "עולם קטן" שבו יש בממוצע שש דרגות הפרדה בין אדם לאדם. יותר מכך, קשרים מקצועיים (ולא קשרים משפחתיים, למשל) הם הקשרים הרלוונטיים ברשתות חברתיות, וכן חיפוש יעיל ברשת חברתית אינו מחייב שימוש ב"רכוזות", דהיינו, באותם אנשים אשר "מקושרים במיוחד", שיש להם "אינסוף" קשרים. הנתונים שנאספו במחקר מלמדים גם על מקורות הקשרים וגם על התנהגות שונה של גברים ונשים ברשת חברתית (בהקשר זה נתייחס בהמשך למידת הקישוריות של נשים ברשת הדירקטוריים בישראל), ולא פחות מכך על חשיבותם של "קשרים חלשים".⁷ הנושא של "קשרים חלשים" עלה לראשונה בעבודתו החשובה של Granovetter,⁸ שם הומחש כי הזדמנויות, הפצת מידע, חיפוש ברשת החברתית וניעות תלויים במידה רבה דווקא בקשרים החלשים, דהיינו, בקשרים עם אנשים שאינם חברינו הקרובים, שכן החברים הקרובים מהווים במידה רבה חוג סגור ומוגבל, שכל אחד מחבריו מכיר היטב את האחר. לבסוף, מסקנה מעניינת וחשובה במיוחד למחקר על רשתות חברתיות, כמו-גם להבנת רשת הדירקטוריים, היא שהבנת המבנה של חברה אינה יכולה להתמצות רק בהבנת המבנה הטופולוגי של הרשת. יש להבין היטב גם את התמריצים והפעולות של השחקנים.⁹ דהיינו,

7 "When passing messages, senders typically used friendships in preference to business or family ties; however, almost half of these friendships were formed through either work or school affiliations. Furthermore, successful chains in comparison with incomplete chains disproportionately involved professional ties (33.9 versus 13.2%) rather than friendship and familial relationships (59.8 versus 83.4%). Successful chains were also more likely to entail links that originated through work or higher education (65.1 versus 39.6%). Men passed messages more frequently to other men (57%), and women to other women (61%), and this tendency to pass to a same-sex contact was strengthened by about 3% if the target was the same gender as the sender and similarly weakened in the opposite case. Individuals in both successful and unsuccessful chains typically used ties to acquaintances they deemed to be 'fairly close.' However, in successful chains 'casual' and 'not close' ties were chosen 15.7 and 5.9% more frequently than in unsuccessful chains, thus adding support, and some resolution, to the longstanding claim that 'weak' ties are disproportionately responsible for social connectivity". ראו שם.

8 Mark S. Granovetter, *The Strength of Weak Ties*, 78 Am. J. Soc. 1360 (1973)

9 "Our results therefore suggest that if individuals searching for remote targets do not have sufficient incentives to proceed, the small-world hypothesis will not appear to hold, but that even a slight increase in incentives can render social searches successful under broad conditions. More generally, the experimental approach adopted here suggests that empirically observed network structure can only be meaningfully interpreted in light of the actions, strategies, and even perceptions of the individuals embedded in the network: Network structure alone is not everything". ראו Dodds, Muhamad & Watts, לעיל ה"ש 5, בעמ' 828-829.

גם אם רשת מסוימת – של דירקטורים, של רואי-חשבון, של יועצים, של עורכי-דין וכדומה – מציגה לפי המבנה הטופולוגי שלה "עולם קטן", אין זה בגדר ההכרח שיקרו תופעות אופייניות לעולם זה (חיוביות ושליליות). הבנה של מערכת התמריצים (למשל, קנסות כבדים על הפרת סודיות, פעולה בניגוד עניינים ועוד) והתפיסות של השחקנים (למשל, הגישה שלהם לאתיקה) הינה עניין חשוב ביותר. שאלה מעניינת למחקר בנושא זה היא אם מערכות התמריצים והתפיסות הן שמכתיבות, בשיווי-משקל, את המבנה של הרשת.

הנה כי כן, תופעת "העולם הקטן" היא תופעה חשובה. השלכותיה של תופעה זו מרחיקות-לכת וחורגות בהרבה מתחום השעשוע לנוכח הרלוונטיות שלהן למבנה של רשתות רבות, לרבות האינטרנט, כמו-גם להתפשטות מגפות, להכחדת שפות ועוד. במאמר מוסגר נציין כי נושא זה של הכחדת שפות הינו מעניין ביותר גם בהקשר החשבונאי. אחד החסרונות הגדולים בהקשר של המעבר לתקינה הבינלאומית ואימוץ שפה חשבונאית אחת באופן אחיד בעולם כולו – חיסרון שאין מדברים עליו כמעט – הוא אובדן ה"גיוון" (diversity) באסכולות חשיבה חשבונאיות. כך, אם חלילה יתברר יום אחד בעתיד כי התקינה הבינלאומית הייתה "הימור שגוי", לא יהיה "לאן לחזור".¹⁰

פרק א: עולם הדירקטורים

בטרם נדון בעולם הדירקטורים, נגדיר מיהו דירקטור לצורך מחקר זה. "דירקטור", לענייננו, הוא דירקטור רגיל, יושב-ראש הדירקטוריון, דירקטור חיצוני וכן יחיד המכהן מטעם דירקטור שהוא תאגיד. במילים אחרות, כוונתנו לכל דירקטור, ללא הבחנה במעמד משפטי או אחר. נעיר שוב כי אנו סבורים שיהיה מקום בעתיד לעבודות המייחסות ערכים למעמדם של הדירקטורים, להיותם חיצוניים, להיותם בלתי-תלויים, לשנות הכהונה שלהם וכולי.¹¹

מועצת המנהלים של כל חברה ציבורית (דהיינו, חברה שמניותיה נסחרות בבורסה) מונה מספר אנשים מצומצם (הגודל הממוצע של דירקטוריון חברה בישראל הוא כ-5.5 דירקטורים¹²). לדירקטורים אלה יש כוח ואחריות רבים ביחס להתנהלותה של החברה,

10 להרחבה על עניין זה ראו גם את מאמרו של אייל סולגניק "החשבונאות המודרנית לאור רעיונות גדולים אחרים: הערות חופשיות" משפט ועסקים ג 33 (2005). לניתוח מתמטי של תופעת הכחדת השפות ראו, למשל: Daniel M. Abrams & Steven H. Strogatz, *Modeling the Dynamics of Language Death*, 424 NATURE 900 (2003).

11 ראו, למשל, את ההגדרות בדוח ועדת גושן: רשות ניירות ערך דו"ח הועדה לבחינת קוד ממשל תאגידי (Corporate Governance) בישראל (2006) www.isa.gov.il/Download/IsaFile_45.pdf.

12 צורת החישוב תובא בהמשך.

לרבות קביעת האסטרטגיה שלה. מועצת המנהלים, היא הדירקטוריון, אחראית לקביעת תוכניות הפעולה של החברה, למינוי ולהדחה של מנכ"לים,¹³ למיזוגים,¹⁴ לרכישות ועוד. פרופ' גרוס, בספרו המקיף על-אודות חוק החברות החדש, מסביר באופן מאיר-עיניים את תפקידי הדירקטוריון ואת שילובו במערך האורגנים.¹⁵ על-מנת להבטיח את תפקודם ואת אופן השימוש בכוחם ובאחריותם הרבים, חוק החברות, התשנ"ט-1999 (להלן: חוק החברות), מטיל כמה חובות על הדירקטורים, בנושאי-משרה, אשר העיקריות שביניהן הן חובות הזהירות¹⁶ והאמונים¹⁷ לחברה.

ככלל, חובת הזהירות מחייבת את הדירקטור לא להתרשל במסגרת מילוי תפקידו בחברה.¹⁸ חוק החברות מחייב את הדירקטור לפעול "ברמת מיומנות שבה היה פועל נושא משרה סביר, באותה עמדה ובאותן נסיבות".¹⁹ נוסף על כך, הדירקטור נדרש לקבל "מידע הנוגע לכדאיות העסקית של פעולה המובאת לאישורו או של פעולה הנעשית על ידיו בתוקף תפקידו", וכן לקבל "כל מידע אחר שיש לו חשיבות לענין פעולות כאמור".²⁰ בהתאם לחובת האמונים של הדירקטור, עליו לנהוג בתום-לב ולפעול לטובת החברה, ובכלל זה:

1. "ימנע מכל פעולה שיש בה ניגוד ענינים בין מילוי תפקידו בחברה לבין מילוי תפקיד אחר שלו או לבין עניניו האישיים;
2. "ימנע מכל פעולה שיש בה תחרות עם עסקי החברה;
3. "ימנע מניצול הזדמנות עסקית של החברה במטרה להשיג טובת הנאה לעצמו או לאחר;
4. "יגלה לחברה כל ידיעה וימסור לה כל מסמך הנוגעים לעניניה, שבאו לידי בתוקף מעמדו בחברה".²¹

חוק החברות מייחס חשיבות רבה לחובות המוטלות על הדירקטור. כך, למשל, הפרת חובת אמונים של דירקטור כלפי החברה כמוה כהפרת חוזה, ורואים בדירקטור שהפר חובת אמונים כלפי החברה כמי שהפר את התקשרותו עם החברה.²² חובת האמונים, יש לציין, אינה עוסקת במפורש או במישרין בשאלה של "דירקטורים משותפים", אך אין ספק שיש לה רלוונטיות רבה למצב זה.

13 ס' 92(א)(7) ו-250 לחוק החברות, התשנ"ט-1999 (להלן: חוק החברות).

14 ס' 314 לחוק החברות.

15 יוסף גרוס חוק החברות החדש 180-192 (מהדורה רביעית, 2007).

16 ס' 252(א) לחוק החברות.

17 ס' 254(א) לחוק החברות.

18 מישל אוחיון חוק החברות: דיני חברות חדשים בישראל 6-7 (2001).

19 ס' 253 לחוק החברות.

20 שם.

21 ס' 254(א) לחוק החברות.

22 ס' 256 לחוק החברות.

הלחץ על הדירקטורים בישראל בשאלת אחריותם ומילוי תפקידם הוגבר עד-מאוד בעת האחרונה. לצד מקרים שהגיעו לבתי-המשפט, שבהם הוטלה אחריות על דירקטורים, גם רשות ניירות-ערך סימנה אותם כ"שומרי-הסף" האולטימטיביים, וככאלה – כגורמים שיש לוודא כי יפעלו לפי הקוד הגבוה ביותר. ביטוי לדברים אלה ניתן בהרצאה חשובה ומקיפה שנשא בשנת 2007 יושב-ראש רשות ניירות-ערך דאז משה טרי, שבמסגרתה "רענן" את זכרונם של החברות והדירקטורים בדבר חשיבות תפקידם ובדבר המיומנות והשקעת הזמן והמאמץ הנדרשות מהם, והדגיש – ודברים אלה חשובים במיוחד לעבודתנו זו – כי כשל בחברה אחת עלול להקרין על שוק ההון כולו.²³

החברות, מצידי, עושות מאמצים לגייס דירקטורים מיומנים ובעלי ניסיון, אך גם כאלה שמקושרים היטב. מנכ"לים לשעבר, קצינים בכירים בדימוס, רואי-חשבון בכירים שפרשו ממשרדיהם, עורכי-דין לשעבר ופוליטיקאים לשעבר מחוזרים כדי למלא תפקיד של דירקטורים בכמה מועצות מנהלים בו-זמנית. למרות החשש שדירקטורים המשמשים במספר רב של מועצות מנהלים יתקשו למצוא זמן לשרת את כולן, רוב החברות מעוניינות שהדירקטורים שלהן ירכשו ניסיון, ידע ואולי גם לגיטימציה מעצם כהונתם גם במועצות מנהלים אחרות. יותר מכך, קל יותר לחברה לבחור דירקטור שמכהן כבר בכמה חברות (ודברים אלה יפים, בהתאמות המתחייבות, גם לעניינם של רואי-חשבון ועורכי-דין), שכן הסכנה של "טעות בבחירה" קטנה יותר (למעט אם מדובר ב"מפל מידע"). יתר על כן, גם במקרה של כשל של אותו דירקטור, סבירות הבחירה בו תהיה ברורה לנוכח העובדה שגם אחרים בחרו בו ולנוכח התנהלותו בדירקטוריונים אלה.

עם זאת, הנושא של הקדשת זמן אינו עניין של מה-בכך. פרופ' גרוס מנתח עניין זה בהרחבה בספרו, וקובע כי הן הניסיון והן מחקרים מלמדים כי "דירקטורים רבים מתרוצצים משיבה לשיבה או אינם מופיעים כלל לשיבות, ואינם מקדישים זמן לחברה שאת מדיניותה הם אמורים להתוות".²⁴

לא יהיה זה בלתי-סביר להניח כי דירקטורים מיישמים את הידע והניסיון שהם רוכשים במועצת מנהלים אחת כדי להתמודד עם שאלות וסוגיות אשר מוצגות לפניהם או נקרות על דרכם במועצת מנהלים אחרת. אכן, חובות האמונים והזהירות מתורגמות גם לציווי של סודיות, אך דירקטורים רבים אינם רואים פסול בשימוש באותם עקרונות חשיבה במועצות מנהלים שונות. לשון אחר, רעיונות עסקיים-חשבונאיים ורעיונות של בקרה וניהול סיכונים אינם נתפסים כ"קניין רוחני" של חברה זו או אחרת, ולכן מועברים לא פעם על-ידי דירקטורים ואחרים בין חברות, לעיתים תוך הדגשה כי "כך נוהגים בחברות אחרות" כדי להקנות לגיטימציה נוספת לרעיון.

הנה כי כן, הרשת המשולבת של חברי מועצות מנהלים ממלאת תפקיד חשוב בהתנהלותן של חברות בתחומי החשבונאות, המימון, המשפט, הבקרה, המס וגם בעסקים. אם נשוב לדוגמת ה-Backdating שבה פתחנו, ברור כעת כי המודל של רשת הדירקטורים

23 ההרצאה ניתנה על-ידי יושב-ראש רשות ניירות-ערך בכנס בנושא "אחריות הדירקטור בחברה הציבורית" שנערך ב-11.7.2007 (ניתן למצוא עותק באתר נבו – www.nevo.co.il).

24 ראו גרוס, לעיל ה"ש 15, בעמ' 185–192.

יכול לענות על אחת השאלות הקשות העולות במציאות של השנים האחרונות: כיצד מספר כה גדול של חברות ביצעו את פעולת ה־Backdating בעת ובעונה אחת, אף שפעולה זו לא הייתה הכרח הנגזר מפעילות עסקית.

הדברים אינם חדשים. בספרות האקדמית קיימים מחקרים לא־מעטים, חלקם מלפני שנים רבות, שעסקו בתופעה מושא מחקרנו, דהיינו, ב־Interlocking Firms – פירמות החולקות דירקטור משותף אחד או יותר. מאמרים אלה מציעים הסברים מפורטים ומגוונים לעצם קיומה של תופעה זו, ועוסקים בהשלכותיה על ממשל תאגידי, מבנה עסקים, תגמול מנהלים ועוד.

כך, למשל, מאמר מעניין בשם *Interlocking Boards and Firm Performance* סוקר את התופעה של דירקטורים משותפים ואת השלכותיה.²⁵ מסקנת המחקר היא כי דירקטורים אשר עוסקים מדי, כמאופיין על־ידי היותם מרובי דירקטוריונים, פוגעים בביצועי החברה.²⁶ באופן דומה, דירקטוריון המורכב מדירקטורים שנמנים עם אותה "קבוצת־עילית", שנפגשים זה עם זה בחדרי דירקטוריונים של כמה וכמה חברות וכן בכנסים מקצועיים, במפגשים חברתיים וכולי, ואשר יש להם רקע השכלתי ואישי דומה, עלול להזיק לחברה אם משקלם של אלה יהיה מכריע. זאת, מן הטעם שגיוון (diversity) הוא מרכיב המשפר קבלת החלטות של קבוצה.

נושא חשוב זה, של "Collective Wisdom", זכה לאחרונה בהתייחסות בספרים מקיפים. תוצאה מעניינת אופיינית מופיעה במחקר תיאורטי של Lu Hong & Scott E. Page.²⁷ מסקנתם הייתה כי קבוצה של "פותרי בעיות" אינטליגנטיים יכולה להיות יעילה יותר בפתרון בעיה מאשר קבוצה של מומחים. דומה ששימתם של מחקרים אלה לעולם הדירקטורים ברורה. דירקטורים "דומים" מדי – דהיינו, דירקטורים שנמנים עם אותה "קבוצת־עילית", שמצוידים בכישורים דומים (גם אם מעולים) ואשר מסתובבים באותם עולמות – עלולים לתפקד טוב פחות מאשר קבוצה של אנשים אינטליגנטיים. ממצאים מעין אלה מן הראוי שיובאו בחשבון על־ידי המחקר בשוקליו הטלת דרישות כשירות ומיומנות אחידות על חברי דירקטוריון. למשל, ועל־דרך ההגזמה, דרישה שכל מושבי הדירקטוריון יאוכלסו רק על־ידי "דירקטורים פיננסיים" (רואי־חשבון, למשל) תועיל אולי לרמת החשבונאות בדוחות הכספיים, אך ספק אם ביצועיה של החברה יהיו כה טובים בהעדר גיוון. ממצאים אלה רלוונטיים גם לענייננו: ככל שהדירקטוריונים "מקושרים" יותר, הם הטרוגניים פחות, ולכן בעיות שצריכות להיפתר באופן "משקי" על־ידי פעולה מקבילה של דירקטוריונים, כגון בעיות של בקרה וחשבונאות, עלולות להיפתר טוב פחות.

25 Marielle C. Non & Philip H. Franses, *Interlocking Boards and Firm Performance: Evidence from a New Panel Database* (Working Paper, 2007), ssrn.com/abstract=978189.

26 על אילוף הזמן ופתרונות עקיפים שונים לו ראו גרוס, לעיל ה"ש 15, בעמ' 423–425.

27 Lu Hong & Scott E. Page, *Groups of Diverse Problem Solvers Can Outperform Groups of High-Ability Problem Solvers*, 101 PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES 16, 385 (2004).

מחקר מעניין אחר – *The Transformation of US Corporate Board*²⁸ – מצביע דווקא על שינויים שחלו לאחרונה בהיקף הכהונה המשותפת של דירקטורים. החוקרים קובעים כי בשנים האחרונות, בין היתר בעקבות השערוריות החשבונאיות בארצות הברית, פחתה התופעה של דירקטורים המשרתים בו־זמנית בכמה דירקטוריונים, וגם פחת מספר הדירקטוריונים שבהם דירקטור ממוצע משרת. לשון אחר, נראה, לפחות על־פי מחקר זה, כי התופעה של Interlocking Boards נתפסת כתופעה רצויה פחות מזווית־הראייה של ממשל תאגדי.²⁹ מחקר מעניין אחר, של Fich & Shivdasani, מצביע על תופעה מרתקת שלפיה בחברות שכשלו בפלילים הכתם דבק גם בדירקטורים, ועובר דרכם לחברות אחרות שבהן הם משרתים.³⁰ אנו סבורים כי במחקר מעניין זה יש כדי להצדיק את דרישת הגילוי הקבועה בתקנה 26(א)(9) לתקנות ניירות ערך (דוחות תקופתיים ומידיים), התש"ל-1970, ובתקנה 45(א)(9) לתקנות ניירות ערך (פרטי התשקיף וטיטוט תשקיף – מבנה וצורה), התשכ"ט-1969, שלפיה בתיאור הנמסר על כל דירקטור יפורטו, בין היתר, גם התאגידים האחרים שבהם הוא משמש דירקטור.

התופעה של "כך עושים כולם" מתקיימת בשוקי ההון בעולם ובשוק ההון הישראלי בפרט. כך, תאגידים רבים נהנים משירותיהם של אותם יועצים משפטיים ורואי־חשבון חיצוניים (וכזכור, במשך שנים רבות אף נהגה בישראל התפיסה המעודדת את התופעה, שלפיה כלל חשבונאי טוב הוא כלל חשבונאי נהוג, דהיינו, מקובל).³¹ זאת ועוד, התאגידים מפרסמים דיווחים פומביים מפורטים, אשר תאגידים אחרים יכולים ללמוד מהם על פעולות התאגיד המדווח. לבסוף, תאגידים רבים חולקים דירקטורים משותפים.³²

28 Vidhi Chhaochharia & Yaniv Grinstein, *The Transformation of US Corporate Boards: 1997–2003* (Working Paper, 2004), leeds-faculty.colorado.edu/Bhagat/Boards-97-03.pdf.

29 ובלשונם: "We study changes in board characteristics in U.S. public firms between 1997 and 2003. During that period boards become smaller and more independent, there are fewer cases of interlocking directorships and a decrease in multiple directorships. We also find changes in director background: an increase in the number of directors with financial background and a decrease in the number of directors with industrial background. Some of the changes occur already between 1997 and 2000. However, we find larger changes between 2000 and 2003, in conjunction with the corporate scandals and the new governance rules. We find little change in the financial stake of independent directors and in separating CEOs from the chairman position" **שם, בעמ' 1** (ההדגשה הוספה).

30 Eliezer M. Fich & Anil Shivdasani, *Financial Fraud, Director Reputation, and Shareholder Wealth*, 86 J. Fin. Econ. 306 (2007).

31 על תהליך היווצרותה של פרקטיקה חשבונאית מקובלת ראו אייל סולגניק "תהליך היווצרותה של פרקטיקה חשבונאית מקובלת" רואה החשבון (1992). "פרקטיקה חשבונאית מקובלת" באספקלריה של מודל למידה עם תוצאה עצמית ורואה חשבון לט 238 (1990).

32 ראו את מאמרם של קולינס, גונג ולי, המוצאים כי בחברות שחלקן דירקטורים משותפים

בנקודה זו של דירקטורים משותפים, ובה בלבד, תתמקד עבודתנו זו: הבנה של הקשרים (המתמטיים, לא הרכילתיים) ב"עולם הדירקטורים", אלה הסמויים מן העין שאינה מצוידת בכלים המתוחכמים שנציג. ההדגשה שלא נעסוק בהיבטים הרכילתיים של "עולם הדירקטורים" בישראל אינה מקרית. איננו חפצים שעבודתנו – אשר מצביעה, בין היתר, על האדם המהווה את "מרכז רשת הדירקטורים" ועל החברות המהוות "צמתים" ברשת – תהפך כולה לעניין רכילתי מהסגנון של "מי היה מאמין שדירקטור XYZ הוא כל כך מרכזי...". חפצנו הוא שהעבודה תהווה תשתית למקבלי החלטות בגיבוש עמדות עקרוניות. מטעם זה בחרנו לאכזב קצת את קהל קוראינו, ולספק את המידע על מידת הקישוריות בקודים – "דירקטור א", "דירקטור ב" וכדומה – ללא ציון שמות של אנשים או חברות.

אנו מוצאים לראוי להדגיש כי הנושא שבו דנה עבודתנו – "קשרים בעולם הדירקטורים" – הינו רכיב חשוב אך בוודאי לא היחיד בהיווצרותן של תופעות מטיפוס "כך עושים כולם" בעולם התאגידי ובמצבים דומים אחרים. גם בהעדר דירקטורים משותפים קיים דמיון רב בפעולתן של חברות בשוק ההון בכל הנוגע בפרקטיקות חשבונאיות ומשפטיות: חברות רבות נתקלות בתקופות זמן מסוימות בסוגיות דומות הטעונות פתרון, וסביר שפתרונות אשר יאומצו על-ידי חברות מסוימות יישקלו בחיוב גם על-ידי חברות אחרות הפועלות באותה סביבה. כך, לדוגמה, גם בהעדר קשרים בעולם הדירקטורים סביר להניח כי דירקטוריון של חברה מסוימת יעדיף – מבין שני פתרונות חלופיים המשיגים תוצאה דומה – פתרון שאומץ כבר על-ידי חברה אחרת, אשר יצרה לצורך כך מעין "תקדים" ונתנה לגיטימציה לאותו פתרון. זאת, בין היתר, בשל העובדה שחברות ציבוריות כפופות לחובות גילוי נרחבות, ובמקרים רבים הפתרון שבחרה חברה מסוימת מוצא ביטוי בדוחות ציבוריים שהיא מפרסמת, ובכך נחשף לעיני תאגידים אחרים, גם בהעדר זהות בדירקטורים. נוסף על כך, ברור כי מידע, גם אם פנימי, עובר בין חברות לא רק דרך דירקטורים היושבים בכמה חברות, אלא גם דרך נושאי-משרה בכירים אחרים בחברה המכירים עמיתים בחברות אחרות (היכרות שיכולה לנבוע מקשרים עסקיים, אך גם מגורמים "לא-פורמליים", כגון קרבת משפחה, סמיכות מגורים, מקום לימוד משותף בעבר וכדומה). אנו ממליצים לבחון גם מקרים אלה במחקר-המשך.

במחקר זה נבדוק, בהמשך לבדיקות שנעשו בשוקי הון בעולם, כיצד נראה עולם הדירקטורים בחברות ציבוריות בישראל. נענה גם על השאלה אם עולם הדירקטורים בישראל הוא אכן "עולם קטן" (עניין הטעון הגדרה מתאימה, אשר תובא בהמשך, וכן השוואה, לא-פשוטה, לרשתות תיאורטיות), ואם כן – עד כמה קטן. אנו סבורים שלמחקר מעין זה, אשר טרם נעשה כמותו בישראל, יכולות להיות השפעות משמעותיות על קובעי מדיניות בתחומים של אחריות דירקטורים, מינוי והרכב של דירקטוריונים, חוק

ניירות-ערך,³³ הגבלים עסקיים, חוק החברות, חשבונאות, מיסוי ועוד, כמו-גם על מבטחי סיכונים – בעיקר בביטוח אחריות נושאי-משרה. על חלק מן ההשלכות הללו נצביע כאן. נעיר כי אף שחקיקה שעניינה "ניגודי עניינים" ו"עניין אישי" נוגעת בעקיפין בתופעת הקישוריות, עד כה נמנע כמעט מחוקק מלעסוק במישרין בתופעה זו. היוצא-מן-הכלל בחוק החברות הוא סעיף 240(ד) לחוק החברות, האוסר מינוי דירקטור חיצוני לחברה מסוימת (חברה ב) אם דירקטור אחר המכהן בחברה ב והדירקטור החיצוני שמינויו נשקל מכהנים שניהם כדירקטורים בחברה א. (בסעיף 270 לחוק החברות מחוקק מתייחס גם למצב המעניין של חפיפה בין דירקטוריונים.)

אנו סבורים שהקהילה העסקית עשויה אף היא להפיק ערך ממחקר כזה, משום שלראשונה תינתן לה תחושה בדבר המהירות הפוטנציאלית של העברת מידע, גם אם באופן חלקי, הנגזרת מהמבנה של עולם הדירקטורים בישראל, לרבות על-דרך ההשוואה לשווקים מפותחים אחרים.

המחקר החשבונאי והפיננסי טרם עיכל את עוצמתם של כלים מתורת הגרפים לפתרון סוגיות רלוונטיות. במובן זה אנו מקווים שמחקרנו מספק הדגמה רלוונטית לעניין זה. כדי להבין ולו מקצת עוצמתה של תורת הגרפים, צריך לזכור כי ניתוח באמצעות גרפים יכול להופיע גם במקומות בלתי-צפויים – למשל, בהבנת רשתות טרור. תורת הגרפים, כמו-גם תורות מתמטיות אחרות, משמשת בניתוח ובהבנה של רשתות טרוריסטים ובפצותן. שאלה מעניינת העולה בהקשר של רשתות טרוריסטים (ולהבדיל באלף אלפי הבדלות, גם בניתוח רשתות כלכליות, לרבות רשת הדירקטורים) היא כמה מהם צריך לסלק עד שהרשת תיפרד ולכן תהיה אפקטיבית פחות.³⁴

אף שאין כמובן כל דמיון בין טרוריסטים לדירקטורים, המבנה המתמטי הדומה של הרשתות מלמד כי שאלות דומות יכולות להישאל ולקבל תשובות מעניינות בכלים של תורת הגרפים. כך, למשל, ניתן לשאול כמה דירקטורים (בהתאם למאפייניהם) צריך להוציא מרשת הדירקטורים כדי להפרידה לכמה רכיבי קשירות (קומפוננטים) נבדלים. זווית-ראייה זו חשובה למקבלי החלטות בשוק ההון, בעיקר לרגולטורים. נניח שבמדינה מסוימת נשקלת האפשרות להגביל את מספר הדירקטוריונים שבהם דירקטור אחד יכול

33 חוק ניירות ערך, התשכ"ח-1968, ס"ח 541 (להלן: חוק ניירות-ערך).

34 תשובה מעניינת לשאלה זו, המשתמשת בתורת השריגים (Lattice Theory), ניתנה על-ידי המתמטיקאי Farley. בתמצית מאמרו הוא כותב: "How can we tell if an Al Qaeda cell has been broken? That enough members have been captured or killed so that there is a high likelihood they will be unable to carry out a new attack, and military resources can be redirected away from them and toward more immediate threats? This article uses order theory to quantify the degree to which a terrorist network is still able to function. This tool will help law enforcement know when a battle against Al Qaeda has been won, thus saving the public's money without unduly risking the public's safety." Jonathan D. Farley, *Breaking Al Qaeda Cells: A Mathematical Analysis of Counterterrorism Operations (A Guide for Risk Assessment and Decision Making)*, 26 STUDIES IN CONFLICT & TERRORISM 399 (2003).

לכהן (בחברות שאינן בשליטה אחת, דהיינו, בחברות שאינן נמצאות בקשר של אם-בת או מחזיקה-כלולה או בקשר של השתייכות לאותה קבוצת-שליטה). יש שיקולים לא-מעטים בקביעת המספר המרבי, אך אנו סבורים שקביעת הגבלה כזו צריכה להביא בחשבון, במידה רבה, את ההשפעה על רמת הקישוריות ברשת.

זאת ועוד, נניח שלגבי עולם הדיקטטורים בישראל יתברר כי הוצאה של מספר קטן מאוד של דיקטטורים מהרשת תביא לידי הפרדה של הגרף הקשיר (או של רכיב הקשירות הנבחר) לשני רכיבי קשירות גדולים נפרדים. מידע כזה ילמד אותנו כי עוצמת הקישוריות ברשת חלשה יחסית, וכי הממסרים של העברת מידע ו"וירוסים חשבונאיים" אינם חזקים. זוהי בשורה טובה לרגולטורים, אשר חוששים באופן מתמיד כי כשל בחברה אחת "ידביק" חברות אחרות.

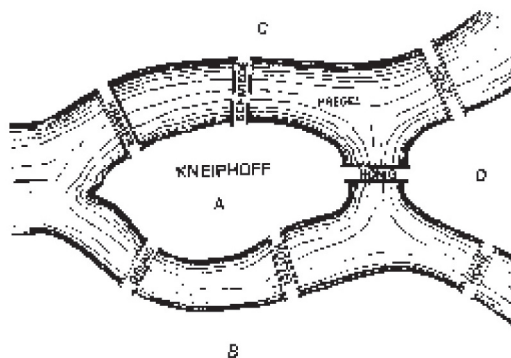
ביחס לנושא הקשירות קיימות תוצאות מתמטיות מעניינות ביותר. אחת הבסיסיות אך החשובות שביניהן היא משפט Menger משנת 1937, אשר אומר, בלשון פשוטה, כי כמות הדיקטטורים המינימלית שצריך "לסלק" על-מנת להפריד בין דיקטטור A לבין דיקטטור אחר B ברשת שווה למספר הגדול ביותר של מסלולים בלתי-תלויים בין A לבין B. לעניין זה, שני מסלולים ייקראו בלתי-תלויים אם למעט A ו-B אין להם דיקטטורים משותפים אחרים. גם Brams – אחד המוחות האקדמיים הפוריים יותר במחקר בתחום מדעי המדינה, בתחום הפוליטיקה ועוד – השתמש, יחד עם שותפיו למאמר, בתורת הגרפים (גרפים מכוונים (Directed Graphs), שלא כמאמר זה) על-מנת ללמוד רשתות טרוריסטים.³⁵

פרק ב: היכרות קצרה עם תורת הגרפים

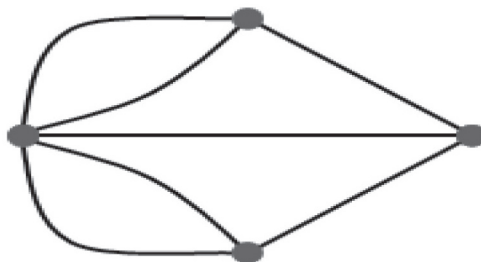
עבודתנו זו מחייבת היכרות בסיסית עם תורת הגרפים. תחום זה התפתח במאות השנים

35 וכך נכתב בתמצית המאמר: "A methodology for converting terrorist networks from undirected graphs to simplified directed graphs (or digraphs), and mapping the flow of influence in them, is described. It is based on an 'influence assumption' — that important persons with more links influence less important persons with fewer links. This methodology, which was previously used to analyze the structure of influence relationships in Communist-bloc countries and the international system, is illustrated by its application to two terrorist networks constructed after 9/11. In the second more complex network, the hierarchy sheds light on the leadership and likely terrorist cells embedded in the network. Refined data and alternative assumptions about influence could provide additional insights into the structure of terrorist networks." Steven J. Brams, Hande Mutlus & Shawn L. Ramirez, *Influence in Terrorist Networks: From Undirected to Directed Graphs*, 29 STUDIES IN CONFLICTS & TERRORISM 703 (2006), www.nyu.edu/gsas/dept/politics/faculty/brams/networks.pdf

האחרונות, והעבודה הראשונה בו נחשבת "בעיית שבעת הגשרים של קניגסברג",³⁶ שאותה פתר המתמטיקאי הדגול אוילר. העיר קניגסברג שבפרוסיה המזרחית (כיום קלינינגרד שברוסיה) הייתה מחולקת לארבעה חלקים על-ידי הנהר פרגל. שבעה גשרים חיברו בין ארבעת חלקי העיר. בין תושבי העיר התפתחה סברה שלפיה אי-אפשר לחצות את כל שבעת הגשרים ולחזור לנקודת ההתחלה מבלי לעבור על אותו גשר יותר מפעם אחת. תושבי העיר ניסו להוכיח או להפריך השערה זו, אך ללא הצלחה. להלן תיאור ציורי של העיר קניגסברג:



בשנת 1736 שמע המתמטיקאי לאונרד אוילר על בעיית קניגסברג, והצליח לפתור אותה. בהוכחתו הוא תיאר את הבעיה באופן סכמטי: כל קודקוד ייצג חלק של העיר, וכל צלע ייצגה גשר. הוא הראה כי מכיוון שמכל קודקוד יוצא מספר אי-זוגי של צלעות, לא ייתכן מסלול סגור שעובר דרך כל הצלעות.



גרף הוא יצור שניסוחו פשוט, אך גם ניסוח פשוט זה הוליד תוצאות עמוקות ביותר. גרף מורכב משני סוגי מרכיבים: קודקודים (vertices) וצלעות (edges) המחברות בין

NORMAN L. BIGGS, KEITH E. LLOYD & ROBIN J. WILSON, GRAPH THEORY 1736–1936 (1976), 36
books.google.com/books?hl=iw&lr=&id=XqYTk0sXmpoC&oi=fnd&pg=PR9&dq=the+seven+bridge&ots=BHe5iF6LDR&sig=q7q8P9EeWMfi_hpq59WiXv2Sxf8

חלק מהקודקודים. אנו נתעניין בגרפים פשוטים, דהיינו, גרפים שבהם כל שני קודקודים מחוברים, אם בכלל, באמצעות צלע אחת בלבד, ושום קודקוד אינו מחובר לעצמו. קודקוד בגרף מסומן כנקודה, ואילו צלע מסומנת כקשת או כקו ישר (ואין לצורה הגיאומטרית חשיבות לענייננו). מספר הקודקודים בגרף נקרא "הסדר" (Order) של הגרף, ומספר הצלעות נקרא "הגודל" (Size) של הגרף.

1. הגדרות, מונחים וחישובים בסיסיים

"עולם קטן" – רשת המקיימת טרנזיטיביות רשתית "גבוהה" (C גדול, ראו להלן) ומרחק "קצר" בין הקודקודים (L קצר, ראו להלן). בהקשר זה, רשת עם טרנזיטיביות רשתית גבוהה משמעה שאם לקודקוד יש שני שכנים כלשהם – דהיינו, אם קודקוד מחובר לכל אחד משני קודקודים – אזי סביר כי אלה יהיו מחוברים גם בינם לבין עצמם במישרין. המונחים לעיל הושמו בין מרכאות מן הטעם שיהיה מקום לומר כיצד קובעים מהו "קצר" ומהי "גבוהה", דהיינו, בהשוואה למה.

נביא להלן כמה סימונים דרושים:

N – מספר הקודקודים ברשת (מספר הדירקטורים).

$N(N-1)/2 = P$ – מספר הזוגות השונים של קודקודים ברשת.

M – מספר החיבורים השונים בפועל בין הקודקודים.

K_j – דרגת הקודקוד – מספר החיבורים השונים שיש לקודקוד j (j רץ מ-1 ועד N), דהיינו, מספר השכנים שיש לכל קודקוד.

Z – הממוצע של K בעבור כל הקודקודים בגרף. הממוצע הוא סכום כל דרגות הקודקודים מחולק במספר הקודקודים.

d_j – המרחק בין שני קודקודים – מספר הקישורים המינימלי הדרוש על-מנת להגיע מקודקוד i לקודקוד j . לפעמים ניתן להגיע מקודקוד לקודקוד ביותר מדרך אחת, ולעיתים תהיה אף יותר מדרך קצרה אחת. עם זאת, החשוב לעניינינו הוא שיהיה מדובר בדרך הקצרה ביותר.

בעבור כל קודקוד ניצור עץ שונה (בעזרת תוכנה), ועל-פיו נחשב את המדדים הרלוונטיים. את העץ בעבור קודקוד x ניצור באופן הבא: נגדיר את קודקוד x ברמה 0; כל הקודקודים שקודקוד x מחובר אליהם באופן ישיר יוגדרו במרחק של יחידה אחת מקודקוד x (רמה 1); בעבור כל אחד מהקודקודים ברמה 1 נמצא את כל הקודקודים המצויים במרחק של יחידה אחת ממנו ואשר לא הוגדרו ברמה 0 או ברמה 1 – אלה יוגדרו ברמה 2; וכך הלאה לרמות הבאות.

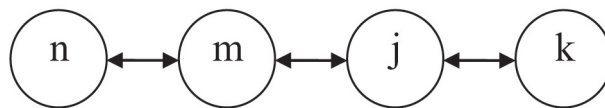
L – המרחק הממוצע בין שני קודקודים, דהיינו, סכום כל המרחקים בין כל שני קודקודים ברשת מחולק במספר הזוגות האפשריים (P).

כיצד אם כן נמדוד את הטרנזיטיביות הרשתית, דהיינו, את המידה שבה שכניו של קודקוד "מתחברים" ביניהם? באנלוגיה, הטרנזיטיביות הרשתית היא המידה שבה חבריו השונים של אדם הם גם חברים בינם לבין עצמם. הטרנזיטיביות הרשתית היא גם חלק

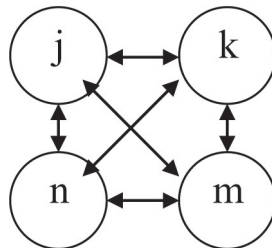
מההסבר מדוע אכן מפתיע שבעולם כולו יש בין שני אנשים כלשהם "שש דרגות הפרדה" בממוצע. לכאורה, נניח שלאדם נתון יש 43 היכרויות (המספר האמיתי גבוה בהרבה). לכן הוא מכיר 43×43 אנשים מדרגה שנייה, ו-43 בחזקה שישית מדרגה 6. זהו מספר גדול המגיע לכ-6.5 מיליארד אנשים, וברור שדי בכך להקיף את אוכלוסיית העולם כולו. אולם הסבר פשטני זה אינו מניח את הדעת ביחס לתופעת "שש דרגות ההפרדה", שכן הוא מתעלם מהטרנזיטיביות הרשתית, מכך שחבריו של אדם קשורים ביניהם. לכן ההעלאה בחזקה אינה נכונה במקרה זה, ונדרשים הסברים עמוקים בהרבה.

קיימים שני מדדים מקובלים שעניינם הטרנזיטיביות הרשתית. שניהם מייצרים ערכים מספריים בין 0 ל-1, אך הם אינם שקולים תמיד. מדד אחד, שבו אנו נשתמש, מודד לגבי כל קודקוד את מספר החיבורים בפועל בין שכניו ביחס למספר החיבורים המרבי האפשרי ביניהם. המדד מתקבל ממיצוע הערכים ביחס לכל קודקוד. המדד האחר, שבו לא נשתמש, מתבונן על הגרף כולו ובוחר את מספר שלשות הקודקודים הקשורים ביניהם ביחס למספר המשולשים הכולל בגרף. להלן נסביר ביתר פירוט את המדד הראשון.

c_j – מספר החיבורים בין שכניו (ברמה 1) של קודקוד j מחולק במספר החיבורים האפשריים.
דוגמה 1:

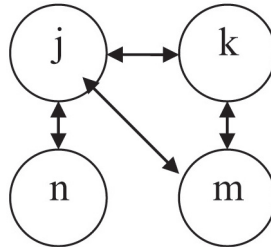


בדוגמה זו c_j הוא 0, שכן יש שני קודקודים המחוברים באופן ישיר לקודקוד j (k ו- m), ושניהם אינם מחוברים זה עם זה.
דוגמה 2:



בדוגמה השנייה c_j הוא 1, שכן יש 3 קודקודים המחוברים ישירות לקודקוד j , והם מחוברים ביניהם בשלושה חיבורים מתוך שלושת החיבורים האפשריים.

דוגמה 3:



בדוגמה השלישית c_j הוא $1/3$, שכן יש 3 קודקודים מחוברים ישירות לקודקוד j , והם מחוברים ביניהם רק בחיבור אחד (בין m ל- k) מתוך שלושת החיבורים האפשריים. $C_{ws} - c_j$ ממוצע c_j על-פני כל קודקודי הגרף. זהו המדד שבו נשתמש לטרנזיטיביות הרשתית, והוא קרוי על-שםם של Watts ו-Strogatz. יצוין כי בגרף שלם, שבו כל הקודקודים מחוברים עם כל הקודקודים, הערך של C_{ws} הוא 1. התפלגות המרחקים בעבור קודקוד מסוים - בעבור כל קודקוד קיימת התפלגות של המרחקים, כלומר: מספר הקודקודים שאליהם המרחק הקצר ביותר הוא 1 (כלומר, הם נמצאים באותה מועצת מנהלים), מספר הקודקודים שאליהם המרחק הקצר ביותר הוא 2 (קיים ביניהם לפחות דירקטור משותף אחד, אך הם אינם חברים באותה מועצת מנהלים), וכן הלאה. התפלגות המרחקים בעבור כל הגרף (או בעבור קבוצה) הוא הממוצע של התפלגות המרחקים בעבור כל הקודקודים בגרף (בקבוצה).

2. האלגוריתם של דייקסטרה

האלגוריתם של דייקסטרה (Dijkstra's algorithm)³⁷ פותר את הבעיה של מסלולים קצרים ביותר ממקור יחיד, דהיינו מקודקוד נתון, בגרף מכוון שצלעותיו נושאות משקלות, בעבור משקלות לא-שליליים בלבד. אנו השתמשנו בגרסה ממושטת של האלגוריתם, BFS, אשר מתייחסת לגרפים לא-מכוונים וללא משקלות, ומובילה לאותן תוצאות. האלגוריתם "זוכר" בכל שלב (איטרציה) קבוצה של קודקודים שבעבורם כבר נקבע סופית המסלול הקצר ביותר מקודקוד-המקור, ובוחר להכניס לקבוצה אחד מהקודקודים בעלי המסלול הקצר ביותר מקודקוד-המקור מבין הקודקודים שאינם כלולים עדיין בקבוצה האמורה. לאחר הכנסת הקודקוד החדש אל תוך הקבוצה, יבדוק האלגוריתם לגבי כל קודקוד שהינו שכן של הקודקוד החדש, ואשר אינו נמצא עדיין בקבוצה, אם ניתן לשפר לגביו את המסלול הקצר ביותר מקודקוד-המקור באמצעות הקודקוד החדש. תהליך זה מכונה

Donald B. Johnson, A Note on Dijkstra's Shortest Path Algorithm, 20 J. ACM 385 37 (1973).

"עדכון". כל עוד יש קודקודים בתור – כלומר, קודקודים שטרם הוכללו בקבוצה – נוציא מן התור קודקוד בעל המרחק המינימלי מקודקוד המקור, נסיף אותו לקבוצת הקודקודים שלגביהם האלגוריתם "זוכר" את המרחקים הקצרים ביותר, ונבצע "עדכון" ביחס לכל שכנו שעדיין אינם בקבוצה.

3. מציאת המרחק בין שני דירקטורים – דוגמה

בין כל שני קודקודים אפשר שיתקיימו מסלולים רבים. על־מנת למצוא את המרחק הקצר ביותר, עלינו למצוא בגרף עצים רבים ("עץ" הוא גרף חסר מעגלים). לדוגמה, נניח שקיימת רשת פשוטה של 6 דירקטורים ($N=6$) ו־7 קישורים דו־כיווניים ($M=7$). הקישורים הם דו־כיווניים (דהיינו, הגרף אינו מכיוון ואינו מציג יחסי כפיפות), משום שאם דירקטור 1 חבר במועצת מנהלים משותפת עם דירקטור 2, אזי באותה מידה דירקטור 2 חבר במועצת מנהלים משותפת עם דירקטור 1 (אותה מועצת מנהלים).

האלגוריתם של דייקסטרה מוצא ברשת שישה עצים.³⁸ בראש כל עץ קיים אחד מששת הדירקטורים. הקישורים בעץ הם חד־כיווניים. כעת מתחיל התהליך: האלגוריתם בוחר דירקטור מסוים לחישוב. הבה נניח שהוא בחר בדירקטור מס' 1 (ראו העץ הפרוש השמאלי העליון בנספח ב). לדירקטור זה ניתן הערך 0, ולכל יתר הדירקטורים ניתן הערך אינסוף. בשלב השני האלגוריתם עובר על כל אחד משבעת הקישורים ובודק באילו מהם נמצא דירקטור מס' 1 (באחד משני צידי הקישור). הדירקטורים שנמצאים בצידו האחר של הקישור מקבלים את הערך 1 (בדוגמה שלנו אלה דירקטורים מס' 2 ו־3). בשלב השלישי האלגוריתם עובר שנית על כל אחד משבעת הקישורים ובודק באילו מהם בצידו האחד נמצא דירקטור שקיבל את הערך 1 ובצידו האחר נמצא דירקטור שערכו אינסוף. דירקטורים אלה מקבלים את הערך 2 – בדוגמה שלנו אלה דירקטורים מס' 5 ו־6. בשלב הרביעי האלגוריתם עובר שוב על כל אחד משבעת הקישורים ובודק באילו מהם בצידו האחד נמצא דירקטור שקיבל את הערך 2 ובצידו האחר נמצא דירקטור שערכו אינסוף. דירקטורים אלה מקבלים את הערך 3 – בדוגמה שלנו זהו דירקטור מס' 4. בשלב החמישי האלגוריתם עובר שוב על כל אחד משבעת הקישורים ובודק באילו מהם בצידו האחד נמצא דירקטור שקיבל את הערך 3 ובצידו האחר נמצא דירקטור שערכו אינסוף. מכיוון שבדוגמה שלנו אין קישור כזה, משום שלכל הדירקטורים כבר יש ערך סופי, האלגוריתם מפסיק את החישוב בעבור דירקטור מס' 1.³⁹

באותו אופן האלגוריתם עורך את החישוב בעבור דירקטורים 2, 3, 4, 5 ו־6. הערך שהאלגוריתם מצמיד לכל דירקטור הוא המרחק הקצר ביותר בינו לבין

38 ראו איור של רשת לדוגמה בנספח ב.

39 האלגוריתם היה נפסק גם אילו היו דירקטורים עם הערך אינסוף אך הוא לא היה מוצא קישור שבצידו האחד נמצא דירקטור עם הערך 3 ובצידו האחר דירקטור עם הערך אינסוף. במקרה זה המרחק בין דירקטור מס' 1 לבין דירקטור שלא קיבל ערך סופי אינו קיים (הדירקטור נמצא ברכיב קשירות אחר מזה של דירקטור מס' 1), ונגדיר אותו כאינסופי.

הדירקטור שעליו עורכים את החישוב. בין כל שני דירקטורים שקיים ביניהם מרחק סופי ניתן למצוא כמה דרכים. לדוגמה, מדירקטור מס' 1 ניתן להגיע לדירקטור מס' 4 בדרך הבאה: $1 \leftarrow 2 \leftarrow 3 \leftarrow 4$. דרך זו ארוכה משתי הדרכים שהאלגוריתם נותן (אשר מרחקן 3, לעומת המרחק 4 שמתקבל בדרך המוצעת כאן). האלגוריתם מונע דרך זו על-ידי כך שהוא אינו בודק את הקישורים בין שני דירקטורים שקיבלו ערך סופי (ובכך מונע את המעבר מדירקטור מס' 6 לדירקטור מס' 5).

לסיכום הדוגמה, ניתן להציג את התוצאות של האלגוריתם במטריצה (6×6) .⁴⁰ המטריצה שמתקבלת הינה סימטרית סביב האלכסון. תוצאה זו מתקבלת משום שכל הקישורים הינם דו-כיווניים, ולכן הדרך הקצרה ביותר להגיע מדירקטור א לדירקטור ב היא גם הדרך הקצרה ביותר להגיע מדירקטור ב לדירקטור א.⁴¹

בשל גודלה של רשת הדירקטורים בישראל (יחסית לדוגמה זו), יש חשיבות לרמת המורכבות הלא-גבוהה של האלגוריתם וכן לעובדה שהמטריצה סימטרית, שכן בזכות הסימטריה ניתן לבצע רק מחצית מהחישובים, ובכך לחסוך מחצית מזמן המחשב. ברשת עם 6 דירקטורים נדרשים 36 חישובים, ולפיכך החיסכון אינו משמעותי, אולם ברשת עם 3,000 דירקטורים נדרשים 9,000,000 חישובים, כך שהחיסכון יתבטא ב-4,500,000 חישובים.

פרק ג: מהי רשת הדירקטורים?

הספרות האקדמית העוסקת בתורת הגרפים מציעה שורה של אפשרויות למידול, באמצעות גרף, של עולם הדירקטורים. דרך אחת היא לראות כל דירקטור כקודקוד בגרף. צלע המחברת בין שני קודקודים תהיה קיימת מקום שהדירקטורים חולקים דירקטוריון משותף (אחד לפחות). ברשת הדירקטורים, על-פי גישה זו, כל קודקוד הוא אם כן דירקטור אשר מחובר (מקושר) עם כל הדירקטורים היושבים איתו באותה מועצת מנהלים. אוסף כל הדירקטורים בכל החברות יוצר אוסף של קודקודים בגרף. דירקטור המכהן בשתי מועצות מנהלים שונות או יותר מיוצג על-ידי קודקוד אחד בלבד, אך הוא מחובר (מקושר) בצלע עם כל אחד מהקודקודים (הדירקטורים) הנמצאים איתו באותה מועצת מנהלים בחברה אחת לפחות.

דרך אחרת היא להסתכל על עולם הדירקטורים באמצעות גרף שבו כל קודקוד הוא מועצת מנהלים. בין שני קודקודים, המייצגים שתי מועצות מנהלים, תחבר צלע אם הדירקטוריונים הללו חולקים לפחות דירקטור אחד משותף.

דרך שלישית, שממנה ניתן לגזור את שתי הדרכים הראשונות, היא להסתכל על עולם הדירקטורים באמצעות גרף שהוא Bipartite. בגרף זה יש שתי אוכלוסיות של קודקודים:

40 להצגת המטריצה ראו נספח ב.

41 להצגת התפלגות המרחקים בעבור הקודקודים ובעבור הגרף כולו ראו נספח ב.

קודקודים המייצגים דירקטורים וקודקודים המייצגים דירקטוריונים. בגרף זה הצלעות מחברות בין שתי האוכלוסיות אך אינן מחברות בין שני קודקודים באותה אוכלוסייה. דהיינו, צלע תחבר בין דירקטור לדירקטוריון אם הדירקטור חבר בדירקטוריון. מגרף זה ניתן לקבל את הגרפים האחרים, תוך הבנה שיש להתעלם מחיבור של שני קודקודים באמצעות יותר מקשת אחת.

בעבודה זו אימצנו את החלופה הראשונה, שלפיה כל דירקטור הוא קודקוד בגרף, וחיבור בין שני קודקודים קיים מקום שהם חולקים דירקטוריון אחד לפחות. עניינו של מאמר זה, כמובהר בהרחבה בפרקים הקודמים, הוא גם בבחינה של השאלה אם עולם הדירקטורים בישראל הוא "עולם קטן". מאפיינים של "עולם קטן" הם פרמטרים שונים של המרחק בין הקודקודים השונים: סך המרחק, ממוצע המרחק ועוד. לכן נגדיר כעת פונקציות שונות של מרחק.

בהינתן רשת הדירקטורים, נגדיר כי המרחק בין שני דירקטורים באותה חברה הוא קבוע (מרחק של יחידה), ואין זה משנה מה מידת הקרבה האישית בין הדירקטורים או אף מה מספרן של מועצות המנהלים המשותפות שבהן הם מכהנים כדירקטורים.⁴² אנו סבורים כי יהיה מקום בעתיד להתבונן על גרפים מורכבים יותר, שבהם יינתן ביטוי ליחסי כפיפות (גרפים מכוונים) ולעוצמת הקשר בין דירקטורים (בספרות המחקרית אכן החלו להתפרסם עבודות המתייחסות לכך – ראו בהמשך).

כאשר ניצור את רשת הדירקטורים, סביר להניח כי ייווצר מצב שבו לא כל הרשת מחוברת, דהיינו, שיהיו דירקטורים ברשת אשר לא יהיו מחוברים ביניהם בשום מסלול. לדוגמה, אם הרשת כוללת חברה שבה מכהנים שלושה דירקטורים אשר כל אחד מהם מכהן אך ורק בחברה זו, אזי כל אחד משלושת הדירקטורים מחובר במרחק של יחידה אחת עם שני חבריו לחברה, אך אינו מחובר כלל ליתר הדירקטורים (המרחק בין כל דירקטור בחברה הזו לבין דירקטור אחר ברשת יוגדר כאינסופי, משום שאי-אפשר להגיע ממנו אל הדירקטור האחר במספר סופי של צעדים).

חלק בגרף ייקרא "רכיב קשירות" (בלעז – קומפוננט) אם הוא מקיים שני תנאים: (1) לכל שני קודקודים בו קיים מסלול סופי של צעדים שמחבר ביניהם; (2) אין קודקוד מחוץ לאותו חלק בגרף שניתן להגיע אליו במספר סופי של צעדים מאחד הקודקודים בו.

ה"סדר" של רכיב קשירות הוא מספר הדירקטורים השונים הנמצאים בו. סביר להניח כי ברשת הדירקטורים יהיו כמה רכיבי קשירות. כל רכיב קשירות, מעצם הגדרתו, אינו מחובר לאחרים, כלומר, זוג דירקטורים המשתייכים לשני רכיבי קשירות שונים בהכרח אינם מכהנים במשותף באותה מועצת מנהלים. בשל מספר החיבורים הגדול בין הדירקטורים, סביר להניח כי אחד מרכיבי הקשירות יהיה גדול (יכיל יותר ממחצית הדירקטורים) ויתר רכיבי הקשירות יהיו קטנים (בדרך-כלל יכללו דירקטורים של חברה אחת או שתיים).

כפי שנראה בהמשך, ברשת הדירקטורים בישראל רכיב הקשירות הגדול ביותר גדול

42 המרחק בין כל דירקטור לעצמו יוגדר כ-0 יחידות.

בהרבה מרכיבי הקשירות האחרים. ניתוח בתוך רכיבי הקשירות הקטנים (ברשת הספציפית שלנו) אינו מעניין, ולכן נתייחס במחקר זה רק לרכיב הקשירות הגדול ביותר.⁴³

פרק ד: מודל רשת הדירקטורים האקראית

כאשר אנו אומרים שברשת מסוימת מתקיימות תכונות של "עולם קטן", נשאלת השאלה: "עולם קטן" בהשוואה למה?

כל בר־דעת יכול לומר כי רשת הדירקטורים בישראל קטנה מזו של ארצות־הברית, למשל. מסקנה זו מתבקשת, שכן מספר הדירקטורים בישראל (כמו־גם מספר החברות הציבוריות) קטן באופן משמעותי ממספרם בארצות־הברית. אולם לדידנו, להשוואה זו אין כל משמעות ועניין.

השוואה נכונה ורלוונטית יותר היא לאוסף גדול ביותר של רשתות תיאורטיות, אשר כל אחת מהן דומה לזו של רשת הדירקטורים בישראל. דמיון זה מתבטא בכך שמספר הדירקטורים ומספר הקישורים הכללי ברשת התיאורטית זהים לאלה שברשת האמיתית, אך הקישורים עצמם בין הדירקטורים נעשים באופן אקראי, כשאת ההסתברות ליצירת קשר בין שני קודקודים קובעים על־פי התפלגות הדרגות בגרף של הרשת המציאותית. אם כן, הרשת התיאורטית אינה אקראית לגמרי, שכן היא מקבלת את הפרמטרים הכלליים של המודל המציאותי שלנו. מבין כל הרשתות שנוצרות בדרך זו, נחשב באופן סטטיסטי את הרשת הממוצעת, ורשת זו תשווה לרשת הדירקטורים האמיתית הקיימת בישראל בפרמטרים שבאמצעותם נרצה לבחון אם מדובר ב"עולם קטן".

למשל, לאחר שמתקבלות הרשתות התיאורטיות, אפשר לחשב בעבורן פונקציות של מרחק ממוצע ושל טרנזיטיביות רשתית, ואז להשוות את הגדלים האמורים לרשת האמיתית. אם ברשת האמיתית המרחק יהיה קטן מהצפוי ומדד הטרנזיטיביות הרשתית יהיה גדול מהצפוי, נוכל לומר כי לפנינו "עולם קטן" מהצפוי. הנה כי כן, השוואה זו בין הרשת האמיתית לבין אוסף של רשתות תיאורטיות אשר מיוצרות באופן אקראי אך חולקות פרמטרים משותפים עם הרשת האמיתית תיתן תוצאה שבאמצעותה – תוך שימוש במדד הטרנזיטיביות הרשתית והמרחק הממוצע – נוכל לומר עד כמה רשת הדירקטורים בישראל מהווה "עולם קטן" לעומת זו שהיינו מצפים לקבל אילו נעשו הקישורים בין הדירקטורים באופן אקראי. התוצאות יושוו גם למחקרים דומים שנכתבו על רשתות הדירקטורים בארצות־הברית, בבריטניה ובגרמניה.⁴⁴

43 מעתה יתייחס המושג "גרף הדירקטורים" לגרף של רכיב הקשירות הגדול ביותר (אלא אם כן צוין אחרת).

44 בפועל, הגדלים החשובים לקביעה אם מדובר ב"עולם קטן" חושבו בדרך עקיפה – לא על־דרך יצירת מספר גדול של גרפים אקראיים, אלא תוך שימוש בכלי מעניין של פונקציות

פרק ה: רשת הדירקטורים בישראל – התוצאות⁴⁵

לצורך המחקר אספנו נתונים על-אודות הדירקטורים.⁴⁶ לכל דירקטור נפתחה רשומה אחת או כמה רשומות, על-פי מספר החברות שבהן הוא משרת. כל דירקטור קיבל מספר המייצג אותו חד-חד-ערכית, ובכל רשומה נרשמו שם החברה שבה הדירקטור מכהן וכן מספר המייצג את החברה חד-חד-ערכית (מספר החברה על-פי הרשומות באתר הבורסה לניירות-ערך).

רשימת הדירקטורים כוללת רק את הדירקטורים החברים בחברות הציבוריות (ללא התייחסות לדירקטורים בחברות של תעודות סל), ונכונה ליום קבלת הנתונים מרשות ניירות-ערך (1 באוקטובר 2006). הקובץ מכיל 3,972 רשומות. נתוני ההשוואה בעבור ארצות-הברית, בריטניה וגרמניה הוצאו ממחקר מקביל.⁴⁷

1. הנתונים הבסיסיים

במחקר נאספו נתונים על-אודות 3,011 דירקטורים שונים המכהנים בתפקיד דירקטור באחת מ-546 החברות הציבוריות (כחמישית ממספר הדירקטורים שעליהם נאספו נתונים במחקרים דומים בארצות-הברית, בבריטניה ובגרמניה⁴⁸).

מועצת המנהלים הממוצעת בישראל מונה 5.51 דירקטורים. מספר זה קטן ממספר הדירקטורים במועצת מנהלים ממוצעת בארצות-הברית (9.97), בבריטניה (6.51) ובגרמניה (6.33). בישראל מספר החברויות הממוצע של דירקטור במועצות מנהלים קטן מהממוצע בארצות-הברית, בבריטניה ובגרמניה. בעוד בישראל דירקטור מכהן בממוצע ב-1.32 מועצות מנהלים (רוב הדירקטורים מכהנים במועצת מנהלים אחת בלבד, אך קיומן של "רכוזות" יוצר קישוריות), בבריטניה כל דירקטור חבר ב-1.84 מועצות מנהלים בממוצע; בארצות-הברית – ב-1.63 מועצות מנהלים; ובגרמניה – ב-1.45 מועצות מנהלים.⁴⁹ כפי שצוין, המחקר מתמקד ברכיב הקשירות הגדול ביותר (החלק הגדול ביותר בגרף שממנו ניתן להגיע בעזרת מספר סופי של קישורים מכל קודקוד לכל קודקוד). בישראל

יוצרות, באופן המוצג במאמר: Martin J. Conyon & Mark M. Muldoon, *The Small World Network Structure of Boards of Directors* (Working Paper, 2004), ssrn.com/abstract=546963. ראו גם נספח א.

45 לטבלות ולגרפים המסכמים את התוצאות שהתקבלו ראו נספח ג.

46 הנתונים הועמדו לרשותנו באדיבותה הרבה של רשות ניירות-ערך, וחלקם נלקחו מאתר הבורסה לניירות-ערך בתל-אביב.

47 לנתוני השוואה בין ישראל לבין גרמניה, בריטניה וארצות-הברית ראו טבלה 1 בנספח ג.

48 שם.

49 שם.

רכיב קשירות זה כולל 2,391 דירקטורים המכהנים באחת מ־447 חברות.⁵⁰ בעוד בבריטניה ובארצות־הברית רכיב הקשירות הגדול ביותר מכיל כ־61%–64% מהדירקטורים, בישראל רכיב הקשירות הגדול ביותר מכיל כ־79% מהדירקטורים (וכ־82% מהחברות). בגרמניה הדירקטורים נחלקים לשני רכיבי קשירות גדולים, וברכיב הקשירות הגדול יותר יש כ־28% מהדירקטורים בלבד.

הנתונים על־אודות ישראל מלמדים כי רוב הדירקטורים בכלל החברות הציבוריות בארץ מקושרים בדרך כלשהי זה לזה, ומספר מצומצם יחסית של דירקטורים (כ־21% מהם) אינם מקושרים לרשת המרכזית.⁵¹ בארצות־הברית ובבריטניה, לעומת זאת, דירקטורים רבים אינם קשורים למשחק המרכזי. בנתון זה יהיה אולי כדי להסביר בהמשך מדוע ממוצע המרחקים ברשת הישראלית, הנמדד על־פי רכיב הקשירות הגדול ביותר, גדול יותר מאשר בארצות־הברית.

תוצאות אלה מלמדות כי על־אף השוני המהותי בין התוצאות בארבע המדינות, כל הרשתות מציגות "עולם קטן". ברם, עולם זה אינו קטן מזה שהיה אפשר לצפות מהתנהגות אקראית. תוצאה זו מתקבלת משום שברשת דירקטורים "אמיתית" (ולא אקראית) רוב הקשרים מתקיימים בין דירקטורים המשרתים באותה מועצת מנהלים, וקשרים אלה אינם מקטינים באופן מהותי את הרשת. לעומת זאת, קשר אקראי בין שני דירקטורים משני קצות הרשת מצמצם באופן משמעותי בעבור דירקטורים רבים את המרחק ליתר הדירקטורים ברשת.⁵²

נרחיב מעט את הדיון:

- בגרמניה מספר הצלעות גדול, ולכן המרחק (L) המצופה בין הדירקטורים קטן (3.504), והטרנזיטיביות הרשתית (C) המצופה גבוהה (0.622). בפועל אומנם התקבלה טרנזיטיביות רשתית גבוהה (0.719), אך המרחק בין הדירקטורים גדול (6.398). נראה על־כן כי עולם הדירקטורים בגרמניה נוטה להיות "Clubby" יותר, כלומר, מחולק לקבוצות (אולי לפי תחומים שונים בתעשייה), כך שבכל קבוצה יש קישורים רבים (דבר היוצר טרנזיטיביות רשתית גבוהה) אך בין רוב הקבוצות אין דירקטורים משותפים (דבר היוצר מרחק גדול בין הקבוצות ולכן בין הדירקטורים בקבוצות השונות).
- בבריטניה אין קישורים רבים, ולכן התוצאה המצופה היא מרחק גדול בין הדירקטורים וטרנזיטיביות רשתית נמוכה. על־פי התוצאות בפועל, נראה כי הדירקטורים בבריטניה מקושרים פחות זה עם זה יחסית לשלוש המדינות האחרות שנבדקו.
- גם בארצות־הברית אין קישורים רבים (יחסית לגודל הרשת – 11,057), אך על־פי

50 שם. ראו גם טבלה 2 בנספח ג, המציגה נתונים בסיסיים לגבי הדירקטורים הנמצאים ברכיב הקשירות הגדול.

51 נתון זה מעניין כשלעצמו, אם כי בהמשך המחקר נתעלם מאותם 21% מהדירקטורים אשר אינם מחוברים לרשת המרכזית ויוצרים מספר גדול של רכיבי קשירות קטנים (אשר רובם מורכבים מחברה אחת בלבד).

52 ראו טבלה 3 בנספח ג, המציגה את הדמיון בין הנתונים בפועל לבין הנתונים המצופים מהרשת לגבי כל הרשתות שנבחנו.

התוצאות ניתן לראות כי דירקטורים רבים נמצאים בקבוצות שונות של חברות (כלומר, התופעה שדירקטור מכהן גם בחברת נדל"ן וגם בחברת היי-טק, למשל, נפוצה יותר בארצות-הברית). בשל כך המרחק בין הדירקטורים הוא הקטן ביותר (גם ההפרש בין התוצאה בפועל לבין זו המצופה הוא הקטן ביותר), אך בתוך אותה קבוצה הטרגוטיביות הרשתית קטנה יותר.

- ישראל נמצאת ב"מקום טוב באמצע". אם מסתכלים על ההפרש בין המרחק הממוצע בפועל בין הדירקטורים לבין המרחק המצופה, ישראל נמצאת בין בריטניה וגרמניה, שבהן ההפרשים גדולים, לבין ארצות-הברית, שבה ההפרש קטן. במדד הטרגוטיביות הרשתית התקבלה תוצאה גבוהה במצט מהמצופה, ושוב, אם מסתכלים על ההפרש בין מדד הטרגוטיביות בפועל לבין זה המצופה, ישראל נמצאת בין בריטניה וגרמניה, שבהן ההפרש גבוה, לבין ארצות-הברית, שבה ההפרש נמוך.

2. התפלגות מספר השכנים של דירקטורים ברכיב הקשירות הגדול

כל אחד מבין 2,391 הדירקטורים ברכיב הקשירות הגדול מקושר עם כל יתר הדירקטורים באותו רכיב קשירות – חלק מהדירקטורים מחוברים בקישור ישיר ($d=1$), כלומר יושבים יחדיו באותה מועצת מנהלים (שכנים), וחלק מהדירקטורים מקושרים בחיבור עקיף ($d'1$). כזכור, מספר הדירקטורים שדירקטור נתון מחובר אליהם בקישור ישיר נקרא דרגת הדירקטור (K). דרגה גבוהה של דירקטור מצביעה על רמת קישוריות גבוהה יותר בעבור הדירקטור. ברשת הדירקטורים בישראל דרגתם של רוב הדירקטורים (כ-85%) היא בין 4 ל-14 דירקטורים. כלומר, רוב הדירקטורים יושבים במועצות מנהלים עם 4-14 דירקטורים במצטבר. הממוצע בעבור דירקטור ברכיב הקשירות הגדול הוא 9.71 חברים אשר יושבים איתו באותן מועצות מנהלים. אולם כ-13.5% מהדירקטורים יושבים יחד עם יותר מ-15 דירקטורים במצטבר, ו-1.6% מהדירקטורים יושבים אף עם יותר מ-30 דירקטורים במצטבר באותן מועצות מנהלים. דירקטורים אלה, אשר רובם משתייכים ל-5-9 מועצות מנהלים, הם אותם דירקטורים אשר יוצרים את "העולם הקטן" של רשת הדירקטורים בישראל.⁵³ בפועל הדירקטורים בישראל מחוברים באופן ישיר לדירקטורים מעטים או רבים יחסית לרשת האקראית. מספר הדירקטורים המחוברים באופן ישיר לכמות בינונית של דירקטורים (בין 9-18) קטן ברשת הישראלית ממספרם ברשת האקראית.⁵⁴ דהיינו, הרשת במציאות מציגה התפלגות שונה באופן מהותי של דרגות הדירקטורים מזו המצופה לפי הרשת האקראית.

לא בחנו זאת בבדיקות נוספות, אך אפשר שהיחס בין ההתפלגויות לעיל מעיד על תופעה מוכרת בעולם הרשתות, שבה דירקטורים מקושרים יושבים במועצות מנהלים עם דירקטורים מקושרים אחרים, ואילו דירקטורים לא-מקושרים נוטים לשבת יחד במועצות מנהלים עם דירקטורים לא-מקושרים אחרים.

53 קיים דירקטור אחד אשר מכהן במצטבר עם 67 דירקטורים שונים במועצות מנהלים.

54 ראו תרשים 2 בנספח ג.

להלן הסבר לחישוב ההתפלגות האקראית: החישוב התבסס על כך שקיימים 2,391 קודקודים (ברכיב הקשירות הגדול), ולכן יש 2,857,245 חיבורים אפשריים (2,391 קודקודים כפול 2,390 חיבורים לקודקוד נוסף חלקי 2 – כל זוג נספר פעם אחת). מספר החיבורים שספרנו ברשת הדירקטורים הוא 11,608, ולכן ההסתברות לחיבור ישיר בין שני דירקטורים אקראיים היא 0.406%. דהיינו, רק חלק קטן ביותר מהחיבורים האפשריים אכן קרה. עם זאת, די באלה שקרו ליצור מספר קטן של דרגות הפרדה, שמאפשר להגיע במהירות מכל דירקטור לכל דירקטור. ההסתברות למצוא קודקוד בדרגה K כלשהי מחושבת על-פי ההתפלגות הבינומית, כאשר יש 2,390 נסיונות לחיבור כלשהו, K הוא מספר ה"הצלחות", ו- $K-2,390$ הוא מספר ה"כשלונות". ההסתברות להצלחה יחידה היא 0.406%, וההסתברות לכישלון יחיד היא 99.594%.

3. ההתפלגות השלמה של המרחקים בעבור כל דירקטור, או מיהם האיש או האיש המהווים את מרכז הרשת?⁵⁵

כדי להבין את התמונה כולה, אין זה מספיק כמובן לדון בכמה דירקטורים מקושרים בדרגת קרבה ראשונה לדירקטור מסוים. תת-פרק זה יעסוק בהתפלגות השלמה של המרחקים בעבור כל דירקטור, כלומר, כמה דירקטורים מרוחקים מדירקטור x במרחק של 1, 2, 3... 15 וכן הלאה. הבדיקה נעשתה בעבור כל אחד מ-2,391 הדירקטורים ברכיב הקשירות הגדול.⁵⁶ דירקטור מסוים עם דרגה גבוהה (K גדול) אינו בהכרח דירקטור מקושר ברמה גבוהה אם הדירקטורים שהוא מקושר אליהם אינם דירקטורים מקושרים. לאחר הרצת התוכנה התגלה כי הדירקטור המקושר ביותר⁵⁷ מרוחק מכל דירקטור אחר ברשת כ-3.54 יחידות בממוצע, וכי הדירקטור הפחות-מקושר ברשת (שגם את השם שלו לא נגלה לקוראים שהגיעו עד כאן!) מרוחק מכל דירקטור אחר ברשת כ-9.85 יחידות בממוצע. בממוצע כל דירקטור יכול להגיע לכל דירקטור אחר בכ-5.47 יחידות (סטיית-תקן של כ-0.96 יחידות). תוצאה זו מכונה בספרות "שש דרגות ההפרדה" (התוצאה המדויקת בעבודתו של מילגרם היא 5.5). יצוין כי מספר דרגות ההפרדה ברשת הדירקטורים בישראל עלול להיתפס כגדול בעבור רשת קטנה (יחסית לרשת החברתית של העולם כולו), אולם הדבר נובע מכך שהקישורים בין שני דירקטורים נעשים רק בעבור רמת היכרות מסוימת, כלומר, רק אם שני הדירקטורים יושבים באותה מועצת מנהלים בישראל. התוצאה התיאורטית של "שש דרגות ההפרדה" בעולם החברתי הרחב, לעומת זאת, מביאה בחשבון את כל סוגי ההיכרויות (כלומר, כדי שאדם א ואדם ב ייחשבו מקושרים, די שהם יכירו זה

55 המונח "מרכז הרשת" מתייחס למונח median המקובל בספרות המקצועית של תורת הרשתות (ומחושב על-ידי min-sum, ולא על-ידי min-max, כפי שמחושב ה-center).

56 הבדיקה הורצה על-ידי תוכנה שיצרה את האלגוריתם של דייקסטרה עם התאמות מתחייבות למקרה זה (ראו לעיל תת-פרק 2).

57 הדירקטור המקושר ביותר מוגדר כדירקטור אשר ממוצע המרחקים ממנו לכל אחד מהדירקטורים האחרים ברכיב הקשירות הגדול הוא הקטן ביותר - median.

את זה, אף אם אין להיכרותם בסיס פורמלי – דבר המצמצם את מספר הדרגות ברשת. מכיוון שאין זה מעשי להציג באופן גרפי את התפלגות המרחקים (של 2,390 הדירקטורים האחרים) בעבור כל אחד מהדירקטורים בנפרד, בחרנו להציג את ההבדלים בין שלושה דירקטורים: הדירקטור המקושר ביותר (עם ממוצע מרחקים של 3.54), הדירקטור הפחות מקושר (עם ממוצע מרחקים של 9.85) ו"הדירקטור הממוצע" (המשקלל את כל הדירקטורים, ואשר ממוצע המרחקים ממנו הוא 5.47). הדירקטור המקושר ביותר מרוחק 8 יחידות מהדירקטור הרחוק ביותר ממנו, ואילו הדירקטור הפחות מקושר מרוחק 15 יחידות מהדירקטור הרחוק ביותר ממנו.⁵⁸

4. רשימת הדירקטורים והחברות המקושרים ביותר⁵⁹

מעיון בטבלות המציגות את רמת הקישוריות הממוצעת של הדירקטורים המקושרים ביותר עולה כי קיימים כ-40 דירקטורים שרמת הקישוריות הממוצעת שלהם נמוכה מ-4 וגבוהה מ-3.5. עובדה מעניינת זו מעידה על עוצמת הקישוריות ברשת. דהיינו, נראה כי גם אם נסלק דירקטור מרכזי, רמת הקישוריות לא תיפגע אנושות.

5. מה מגדיל את הקישוריות של הדירקטור?

לכל דירקטור יש רמת קישוריות שונה. רמת הקישוריות של הדירקטור מורכבת משני פרמטרים עיקריים:

- מספר מועצות המנהלים שבהן הדירקטור מכהן – ככל שהדירקטור מכהן במספר רב יותר של מועצות מנהלים כן הוא מקושר לדירקטורים רבים יותר ורמת הקישוריות שלו עולה. לדוגמה, נניח שדירקטור א' חבר במועצת מנהלים אחת שיש בה רק דירקטור אחד נוסף (ב) אשר המרחק הממוצע שלו מיתר הדירקטורים הוא 6. במצב זה המרחק הממוצע של דירקטור א' מיתר הדירקטורים הוא 7. כעת נניח שדירקטור א' התמנה לכהן במועצת מנהלים נוספת, שגם בה יש רק דירקטור אחד נוסף (ג) בעל מרחק ממוצע של 6 מיתר הדירקטורים. כעת דירקטור א' יכול "לבחור" את הדרך הקצרה להגיע לכל דירקטור x ברשת: אם הדרך קצרה יותר דרך דירקטור ב', אזי המרחק בין דירקטור א' לדירקטור x יישאר כפי שהיה לפני התמנותו של דירקטור א' למועצת המנהלים השנייה, אך אם הדרך קצרה יותר דרך דירקטור ג', אזי המרחק בין דירקטור א' לדירקטור x יתקצר (בכל מקרה יתקצר המרחק הממוצע, שכן המרחק לדירקטור ג' יהיה עתה 1, בעוד שלפני כן הוא היה גדול מ-1).

58 ראו תרשים 4 בנספח ג.

59 בטבלת הדירקטורים הממוצע מתייחס למרחק הממוצע מהדירקטור המצוין בטבלה אל יתר הדירקטורים. בטבלת החברות הנתון מתייחס לממוצע של המרחקים הממוצעים של כל אחד מהדירקטורים של אותה חברה. ראו טבלות 5 ו-6 בנספח ג.

- "איכותה" של מועצת המנהלים שבה הדירקטור מכהן – פרמטר זה משפיע הרבה יותר על רמת הקישוריות של הדירקטור. דירקטור הנמצא במועצת מנהלים שבה חברים דירקטורים מרכזיים ברשת יהיה מקושר מאוד גם אם הוא יושב במועצת מנהלים אחת בלבד. לדוגמה, אם במועצת מנהלים יושב דירקטור שרמת הקישוריות הממוצעת שלו היא 4, רמת הקישוריות הממוצעת של כל יתר הדירקטורים באותה מועצת מנהלים תהיה בהכרח קטנה מ-5 (קישור אחד לדירקטור המקושר ברמה 4 ועוד ארבעה קישורים במוצע לכל יתר הרשת).

6. האם הדירקטורים החיצוניים מעלים או מורידים את רמת הריכוזיות?

שאלה מעניינת לגבי רשת הדירקטורים היא אם הדירקטורים החיצוניים – שומרי-הסף האולטימטיביים – מעלים או מורידים את רמת הריכוזיות ברשת? אם התשובה היא שהם מעלים את רמת הריכוזיות ברשת, אזי יהיה על הרגולטור לשקול אם מצב זה ראוי, ולהניח לפני המחקר הצעה לתיקון.⁶⁰

ברכיב הקשירות הגדול של רשת הדירקטורים בישראל יש כאמור 2,391 דירקטורים, מתוכם 1,722 דירקטורים "רגילים" ו-669 דירקטורים חיצוניים (דירקטור המשמש גם דירקטור "רגיל" וגם דירקטור חיצוני נספר רק ברשימת הדירקטורים החיצוניים). חישובנו את ממוצע המרחקים של כל אחד מ-669 הדירקטורים החיצוניים לכל אחד מ-2,390 הדירקטורים האחרים ברשת (כלומר, את המרחק הממוצע מהדירקטור החיצוני אל כל דירקטור מלבד עצמו). חישוב דומה ערכנו בעבור כל אחד מ-1,722 הדירקטורים הרגילים. ממוצע הממוצעים בעבור 669 הדירקטורים החיצוניים יצא 5.446, ובעבור הדירקטורים הרגילים – 5.476 (בעבור כל הדירקטורים – 5.470). ההפרש בין התוצאות אינו מובהק סטטיסטית, כלומר, אי-אפשר לומר שרמת הקישוריות של הדירקטורים החיצוניים גבוהה מזו של הדירקטורים הרגילים.

7. דירקטוריות – האם הן מקושרות יותר או פחות?

ברשת הדירקטורים בישראל (ברכיב הקשירות הגדול שלה) יש 1,991 דירקטורים גברים ו-400 דירקטורים נשים. חישובנו את ממוצע המרחקים של כל אחת מ-400 הנשים ברשת ושל כל אחד מ-1,991 הדירקטורים הגברים לכל אחד מ-2,390 הדירקטורים האחרים ברשת. ממוצע הממוצעים בעבור 400 הנשים יצא 5.534, ובעבור הגברים – 5.454 (בעבור כל הדירקטורים – 5.470). כלומר, הנשים מקושרות פחות מאשר הגברים ברשת. ההפרש ברמת הקישוריות בין הגברים לנשים (0.08) אינו נראה גבוה במיוחד, אך מכיוון שכמעט בכל דירקטוריון (שמונה יותר מדירקטור אחד) יש לפחות אישה אחת, ההפרש בין רמת הקישוריות בין האישה

60 התייחסות להצעת חוק החברות שחשבה להגביל זאת ראו אצל גרוס, לעיל ה"ש 15, בעמ' 385–409.

לבין הדירקטורים הגברים באותה חברה חייב להיות לכל-היותר 1. ההפרש בין תוצאת הנשים לתוצאת הגברים הינו מובהק סטטיסטית, כלומר, ניתן לומר כי ההבדלים שנוצרו בין הגברים לנשים אינם מקריים. עובדה נוספת המחזקת את התוצאה הזו היא שברוב הדירקטוריונים שיש בהם דירקטור אחד בלבד מדובר בדירקטור גבר (בשיעור גבוה בהרבה מהפרופורציה בין גברים לנשים ברשת). עובדה זו הפחיתה את רמת הקישוריות של הגברים, ואף-על-פי-כן נמצאו הגברים מקושרים יותר מהנשים בהפרש מובהק סטטיסטית.

פרק ו: מציאת המרכז (center) של הרשת

מרכז של רשת הוא קודקוד ברשת שהמרחק המרבי ממנו לכל קודקוד אחר ברשת הוא הקטן ביותר. דירקטור הנמצא במרכז הוא כזה שהמרחק המרבי ממנו לכל יתר הדירקטורים הוא מינימלי.

יש חשיבות למציאת המרכז במובן של center. בעוד ה"מרכז" שעליו דיברנו ביתר הפרקים (median) נותן תחושה לגבי המהירות הממוצעת של העברת המידע מדירקטור אחד ליתר הדירקטורים (אצל הדירקטור המרכזי ה"מהירות" הממוצעת הייתה 3.54 צעדים), המרכז במובן של center נותן את מספר הצעדים (ה"זמן" הכולל) הדרוש על-מנת להגיע מהדירקטור המרכזי אל כל הדירקטורים האחרים. נניח, לצורך המחשה, שמידע המצוי אצל דירקטור x עובר לכל שכניו לאחר יום שלם. המרחק המרבי של דירקטור x מכל יתר הדירקטורים ייתן לנו את מספר הימים שיחלפו עד שהמידע יעבור ממנו אל כל הדירקטורים ברשת. אם דירקטור x הוא דירקטור מרכזי ברשת במובן של center, מספר זה יהיה מינימלי. יש לשים לב כי מרכז במובן של center יכול לכלול יותר מדירקטור אחד. כדי למצוא דירקטור מרכזי במובן של center, צריך ליצור את מטריצת המרחקים מכל דירקטור לכל דירקטור. בכל שורה במטריצה צריך למצוא את המספר המרבי (כלומר, את מספר הצעדים המרבי להגעה מהדירקטור הספציפי אל הדירקטור הכי מרוחק ממנו). לאחר-מכן צריך לבחור את הדירקטור (או הדירקטורים) שבעבורו המרחק הזה הוא הקטן ביותר.

מובן שברשת הדירקטורים המרכזי במובן של center חשוב פחות מהמרכז במובן של median. להבהרת משפט זה נביא דוגמה (מוקצנת). נניח כי הרשת כוללת שלוש חברות: חברת "שמאל", שבה חברים שני דירקטורים – דירקטור א ודירקטור ב; חברת "מרכז", שבה חברים שני דירקטורים – דירקטור ב ודירקטור ג; וחברת "ימין", שבה חברים 100 דירקטורים – דירקטור ג ועוד 99 דירקטורים אחרים שאינם א או ב. ברשת זו הדירקטורים ב ו-ג הם ה-center (מרחק 2). עם זאת, במובן של median מתקבל שדירקטור ג הוא המרכז (ושהדירקטורים שבחברת "ימין" "מרכזיים" יותר מדירקטור ב. זו אכן התוצאה שהיינו רוצים לקבל בעבור רשת זו, שכן דירקטור בחברת "ימין" מכיר כמעט את כל הדירקטורים ברמת היכרות 1, ואילו דירקטור ב מכיר את רוב הדירקטורים ברמת היכרות 2 בלבד.

ברשת הדירקטורים בישראל המרכז אינו קודקוד יחיד. התקבלו חמש חברות הממוקמות במרכז הרשת, ובחברות אלה כל הדירקטורים הם דירקטורים מרכזיים (38 במספר). אחד מהם הוא גם ה־median. נוסף עליהם קיימים 7 דירקטורים אשר אינם מכהנים כדירקטורים באחת מהחברות במרכז הרשת, אך צירוף החברות שבהן הם מכהנים ממקם גם אותם במרכז הרשת במובן של center. המרחק שהתקבל מן ה־center הוא 8, כלומר, המרחק המרבי מכל אחד מאותם 45 קודקודים אל הקודקוד המרוחק ממנו ביותר הוא 8 יחידות. ממוצע המרחקים בעבור 45 הקודקודים שב־center הוא 4.26 יחידות (בערך כמו המרחק הממוצע של הדירקטור ה־100 בדירוג ה־median).

פרק ז: סיכום ומחשבות ראשוניות על השלכות משפטיות אפשריות של המודל

בעבודה זו נעשה ניסיון, ראשון בישראל, למפות את הטופולוגיה של רשת הדירקטורים בחברות הציבוריות בישראל. במסגרת זו מצאנו את האפיונים המרכזיים של הרשת, את מרכז הרשת, את המרחקים בה ואת הטרנזיטיביות הרשתית שהיא מציגה.

באמצעות מיפוי זה ניסינו, ראשית, לתת תשובה לשאלה המעניינת בתחום מחקר זה: האם רשת הדירקטורים בישראל מהווה "עולם קטן"? כפי שמראים הממצאים, רשת הדירקטורים בישראל הינה אכן "עולם קטן", שכן אף־על־פי שבין הדירקטורים בה קיימים 11,000 קשרים (מתוך מיליוני הקשרים האפשריים), ניתן להגיע מכל דירקטור לכל דירקטור במהלך ממוצע של 5–6 צעדים בלבד. עם זאת, היא אינה קטנה מהצפוי. דהיינו, ברשת אקראית (המבוססת על אותם פרמטרים) המרחק הממוצע והטרנזיטיביות הרשתית לא היו גבוהים יותר (ולמעשה הם נמצאו אף נמוכים יותר).

ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם ממצאים לגבי רשתות דירקטורים בארצות־הברית, באנגליה ובגרמניה, על־אף השוני במודל הממשל התאגידי הנקוט בהן.

במאמר זה לא ניתנה תשובה מוחלטת לשאלה אם דירקטורים מקושרים נוטים לשבת יחד עם דירקטורים מקושרים אחרים, ואם דירקטורים לא־מקושרים נוטים לכהן יחד עם דירקטורים לא־מקושרים אחרים. עם זאת, אנו מתרשמים כי זה המצב ברשת הדירקטורים בישראל. שאלה זו מצריכה עיון עמוק לא רק בתמונת־המצב הנוכחית של הרשת, אלא גם בתהליך הדינמי האבולוציוני שבבסיסה.

אף שהמאמר לא עסק מפורשות בתמריצים של דירקטורים וחברות להעביר מידע ביניהן (באופן חוקי), נראה כי את העובדה שרשת הדירקטורים מציגה תכונות של "עולם קטן" יש להביא בחשבון בשאלות הנוגעות בחוק החברות ובחוק ניירות־ערך.

אחת השאלות שראוי לבחון בהקשר זה היא אם יש מקום לפתח מנגנון רגולטורי אשר יווסת את רמת הקישוריות של דירקטוריונים בחברות ציבוריות, מחד גיסא, אך לא יפגע יתר על המידה באוטונומיה של בעלי המניות למנות דירקטורים כראות עיניהם, מאידך

גיסא. ניתן לשער שאחד הגורמים למשברים פיננסיים הוא מעבר מהיר של פרקטיקות "רעות" מחברה לחברה. ודוק, אף שבחוקי החברות קיימים מנגנונים שתפקידם לפקח על פעילותו התקינה של הדירקטוריון בחברה הציבורית, נראה שמנגנונים אלה אינם נותנים מענה מספק למהירות הגדולה שבה המידע עובר בין החברות השונות. דוגמה לכך ניתן לראות במנגנון הדירקטור החיצוני בישראל.⁶¹ מנגנון זה מאבד מעילותו כאשר דירקטורים חיצוניים מכהנים במקביל בכמה דירקטוריונים, ועלולים להעביר פרקטיקות "חולות" בין החברות שבהן הם מכהנים. לעומת זאת, ניתן לטעון כי דווקא מינוי דירקטורים חיצוניים "מקושרים" ממריץ העברת מידע "בריא" ומרסן אימוצן של פרקטיקות "חולות". זאת, מתוך הבנה שלדירקטור החיצוני ה"מקושר" יש היכרות מעמיקה עם תחומי הפעילות השונים של החברות שבהן הוא מכהן, בהינתן שלא אחת יש חפיפה בין תחומי פעילות אלה.

לנוכח האמור לעיל נראה שיהיה אפשר לכמת ולווסת את מעבר המידע בין הדירקטוריונים השונים, ולו באופן חלקי, בעזרת שתי חלופות אפשריות, בלוויית חשיבה מחדש על התמריצים להעברת מידע. אפשרות אחת היא הסדרה רגולטורית שבה תיקבע רמת הקישוריות הרצויה בדירקטוריונים של חברות על-פי ענפי משק שונים ולאור מודל זה. אפשרות אחרת, פולשנית פחות, היא לחייב חברות ציבוריות לפרסם ערכים שונים שעניינם רמת הקישוריות של הדירקטורים והדירקטוריון שלהן (רמה אשר משתנה מזמן לזמן בשל שורה של גורמים), כחלק מהמידע שניתן לציבור המשקיעים. כך יוכל השוק לתמרץ, לפי ראות עיניהם של המשקיעים, דירקטוריונים שיימצאו "מקושרים" יותר או "מקושרים" פחות לפי ערכי מודל זה.

נוסף על האמור לעיל, אנו סבורים שמחקרנו, יחד עם מחקרי-המשך שייערכו, יכול לסייע במתן תשובות – שבחלקן כבר הובאו במאמר זה, אם כי באופן ראשוני – לסדרה נוספת של שאלות חשובות של קביעת מדיניות בתחומי חוק החברות וחוק ניירות-ערך, ביניהן, לדוגמה:

1. האם יש מקום להגביל את מספר הדירקטוריונים (שאינם בקבוצה אחת, כגון דירקטוריון של חברה-אם ודירקטוריון של חברה-בת, אף אם היא אינה בבעלותה המלאה של החברה-האם) שאדם יכול לכהן בהם, ואם כן – האם המספר המרבי יהיה זהה לכל דירקטור או שמא הוא יהיה תלוי בפרמטרים שונים (אופי החברה, הענף, מספר הדירקטורים, מידת הקישוריות שלהם וכולי)?
2. מה המשמעויות הנובעות מכך שדירקטור חיצוני מכהן ככזה בכמה דירקטוריונים?
3. האם המבנה של "רשת הדירקטורים" צריך להשפיע על קביעת משך הכהונה של דירקטורים?
4. האם חברות ביטוח, המבטחות דירקטורים בביטוח נושאי-משרה, צריכות לייחס משקל ניכר ל"רשת הדירקטורים"?
5. האם החוק המעודד מינוי נשים לדירקטוריונים (סעיף 239 לחוק החברות) הוביל לרמת קישוריות נאותה של דירקטוריות ברשת?
6. מה ההשפעה של "רשת הדירקטורים" על תפוצתן ושכיחותן של פרקטיקות שונות?

61 ראו ס' 212(ג) לחוק החברות.

אייל סולגניק, יצחק סוארי, לירון קונסטנטין משפט ועסקים יא, התשס"ט

7. האם קיים מתאם גבוה בין הקישוריות של דירקטורים לבין הקישוריות של יועצים שונים סביב אותן חברות?
 8. האם יש מקום לחשיבה מחודשת ורעננה על מונחי-השסתום "ניגוד עניינים" ו"עניין אישי" לאור הטופולוגיה הרשתית?
 9. האם המודל יכול לאפשר מתן ערך כמותי לתלותו או לאי-תלותו של "דירקטור בלתי-תלוי", כפי שהאחרון מתואר בתיקון 8 לחוק החברות?⁶²
- עבודתנו זו היא בגדר סנונית ראשונה. אנו מקווים כי בעקבותיה ייעשו עבודות הנוגעות ברשתות אחרות, כגון רשת היועצים, רשת רואי-החשבון או רשת עורכי-הדין. עבודות אלה יהיו מעניינות וחשוב שייכתבו, על-אף מורכבותן הרבה יותר של רשתות אלה בהשוואה לרשת הדירקטורים (בשל אי-זמינותם של נתונים פומביים). אנו סבורים כי ניתוח ואפיון של רשתות אלה יוכלו לסייע בהבנת היתרונות הרבים הגלומים בשימוש באותם יועצים (כגון רואי-חשבון ויועצים משפטיים), אך בה-בעת להצביע על התגברות הסכנה של התפשטות "וירוסים חשבונאיים ומשפטיים" בשוק ההון כולו.
- אנו מקווים כי בד בבד ייעשו נסיונות להבין את התמונה הרחבה יותר של "ממסרים" בין תאגידים, על-מנת שהפיקוח – אשר כיום, גם במפותחים שבשווקים, ממוקד כולו בחברה היחידה – יותאם לעולם מורכב זה.

62 ראו הצעת חוק לתיקון חוק החברות (תיקון מס' 8) (כשירות דירקטור ודירקטור בלתי תלוי), התשס"ח-2008, ה"ח 296.

נספח א: אופן החישוב של רשת הדירקטורים האקראית⁶³

The degree distribution associates a probability P_k with each possible value of the degree K , where K is any non-negative integer. Such distributions permit one to construct a probability generating function, $G(x)$, which is a function of one variable defined by the infinite sum

$$(6) \quad G(x) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k x^k$$

and it is a general property of generating functions that $G(1) = 1$. For generating functions arising from degree distributions the mean degree is given by

$$(7) \quad z = \langle k \rangle = \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot p_k = G'(1)$$

Here the angle brackets are the expectation operator. Formulae for higher moments of the distribution, as well for the generating functions for sums of independent samples from distribution are also simply related to $G(x)$. Generating functions arising from empirical degree distributions are, of necessity, finite polynomials as any real data set has a node of highest degree and thus a maximal nonzero p_k .

A bipartite graph of the corporate world has two empirical degree distributions and so gives rise to two generating functions. One, which we shall call $f_0(x)$, generates the degree distribution for the directors. That is, it generates the distribution of the number of boards on which a director sits. For concreteness, say that the frequency with which one finds a director serving on j boards is p_j . Then $f_0(x)$ is given by

$$(8) \quad f_0(x) = \sum_j p_j x^j$$

We shall refer to the other empirical distribution, the one for the degree of boards (that is, the number of directors per board) as $g_0(x)$. So if the empirical frequency for boards made up of K directors is q_k then $g_0(x)$ is

63 Conyon & Muldoon, לעיל ה"ש 44.

$$(9) \quad g_0(x) = \sum_k q_k x^k$$

Our real objects of interest are the two projections of the bipartite graph: one whose nodes are boards and whose edges represent shared directors (the graph showing board interlocks) and another whose nodes are directors and whose edges connect directors that sit on one (or more) board in common. The charm of the generating function approach is that it permits one to start with the empirical generating functions $f_0(x)$ and $g_0(x)$ and derive expressions for the generating functions for the degree distributions in the projections. We will refer to these derived distributions as the theoretical degree distributions to emphasize that they are not measured directly from the data. Instead, they describe the distribution of degrees one would find in random corporate worlds constructed by applying the methods of the previous section to the empirical degree distributions. These theoretical degree distributions are the device by which we obtain expected values of the small-world statistics without having to generate and analyze random graphs.

Suppose now that we are investigating a corporate world in which N directors sit on M boards. Suppose further that the mean number of seats on a board is v and that the mean number of directorships held is μ . The bipartite graph representing this community has one edge for each seat on a board and so $vM = (\text{number of seats on boards}) = \mu N$.

We will refer to the generating function for theoretical degree distribution of the projection onto directors as $g_0(x)$. Newman et al. (2001) show that it is given by

$$(10) \quad G_0(x) = f_0\left(\frac{g'_0(x)}{g'_0(1)}\right) = f_0\left(\frac{1}{v} g'_0(x)\right)$$

where $g'_0(1) = v$ is the mean board size. As the empirical generating functions $f_0(x)$ and $g_0(x)$ are finite polynomials, $g_0(x)$ is too. By examining its coefficients one can obtain predictions for the frequencies with which vertices of various degrees will appear in the projection: that is, one can obtain the probabilities that define the theoretical degree distribution. But one can predict other things as well; the expected degree of a vertex in the projection (that is, the expected total number of codirectors for a randomly selected director) is

$$(11) \quad z = g'_0(1)$$

and the expected mean path length in the projection is

$$(12) \quad \langle L \rangle = 1 + \frac{\ln(N / G_0'(1))}{h \left(\left(\frac{f_0''(1)}{f_0'(1)} \right) \left(\frac{g_0''(1)}{g_0'(1)} \right) \right)}$$

Note that the quantity in the denominator involves ratios of the first and second derivatives of the empirical generating functions. Additionally, one can predict the value of one of the two clustering coefficients:

$$(13) \quad \langle C_\Delta \rangle = \frac{M \cdot g_0'''(1)}{N \cdot G_0''(1)}$$

The corresponding expressions for the projection whose vertices are boards may be obtained similarly and are

$$F_0(x) = g_0 \left(\frac{f_0'(x)}{f_0'(1)} \right)$$

$$z = F_0'(1)$$

$$\langle L \rangle = 1 + \frac{\ln(M / F_0'(1))}{h \left(\left(\frac{g_0''(1)}{g_0'(1)} \right) \left(\frac{f_0''(1)}{f_0'(1)} \right) \right)}$$

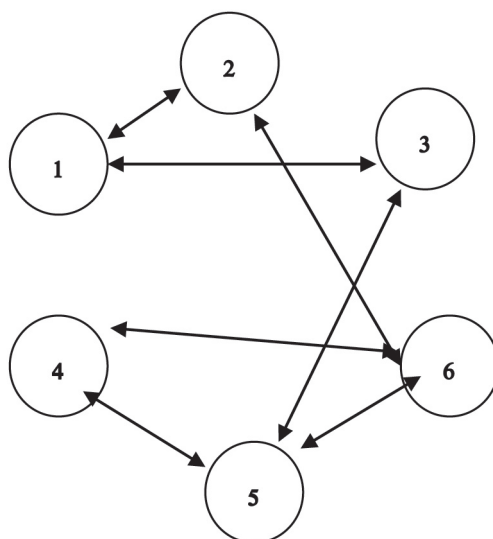
$$(14) \quad \langle C_\Delta \rangle = \frac{N \cdot f_0'''(1)}{M \cdot F_0''(1)}$$

In our empirical work below we use equations 10, 12, and 13 for the projection whose vertices are directors and equations 14 for the projection whose vertices are boards. We then calculate the actual path lengths and clustering coefficients from the data on the US, Britain and Germany. We compare these to the afore mentioned random graph measures, constructed on the observed degree distribution. Our approach differs from such prior small-world research in the social science literature as that of Kogut & Walker (2001), Davis et al. (2003), Baum et al. (2003)

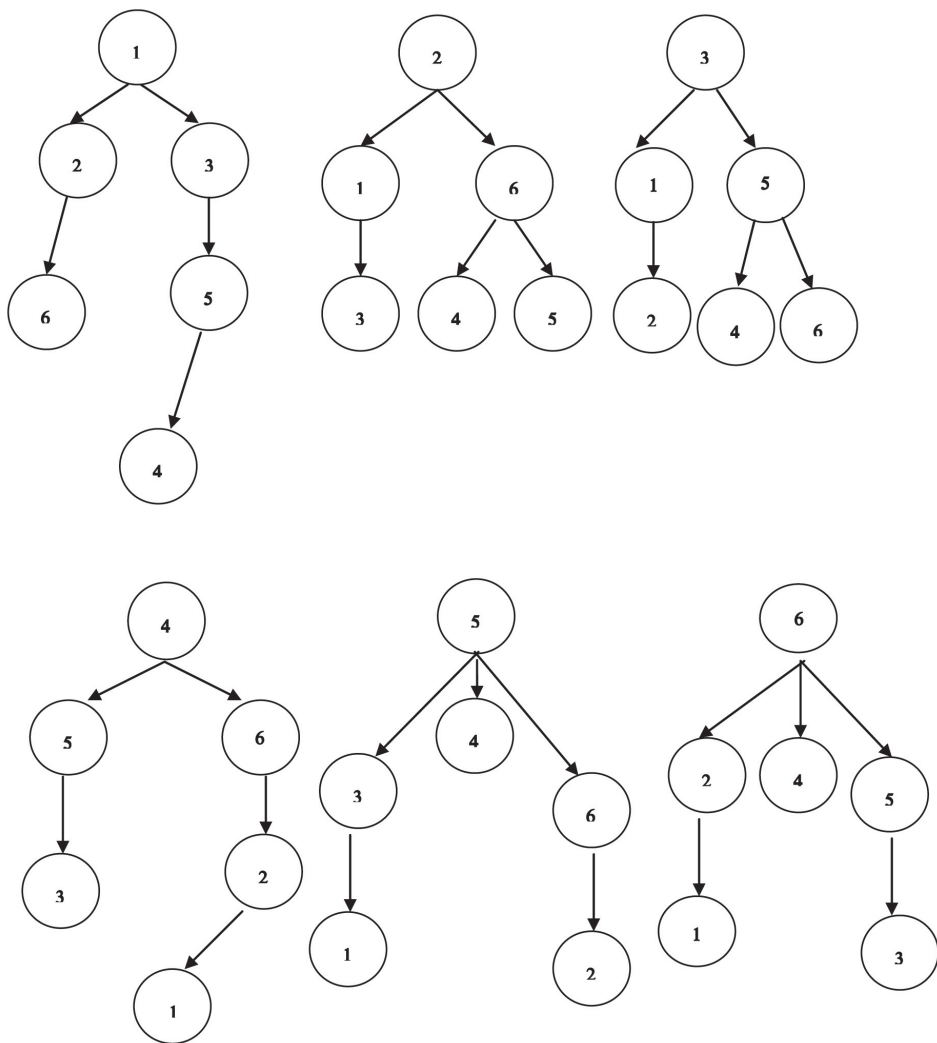
and Schilling & Phelps (2004). These researchers compare actual small-world measures to those arising from an unstructured (i.e. Poisson) random graph. However, the degree distribution of their networks is likely to be measurably different from a Poisson distribution. In consequence, such an approach can lead to the possibility of concluding that the world is "small" when in fact it is not much different from what one would expect by chance, given the degree structure — the distributions of board size and number of directorships held — observed in the social network of corporate governance.

נספח ב: מציאת מרחק בין שני דירקטורים

רשת לדוגמה



שישה עצים פרושים



הצגת תוצאות האלגוריתם במטריצה (6X6)

	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	3	2	2
2	1	0	2	2	2	1
3	1	2	0	2	1	2
4	3	2	2	0	1	1
5	2	2	1	1	0	1
6	2	1	2	1	1	0

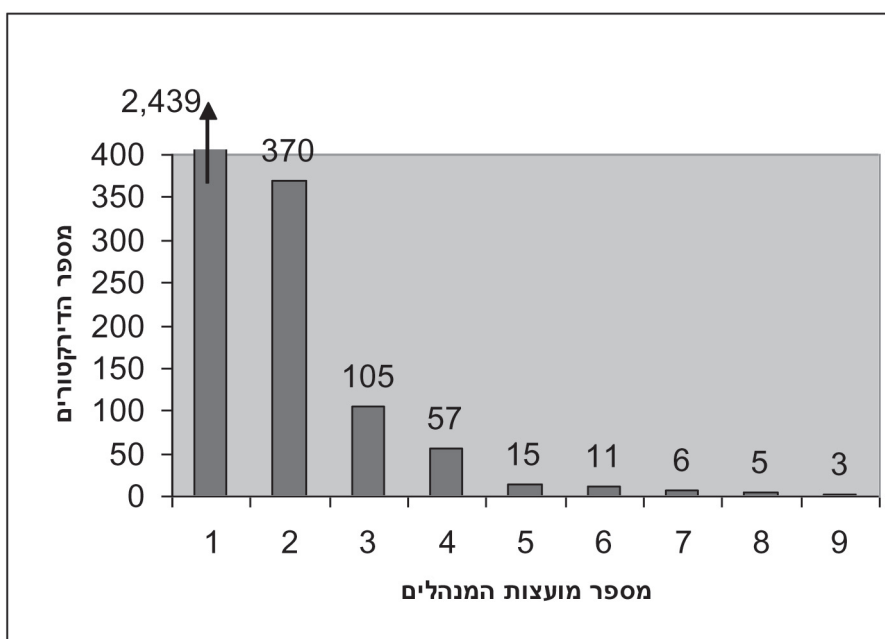
הצגת התפלגות המרחקים בעבור הקודקודים ובעבור הגרף כולו

קודקוד	מספר הקודקודים המרוחקים במרחק 1	מספר הקודקודים המרוחקים במרחק 2	מספר הקודקודים המרוחקים במרחק 3
1	2	2	1
2	2	3	0
3	2	3	0
4	2	2	1
5	3	2	0
6	3	2	0
התפלגות המרחקים בעבור הגרף כולו (ממוצע)	2.33	2.33	0.33

נספח ג: רשת הדירקטורים בישראל – תוצאות

1. הנתונים הבסיסיים

תרשים 1: התפלגות כלל הדירקטורים (כולל אלה הנמצאים ברכיבי הקשירות הקטנים) לפי מספר מועצות המנהלים שהם מכהנים בהן



טבלה 1: השוואה בין ישראל לבין גרמניה, אנגליה וארצות-הברית

ישראל	ארצות-הברית	בריטניה	גרמניה	
3,011	17,277	14,552	14,904	מספר הדירקטורים
2,439	13,330	11,541	12,747	דירקטורים אשר חברים בחברה אחת בלבד (כולל גם את הדירקטורים ברכיבי הקשירות הקטנים)
546	1,733	2,236	2,354	מספר החברות
5.51	9.97	6.51	6.33	גודלה של מועצת מנהלים ממוצעת
1.32	1.63	1.84	1.45	ממוצע לדירקטור של מספר החברויות במועצות המנהלים
2,391	11,057	8,850	4,185	רכיב הקשירות הגדול – כמות דירקטורים
447	1,473	1,732	582	רכיב הקשירות הגדול – כמות חברות
79.4%	64.0%	60.8%	28.1%	שיעור הדירקטורים ברכיב הקשירות הגדול
81.9%	85.0%	77.5%	24.7%	שיעור החברות ברכיב הקשירות הגדול

2. רכיב הקשירות הגדול

טבלה 2: הנתונים הבסיסיים לגבי הדירקטורים הנמצאים ברכיב הקשירות הגדול

כמות החברות שבהן הדירקטור חבר	מספר הדירקטורים בפועל	אילו חילקנו אותם באופן אקראי ⁶⁴
1	1,861	1,628
2	328	626
3	105	120
4	57	15
5	15	2
6	11	0
7	6	0
8	5	0
9	3	0

64 כלומר, אילו חילקנו את 3,310 מושבי הדירקטורים הקיימים ל-2,391 הדירקטורים ברכיב הקשירות הגדול באופן הבא: כל דירקטור מקבל מושב אחד, ואת 919 המושבים הנותרים אנו מחלקים באופן אקראי בין 2,391 הדירקטורים. חלקם (רובם) ייוותרו עם המושב היחיד שנתנו להם בהתחלה, ואילו חלקם יקבלו מושבים נוספים. "בני-המזל" יצליחו לקבל אף 4 מושבים נוספים. החישוב מבוסס על ההתפלגות הפואסונית, כאשר התוחלת ל"הצלחה" היא 0.38435-919/2391. התוצאות מעוגלות לשלם הקרוב ביותר.

טבלה 3: הדמיון בין הנתונים בפועל לבין הנתונים המצופים מהרשת לגבי כל הרשתות שנבחנו

רשת	קודקודים	L - מרחק			C - טרנזיטיביות רשתית		
		מצופה	בפועל	הפרש	מצופה	בפועל	הפרש
ישראל	2,391	3.960	5.470	1.510	0.639	0.651	0.012
ארצות-הברית	11,057	4.228	5.188	0.960	0.560	0.556	-0.004
בריטניה	8,850	4.795	6.462	1.667	0.546	0.612	0.066
גרמניה	4,185	3.504	6.398	2.894	0.622	0.719	0.097

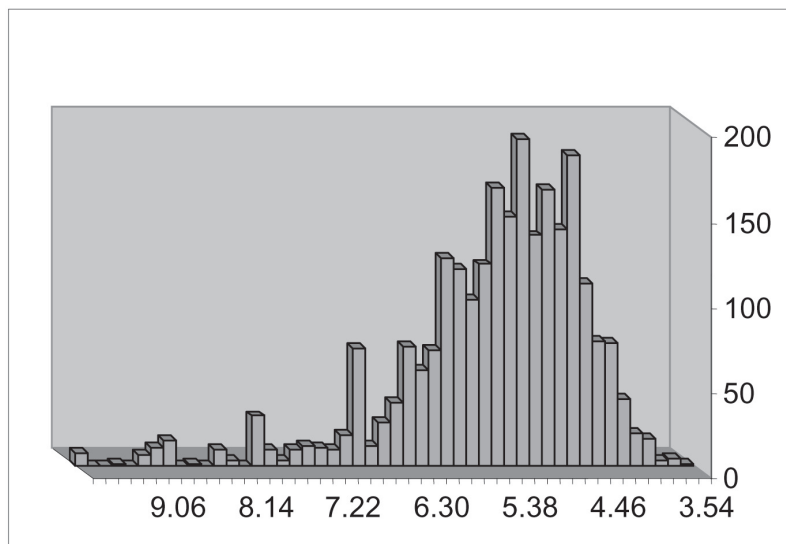
תרשים 2: ההסתברות בפועל למספר הדירקטורים שאיתם מחוברים באופן ישיר לעומת ההסתברות האקראית



טבלה 4: הנתונים הסטטיסטיים לגבי המרחק בין זוג דירקטורים כלשהם

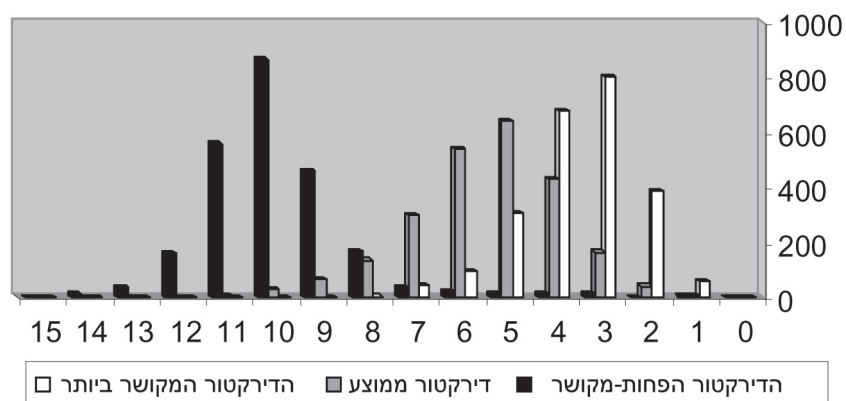
5.467570166	ממוצע (Mean)
5.298619824	חציון (Median)
5.503554998	שכיח (Mode)
0.955823488	סטיית-התקן של הממוצע (Standard Deviation)
0.91359854	שונות הממוצע (Sample Variance)
6.30823923	טווח הערכים (Range)
3.541614387	הערך המינימלי (Minimum)
9.849853618	הערך המרבי (Maximum)
2,391	מספר הדירקטורים (Count)

תרשים 3: התפלגות המרחקים בין כל זוגות הדירקטורים



רוב הדירקטורים מקושרים במרחק ממוצע של 4-7 יחידות עם כל יתר הדירקטורים.

תרשים 4: התפלגות מספר הקישורים הנדרשים על-מנת להגיע לדירקטור אחר מהדירקטור המקושר ביותר, מהדירקטור הפחות-מקושר ומהדירקטור הממוצע



אייל סולגניק, יצחק סוארי, לירון קונסטנטין משפט ועסקים יא, התשס"ט

3. רשימת הדירקטורים והחברות המקושרים ביותר

טבלה 5: רשימת הדירקטורים המקושרים ביותר

ממוצע	מיקום הדירקטור	ממוצע	מיקום הדירקטור
3.955	27	3.542	1
3.957	28	3.563	2
3.961	29	3.570	3
3.966	30	3.584	4
3.970	31	3.650	5
3.977	32	3.704	6
3.978	33	3.731	7
3.980	34	3.789	8
3.983	35	3.815	9
3.993	36	3.820	10
3.994	37	3.829	11
4.009	38	3.832	12
4.016	39	3.835	13
4.031	40	3.835	14
4.032	41	3.852	15
4.037	42	3.859	16
4.054	43	3.869	17
4.072	44	3.879	18
4.072	45	3.893	19
4.077	46	3.905	20

משפט ועסקים יא, התשס"ט

מיפוי רשת דירקטורים בישראל

ממוצע	מיקום הדירקטור	ממוצע	מיקום הדירקטור
4.088	47	3.906	21
4.093	48	3.910	22
4.097	49	3.931	23
4.097	50	3.932	24
4.097	51	3.940	25
		3.944	26

טבלה 6: רשימת החברות המקושרות ביותר

ממוצע	מיקום החברה	ממוצע	מיקום החברה
4.108	14	3.801	1
4.115	15	3.811	2
4.116	16	3.852	3
4.130	17	3.872	4
4.157	18	3.879	5
4.195	19	3.932	6
4.213	20	3.969	7
4.213	21	3.993	8
4.224	22	4.015	9
4.227	23	4.039	10
4.264	24	4.047	11
4.285	25	4.082	12
		4.105	13

