



כסלו תשע"ו
דצמבר 2015

איגרת

גיליון 37

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים



תמונת השער:

בכריכת החוברת אילוסטרציה על המאמר:
"שימושים ממשיים למספרים לא ממשיים",
בהשראת מאמרו של פרופ' לובוצקי
(ראה להלן בעמ' 27)

עורכת (הדוברת ומנהלת קשרי הציבור): אביטל בר
עריכת לשון: יהודית (דיתיק) ידלין
תצלומים: ארכיון האקדמיה, ששון תירם ומקורות אחרים
(המצוינים בטקסט)
עיצוב והפקה: סטודיו נאווי+שירה

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

רחוב ז'בוטינסקי 43
כיכר אלברט איינשטיין, ירושלים 9104001
טל' 02-5676222, פקס' 02-5666059
avital@academy.ac.il, www.academy.ac.il

מועצת האקדמיה

פרופ' נילי כהן (הנשיאה)
פרופ' דוד הראל (סגן הנשיאה)
פרופ' איתמר וילנר (יו"ר החטיבה למדעי הטבע)
פרופ' יוסף קפלן (יו"ר החטיבה למדעי הרוח)
פרופ' רות ארנון (הנשיאה היוצאת)
ד"ר מאיר צדוק (המנכ"ל)



תוכן העניינים

3 הרצאות הבכורה של החברים החדשים בתשע"ה

4..... העברית והארמית במרוצת הדורות.
פרופ' משה בר-אשר

12..... האימפריה המונגולית כנקודת מפנה בהיסטוריה העולמית.
פרופ' מיכל בירן

20..... רגעי ההולדת של זיכרונות חדשים וישנים במוח האדם.
פרופ' ידין דודאי

27..... שימושים ממשיים למספרים לא ממשיים.
פרופ' אלכס לובוצקי

35..... צבירת טענות במשפט.
פרופ' אריאל פורת

43 באקדמיה

44..... 5 שנות נשיאות - דברי הנשיאה היוצאת פרופ' רות ארנון.

49..... כינוס BIG DATA.
ד"ר שרון אהרונסון-להבי

52..... כינוס מתמטיקאיות ראשון.
אסף אוני ואביטל בר

54..... חידוש ההסכם עם סין.
יצחק רביחיא ואביטל בר

56..... מלגאי אדמס חוזרים ונקלטים בבית.
אסף אוני

64 בהוצאה לאור

טלי אמיר

68..... ספרים חדשים מאת חברי האקדמיה

71..... רשימת חברי האקדמיה

**הרצאות
החברים
החדשים
בתשע"ה**

העברית והארמית במרוצת הדורות



מאת פרופ' משה בר־אשר

כתובה. ויש זמנים שאין לדבר בהם על עקבות בלבד אלא על נוכחות מקיפה, מוכחת ומרשימה של הארמית בעברית. אפילו היום ממש אין שאלת הזיקה בין שתי הלשונות יורדת מסדר היום, כפי שניבט מדיון שהתפרסם כלפני שלושה חודשים בגיליון מס' 2 של החוברת המתקראת "לשון ומשפט"³. מקובל אבוא תחילה אל הַרְאִשִׁית של הַרְאִשִׁית. מקובל שהשירה המקראית הקדומה – זו הנתונה לנו למשל בברכת יעקב ובברכת משה, בשירת הים, בפרשת האזינו ובשירת דבורה – מוסרת את הקדומים שבטקסטים המקראיים שנכתבו במאה העשירית לפני הספירה ואולי אפילו מעט לפני⁴. בטקסטים האלה נשמרו כמה מקווי הלשון הקדומים של העברית בדקדוק ובאוצר המילים, כגון הסימות י' שבמילים אֶסְרִי, בְּנֵי שבפסוק "אֶסְרִי לגפן עירה, ולשרקה בְּנֵי אתנו" (בראשית מט:יא) ולא "אֶסֶר לגפן עירה

ה נושא שאני עוסק בו הוא אחד הפרקים החשובים והמרתקים בתולדות הלשון העברית, ככל שאנשים חושבים שענייני לשון עשויים להיות מרתקים. הכוונה למערכת הקשרים בין הלשון העברית והלשון הארמית לדיאלקטים השונים שלה, לאורך שלושת אלפי השנים ויותר שבהן שתי הלשונות מתועדות. לפני חמישים שנה עסק בנושא הזה בקצרה מורי פרופ' יחזקאל קוטשר תוך התמקדות בתקופות הקדומות,¹ ולפני עשרים וחמש שנה עסקתי אני בזה בפירוט יתר, תוך ברור הסוגיה הזאת בזמן החדש בלבד.² ויש מה להוסיף על שני הבירורים האלה גם בנתונים וגם בפשרם. בעיון הזה אביא כאן בקצרה כמה מהתוספות. כבר בראשית הדברים צריך לומר שאין לנו תקופה בתולדות העברית שאין רואים בה את עקבות המגע שלה עם הארמית, הן כְּלָשון מדוברת, הן כְּלָשון

הדברים מבוססים על הרצאת הבכורה כחבר חדש באקדמיה הלאומית הישראלית למדעים (א בטבת תשע"ה / 23 בדצמבר 2014). נוספו כאן מעט הערות וביבליוגרפיה.

(1) ראה יחזקאל קוטשר, העברית ובנות לווייתה, עמ' שה-שי.
 (2) ראה מ' בר־אשר, הארמית. וכן בסעיף "על הארמית בעשייה בלשון" (בר־אשר, פרקי עיון, §§34-37 בעמ' 113-116).
 (3) הד ממנו מובא להלן בסוף המאמר.
 (4) גם מי שטוען שלא כל השירה הקדומה באה מן המאה העשירית יודה שיש בה בכל אחד מהטקסטים האלה קווי קדמות לא מבוטלים, ובכללם זיקה לארמית הקדומה ומילים המשותפות להם ולארמית הקדומה.

פועל ארמי והלבישו לבוש עברי – יִתְנוּ (ולא יִתְנוּן כמתבקש בדקדוק הארמי).

הנה הדוגמה השנייה – אנו קוראים שם: "יִדָּה לְיִתְדַ תְּשִׁלְחָנָה וְיִמְיָנָה לְהִלְמוֹת עַמְלִים, וְהִלְמָה סִסְרָא מְחָקָה רֵאשׁוּ וּמְחָצָה וְחִלְפָה רְקָתוּ" (שם כו). כבר לפני שנים העמיד החוקר ויליאם פ' אולברייט על קיומם של שני פעלים נרדפים בפסוק הזה שמוצאם אחד: מְחָקָה וּמְחָצָה. מְחָצָה הוא פועל עברי ידוע.

מְחָקָה הוא החלופה השאולה מהארמית שנשתלבה בפסוק בלבוש עברי.⁵ כנגד מְחָץ בצד"י בעברית עשוי לבוא בארמית הקדומה מְחַק בקו"ף, בדומה למקבילה אַרְךְ לעומת אַרְקָא בפסוק הארמי שבספר ירמיה: "אַלְהִיָּא דִּי שְׁמִיָּא וְאַרְקָא לָא עֲבָדוּ" (י:א). לימים נתממש העיצור הזה



בארמית כע"ו, כגון אַרְקָא בפסוקית "יֵאבְדוּ מֵאַרְקָא וּמִן תְּחֹת שְׁמִיָּא אֱלֹהִים" בפסוק הנזכר מספר ירמיה. הכתיב בקו"ף מוכר היטב מתעודות ארמיות קדומות וידוע גם מהארמית של תעודות יב ממצרים.⁶ מחברה של שירת דבורה, שביקש להרבות בתיאור ההכאה, הוסיף לשני הפעלים בעברית – הִלְמָה, מְחָצָה – גם את הפועל מְחָקָה ששאל מהארמית.⁷

ולשרקה בִּן אתנו", כנוהג וכמקובל בעברית המקראית הקלסית. והנה דוגמה מתחום אוצר המילים: בשירה הקדומה מצוי הכינוי הפיוטי שנתכנה בו היין: "יָדַם עֲנָבִים" (בראשית מט:יב) או "יָדַם עֲנָב" (דברים לב:יד), כנאמר שם בפסוקים "כִּבֵּס בַּיַּיִן לְבָשׁוּ וּבָדַם עֲנָבִים סוּתָה", "יָדַם עֲנָב תְּשִׁתָּה חֶמֶר".

נוסף על קווי הקדמות מן העברית כדוגמות שהבאתי, יזכר קו בולט אחר בשירה הקדומה המתבטא בשתי

תופעות לשון: (א) מילים שנשאלו מהארמית הקדומה; (ב) מילים משותפות לעברית הקדומה ולארמית. ויש מי שרואה בשתי התופעות האלה שני פנים של עניין אחד.

(א) לסוג הראשון, היינו מילים שנשאלו מהארמית, שייכים למשל שני הפעלים יִתְנוּ וּמְחָקָה בשירת

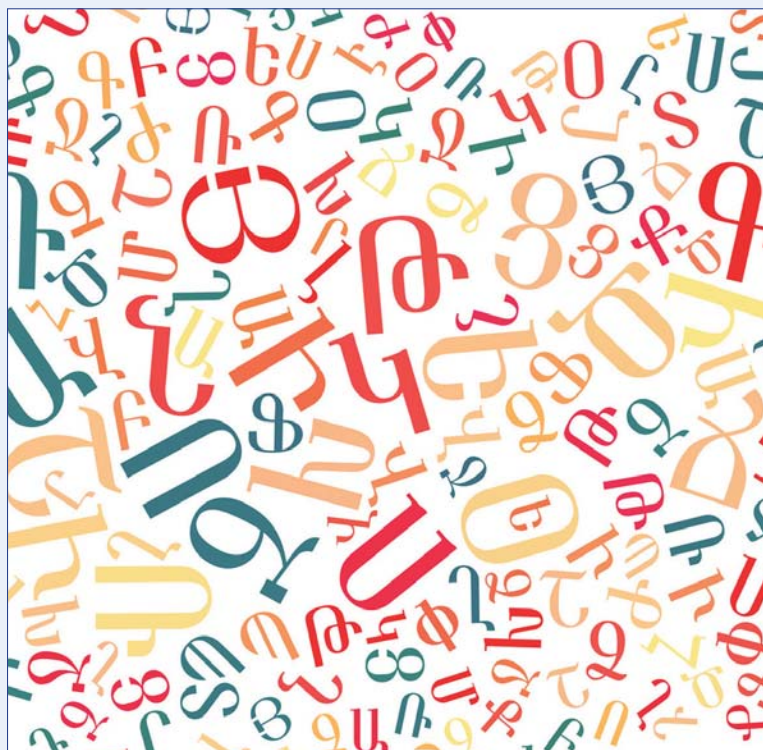
דבורה. הרי הדוגמות המפורשות: "שָׁם יִתְנוּ צְדָקוֹת ה' צְדָקוֹת פְּרִזּוֹנוֹ בְּיִשְׂרָאֵל" (שופטים ה:יא). הצורה יִתְנוּ גזורה מהשורש תנ"י בארמית, המקבילה העברית היא יִשְׁנוּ. בדומה לזוג שְׁלוֹשׁ/תְּלַת. בשני הזוגות האלה מצוי העיצור הביני-שני תי"ו חוככת [t], כעיצור הראשון במילה האנגלית three. עיצור זה התגלגל לעברית כשי"ן ולארמית כתי"ו. מחברה של שירת דבורה שאל

(5) W. F. Albright, "The Earliest Forms of Hebrew Verse", The Journal of the Palestine Oriental Society, 2 ראה (1922) pp. 69–86. בהערה 2 בעמ' 80 הוא מעיר בפירוט על עניין מְחָצָה/מְחָקָה; לדעתו הפועל העברי מוצע כפירוש לפועל הארמי. (6) כגון עק בארמית של יב המקבילה של עץ בעברית בשורה 11 באיגרת יהודי יב אל בננה: "ומטלל עקן [זי] ארז" (האיגרת ידועה כתעודה מס' 30 בפרסום של A. F. Cawley, Aramaic Papyri of the Fifth Century B.C. Oxford 1923). פרסם את האיגרת הזאת בן-חיים (יב, עמ' 433–434) בליווי תרגום לעברית. תרגומה המילולי של המובאה הוא 'וגג עצם של ארז'. בן-חיים היטיב להציע לה תרגום ענייני: "הגג עצי ארז". (7) דעה אחרת הביע אולברייט, כנאמר בהערה 5 לעיל.

מקרא. למשל בפסוק "אִישׁ לְפִי אֶכְלוּ תִכְסֹוּ עַל הַשָּׂה" (שמות יב:ד), משמעותו של הפועל תִכְסֹוּ ברורה – תִכְסֹוּ פירושו תִמְנֶנּוּ, כניבט היטב מתרגום אונקלוס (תִתְמַנֶּנּוּ) כמו בשם מִקְּסָה המופיע בפסוק הזה עצמו "בְּמִקְּסַת נִפְשׁוֹת" כלומר "במניין נפשות" (אונקלוס: בְּמִנְיָן נִפְשָׁתָא). אבל במכילתא מובא היגד המבאר את הפסוק בדרך אחרת. וזה לשונו: "תכסו על השה". רבי יאשיה אומר לשון סורסי הוא זה, כאדם שאומר לחברו: 'כוס לי טלה זה' (מכילתא דרבי ישמעאל, מסכתא דפסחא, פרשה ד), כלומר 'שחט לי טלה זה'. כוס היא צורת הציווי של הפועל נָכַס של הארמית, שהוראתו 'שָׁחַט'. הווה אומר: "תִכְסֹוּ עַל הַשָּׂה" – 'תשחטו את השה'¹⁰.

בימי הביניים יש כתיבה עברית שהגדירו חוקרים בצדק "לשון מעורבת עברית וארמית", לפי שנבללה בשפעי יסודות ארמיים בדקדוק ובאוצר המילים. הכותבים מתחילים משפט בעברית עוברים לארמית וחוזרים לעברית וכן הלאה.¹¹ לימים אנו פוגשים את העברית הזאת גם בכתיבתם של סופרים גדולים כמיכה יוסף ברדיצ'בסקי וכמה מבני דורו.¹² הנוכחות של הארמית בעברית ניכרת גם בשאלות ששאלו לשונות היהודים מספרות עם ישראל לחטיבותיה. יפה אמר וכתב אוריאל ווינרייך, חוקרה הדגול של לשון יידיש: "אנו כותבים בקיצור 'עברית' אך כוונתנו לאותה הרכבה קשת-הפרדה של עברית וארמית, שיהודי אשכנז הורגלו לקרוא כאחת 'לשון קודש'¹³. דבר זה נכון לא רק באשר לרכיב העברי ביידיש אלא באשר לרכיב הזה בכל לשונות היהודים שנחקרו. הוא כולל מילים בעברית ובארמית. מן העברית באו ללשונות היהודים המילים והצירופים ◀

ולאחריהם העברית היא לשון כתיבה ולשון הפולחן בלבד, והיהודים בארץ ישראל ובבבל דוברים להגים, כלומר דיאלקטים, שונים של הארמית, וזו נותנת את אותותיה הרבים בכתיבה העברית. בשל הנוכחות המוגברת של הארמית בימים ההם



אין לתמוה שבעברית של התנאים ובעברית של האמוראים יש דרשות שאחוזות בלשון הזאת ממש, המכונה בפי חז"ל "לשון סורסי". לשון אחר: אנו מוצאים דרשות של מילים עבריות המוצגות כמילים ארמיות, והן מפקיעות את הפסוקים מפשוטו של

9 ראה הורוויץ ורביץ, מכילתא, עמ' 12.
10 עם זאת יש כתיבה עברית שאין הארמית נוכחת בה – מטבעות של ברכה (ראה בראש, מטבע, §§ 8–14, עמ' לא–לד).
11 ליפשיץ, לשאלות הלשון, עמ' 20, מדבר על "הלשון הרבנית" וכותב: "צורות ונטיות ארמיות משמשות כאן בערבוביה".
12 בספרי, פרקי עיון, עמ' 27 הבאתי אך שתי מובאות מכתבתו של ברדיצ'בסקי, כגון "אני משיב וארכובתי נקשן". נִקְשֶׁן בדקדוקי ארמי ולא נוקשות בדקדוק עברי.
13 ראה ווינרייך, העברית האשכנזית, עמ' 242, הערה 4.

הפועל הזה, וממנו נגזרו שידור, שדרן ותשדיר ודומיהן. מהארמית הובא הפועל נַחַת, עיבר את צורתו ונחת בעברית החדשה. הוא משמש כידוע בתחום התעופה: בזכותו אנו אומרים מטוס נוחת, נחיתה קלה, נחיתת אונס ומנחת, והוא משמש גם



בתחום הפסיכולוגיה, כגון תסביך נחיתות, ורווח בפינו שם התואר נַחוּת. למעשה, העברית כבר שאלה את הפועל הזה בימי המקרא. באחד הסיפורים על ארם בספר מלכים אנו קוראים: "הַשָּׂמֶר מַעְבֵּר הַמָּקוֹם הַזֶּה, כִּי שָׁם אָרְכָם נַחְתִּים" (מלכים ב' ו:ט). יושם נא לב כי כאשר מדברים על ארמים נוקטים פועל בארמית. כידוע, כך עשו גם סופרים בתקופה החדשה: כאשר

◀ דַּמְיוֹן, רַבִּית, צְדָקָה, בַּעַל בַּיִת, ומהארמית הגיעו אליהן המילים והביטויים נִיחָא, בַּר מַנְן, אֲרַחֲי פְרַחֲי,¹⁴ סִטְרָא אֲחַרָא, נְטוּרֵי קַרְתָּא. כידוע, רבים מהיסודות האלה חזרו אל העברית שלנו בתיווכן של לשונות היהודים. במיוחד הגדילה את תרומתה לעברית החדשה בתחום הזה היידיש. ורבים מהם נהגים בפינו היום בהטעמת מלעיל כמו בידיש, כגון מִילָא, אֲרַחֲי פְרַחֲי. והדברים ידועים גם למי שלא חקרו את לשוננו. אבוא עתה לומר דברים אחדים בקצירת האומר על הנוכחות של הארמית בעברית החדשה לרבדיה השונים. כבר הראו כמה חוקרים שבמאה התשע-עשרה הגדילו לעשות בחירי הסופרים בשימוש שעשו בארמית להבעת שיח של הדיוטות ופשוטי עם ולייצוג של דיבור וולגרי של נכרים. כמו ביקשו לומר שהארמית באה במקום יידיש ובמקום אוקראינית. העמיד על הנושא הזה ישראל ברטל.¹⁵ אסתפק בשתי דוגמות: משביקש מנדלי מוכר ספרים לתרגם את הברכה "גוט שבעס" של דוברי יידיש כתב "שבתא טבא", ויצר ביטוי שאיש לא השתמש בו לפניו. וכאשר דיבר על הקיזורקא, הלחמנייה המשובחת, יצר את הביטוי "לחמנית דמלכותא".¹⁶ ויש כיוצא בזה רבים.

הארמית מילאה גם תפקידים אחרים בהשבתה של העברית לחיים החדשים. היא הייתה ספקית גדולה של מילים וצירופים לאוצר המילים של העברית החדשה בשלבי התחיותה כְּלֶשׁוֹן דִּיבוּר וּכְלֶשׁוֹן חֲבֵרָה החדשה. מהארמית זרמו מילים להבעת צרכים מיוחדים, למשל משם הובאו הדחליל, הַדְּחִיל והדוושה. ומשם נשאל הפועל שַׁדַּר, שהפריה את הלשון שלנו משחשו הדוברים והכותבים שהפועל העברי שָׁלַח אינו מספק את כל הצרכים של הזמן החדש. למשל לצורך מה שנשלח בגלי האתר נשאל

(14) ראה בר־אשר, הארמית, 16§, עמ' 17–19.

(15) ראה ברטל, הלא יהודים, עמ' 37 וההפניות בעמ' 139–140.

(16) ראה בר־אשר, פרקי עיון, עמ' 20.

ועוד דוגמה: דְּיֵשׁ העברית מציינת את הפעולה החקלאית, ובת הזוג דוּוּשָׁה הארמית מציינת בפנינו את פעולת הדיש ואת מקום הדיש של רוכבי על אופניים: השם דוּוּשָׁה והפועל לדוּוּשׁ. יצא והוציא של העברית משמשים אותנו כדי לציין הליכה והולכה החוצה, ונָפֵק הארמי משמש אצלנו בבניין פיעל – ניפק – לציון הוצאת בולים חדשים, מטבעות כסף ושטרות, וכן מניות ואיגרות חוב המוצעות למסחר בבורסה. ויש זוג אחר ובו מילה ארמית שהגיעה דרך היידיש בכתוב אחר: פְּלֶבָה וקלאפטעה, שהיא קְלֶבְתָּא הארמית. ליתר דיוק מדובר בְּשֶׁלְשָׁה ולא בכפלה, שכן על יד הזוג הזה עוד שימש בדור הקודם השם הערבי צִ'לְבָה. זו ההגייה הכפרית של כלבה.¹⁷

לבד מהתפקיד שזה עתה דיברתי עליו יש לארמית תפקידים נוספים בעברית שלנו, אבל אין זה המקום לעמוד עליהם.¹⁸ עם זאת עליי לתקן את ניסוחי: אמרתי "יש לארמית תפקידים". צריך לנקוט לשון עבר ולומר היו לארמית תפקידים, אבל התהליכים האלה נבלמו זה עשרות בשנים. השאיבה מהארמית הייתה חלק בלתי נפרד מתהליכי השיבה של העברית לחיים מלאים כל זמן שהשואבים היו נטועים במקורות הקלסיים. משפסקה הידיעה של המקורות פסקה גם היניקה מהם, וכמעט כל מה שמשמש בעברית שלנו מהארמית שייך למה שהורישו הדורות הראשונים לתחיית הדיבור העברי ולשלבי ההתגבשות של העברית החדשה.¹⁹ וכבר יש חוגים המעדיפים בריחה מודעת מהארמית, לפי שלבם גס בה.

לצורך הבהרת העניין הזה אביא ציטטה אחת ונתון אחד.

הנה הציטטה: בנובלה "מסע באב" לאהרן מגד הוא כותב: "מה אומר לך, ייתי ולא איחמיניה..." ובאחזו בשפופרת הטלפון, קצר רוח, היתה עולה בו בחילה ◀

דיברו על אנגלו־סקסים אמתיים או מדומים שילבו בדבריהם מילים מהאנגלית, כדרך שעשה עמוס עוז בקופסה שחורה.

לשון אחר: הארמית סיפקה לעברית שפעי מילים שיצרו דובלטות (קְפֻלוֹת בעברית), היינו זוגות של



מילים, אחת עברית ואחת ארמית. המילה העברית שימשה לצורך ההוראה הבסיסית, והמילה הארמית באה למלא צורך מיוחד, כגון הזוג קִיץ וקִיט. שתי המילים עניינן אחד מעיקרא: הן מציינות את עונת החום, אך בעברית שלנו קִיט מציינת את העונג של הקיץ. ולפי שעיקר שימושה הוא העונג, אפשר לומר ואומרים קִיט חורפי, ומהשם הזה נגזר השם קייטנה.

(17) לסוגיית הכפלות ראה שם, §§44–48, עמ' 46–50.

(18) ראה למשל את מה שנכתב שם, §§32–35, בעמ' 35–39 וכן §49, עמ' 50–51.

(19) לעניין זה ראה את מה שכתבתי שם ב־§§34–37, בעמ' 113–116.

◀ למשמע הביטוי הארמי; אותה בחילה קלה שחש בילדותו כשאביו היה מתבל את דבריו באמרי שפר, [כגון] 'לא מילתא זוטרתא היא'²⁰. אין זו בדיה ספרותית של מגד, יש ויש מי שבוחל במילים ובביטויים ארמיים. והנה הנתון: כיום כאשר מוצע מונח חדש שמקורו

בארמית בוועדה מוועדות האקדמיה ללשון העברית או בישיבת המליאה, הוא מוצא את קבורתו שם, לפי שמועלית הטענה שהמילה אינה שקופה לדובר העברית והיא לא תיקלט. למשל כאשר ביקשנו למצוא מונח עברי ל-*jet lag* הציע פרופ' שרגא אברמסון את המילה הארמית "תונבא"²¹ וחברי המוסד דחו אותה בתוקף, לפי שאינה

שקופה לדובר העברית היום. הועדפה על פניה יְעֻפְתָּ, שזכתה למילות חמות מאהרן מגד. גם דרכו של השם יְעֻפְתָּ²² לא צלחה, והרי הוא מהלך בעיקר בעברית של התשבצים. אכן אילו ביקשנו לשלב היום בעברית מילים ידועות שמקורן בארמית כמו מְהַדְוָה, בת הזוג של מְחַזֵּר, וכן כְּהוּט וְהוּטָה, המוכרות לכול מהצירופים "כתב רהוט", "קריאה רהוטה", בני הזוג של "כתב רץ ושוטף" ו"קריאה רצה ושוטפת" הדלת

הייתה נעולה בפניהן.

כנגד זה אני רוצה לחתום את דבריי בשני עניינים: א. בעברית של ימינו כותבים ודוברים בני הציבור החרדי והציבור הדתי עדיין יש בלשונם שימוש בארמית, ופעמים אפילו שימוש מרובה. בלא שאוכל לפרט את דבריי, אציין רק קו אחד: יש שם

מי שהארמית משמשת בפיהם ובכתיבתם במודע ולעתים גם מכוון קו מבדל מהעברית של החברה הכללית, הנה דוגמה אחת מני רבות: המודעה שהתפרסמה בחוצות ירושלים באלפי טפסים לקראת ג' באלול תשע"ד (אוגוסט 2014) לרגל מעמד האזכרה לרב עובדיה יוסף, כותרתה הייתה "אשכבתיה דמרן", ולא "מעמד זיכרון" ואפילו לא "אזכרה".



פגשתי את אחד ממנסחי המודעה ואמרתי לו: "מה ראיתם להשתמש בכותרת הזאת, אתה בטוח שכל תושבי ירושלים מבינים למה הכוונה?", ומינה ובה השיב לי: "זו הלשון המיוחדת אותנו מהכותבים בעיתון 'הארץ' וב'כל העיר'".

ב. אשר לציבור הכללי יצוין חוג אחד שבו מהלכים עדיין מילים וביטויים רבים מהארמית, אבל גם בקרב יש מי שנפשו קצה בהן. החוג הזה הוא

(20) ר' שם, עמ' 33-34.

(21) השם תונבא מוכר מהתלמוד הבבלי, כגון "תונבא הוא דנקיט לה" (עירובין סח ע"א, יומא פא ע"א). עניינו של השם הוא "חולשת הדעת ושיבושה", "קהות חושים". נראה שמן הבבלי נדד השם אל התרגום הארמי לספר איוב: "ומתונבא דנקיט לה מרחקא נפשיה מזונא" (לג 20) כתרגום של וְהִמְתּוּ חֵיתוֹ לָחֶם. ויש לשם הזה צורה מקבילה בסורית (ראה מה שכתבו על השם יסטרוב וסוקולוף במילוניים). ספק בעיניי אם התיבה הארמית מכוונת למה שמביע הצירוף *jet lag*.

(22) המונחים "תונבא" ו"יעפת" נידונו בישיבה ר"ח של מליאת האקדמיה ביום ג' בטבת תשנ"ג / 27 בדצמבר 1992 (ראה זיכרונות האקדמיה ללשון העברית, כרך לח-לט-מ לשנים תשנ"א-תשנ"ב-תשנ"ג, עמ' 280-281).

- בר־אשר, מטבע = מ' בר־אשר, "מטבע שטבעו חכמים בברכה (עיון ראשון)", כנישתא ד (מחקרים על בית הכנסת ועולמו), תש"ע, עמ' כז-מט
- בר־אשר, פרקי עיון = מ' בר־אשר, פרקי עיון בעברית החדשה ובעשייה בה, ירושלים תשע"ב
- ברטל, הלא יהודים = י' ברטל, הלא־יהודים וחברתם בספרות עברית ויידיש במזרח אירופה בין השנים 1856–1914, עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים תשמ"א
- הורוויץ ורביץ, מכילתא = ח"ש האראוויטץ וי"א רבין (מהדירים), מכילתא דרבי ישמעאל עם חלופי גרסאות והערות, מהדורה שנייה, ירושלים תשל"ו וויינרייך, העברית האשכנזית = א' וויינרייך, "העברית האשכנזית והעברית שביידיש: בחינתן הגאוגרפית, לשוננו כד (תש"ך), עמ' 242–252, כב (תשכ"א), עמ' 57–80, 180–196
- ילון, מבוא = ח' ילון, מבוא לניקוד המשנה, ירושלים תשכ"ד
- יסטרוב, מילון = M. Jastrow, *A Dictionary of the Targumim, the Talmud Babli and Yerushalmi, and the Midrashim*, Vols. 1–II, New York 1950
- ליפשיץ, לשאלות הלשון = א"מ ליפשיץ, "לשאלות הלשון", שפתנו א (תרע"ז) עמ' 17–42 (מאמר זה של ליפשיץ שב וראה אור בספרו כתבים ב, ירושלים תש"ז–תשי"ז, עמ' לא–סג; הוא מובא כאן על פי כתבים).
- סוקולוף, מילון בבלי = M. Sokoloff, *A Dictionary of Jewish Babylonian Aramaic of the Talmudic and Geonic Periods*, Ramat-Gan - Baltimore and London 2002
- קוטשר, העברית ובנות לווייתה = י' קוטשר, "השפה העברית ובנות לווייתה במשך הדורות", הדואר מ"ז (תשכ"ח), עמ' 507–509 (מובא על פי קוטשר, מחקרים, עמ' שה–שטו)
- קוטשר, מחקרים = י' קוטשר, מחקרים בעברית ובארמית, ירושלים תשל"ז

קהל המשפטנים. בחוברת "לשון ומשפט" גיליון 2 מחודש אוגוסט 2014 בעריכת עו"ד יוסף שטח מובאות שלוש רשימות שנכתבו בידי משפטנים. רשימה אחת מבקשת לעקור את השימוש ביסודות הארמיים מהכתיבה ומהדיון המשפטי, שכן לשון זו מכבידה על עורכי דין רבים שאינם מבינים את המילים האלה. שתי הרשימות האחרות רואות בהתנתקות מן הארמית רידוד של הלשון המשפטית. אחד מהם פרש רשימה של מילים וביטויים שליקט מלשונם של משפטנים יודעי לשון המקורות והביע חרדה שסילוקם מלשון המשפט יעשה לשון רזה. לשם הדיוק צריך לומר שלא כל המשפטנים מרבים בשימוש במילים הארמיות.

גמרו של הדבר, בכל הדורות הייתה הארמית בת לוויה לעברית, והיו ימים שהיא ירשה אותה בדיבור ובכתיבה. בעת התחדש הדיבור העברי נשענה לשוננו גם על בת הלוויה הזאת. וכדרכם של בני לוויה, יש שהמלווה דבק בהם לטובתו, ויש שהוא נוטשם לטוב ולמוטב.

רשימה ביבליוגרפית

- אולברייט, צורות קדומות = W. F. Albright, "The Earliest Forms of Hebrew Verse", *The Journal of the Palestine Oriental Society*, 2 (1922) pp. 69–86
- בן־חיים, יב = ז' בן־חיים, הערך יב, האנציקלופדיה המקראית, כרך ב, עמ' 425–439
- בר־אשר, הארמית = מ' בר־אשר, "מקומה של הארמית בעברית החדשה" בתוך הלשון העברית בהתפתחותה ובהתחדשותה – הרצאות לרגל מלאות מאה שנה לייסוד ועד הלשון העברית [שהתקיימו בשנת תש"ן באקדמיה הלאומית הישראלית למדעים] בעריכת יהושע בלאו, ירושלים תשנ"ו, עמ' 14–76 (נדפס מחדש בתוספת נספח בספרי, פרקי עיון בעברית החדשה ובעשייה בה, ירושלים תשע"ב, עמ' 3–55; מובא כאן על פי פרקי עיון)

האימפריה המונגולית כנקודת מפנה בהיסטוריה העולמית: ניעות ותוצאותיה



מאת פרופ' מיכל בירן

הדרך היחידה שבה המונגולים – שבזמנו של צ'נגיס ח'אן מנו קרוב למיליון איש – יכלו להקים אימפריה כזו ולשלוט בה ביעילות במשך כמאה וחמישים שנה הייתה בהנעת כל המשאבים – האנושיים והחומריים – שעמדו לרשותם. יצירת האימפריה, התפשטותה וביסוס מנהלה לוו אפוא בתנועות אוכלוסין אדירות בתוך האימפריה ומחוץ לה, ובעקבות האנשים באו גם סחורות, טקסטיל, רעיונות, מוסדות וטכנולוגיות. התנועות הללו שינו את העולם: הניעות (מוביליות) הגבוהה הייתה

ראשית המאה השלוש-עשרה הקימו צ'נגיס ח'אן ויורשיו את האימפריה היבשתית הגדולה בעולם, שבימי שיאה השתרעה מקוראה ועד הונגריה, מסיביר ועד ויאטנם, בורמה, עיראק ואנטוליה. רק האימפריה הבריטית של המאה התשע-עשרה שלטה על שטח גדול יותר. יתר על כן, כמעצמה היחידה של המאה השלוש-עשרה השפיעה האימפריה המונגולית גם על אזורים שעליהם לא שלטה, כגון דרום-מזרח אסיה, יפן, הודו, ארצות ערב במזרח התיכון ואירופה המזרחית והמערבית.



האימפריה המונגולית עם מותו של צ'נגיס ח'אן (באפור כהה); 1227) ובשיאה בשלטון נכדו קובלאי ח'אן (באפור בהיר; 1294)



שליט מונגולי רוכב כשמעליו הסוכך המלכותי, איראן, המאה הארבע-עשרה

הירשה (הח'אנויות או האולוסים)¹ – מ־1260 ועד לסוף המאה הארבע־עשרה.

האימפריה המאוחדת נשלטה ממונגוליה בידי צ'נגיס ח'אן ויורשיו, והיא הלכה והתפשטה ללא הרף. הממדים העצומים וסכסוכי ירושה הביאו בתקופתו של נכדו של צ'נגיס ח'אן, קובלאי ח'אן, ב־1260, לחלוקת האימפריה לארבע מדינות ירשה שמרכזן היה בסין, באיראן, במרכז אסיה ובאזור עמק הוולגה ברוסיה. כל מדינה כזו הייתה אימפריה רגיונלית שבראשה עמד ענף צ'נגיסי. הח'אן הגדול ישב בסין, הידועה בתקופה זו כשושלת היואן, ונהנה מעליונות נומינלית על פני שאר המדינות המונגוליות. למרות הסכסוכים – חלקם עקובים מדם – בין ארבע היחידות הן שימרו מידה רבה של אחדות וראו עצמן מדינות אחיות, מעין חבר העמים המונגולי. באמצע המאה הארבע־עשרה עמדו כל המדינות בפני משבר פוליטי שהביא לקריסת המדינות המונגוליות בסין ובאיראן והחליש מאוד את שני האולוסים האחרים. נפילת שושלת היואן בסין ב־1368 נחשבת בעיני רבים לסוף העידן המונגולי, אף שישויות פוליטיות מונגוליות התקיימו עוד הרבה אחר כך. תנועות אוכלוסין היו בשני השלבים, אבל מטבע הדברים הן היו גדולות יותר בהיקפן בתקופת ההתפשטות של האימפריה המאוחדת.

דפוסי ניעות

בעקבות טום אלסן [2] ניתן להבחין בארבעה סוגים עיקריים של תנועות אוכלוסין: גיוס לצבא; פליטות; טרנספר אזורי; הגירות מומחים. הגורם הראשון והמרכזי לניעות היה הצבא – המונגולים, שהיו מיעוט מבוטל מבחינה דמוגרפית, צירפו לצבאם כוחות שנכנעו או הוכנעו. הנתונים

¹ ח'אנות (Khanate) היא יחידה פוליטית שבראשה עומד ח'אן; אולוס (Ulus) הוא המינוח המונגולי לאנשים הכפופים לנסיך מונגולי מסוים, ומכאן בהשאלה – למדינה ולאומה.

שלב ראשון במגעים בין־תרבותיים בתחומים מגוונים כמו מדע, אמנות, מסחר ודתות, שהביאו לאינטגרציה גוברת בעולם הישן, ותרמו לגילוי של העולם החדש. תנועות האוכלוסין והמגעים הבין־תרבותיים שבעקבותיהן יצרו גם שינויים אתניים, דתיים וגאופוליטיים רחבי היקף והחישו את המעבר מימי הביניים לתקופה המודרנית המוקדמת.

עם זאת אין דיון בהשפעת המונגולים על ההיסטוריה העולמית שיכול להתעלם מההרס חסר התקדים שנלווה להקמת האימפריה, ופעמים רבות ההרס הוא הדבר הראשון שאנשים מקשרים לצ'נגיס ח'אן וליורשיו. הרס וטבח אכן היו, וודאי תרמו גם לשינויים המהפכניים שיצרה האימפריה. אבל ההרס וההרג הללו לא נבעו מאכזריות לשמה: האלימות הייתה חלק מאסטרטגיה, וההרס והטבח, מלבד חשיבותם ללוחמה פסיכולוגית, היו אמצעים יעילים (גם אם לא עדינים במיוחד) שבאו לחפות על הנחיתות המספרית המונגולית, למנוע התנגדות עתידית ולהגדיל את שטחי המרעה שעמדו לרשותם. מלבד זאת, המונגולים החריבו שטח גדול בהרבה מזה שבו התכוונו להישאר, ובכך יצרו חגורת הרס רחבה מסביב לשטחיהם (כמו צונאמי שתוקף ואז נסוג), שנועדה להגן עליהם מפני איומים עתידיים. בשלבים מאוחרים של הכיבוש פחת ההרס במידה ניכרת, לאחר שהמונגולים הבינו שנתניהם מועילים יותר כשהם חיים ומשלמי מסים, ובאזורים מסוימים השיקום היה מהיר ואפקטיבי לא פחות מההרס. מכל מקום, המורשת המונגולית הייתה הרבה יותר מאלימות והרס, וכאן אתרכז בעיקר בהיבטים החיוביים שלה.

עוד לפני כן ראוי לתאר בקצרה את הרקע שיבהיר את הנסיבות ההיסטוריות. התקופה המונגולית נחלקת לשתי תקופות עיקריות: תקופת האימפריה המאוחדת, בשנים 1206–1260, ותקופת מדינות

אין להם מומחים. אצל הנוודים כל נווד עושה הכול ללא התמחות מיוחדת, אבל אין זה מספיק כשבאים לנהל אימפריה. המונגולים חיפשו והעבירו לפי צורכי האימפריה מומחים בתחומים רבים ושונים – ממנהל דרך אסטרונומיה, רפואה, מסחר, דת ועד להיאבקות. גיוס המומחים נעשה בשיטתיות באמצעות מפקדי אוכלוסין שמיינו את האנשים לפי מקצועותיהם, ואחרי התפצלות האימפריה התחרו המדינות השונות על מומחים שיכלו להועיל להן ולהוסיף לפאר חצרותיהן. לצד ההגירה הכפויה של מומחים הייתה גם הגירה רבה מרצון – של מיסיונרים, סוחרים, רופאים, הרפתקנים ואחרים – הן מתוך האימפריה והן מחוץ לה, שרצו לנצל את ההזדמנויות שהציע השלטון המונגולי. הנכונות המונגולית ללמוד ממומחים זרים, ללא הבדל דת, גזע ומין, הייתה גם היא אחד הגורמים המרכזיים להצלחת האימפריה.

מניעות לחילופי תרבויות

תנועות האוכלוסין הללו היו שלב ראשון בדרך לחילופי תרבויות בהיקף חסר תקדים. רוב האלמנטים שהוחלפו לא היו שייכים לתרבות המונגולית אלא לתרבותם של יושבי הקבע שבשלטונם, אבל המונגולים הם שיזמו את רוב חילופי התרבויות, והם שהיו המסנן (פילטר) שקבע מה יעבור לאורך היבשת ומה לא. כך למשל קידמו המונגולים סוגים שונים של מדע, בעיקר אסטרונומיה (או אסטרוולוגיה) – קריאת רצון שמים, שהיו מעין אל בעיני המונגולים. במילותיו של אלסן [1], אסטרונומים איראנים הגיעו לסין לא בגלל דחף לא־בר־כיבוש להשוות את רשימותיהם לאלה של האסטרונומים הסינים אלא כיוון שהח'אן המונגולי רצה דעה נוספת על דרך קריאת השמים. העיקרון נכון גם לרפואה, לגאוגרפיה ולקרטוגרפיה. במילים אחרות, טעמם וצורכיהם של המונגולים הם שקבעו מה יעבור ברחבי אירואסיה. בשל המדיניות המונגולית של שלטון על ידי זרים, נשלחו הרבה מומחים הרחק ממולדתם, בעיקר לסין,

חולקו ליחידות עשרוניות וצורפו ליחידות המונגוליות. בראשן של יחידות אלו עמדו נאמניו של צ'נגיס ח'אן, שנבחרו על פי כישוריהם ונאמנותם לח'אן. הצבא נשלח להילחם ברחבי אירואסיה, ובחלק מהמקרים נשאר כחיל מצב באזור שאליו נשלח, אלפי קילומטרים ממקום המוצא של חייליו. חיילים מקצועיים – למשל בוני מכונות מצור – הוקצו למבצעים לפי צורכי האימפריה; שבויים נמכרו בשוקי העבדים ההומים; כוחות שנכנעו חולקו כשלל לנסיכים שהצטיינו בקרבות, מה שהביא למשל לקיומו של משמר רוסי בסין או להימצאותה של יחידת ארטילריה סינית באיראן.

הצבא המאיים שתואר לעיל גרם לבריחה מסיבית של אנשים שניסו להימלט מהמונגולים לפני מבצעים או במהלכם ואחר כך להתחמק ממפקדי האוכלוסין שלהם. הפליטים כללו גם אנשי צבא אבל בעיקר אוכלוסייה אזרחית, כמו למשל האליטה של דרום סין, שבאמצע המאה השלוש־עשרה נמלטה לדרום־מזרח אסיה, ובכך יצרה את הבסיס לפזורות הסיניות שם; מוסלמי מרכז אסיה, שמצאו מחסה בהודו והפכו אותה למרכז מוסלמי חשוב; עשרות אלפי הונגרים, קיפצ'אקים וכומאנים שנמלטו לדרום אירופה ולבלקן ושינו את ההיסטוריה של בולגריה ושל דלמטיה. גם אחרי שנעצרה התפשטותה של האימפריה נמשכו גלי פליטים, אם כאלו שנמלטו ממפקדי אוכלוסין ואם סיעות מורדות שהפסידו ובחרו לערוק למדינות שונות בתוך האימפריה ומחוצה לה.

סוג שלישי של ניעות אוכלוסין נועד לשקם את האזורים שנחרבו בכיבושים. המונגולים העבירו רבבות אומנים – לכאורה 30,000 רק מסמרקנד – בעיקר מעולם האסלאם למזרח אסיה, ורבבות איכרים מסין לעולם האסלאם.

נוסף על הגירות אסטרטגיות אלו היו גם הרבה הגירות של יחידים, בעיקר הגירות עבודה, חלקן מרצון וחלקן ביזמת המונגולים. כשהפכו לשליטי אימפריה עתירת יושבי קבע, גילו המונגולים שהם חסרים אנשים לא רק במספר אלא גם באיכות –



פסלו של צ'נגיס ח'אן משקיף על נהר היתולו במונגוליה, ממזרח לבירה אולך באטאר. צילום מיכל בירן

תרבות חומרית, בעיקר אמנות, עברה גם היא בקלות יחסית והותאמה לצרכים מקומיים: ההשפעה הסינית על הציור הפרסי היא אחת המורשות הידועות של התקופה המונגולית, שהותירה חותמה גם על אירופה, והיא בולטת בעיצוב הנוף. השאה־נאמה, "ספר המלכים", האפוס של איראן הפרה־אסלאמית שחובר במאה העשירית, אומץ בהתלהבות בידי המונגולים, ובאירוי המלכים הפרסים לבושים בלבוש מונגולי ומוקפים בנוף בעל מאפיינים סיניים. יתרה מזו, בהשפעת מודלים בודהיסטיים וביזנטיים וכחלק ממאמץ ההמרה של המונגולים לאסלאם, רווחים בתקופה המונגולית – לראשונה בתולדות אמנות האסלאם – ציורים מפורטים של הנביא מחמד ואירועים מחייו. הציור פרח גם בסין בשלטון המונגולים, אם כי ההשפעה מבחוץ הייתה פחותה. המונגולים אהבו תמונות ונתנו חופש פעולה לאמנים, שחלקם ניצלוהו כדי לבקר את המונגולים: כך למשל הבמבוק –

שם היה המאזן הדמוגרפי הבעייתי ביותר מבחינת המונגולים. המונגולים השתדלו להעניק למומחיהם תחושה של בית, ולכן ייבאו מזון ובידור מעולם האסלאם לסין וגם להפך: פסטה ושרבטים עברו מעולם האסלאם לסין (ומשם לאיטליה), ואורז התפשט מסין לאיראן ומערבה; מוסיקאים, שחקנים ומתאבקים סיירו ברחבי היבשת, והמונגולים יצרו אב טיפוס הן לאופרה הסינית (בייג'ינג אופרה) והן לאליפויות ספורט בין־לאומיות. בין הדברים שהועברו בקלות יחסית היו גם טכנולוגיות: המונגולים הביאו את אבק השרפה מסין למערב (גם אם בשלב זה לא היה נשק שובר שוויון – קשתות וחצים היו יעילים יותר). לעומת זאת אמנות זיקוק הסוכר והאלכוהול הגיעה מהמזרח התיכון למזרח אסיה ועלתה בחייהם של לא מעט מונגולים שעברו משתייה יום־יומית של קומס – חלב סוסות מותסס, הבירה של הערבה – לשתיית משקאות מזוקקים דוגמת ערק ו־וודקה.



רססם, הגיבור של השאה נאמה, בלבוש מונגולי על רקע נוף בהשפעה סינית. איור לשאה נאמה, איראן המאה הארבע עשרה.

לסוסים המדושנים של משתפי הפעולה עם המשטר החדש, שנהנו מהשגשוג שחולל. מסחר מילא תפקיד מרכזי בשגשוג הכלכלי ובחילופי התרבויות: המונגולים עודדו קשרים כלכליים שהגיעו

המתכופף בקלות אך איננו נשבר – הפך לסמל של מצב האליטה הסינית בשלטון הזר, והסוסים – נושא אהוב על המונגולים – סימלו גם את מצב המלומדים: מהסוסים הכחוסים והסובלים ועד

הארבע-עשרה בסין ובקוראה בעזרת קרטוגרפים מוסלמים והכילו יותר ממאה מקומות באירופה, יותר משלושים באפריקה ורבים רבים במזרח התיכון. התוצאה הייתה גידול אדיר בידע על העולם בסין, בעולם האסלאם ובמיוחד באירופה.

עוד דוגמה להרחבת האופקים הייתה ההיסטוריה העולמית הראשונה שחיבר עבור המונגולים באיראן רשיד אל-דין (מת 1318), יהודי מומר ואיש אשכולות, שהיה בין היתר רופא, טבח ושר בכיר. אוסף ההיסטוריות שלו כלל את ההיסטוריה של אלה: המונגולים, התורכים, הסינים, ההודים, המוסלמים, היהודים ("בני ישראל") והפרנקים, מבריאת העולם ועד ימיו. הספר זכה לאיורים רבים, ובהם רוב השליטים האירופים צוירו כקיסרים סינים, האב־טיפוס של השליט בעולם שנשלט בידי הח'אן הגדול בסין.

עוד פן של הגלובליזציה היה ההשפעה הישירה של התרבות המונגולית על נתיני האימפריה ועל שכניה. ההצלחה חסרת התקדים עודדה חיקויים – של שמות, ביגוד, תספורות, דיאטה ומנהגי נישואין מונגוליים. כך למשל הלבוש המונגולי האופייני – טוניקה עשויה מברוקאד, בעלת שרוולים רחבים, הנלבשת מעל לחולצה בעלת שרוולים צרים – אומץ במאה הארבע-עשרה (ולעתים הרבה אחריה) באנגליה, בסין, במרכז אסיה, באיראן, במצרים ובהודו, והפך למעין הג'ינס של ימי הביניים.

פן אחר של הגלובליזציה היה מגעים בין־דתיים והתפשטות דתות. אפילו המבקרים החמורים ביותר של המונגולים שיבחו את סובלנותם כלפי הדתות השונות. המונגולים השאמאניסטים היו מאגר עצום של מומרים בשביל הדתות העולמיות השונות, ולאחר התפרקות האימפריה אכן אימצו דתות שכאלו – כדי להתקרב לנתיניהם או כדי לבטא עצמאות אידאולוגית. האסלאם – הדת הניידת והקוסמופוליטית ביותר בתקופה המונגולית, דת שנתנה מקום של כבוד למסחר ושכבר צברה ניסיון רב בהמרת עמים רבים ושונים כולל נודדים – הייתה המנצחת הגדולה במירוץ ההמרה: שלוש מביין ארבע

הרחק מעבר לגבולות האימפריה שלהם. הם לא רק דאגו לתשתיות ולביטחון בדרכים אלא גם היה להם חלק פעיל בסחר כמשקיעים וכצרכנים. המונגולים ירשו, יצרו וקידמו נתיבי סחר ואמצעי חליפין שונים – ביבשה ובים – כשהם מחברים את הנתיבים השונים ברשתות סחר שקישרו את כל העולם הישן, כולל שטחים רבים שלא היו בשליטת המונגולים, כגון יפן, דרום־מזרח אסיה, הודו, אפריקה ואירופה המערבית. אף שלא היו אנשי ים דגולים, הבינו את חשיבותו של הסחר הימי, ששגשגו בימיהם היה חסר תקדים, בעיקר לאחר שהשתלטו על דרום סין על נמליה השוקקים.

האניות הגדולות בעולם נבנו במאה השלוש-עשרה בשלטון המונגולים, ובנמלי הדרום גם התפתחו מכניזמים של כלכלת שוק גלובלית. כך למשל בתי המלאכה של שושלת היואן בסין ייבאו קובלט מצפון אירופה ומאיראן כדי לייצר פורצלן כחול־לבן שאחר כך יוצא בעיקר לעולם האסלאם ולדרום־מזרח אסיה. הגלובליזציה הייתה קיימת גם בתחום הפיסקלי – התקופה שבין שנת 1280 לשנת 1360 נחשבת ל"המאה של הכסף" (The Silver Century) כיוון שמטילי כסף היו הסטנדרט שקבע את מחירי העסקאות מבנגל עד לונדון ומבייג'ינג עד צפון אפריקה, גם אם התשלום בוצע בפועל באמצעים אחרים כגון מטבעות או שטרות כסף.

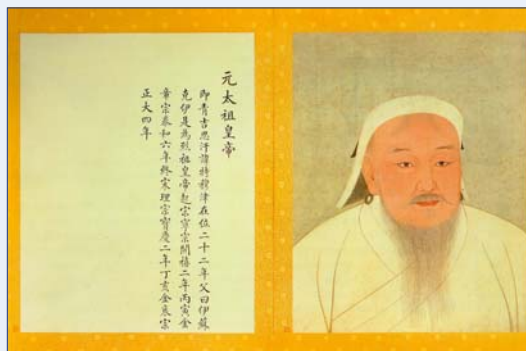
הניעות הנרחבת והסחר הענף יצרו תנועה אדירה של אנשים, סחורות ורעיונות לאורך אירואסיה. נוסף על אינטגרציה הדבר עודד גם יצירת כלים כמו מילונים, ספרות מסע ומפות, שהקלו על מגעים עתידיים בתוך האימפריה ומחוץ לה. כך למשל מילונים רב־לשוניים נמצאו לא רק בסין ובאיראן אלא גם בארמניה, קוראה, צפון הודו, מצרים, תימן וחצי האי קרים, ושני ספרי המסע המפורסמים של התקופה, מסעו של מרקו פולו (מת 1324) ומסעו של אבן בטוטה (מת בערך 1377), נכתבו בידי אנשים שמוצאם בוונציה ובטנג'יר, כלומר הרחק מעבר לגבולות האימפריה. הרחבת האופקים קיבלה ביטוי ויזואלי במפות, כמו אלו שיוצרו במאה

אתנית, כמו למשל שפה או דת, אלא תרבות אימפריאלית מורכבת והטרונגית. יתרה מזו, השפעתם של המונגולים על האזורים ועל הציוויליזציות שעליהם שלטו הייתה שונה מאזור לאזור ומציוויליזציה אחת לרעותה. השפעתם הייתה רבה במיוחד באזורים שבהם שלטו תקופה ארוכה ואשר לא הייתה בהם מסורת קודמת של שלטון מרכזי חזק, דוגמת מרכז אסיה ורוסיה. יש להבחין גם בין שימוש פרקטי במוסדות המונגוליים לאימוץ האידיאולוגיה הפוליטית המונגולית.

האלמנט הבסיסי באידאולוגיה הפוליטית המונגולית היה העיקרון הצ'נגיסי, שלפיו רק צאצאים של צ'נגיס ח'אן היו זכאים להיות ח'אנים או שליטים עליונים. אף שמניפולציות על העיקרון הזה החלו די מוקדם, הרי במרכז אסיה הוא נשאר תקף עד למאה השמונה-עשרה והשפיע גם על הייררכיות חברתיות וגם על ההתנהגות המלכותית בסין של שושלת צ'ינג, בהודו המע'ולית, ברוסיה הצארית ואפילו באימפריה העות'מאנית.

שאלת מרכיבים אחרים של תורת המדינה המונגולית הייתה מעשית יותר: המונגולים פיתחו אמצעים יעילים לשלוט באימפריה, ועובדה זו לא נעלמה מעיני יורשיהם, בין שנתנו להם אשראי על כך ובין שהכחישו את חובם מכול וכול. כך למשל אומצה מערכת הדואר המונגולית בסין של מינג וצ'ינג, באיראן הצפונית וברוסיה הצארית; שיטות הארגון הצבאי הושמשו בסין של שושלת מינג וברוסיה הצארית (עד למעבר לנשק חם); החלוקה לפרובינציות בסין מקורה בשושלת היואן; מונחים פיננסיים של האימפריה כמו גם הפרוטוקול הדיפלומטי שלה הושמשו ברוסיה, באיראן ובמרכז אסיה.

מבחינה גאופוליטית יצרו המונגולים בסין מדינה מאוחדת לאחר 350 שנה של פיצול בין צפון לדרום, והיא נשארה מאוחדת לאורך שאר התקופה הקיסרית. כן הניחו את הבסיס לסין כמדינה מולטי-אתנית השולטת מבייג'ינג גם על שטחים נרחבים ממרכז אסיה. ברוסיה הפכו קבוצה של ערי מדינה



צ'נגיס ח'אן בפודרט קיסרי מתקופת היואן, סין, המאה הארבע עשרה

הח'אנויות המונגוליות המירו דתן לאסלאם למן סוף המאה השלוש-עשרה, ועוד לפני כן התפשט האסלאם – בעקבות תנועות האוכלוסין של חיילים, פליטים, אמנים ומומחים, ולאורך נתיבי הסחר – גם לאזורים אחרים כמו סין, הודו וכן דרום-מזרח אסיה ואפריקה. למעשה אחת התוצאות הלא מכוונות של תנועות האוכלוסין בתקופה המונגולית הייתה התפשטות ניכרת של האסלאם לרחבי העולם הישן. בד בבד עם התפשטות האסלאם אומץ הבודהיזם הטיבטי בקרב המונגולים בסין, שם נשאר חלק מהפולחן הקיסרי עד למאה התשע-עשרה. לעומת זאת הנצרות – למרות מאמצים מיסיונריים אינטנסיביים – לא הצליחה להגיע להישגים ממשיים. העולם הפתוח של הצ'נגיסים לא נעדר סכנות, כיוון שגם אורגניזמים כמו אלו שגרמו את המוות השחור נעו במהירות ובחופשיות. המוות השחור, שעשה שמות באירופה ובמזרח התיכון, חל סמוך לנפילת שושלת היואן והיה לו חלק בקריסת השלטון המונגולי, גם אם לא השמיד את המורשת האימפריאלית המונגולית.

המורשת האימפריאלית

קל להתעלם מהמורשת המונגולית כיוון שמה שהצ'נגיסים השאירו אחריהם לא הייתה תרבות

לה המונגולים. כשקולומבוס יצא למסעותיו ב־1492, הייתה מטרתו העיקרית למצוא את ארצו של הח'אן הגדול, כפי שתוארה בכתביו של מרקו פולו, שקולומבוס היה קורא נלהב שלו. על רקע זה ניתן לומר שעולמנו הגלובלי אף הוא תולדה של המפעל האימפריאלי של צ'נגס ח'אן. ■

לקריאה נוספת:

- [1] Allsen, T. T. 2001. *Culture and Conquest in Mongol Eurasia*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] Allsen, T. T. 2015. 'Population Movements in Mongol Eurasia,' in R. Amitai and M. Biran (eds.), *Nomads as Agents of Cultural Change*. Honolulu: Hawaii University Press, 119–151.
- [3] Biran, M. 2004. 'The Mongol Transformation: From the Steppe to Eurasian Empire, *Medieval Encounters* 10/1-3: 338–361.
- [4] Biran, M. 2007. *Chinggis Khan. The Makers of the Islamic world*. Oxford: OneWorld Publications.
- [5] Biran, M. 2015. 'The Mongol Empire and the Inter-Civilizational Exchange.' In Benjamin Z. Kedar and Merry Wiesner-Hanks, eds. *The Cambridge History of the World: Vol. 5*, Cambridge: Cambridge University Press, 534–558.
- [6] Jackson, P. 2005. *The Mongols and the West, 1221-1410*. Harlow: Longman.
- [7] Morgan, D. O. 2007. *The Mongols*. 2nd ed. Oxford: Blackwell.
- [8] S. A. M. Adshear, *Central Asia in World History* (New York: St. Martin's Press, 1993), p. 77.

לגרעין של אימפריה רוסית אדירה ותרמו לעלייתה של מוסקבה; באיראן החיו את התפיסה של איראן כישות פוליטית מובחנת ותרמו להפיכתה למדינה עצמאית בתוך עולם האסלאם. לעומת זאת במרכז אסיה הייתה ההשפעה העיקרית של המונגולים שינוי אתני רחב היקף: תנועות האוכלוסין האדירות של התקופה המונגולית הביאו להיעלמותם של עמי ערבה ותיקים כמו הח'תאנים, הטנגוטים, האויגורים והקיפצ'אקים ולהופעתם של האוזבקים, הקאזאחים, הטטרים והנוגאיים, שרובם התלכדו סביב דמותו – החיה או המתה – של נסיך מונגולי זה או אחר, והפכו לעמים המרכז-אסייתיים המודרניים.

לסיכום, המונגולים הנוודים יצרו את האימפריה הגדולה בעולם באמצעות שינוע חסר תקדים של אנשים, סחורות ורעיונות. בדרך זו קידמו את האינטגרציה של אירואסיה והרחיבו את אופקיהם של נתיניהם ושכניהם. המונגולים המשיכו במסורות של אימפריות ערבה קודמות, אבל האתגר שניצב בפניהם היה קשה בהרבה, שכן הם שלטו לא רק בערבה אלא גם במרכזי הציוויליזציה של יושבי הקבע. המונגולים השמישו ועיבדו תפיסות אימפריאליות, הון אנושי ומוסדות ממזרח וממערב ופיתחו מוסדות אימפריאליים שמיזגו יסודות מרכז-אסייתיים, סיניים ואסלאמיים. בכך יצרו אמצעים יעילים לשלוט בנוודים וביושבי קבע כאחד. אמצעים אלו עמדו לרשותן של אימפריות אבק השרפה, שירשו את המונגולים ושלטו רחוק הביאו לחלוקת הערבה בין סין של צ'ינג לרוסיה הצארית על חשבון הנוודים. אבל המורשת הצ'ינגיסית לא הוגבלה רק לאימפריות היבשה. בקדמם מסחר ומערכות פיננסיות ארוכות טווח באמצעות שיפור התעבורה בים, יצירת קולקטיבים חדשים והגברת הקשרים בין החלקים השונים בעולם, החישו המונגולים את המעבר מימי הביניים לעידן המודרני המוקדם. במילותיו של אדסהד [8]: כדי שאירופה תשלוט בעולם, היה עליה לדעת קודם לכול שיש עולם – ואת זה נתנו

רגעי ההולדת של זיכרונות חדשים וישנים במוח האדם



מאת פרופ' ידין דודאי

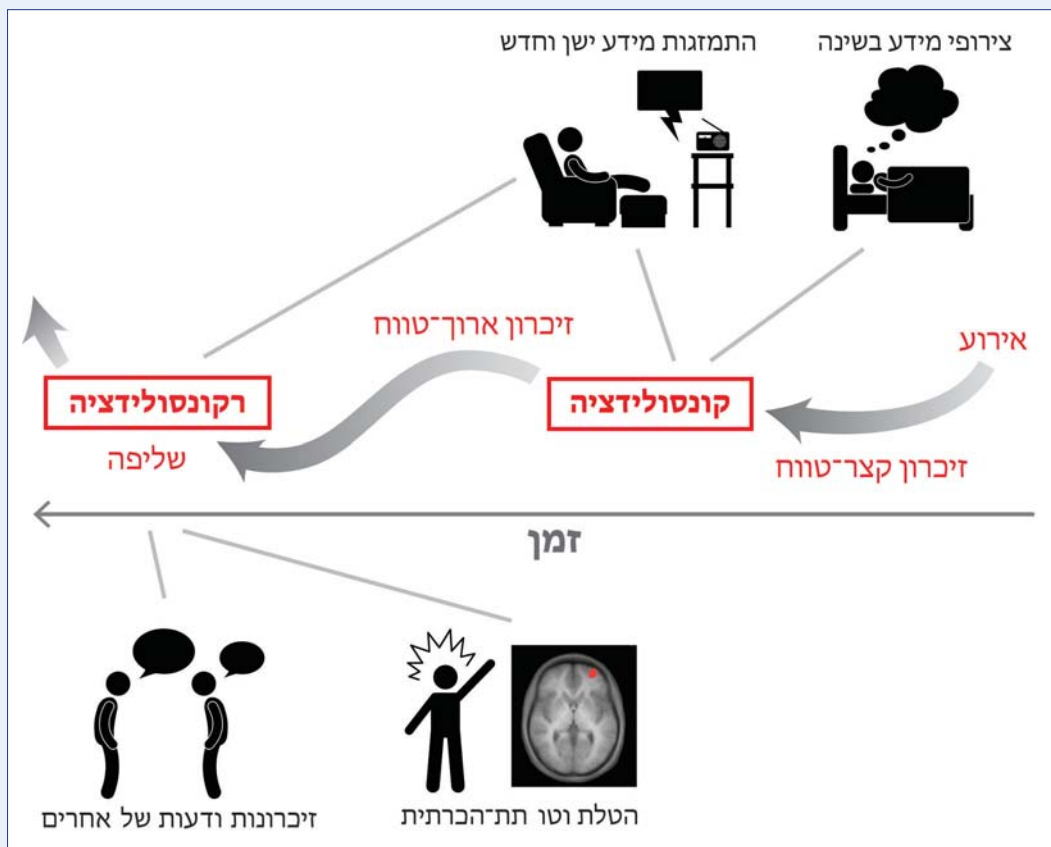
זיכרון אחדים. ואף כי החוקרים חלוקים בדבר החלוקה הנכונה של סוגי הזיכרון השונים, בעיקר בדבר השאלה מהי החלוקה הטבעית לעומת החלוקה המלאכותית שאנו יוצרים כדי להקל על הבנתנו את המוח וההתנהגות, אין חולקים על המסקנה שהזיכרון האנושי מורכב מיכולות מגוונות מבחינת תוכן ושימושן. למשל, אין הזיכרון של מיומנויות, כגון תנועות והפעלות של תוכנות ומכשירים מוכרים, שהוא זיכרון הנשלף אפילו בהיסח הדעת, כזיכרון של חוויות, המלווה במין תחושה של מסע במרחב המנטלי אל העבר הפרטי, ואפילו בהרגשה כאילו הדברים מתרחשים ברגע ההיזכרות ממש. ואמנם אחת החלוקות המקובלות בתחום חקר הזיכרון היא בין זיכרון שאיננו נדרש למודעות בעת שליפתו, כגון זיכרון המיומנויות דלעיל, לבין זיכרון הנדרש למודעות בעת שליפתו, כגון זיכרון של עובדות וחוויות. זיכרון מן הסוג האחרון קרוי "הצהרתי" ("דקלרטיבי"), ומן הסוג הראשון, "לא הצהרתי" ("לא-דקלרטיבי"). כשאדם מן היישוב אומר "אני זוכר", הכוונה בדרך כלל לזיכרון הצהרתי, ולעתים תכופות, לאותו חלק של הזיכרון הצהרתי שהוא זיכרון חווייתי.

עובדת היסוד האחרת הראויה לציון היא שזיכרון, ממש כמו בני אדם, מתפתח ומשתנה לאורך זמן.

האדם הוא תבנית נוף זיכרונו. הזיכרון הוא עוגן פנימי המאגד את אישיותנו, מחבר אותנו לסביבתנו, מאפשר לנו לזהות את היקרים לנו ולנצור את חוויות חיינו, מנווט אותנו בחיי היום-יום ומאפשר לנו לתכנן ולדמיין את העתיד. לא פלא הוא שאחד החששות הכבדים ביותר שלנו, חשש שהמודעות העצמית אליו הולכת ומתעצמת עם הגיל, הוא שנאבד את הזיכרון, ונמצא עצמנו בוהים בעולם שמשכו, בכל הרף עין, הוא הרף עין בלבד. אבל אף שאנו מתייחסים לזיכרון כמרכיב מרכזי בעיגון המציאות שלנו, למעשה זהו עוגן לא-יציב למדי, המסוגל לשנות תוכנו וצורתו ללא הרף. מדוע זה כך, וכיצד זה קורה? שאלות אלו מצויות בחזית המחקר של חקר המוח והזיכרון, והשנים האחרונות מספקות לנו תובנות חדשות שראוי לזכור אותן, שכן הן חורגות בהרבה מכותלי מעבדות המחקר, והשלכותיהן רבות בכל תחומי חיינו, האישיים והחברתיים.

דעת והיסח הדעת

די להבין אחדות מן התובנות הללו ראוי לתת את הדעת לשתי עובדות יסוד: האחת, הזיכרון שלנו איננו עשוי מקשה אחת; יש לנו סוגי



איור 1: עם הגורמים לשינוי של זיכרון ארוך-טווח עם השימוש בו, ניתן למנות צירופי מידע חדש וישן בעת שינה והתמזגותו של מידע חדש וישן בעת ערות, במהלך הקונסולידציה של הזיכרון, וכן מידע הנובע מהסביבה החברתית (זיכרונות ודעות של אחרים) ושליפה ברנית (בשל הטלת וטו תת-הכרתית על פיסות מידע מסוימות) בעת השליפה והרקונסולידציה הנגרמת בעמידה.

תהליך של הבשלה, שבתחום חקר הזיכרון מכונה "קונסולידציה". כל זיכרון לטווח ארוך, יהא זה זיכרון מיומנות או זיכרון הצהרתי, זיכרון תגובתי ברכיכה, זיכרון הריח בעכבר, זיכרון הפילה בפילה או זיכרון השיר בבני אדם, עובר תהליך של קונסולידציה בדקות ובשעות הראשונות לחייו. תהליך זה קרוי "קונסולידציה של סינפסות" או "קונסולידציה של תאים", והסיבה לשמו היא שמבחינה מנגנונית קונסולידציה זו כרוכה בשינויים מולקולריים (כימיים) המתרחשים בתאי עצב וכן באתרי המגע בין תא עצב אחד למשנהו (סינפסות). יש סוג נוסף של קונסולידציה, הקרוי "קונסולידציה מערכתית",

חוקרים נוהגים להבחין בין שלבים עיקריים אחדים בחייו של פריט בזיכרון. ראשית, רכישתו. כאבחנתו הפואטית של אלתרמן, "גם למראה נושן יש רגע של הולדת". הרכישה מתרחשת לעתים תכופות כהרף עין, למשל בעת חוויה. יש שיגרסו שגם רכישת מיומנות המתרחשת לאורך זמן ממושך (כמו למשל לימוד נהיגה או תפעול מחשב) מורכבת למעשה מהצטברות של רכישות כהרף עין. אולם רכישת זיכרון כשלעצמה אינה מספקת לשימורו לטווח ארוך. יש שהזיכרון נמוג לאחר שניות או דקות. במקרה כזה נהוג לומר שהיה זה זיכרון לטווח קצר בלבד. כדי שהזיכרון יישמר לטווח ארוך, עליו לעבור

בלבד. אין מדובר באחסון כמו של ספר בספרייה או של קופסה במגירה, כי אם בתהליך ביולוגי מורכב, שבו ייצוגי מידע המרכיבים את הזיכרון או חלקים ממנו נשמרים במתווי קישור או פעילות של רשתות עצביות, או שנשמרת היכולת של ייצוגי המידע הללו להיות מורכבים מחדש כדי ליצור את הזיכרון כהרף עין משנדרשת שליפתו. אף שאנו יודעים היום לא מעט על המנגנונים המולקולריים והתאיים שמאפשרים לייצוגים להיווצר ולהתבטא מחדש בעת השליפה, עדיין איננו מבינים מה הוא המנגנון המפורט שמאפשר להם לשרוד לאחר חודשים ושנים, ובעיקר איננו מבינים כיצד, בעצם, נעשית השליפה של זיכרונות מורכבים באופן המאפשר למוח לשלוף או ליצור ייצוג מורכב (כמו של מראה נושן) תוך חלקיק השנייה וללא הכנה מוקדמת. בשלב הנוכחי הדרך היחידה לדעת שזיכרון אמנם נשמר היא לזהות את שליפתו. מטבע הדברים, הבנת השליפה יכולה לסייע רבות בהבנת תהליך ה"אחסון", ולכן הבנתו של תהליך השליפה היא מטרה מבוקשת מאוד על ידי צוותי מדענים בחקר המוח והזיכרון בעולם כולו. רבים מן החוקרים חושבים שעד שלא נבין כיצד נעשית שליפתו של זיכרון מורכב, לא נבין היטב את מערכות הזיכרון במוחנו.

זה לא אותו הזיכרון

השאלה המרתקת רבים מאתנו, והיא גם אחת משאלות המחקר המרכזיות במעבדתנו, היא מה קורה לפריט הזיכרון לאחר שנשלף. המחשבה הנאיבית כלשהי היא שמשנעשה בו שימוש, שב פריט הזיכרון ל"אחסונו" כמות שהוא עד לשליפה הבאה. הדבר אולי מתרחש לאחר שליפה של מיומנויות בשלות, אבל כאשר מדובר בזיכרונות חווייתיים, התמונה שונה לגמרי. קרוב לוודאי שמשנשלף, אין אותו הזיכרון שב להיות כשהיה. יש לכך סיבות מכניסטיות ותפקודיות וגם השלכות תאורטיות ומעשיות. אחת מן ההשלכות היא שמשום שהזיכרון

הנמשך ימים, שבועות ואף חודשים, ובמהלכו ייצוגו של האירוע מתבזר על פני אתרים שונים במוח. תהליך זה מתרחש רק בזיכרונות מוצהרים, הווי אומר זיכרון של עובדות או חוויות. הוא מבוסס על קידוד מידע ראשוני באיבר מוח הקרוי היפוקמפוס, שלאחריו מתבצעת העברה חלקית של הזיכרון לקליפת המוח (הקורטקס). פגיעה בהיפוקמפוס מונעת את תהליך הקונסולידציה הזה וגוררת אובדן זיכרון (אמנזיה), שמתבטא באובדן היכולת לזכור מידע הצהרתי מבלי שנפגע הזיכרון של מיומנויות. בשל קוצר היריעה לא נתייחס כאן בפרוטרוט לסוג של קונסולידציה.

סוכני מחיקה

תכונה חשובה של תהליך הקונסולידציה בכלל היא שניתן להתערב בו כך שהזיכרון ישתבש או יימחק ולא יהפוך לזיכרון לטווח ארוך. אחת הדרכים היעילות ביותר לעשות זאת היא באמצעות תרופות מסוימות המשבשות את יצירתם של חלבונים חדשים בתאי העצב, את בקרת הגנים (החומר הגנטי) בתאים אלה או את תהליכי ההעברה של אותות כימיים מתא עצב אחד למשנהו. באורח טבעי המוח מסתייע כנראה ברגישות חולפת זו של פריט הזיכרון החדש כדי לעצבו ולהתאימו לבסיס הידע שכבר קיים במוח. אבל במעבדה ניתן להשתמש בתכונה זו כדי למחוק זיכרונות זמן קצר לאחר היווצרותם. טיפולים וחומרים המסוגלים לשבש זיכרון ולמחקו בעת קונסולידציה קרויים "סוכנים אמנסטיים" (מלשון "אמנזיה", וראו לעיל) או "סוכני מחיקה".

תכונה מעניינת נוספת של תהליך הקונסולידציה היא שהוא נזקק לשינה כדי להגיע לבשלות. במיוחד אמורים הדברים בזיכרונות הצהרתיים, אבל יש עדויות שגם זיכרונות של מיומנות נשכרים משינה. במילים אחרות, חוסר שינה או שיבושים בה מעכבים ומשבשים את הקונסולידציה.

משהבשיל תהליך הקונסולידציה, מאוחסן הפריט בזיכרון ארוך-הטווח. המונח "מאוחסן" הוא מטאפורה

אם בכל פעם השימוש הוא בתנאי סביבה אחרים (ומטבע הדברים שליפה, בעיקר של זיכרונות חווייתיים, שבהם לקואורדינטות זמן ומרחב תפקיד מכריע, כמעט שאינה נעשית באותם תנאים של רכישתו של אותו הזיכרון או של שליפתו הקודמת). במילים אחרות, נובע אולי, כהיפרבולה, שהזיכרון המהימן ביותר הוא אותו זיכרון שלא שלפנו אותו מעולם לא במודע ולא בהיסח הדעת או אפילו לא תוך כדי שינה. מסקנה פרדוקסלית זו היא מין מקבילה של תולדה פופולרית של עקרון אי-הוודאות של הייזנברג, שלפיה עצם המדידה משנה את הנמדד, ובמקרה שלנו – עצם השימוש משנה את המושמש. מכיוון שזיכרונות נשלפים יכולים להשתנות תוך כדי שליפה ורקונסולידציה, נובע גם כי קשה לסמוך על מהימנותו של זיכרון חווייתי, כגון זיכרוננו של מטופל במרפאה פסיכולוגית או של עד בבית משפט. יתר על כן, צפוי שככל שהמטופל או העד ייחקרו יותר, כן יגדל הסיכוי שתשובותיהם לא תייצגנה את זיכרונם הראשוני, ובוודאי לא את האירוע המקורי כפי שחוו אותו.

אבל מאחורי כל זה מסתתרת אולי גם תועלת אפשרית. תארו לכם מצב שבו אדם לוקה בפוסט-טראומה. האם אפשר לשלף את הזיכרון הטראומטי לאחר שנים, ותוך כדי הרקונסולידציה שמתרחשת מיד לאחר השליפה, לנסות ולעמעם את החרדה והכאב? בבעלי חיים זה כנראה עובד, אבל רק בזיכרונות פשוטים, שבהם יש קישור ישיר בין הטראומה (כגון מצב יוצר פחד) לבין אות בודד המעורר את הפחד. בבני אדם הניסיונות לעשות זאת לא צלחו עד כה, בעיקר כנראה משום שזיכרונות טראומה בבני אדם הופכים עם השנים לרשת סבוכה של זיכרונות והקשרים רבים מאוד, ולכן אין השינוי באחד מן ההקשרים הנשלף בעת ההיזכרות מספיק כדי לעמעם את הזיכרון כולו. אבל ניסיונות לנצל את חלון הרקונסולידציה לשם עמעומו של זיכרון הטראומה נמשכים בשיטות שונות, הן התנהגותיות והן תרופתיות, בבתי חולים ובמרכזי מחקר בעולם. ◀

איננו שב ל"אחסונו" במצבו כפי שהיה לפני השליפה, זיכרונות, ובעיקר זיכרונות חווייתיים, אינם מדויקים בדרך כלל ואינם משקפים כיאות את אשר אירע במציאות זמן רב קודם לכן. אבל נפנה תחילה לסיבות המכניסטיות, כי הן מפתיעות למדי.

כאמור, פריט חדש בזיכרון עובר תהליך קונסולידציה מיד לאחר רכישתו, ובמהלך תהליך זה הזיכרון ניתן לשינוי ולערעור. בשנים האחרונות התברר, בעבודות שנעשו במעבדות שונות ובהן מעבדתנו, כי גם זיכרונות ישנים, של אירועים שהתרחשו לפני חודשים, שנים ואפילו דורות, עשויים להיכנס מחדש לתהליך דמויקונסולידציה מיד לאחר שנשלפו. התהליך, הקרוי "רקונסולידציה", איננו זהה ממש לתהליך הקונסולידציה של פריט זיכרון חדש, אבל לשני התהליכים יש מכנה משותף מכריע: בשני המקרים ניתן לשנות ולשבש, ואולי אף למחוק, את הזיכרון באמצעות אותם סוכנים אמנסטיים. חלון הזמנים של הרקונסולידציה הוא קצר – מרגע השליפה ועד לדקות ספורות לאחריה.

למצא זה השלכות אחדות: ראשית, הוא אומר משהו על הדרך שבה ייצוגי הזיכרון נשמרים. נראה שאינם מוטבעים כהטבעה קשיחה של פעילות עצבית אלא כחתימה שברירת למדי הניתנת לשינוי מדי פעם, כלומר תהליך "אחסון" הזיכרון הוא דינמי; שנית, הוא מרמז שכל שימוש בזיכרון יכול לשנותו, שכן במציאות, בהיעדר טיפולים ישירים של סוכנים אמנסטיים, גירויי הסביבה ואותות אחרים הנוצרים במוח עצמו יכולים לדמות את פעולתם של הסוכנים הללו. כך למשל מידע חדש בעת השליפה יכול להשתלב במידע הנשלף בעת תהליך הרקונסולידציה ולשנות את הזיכרון הישן. משהסתיימה השליפה, והזיכרון מאוחסן מחדש, כבר אין זה אותו הזיכרון.

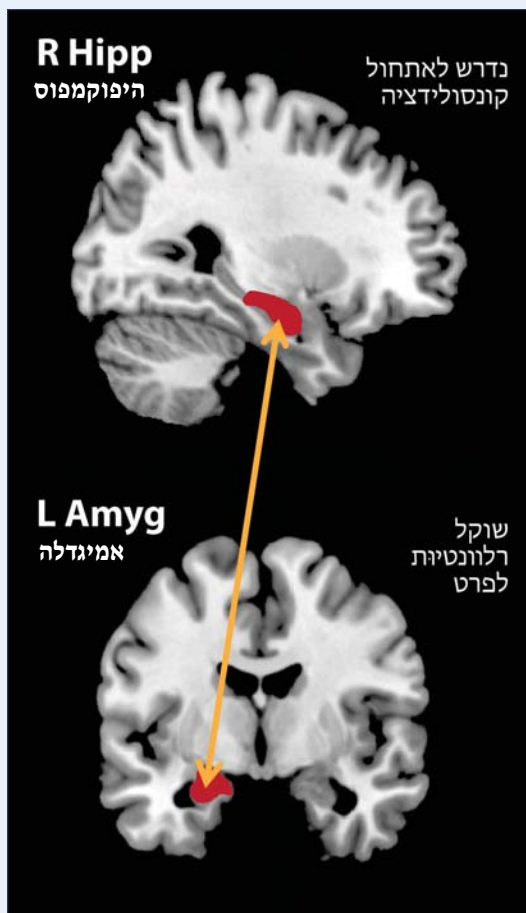
עקרון אי-הוודאות של הזיכרון

ראה אפוא שזיכרונות חווייתיים נוטים להשתנות ככל שמשתמשים בהם יותר, בעיקר

ישתנה בשל הגבתו עם מידע אחר שכבר מצוי במוח ומועלה בשינה מבלי דעת; וכי עם שליפת הזיכרון, שיכולה להתרחש אפילו חודשים ושנים לאחר מכן, עשוי הזיכרון (או עלול, תלוי בנקודת המבט של הצופה) להשתנות בשל תנאי הסביבה ובשל מידע חדש המגיבים עם הזיכרון הנשלף גם יחד. נוסף על כך, יעילות השליפה עצמה יכולה להיות מושפעת מנטייתו של המוח להטיל מדי פעם איסורים ("וטו") על שליפתם של פרטי מידע מסוימים בשל "מנגנוני הגנה" על יציבותו ושימושיותו של המערך הקוגניטיבי והרגשי, מנגנונים משוערים שדיון בהם חורג מתחומו של הדיון הנוכחי, ושליפה חלקית שכזו עלולה להשפיע על יעילות השליפה לאחר מכן. במילים אחרות, גם לזיכרונות חדשים וגם לזיכרונות ישנים יש רגעי הולדת ותקופות התבגרות והתנסות, והם משפיעים השפעה מכרעת על תוכן הזיכרון הנותר לעתיד.

זיכרוןם של אחרים

אחד הגורמים היום-יומיים המשפיעים במיוחד על זיכרונו ומסוגלים לשנות אותו הוא סביבתנו החברתית, הכוללת גם את זיכרונו של אחרים. ניסוי שנערך בקבוצתנו, עם ד"ר מיכה אדלסון, מדגים זאת היטב. הניסוי מתחיל בצורה תמימה למדי. קבוצות ובהן חמישה מתנדבים כל אחת מתבקשות, כל קבוצה בפני עצמה, לצפות בסרט דוקומנטרי. בהנחיות הניתנות לצופים (צופים או צופות, כמובן) נאמר כי הם משתתפים בניסוי של השפעת סרטים על המוח ועל ההתנהגות – אין הם מונחים לפני הצפייה לזכור דווקא את אשר יצפו בו. כעבור ימים אחדים כל משתתף מתבקש לשוב למעבדה ולענות על שאלון ממוחשב הבוחן את הזיכרון לאירועים שהתרחשו בסרט וגם את מידת הביטחון העצמי בתשובות. מפליא כמה פרטים שוליים אנשים זוכרים מאירוע שכזה: אחוז ההצלחה של המשתתפים במתן תשובות נכונות הוא



איור 2: תמונות שהתקבלו בהדמיה מגנטית תפקודית של מוח האדם, המציגות חתכים וירטואליים של המוח. התמונות מראות פעילות גבוהה (מסומנת באדום) בעת שינוי של זיכרון ארוך-טווח בעקבות לחץ חברתי. תקשורת ופעילות ברוֹזמנית של האמיגדלה (המקדדת רלוונטיות לפרט, כולל רלוונטיות רגשית וחברתית) ושל ההיפוקמפוס (החיוני לקידוד של חוויות), תורמות לשינוי הזיכרון באמצעות לחץ חברתי. לפרטי הניסוי ראו בטקסט.

◀ אם נתבונן אפוא במהלך חייו של זיכרון, נגלה כי רגעי ההולדת של זיכרונות חדשים רגישים לשינויים בזיכרון המוטבע, שינויים היכולים לנבוע מתנאי הסביבה ולהיות מושרים מדעת או שלא מדעת; כי במהלך השינה, הנדרשת להשלמת הקונסולידציה בלילה שלאחר הרכישה ואולי גם בלילות שלאחר מכן, יש סיכוי שהזיכרון החדש

והביטחון בהן) ומנסה לאתר את אותם מתארי פעילות במוח שנרשמו בשעת החשיפה לתשובות המשתתפים האחרים וש"מנבאים" שתשובתו של המשתתף תשתנה לאחר מכן. בשיטה זו נמצא כי כדי שהזיכרון אמנם ישתנה בעקבות הלחץ חברתי (שבמקרה זה מבוטא בזיכרונם הנוגד של אחרים), על שני אזורי מוח להיות פעילים בעת ובעונה אחת ולתקשר האחד עם רעהו: האמיגדלה, אזור במוח הצדעי המשתתף בייצוגים רגשיים וחברתיים, צריכה להגביר פעולתה, ובד בבד עליה לתקשר עם ההיפוקמפוס, אותו אזור המשתתף ברכישת זיכרון, שכבר הוזכר למעלה בהקשר של קונסולידציה מערכתית. חתימת פעילות כזו של שני האזורים גם יחד היא כנראה הדוחפת את המידע החדש, שלו במקרה זה ערך חברתי (ולכן רגשי), להשתלב במידע הישן ולשנותו.

מחירו של הדמיון

מצאי המחקרים על קונסולידציה ורקונסולידציה משתלבים במידע רב אחר המצטבר בחקר המוח והזיכרון ויוצרים תמונה שלפיה הזיכרון ההצהרתי, ובעיקר החווייתי, הוא גוף ידע שפריטיו עוברים עריכה שוב ושוב. תמונה זו מעלה שאלה מעניינת: מדוע נוצרה בטבע מערכת זיכרון שאיננה אמينة ומדויקת? הרי אפשר לשער שבמהלך האבולוציה תתפתחנה מערכות זיכרון בצורה שתאפשר להן לשמר את המידע שנאגר בהן ולשחזרו במדויק. למה הדבר דומה? תארו לעצמכם שאתה מפעילים מחשב, מקלידים בו תמליל כלשהו ובבוקר שלמחרת מגלים כי התמליל שהקלדתם בעמל רב השתבש. התגובה הראשונה של כל אחד מאתנו היא תיקון המחשב או החלפתו באחר, משום שמחשב ללא זיכרון מהימן ומדויק איננו ראוי לעבודה. אבל זה מה שהמוח שלנו עושה בזיכרון חווייתי: רישומו עלול להסתבר כלא מהימן ולא מדויק. עובדה זו מפתיעה אף יותר אם מביאים

גבוה מאוד, וחלק גדול מן התשובות הנכונות מלווה בהרגשת ביטחון מלא בנכונות התשובה. בשלב הבא כל משתתף צופה לבדו, בצג מחשב, בתשובות של המשתתפים שעמם צפה בסרט לשאלות שעליהן נשאל קודם לכן. בפועל המשתתף רואה על צג המחשב את תמונות ארבעת חבריו, והתשובה לשאלה המתאימה מוצגת מתחת לתמונתו של כל משתתף. הניסוי מתוכנן כך שלחלק ניכר מן השאלות שתשובות המשתתף להן קודם לכן היו נכונות וניתנו בביטחון מלא, ניתנות עתה ארבע תשובות לא נכונות (כלומר תשובה לא נכונה מוצגת מתחת לתמונה של כל משתתף אחר בקבוצה). במבחן מאוחר יותר, כל משתתף משנה יותר משני שלישים מן התשובות לשאלות שקודם לכן נענו נכון ובביטחון מלא! אם במקום תמונות השותפים לצפייה מציגים תמונות של מחשבים, עם אותן תשובות לא נכונות מתחת להן, ההשפעה קטנה הרבה יותר. במילים אחרות, ההשפעה החברתית – המתווכת על ידי התמונות של השותפים לצפייה – היא גורם נכבד בלחץ לשינוי הזיכרון. אבל האם זהו באמת שינוי זיכרון? במידה מרובה כן: גם אם מגלים לאחר מכן לכל משתתף כי התשובות שראה הן לא באמת התשובות שנתנו חבריו לצפייה כי אם הטעיה מכוונת על ידי הנסיין, גם אז, במבחן חוזר, כמחצית מן התשובות נותרות מוטעות (אף כי כאמור אלו תשובות לשאלות שלפני הפעלת הלחץ החברתי היו נכונות וניתנו בביטחון מלא).

אפשר להשתמש בדימות מוח לא פולשני (הדמיה מגנטית תפקודית) כדי לבדוק מה מתרחש במוח כאשר המידע החדש (והמוטעה במקרה זה) מגיב עם המידע הנשלף ומשנה אותו. עושים זאת כך: כל משתתף נמצא בתוך סורק מגנטי שבוחן את פעילות המוח בשעה שעל הצג מוצגות התשובות של שאר משתתפי הקבוצה, כמתואר לעיל. הסורק מאפשר לחוקר לקבל תמונות פעילות של המוח בכל רגע ורגע. כשנערך מבחן הזיכרון המחודש לאחר מכן נוטל הנסיין את התשובות (כולל מדדי דיוקן

במקורה בשל לחץ אבולוציוני לאפשר למוח להעלות בדמיונו תרחישי עתיד (לא לנבא את העתיד, כמובן, כי אם להריץ ולבחון תרחישים של אירועים שונים בעתיד ולנסות להתכונן אליהם). ליכולת זו יתרון אבולוציוני עצום. אין היא דורשת דיוק דווקא, ואולי אפילו להפך: המנסה לייצר תרחישי עתיד על פי תעתיק מדויק של העבר, סופו שיתכונן למה שהיה ולא למה שיהיה. אם כן, המחיר שאנו משלמים עבור דמיונו הוא אולי שברירותו של הזיכרון החווייתי. אולי אנחנו משלמים גם מחיר אחר, כבד יותר, והוא המודעות לקצנו והחרדה הקיומית ממנו, שהוא תרחיש עתיד המבוסס על מה שאנו לומדים וזוכרים מסביבתנו אבל זה כבר עניין אחר. מנגד, בלי הדמיון, האמנות לא הייתה מוכרת לנו, ועולמנו הפנימי היה קרוב לוודאי עני לאין ערוך. הוא שנאמר, אין ארוחות חינם.

חוקרי המוח והזיכרון יכולים לתאר כיום בפירוט רב למדי את המכניזמים של המערכות המשרתות זיכרון במוח, מרמת המולקולה, דרך רמת האנליזה והתיאור של תאי העצב ותאים אחרים במוח, ועד לסיבוכיות של רשתות עצביות ואיברי מוח והקשרים ביניהם. זוהי המכניקה של המוח, שככל שאנו מבינים אותה יותר, כן גדלה יכולתנו לזהות בה פגמים, לפתח לה תרופות וטיפולים ולתכנן ולבנות מערכות מחשב ורובוטיקה שהמוח ויכולותיו משמשים להן השראה. אבל המסגרת המצומצמת של הסקירה הנוכחית איננה מאפשרת להיכנס לפרטי המכונה. למעשה לא תמיד יש בכך צורך: יכולותיו המופלאות, ולעתים המפתיעות, של זיכרונו והשפעותיהן על חיי היום-יום שלנו ניתנות לתיאור גם ממבט־על, שדי בו כדי להזכיר לנו שמה שאנחנו זוכרים מחויות חיינו הוא מה שהותאם לנרטיב הפנימי שלנו, אבל לא תמיד הוא תואם בפרטיו את מה שזוכרים הסובבים אותנו, שזיכרונום שלהם הותאם לנרטיב הפנימי שלהם. חקר הזיכרון יכול לאפשר לנו אפוא לתרום לא רק לרפואה ולטכנולוגיה ולרווחת האדם והחברה אלא גם לצניעות בהבנת המציאות. ■

◀ בחשבון שהאבולוציה פיתחה במוח יכולות מדויקות מופלאות בתחומים אחרים, כולל תפישה חושית, חישוביות ותגובה מוטורית.

יש פתרונות אפשריים אחדים לתעלומה: ראשית, ייתכן שהמערכת פועלת כפי שהיא פועלת מכיוון שעדיין לא התפתחה לכלל שלמות, או מכיוון שבשל מרכיבי הביולוגיים איננה יכולה לפעול אחרת (כלומר שמגבלותיה נובעות מהחומרה הביולוגית ומיכולת תפעולה). פתרון זה לא הגיוני כל כך בהתחשב בכך שהחומרה הביולוגית הזאת ממש מאפשרת למוחנו לבצע את כל אותן פעולות מהירות ומדויקות שהזכרו למעלה וגם אחרות, ושמערכות זיכרון התפתחו על פני עידנים, וקרוב לוודאי שהיה להן די והותר זמן להשתפר לו היו הלחצים האבולוציוניים דוחפים לכך.

אבל ייתכן גם שמה שבעינינו הוא כשל האי־דיוק, למוח הוא דווקא יתרון. אולי המערכת שאנחנו רואים בה מערכת של זיכרון חווייתי, שמטרתה לכאורה לאפשר לנו לאגור את חויות חיינו, נועדה למעשה ביסודה למהו אחר, או שגם אם יועדה לזכור, אי־דיוקים מקנים לה יתרון בתחום כלשהו. רבים מן העוסקים במערכות המוח של הזיכרון הנקרא חווייתי מעלים את האפשרות שאמנם כך הדבר: המערכת המאפשרת לנו לזכור חויות התפתחה לכיוון מסוים בשל מטלת־על אחרת, שבה לדיוק מתחת לרמה מסוימת אין יתרון, ואולי אפילו יש חיסרון. השערה מקובלת היא שהמטלה הזו היא הדמיון.

העלאת זיכרון חווייתי היא מסע מנטלי לעבר. דמיון הוא מסע מנטלי לעתיד. מחקרים רבים מראים שמערכות המוח המשרתות את הזיכרון החווייתי חופפות בחלקן את מערכות המוח המשרתות את יכולת הדמיון, ושפגיעה חמורה ביכולת הזיכרון החווייתי עלולה להיות מלווה בפגיעה ביכולת הביצוע המנטלי של תרחישי עתיד. אחת האפשרויות המועלות היא שמערכת הזיכרון שאנו מכנים אותה "מערכת הזיכרון החווייתי" התפתחה

שימושים ממשיים למספרים לא ממשיים



מאת פרופ' אלכסנדר לובוצקי

המספרים ה־ q -אדיים, שדה מספרים חדש שהתגלה, או הומצא (תלוי בתפיסתנו את רעיונות המתמטיקה המופשטת: כגילוי או כהמצאה), בסוף המאה התשע־עשרה בעקבות הבנה טובה יותר של המספרים הממשיים. בעקבות גילוי זה פיתחו מתמטיקאים רבים בהתמדה מושגים קלאסיים של המתמטיקה ה־"רגילה" (מעל המספרים הממשיים) בעולם החדש של המספרים ה־ q -אדיים, כגון תורת הפונקציות, נגזרות, אינטגרלים ואפילו גאומטרייה לא־אוקלידית. מהלכים אלו יתוארו בפרק השני.

בשנות השמונים של המאה הקודמת הראינו גרגורי מרגוליס (Margulis) במוסקבה מצד אחד ופיטר סרנק (Sarnak), אז באוניברסיטת סטנפורד (כיום במיניו משותף באוניברסיטת פרינסטון ובמכון ללימודים מתקדמים שם), רלף פיליפס ז"ל (Phillips) מאוניברסיטת סטנפורד ואנוכי מצד אחר, כיצד הגאומטרייה הלא־אוקלידית ה־ q -אדית מובילה לבניית גרפים בעלי תכונות קיצון מיוחדות. את הגרפים האלה דרשו מדעני מחשב לצורך בניית רשתות תקשורת אופטימליות ולשימושים רבים אחרים. הפרק השלישי יספר את הסיפור הזה. המתמטיקאי העיוני שואב את השראתו ואת המוטיבציה לעבודתו מתוך החוויה האסתטית של עבודתו, וזו בדרך כלל הבחינה העליונה של

הצלחתה של המתמטיקה העיונית לתת מענה לשאלות שונות בעולם המעשה היא כיום מן המפורסמות שאינן צריכות ראייה. לעתים רעיונות מופשטים שפיתחו מתמטיקאים רק לשם החוויה האינטלקטואלית או לצרכים מתמטיים מופשטים נמצאו לבסוף שימושיים בפיזיקה, בכימיה, בהנדסה, במחשבים ועוד. דוגמה בולטת היא הגאומטרייה הלא־אוקלידית שפיתחו מתמטיקאים במאה התשע־עשרה, הרבה לפני שהפכה כלי יסודי בפיזיקה המודרנית. דוגמה מוחשית אחרת היא טרנספורם ראדון (Radon), שפותח ככלי מתמטי לחקר פונקציות והפך לכלי הבסיסי שאפשר את פיתוח מכשירי הדימות (imaging) המודרנית (קבלת תמונות של איברים בגוף באמצעי קרינה שונים). היו לי הזכות והעונג להיות שותף בתהליך כזה. המילה עונג אינה נאמרת כאן לתפארת המליצה בלבד: החוויה האינטלקטואלית של ההבנה כיצד רעיונות מופשטים קורמים עור וגידים והופכים להיות משהו בעל משמעות בעולם המעשי היא גם חוויה רגשית עמוקה. במאמר זה אנסה לתאר את השתלשלות הדברים (או שמא ראוי לומר את התגלגלות הדברים, כי חלק מההתפתחויות היו ללא כוונת מכוון). נתחיל בפרק הראשון בהתפתחות המושג של

חישובים מקורבים מתייחסים אליו לעתים כ- $22/7$, או כ- 3.14 , והמחמירים כ- 3.14159 , שהם מספרים רציונליים, אבל אף אחד מהקירובים האלה אינו מבטא את ערכו האמתי של π . בישר יש אפוא "חורים" רבים של מספרים לא רציונליים (במובן מסוים, "רוב" המספרים אינם רציונליים).

כלל המספרים על הישר נקראים "המספרים הממשיים", וקבוצת כולם מסומנת באות R . במאה התשע-עשרה הוטרדו המתמטיקאים מהגדרה זו של המספרים הממשיים, שהרי מהו למעשה הישר שאנחנו מדברים עליו? הגדרה מדויקת שלו תאמר שהוא "אוסף כל המספרים הממשיים". בכך הסתבכנו בהגדרה מעגלית...

הגדרה פורמלית ומדויקת של שדה המספרים הממשיים R מתקבלת כ"השלמה של שדה המספרים הרציונליים Q ביחס למטריקה הרגילה של Q ". דהיינו, על שדה המספרים הרציונליים Q יש לנו מטריקה (= פונקציית מרחק) רגילה, המסומנת $dist$, שמוודדת את המרחקים בין כל שני מספרים רציונליים, לדוגמה:

$$dist(5, -1) = 6, \quad dist\left(\frac{8}{3}, 1\right) = \frac{5}{3}$$

וכדומה.

מתוך הקבוצה Q והמטריקה $dist$ ניתן להגדיר תהליך של השלמה שמוביל לקבוצה R . נדלג כאן על התיאור המדויק של תהליך זה (רק מתמטיקאים "יבשים" יכולים ליהנות מבנייה זו) ונתייחס אליו כאל קופסה שחורה: בהינתן קבוצה, למשל Q , עם מטריקה עליה, מתקבלת השלמה מתאימה.

בכך נפתחה קופסת פנדורה (חיובית!): יש מטריקות רבות על Q , נוסף על המטריקה הסטנדרטית שהוזכרה קודם.

נזכיר שמספר ראשוני הוא מספר טבעי גדול מ-1 שאינו ניתן לכתיבה כמכפלה של שני מספרים טבעיים קטנים ממנו. לדוגמה:

19, 17, 13, 11, 7, 5, 3, 2

◀ איכותה. עם זאת אין ספק שיש סיפוק מיוחד אם בסופו של דבר הרעיונות המופשטים מובילים לשימושים ארציים. כל סיפור שכזה גם מגבה את ציפייתה של האקדמיה מהחברה האזרחית לתמוך במחקר העיוני גם אם לא תמיד תועלתו המידית ברורה לכול.

1. המספרים ה־ק־אדיים

את המספרים הטבעיים, שהמתמטיקאים נוהגים לציין באות N , כולנו מכירים:

1, 2, 3, 4, 5, 6, ...

כיום אנו חשים בנוח גם עם המספרים השלמים Z כולם, דהיינו הטבעיים בתוספת של אפס והמינוס של הטבעיים. מספרים אלו מתקבלים כאוסף כל ההפרשים $a - b$ כאשר a ו- b הם מספרים טבעיים:

..., -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, ...

אוסף כל המנות האפשריות של מספרים שלמים, דהיינו מנות מהצורה a/b כאשר a ו- b מספרים שלמים, מכונה "שדה המספרים הרציונליים" ומסומן ב- Q . נוהג ומקובל לחשוב ולסמן מספרים אלו על הקו הישר. ראו למשל בדוגמה הזאת:



סימנו כאן מספר קטן של מספרים רציונליים, חלקם שלמים וחלקם לא, אבל מובן שיש אינסוף שכאלה והם מהווים קבוצה צפופה על הישר.

כבר היוונים הקדמונים ידעו שלא כל המספרים על הישר הם רציונליים, למשל $\sqrt{2}$ - דהיינו השורש הריבועי של המספר 2 - אינו כזה, ולכך יש הוכחה קלה למדי. קשה יותר להראות ש- π , שהוא היחס בין היקף מעגל לקוטרו, אינו רציונלי (אף שלצורך

המתרחשים בעולם המספרים הממשיים ניתנים לביצוע גם בעולם ה־ \mathbb{Q} ־אדי, ועל כך בפרק הבא. שתי הערות לפני שנעבור לפרק הבא: האחת – שדה ממשי יש רק אחד, אבל שדות \mathbb{Q} ־אדיים יש אינסוף (לכל ראשוני p אנו מקבלים שדה אחר!). משפט של אלכסנדר אוסטרובסקי (Ostrowski) מ־1916 מבטיח ששדה המספרים \mathbb{R} והשדות ה־ \mathbb{Q} ־אדיים הם ההשלמות היחידות האפשריות של שדה המספרים הרציונליים \mathbb{Q} . לכן אין חשש (או תקווה, תלוי בעיני המתבונן) שבעתיד תופענה לנו לפתע עוד מערכות מספרים כאלה המשלימות את \mathbb{Q} . השנייה – בחרתי להציג כאן את המספרים ה־ \mathbb{Q} ־אדיים הצגה מופשטת כאנלוגיה למספרים הממשיים. אולם יש גם דרך אחרת להציגם, שהיא מופשטת פחות אבל דורשת שימוש בסימונים מתמטיים, שמהם העדפתי להימנע.

2. אנליזה וגאומטריה מעל המספרים ה־ \mathbb{Q} ־אדיים

משעה שהגדרנו את המספרים ה־ \mathbb{Q} ־אדיים, ניתן להפעיל עליהם את כל (או לפחות את רוב) הפרוצדורות שהמתמטיקאים הפעילו על המספרים הממשיים. לדוגמה, מושג הנגזרת של פונקצייה מוגדר אינטואיטיבית כשיפוע של העקום המתאר את הפונקצייה. אולם הגדרה מדויקת של הנגזרת $\frac{df}{dx}$ של הפונקצייה $f(x)$ היא הגבול של המנה $\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}$ כאשר Δx הולך וקטן ל־0, כלומר קצב ההשתנות של הפונקצייה $f(x)$ בקרבת הערך x . למושג זה יש משמעות גם במספרים ה־ \mathbb{Q} ־אדיים. לכן אין בעיה להגדיר נגזרת גם לפונקציות \mathbb{Q} ־אדיות. מכאן הדרך פתוחה גם להגדרת אינטגרלים, משוואות דיפרנציאליות ועוד ועוד. נלך מכאן עוד צעד קדימה. הגאומטריה האוקלידית שניסח אוקלידס לפני יותר מאלפיים שנה, תוך ביסוסה על כמה אקסיומות בסיסיות, נחשבה לאורך השנים לגאומטריה הטבעית היחידה המתארת את עולם

הם שמונת המספרים הראשוניים הראשונים. לכל מספר ראשוני p מתאימה פונקציית מרחק $dist_p$. נדלג על ההגדרה הפורמלית של פונקצייה זו ונציין רק שכשמדובר בשני מספרים שלמים a ו־ b המרחק לפי מטריקה זו בין a ל־ b הוא קטן אם $b-a$ מתחלק בחזקה גבוהה של p . לדוגמה, אם $p=2$, אזי המספרים 64 ו־65 אינם קרובים במטריקה $dist_p$ (למרות היותם קרובים במטריקה הרגילה). דווקא מתקיים ש־65 קרוב ל־1, ו־64, שהוא 2 בחזקת 6, קרוב ל־0, ו־128, שהוא 2 בחזקת 7, קרוב ל־0 אף יותר (!) חזקות גבוהות יותר של 2 ילכו ויתקרבו יותר ויותר ל־0 ולא לאינסוף כפי שאנחנו מורגלים במטריקה הרגילה. פונקציית מרחק זו נראית מוזרה, אבל לא לאנשי תורת המספרים: מספרים ש"קרובים" זה לזה במטריקה זו חולקים תכונות משותפות מסוימות (למשל, סיפה דומה בכתיבתם על פי בסיס p).

בין שאנו מוצאים עניין בפונקציית מרחק זו ובין שלא, היא קיימת (אם ניתן לומר על מושג מתמטי שהוא קיים, ולסוגיה זו לא ניכנס כאן). אפשר אפוא להכניס אתה יחד עם \mathbb{Q} לקופסה השחורה של תהליך ההשלמה שהוזכרה קודם. התוצאה המונפקת היא \mathbb{Q}_p – שדה המספרים ה־ \mathbb{Q} ־אדיים. זהו עולם חדש של מספרים, שדומה לעולם המספרים הממשיים במובנים מסוימים, אך שונה ממנו במובנים אחרים: הוא דומה ל־ \mathbb{R} באפשרות לבצע בו פעולות חיבור, כפל, חילוק וכד' כמו ב־ \mathbb{R} . כמו כן שניהם מכילים את \mathbb{Q} , ו־ \mathbb{Q} צפופה בתוכם, דהיינו ניתן להתקרב לכל איבר כרצוננו באמצעות מספרים רציונליים.

אבל שדות אלו גם שונים זה מזה: ב־ \mathbb{R} , אם ניקח את 1 ונחברו לעצמו יותר ויותר פעמים, נלך ונתרחק מנקודת ההתחלה. לעומת זאת אם נבצע תהליך זה ב־ \mathbb{Q}_p , נישאר תמיד בסביבה של נקודת המוצא ולא נתרחק כלל. למה הדבר דומה? להולך על מסילת כושר שלמרות פסיעותיו וצעדיו המרובים נשאר כל הזמן באותו מקום.

למרות השוני הזה תהליכים מתמטיים רבים

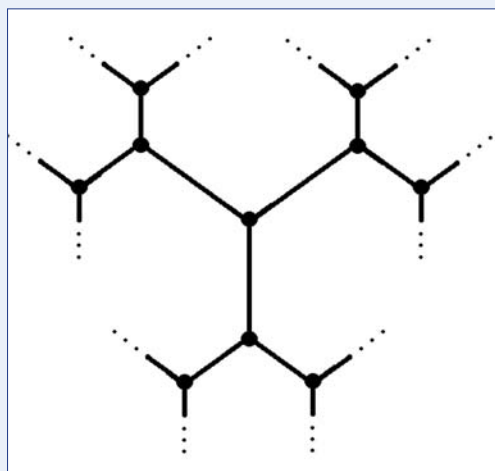


למרות היותה של גאומטרייה חדשה זו מוזרה בעיני מי שרגיל לחשוב במושגי הגאומטרייה האוקלידית, מתברר שלגאומטרייה ההיפרבולית חשיבות עצומה בפזיקה. תורת היחסות מלמדת אותנו שתיאור נאמן יותר של המציאות בא דווקא מגאומטריות לא-אוקלידיות, כמו זו ההיפרבולית ואחרות שכמותה. לענייננו חשוב לציין את החשיבות העצומה של הגאומטרייה ההיפרבולית במתמטיקה על ענפיה השונים: גאומטרייה, דינמיקה, תורת המספרים, תורת הפונקציות המרוכבות, תורת החבורות ועוד. תורה עשירה פותחה על אודות גאומטרייה זו. בין השאר ניתן "לקפל" את המישור ההיפרבולי בדרכים שונות, ומתקבל המושג החשוב של משטח רימן (Riemann surface), שהוא תחום מחקר רחב יריעה בעל השלכות על כל התחומים שהוזכרו לעיל. לא קל, אבל אפשרי, לתאר מישור היפרבולי גם לקורא שאינו מצוי בשפה המתמטית הטכנית. בדרך כלל נהוג לומר שהמישור ההיפרבולי הוא

◀ הטבע. אולם המתמטיקאים חשו אי-נוחות באשר לאקסיומה החמישית, אקסיומת המקבילים. אקסיומה זו גורסת כי בהינתן קו ישר ונקודה מחוץ לקו, קיים במישור קו ישר מקביל יחיד לקו המקורי העובר דרך הנקודה. האינטואיציה הבסיסית שלנו על המישור אומרת שאקסיומה זו ודאי נכונה. המתמטיקאים לא חלקו על כך במשך דורות, אלא ניסו, לשווא, להוכיח אקסיומה זו מתוך האקסיומות האחרות. בתחילת המאה התשע-עשרה התברר שאכן אין אפשרות להוכיח את אקסיומת המקבילים מתוך האקסיומות האחרות. יתר על כן, קיימת גאומטרייה אחרת – המישור ההיפרבולי – שבה מתקיימות כל האקסיומות האחרות, אבל בהינתן קו ישר ונקודה מחוצה לו, יש אינסוף קווים מקבילים לישר המקורי דרך הנקודה הנתונה. זה כמובן אומר שאי אפשר להוכיח את אקסיומת המקבילים מתוך האקסיומות האחרות, שאם לא כן היא הייתה תופסת גם במישור ההיפרבולי.



פירושו גרף של נקודות וביניהן קשתות, ואין בו אף לולאה אחת סגורה. הוא $(p+1)$ -רגולרי אם מכל קדקוד של הגרף יוצאות בדיוק $p+1$ קשתות. לדוגמה, אם $p=2$, נקבל את העץ 3 -רגולרי. זהו העץ האינסופי המתואר בתרשים 1. ◀

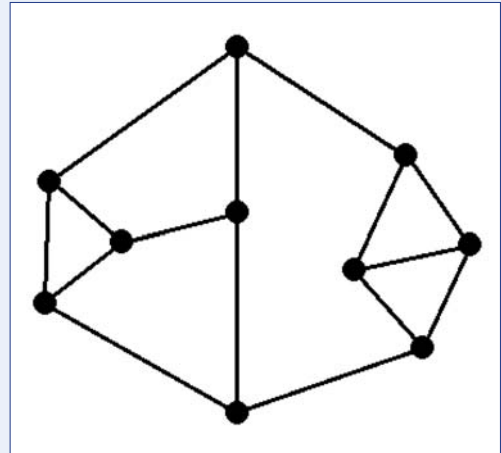


תרשים 1

"הגאומטרייה על פני אוכף". לא נרחיב בכיוון זה, כי למרבה הצער, אנו זקוקים למודל אחר של המישור ההיפרבולי. מודל זה מתקבל באמצעות "המטריצות מעל המספרים הממשיים עם דטרמיננטה 1 מודולו תת-חבורה חלקית קומפקטית מקסימלית". לא חשוב להבין כל מילה במשפט האחרון. להמשך הסיפור נחוץ רק להאמין שלמשפט זה יש משמעות גם אם מחליפים בתוכו את המילים "המספרים הממשיים" במילים "המספרים ה- p -אדיים". זה בדיוק מה שעשו פרנסואה ברואט (Bruhat) וז'אק טיץ (Tits) בעבודתם החשובה בשנות השבעים של המאה הקודמת. הם פיתחו את האנלוג מעל ה- p -אדיים (באופן הרבה יותר כללי מהמתואר כאן, אבל לא כאן המקום להאריך) ויצרו את האפשרות לדבר על "המישור ההיפרבולי ה- p -אדי". כאן צפויה הפתעה: את המישור ההיפרבולי ה- p -אדי קל לתאר הרבה יותר מאשר את המישור ההיפרבולי הממשי: הוא פשוט עץ p -רגולרי. בפי המתמטיקאים "עץ"

לתורת הגרפים שימושים רבים במתמטיקה עיונית, במדעי המחשב ובעולם המעשה. טבעי לייצג רשתות תקשורת בגרפים. לדוגמה, במחשב-על המורכב ממעבדים קטנים (מיקרופרוססורים) נסמן כל מעבד בקדקוד ונמתח קשת בין שני מעבדים המקושרים ביניהם והיכולים להעביר אינפורמציה מאחד לחברו. מחשבי-העל העתידיים צפויים להכיל הרבה מאוד מעבדים קטנים, ובעיית התקשורת ביניהם הופכת לבעיה מרכזית. אם במחשב יש n מעבדים, נאמר $n=1000$, הרי שכדי שכל שני מעבדים יוכלו לשוחח ביניהם, אנו נזקקים לקרוב לחצי מיליון קווי תקשורת ביניהם, ואין זה מעשי כל כך. לכן חיפשו מדעני המחשב ארכיטקטורה של רשת מעבדים שבה, נאמר, כל מעבד מקושר ל-20 מעבדים אחרים לכל היותר, ועדיין תהיה למערכת רמת קשירות גבוהה אף שיהיו בו רק 10,000 קווי תקשורת ולא חצי מיליון. בעיה זו ודומותיה הובילו להגדרת המושג "גרף מרחיב" (expander/אקספנדר): זהו גרף שאין בו קשתות רבות, ועם זאת במובנים מסוימים הוא דומה לגרף המלא שבו כל קדקוד מחובר לכל קדקוד. לא אלאה את הקורא בהגדרה הטכנית, אציין רק שבתחילה לא היה ברור שניתן למצוא גרפים כאלו. תכונת הדלילות של מספר הקשתות, מצד אחד, ותכונת הקשירות החזקה, מצד אחר, נדמות כתרתי דסטרי: תכונות שאולי אינן יכולות לדור בכפיפה אחת. מהר מאוד התברר שיש גרפים כאלו, אולם ההוכחה

אבל אפשר להמשיך הלאה: כמו ש"קיפלנו" את המישור ההיפרבולי כדי לקבל משטחי רימן, כך ניתן, בהליך דומה, "לקפל" את העץ האינסופי הזה ולקבל גרפים סופיים $p+1$ -רגולריים (שבהם, לעומת העץ, יש מסילות סגורות), כדוגמת הגרף בתרשים 2, כאשר $p=2$.

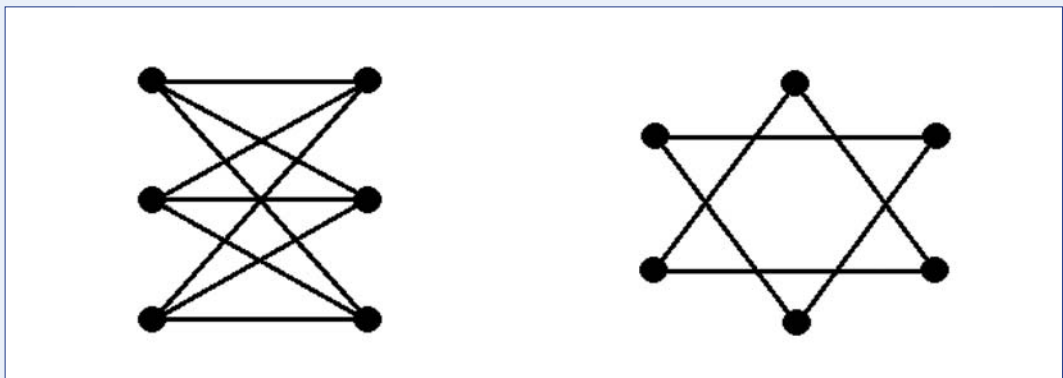


תרשים 2

למעשה כל גרף $(p+1)$ -רגולרי ניתן להציגו כ"קיפול" של המישור ההיפרבולי ה- p -אדי. זו כמובן דרך מסובכת ביותר וחסרת תועלת ברוב המקרים.

3. גרפים מרחיבים

במתמטיקה גרף אינו אלא קבוצה של נקודות/קדקודים וקשתות המחברות בין הקדקודים. למשל:



(Ravi Boppa), שסימנה את הכיוון שאליו יש לחתור בחיפוש אחר גרפים מרחיבים מיטביים. ארשה לעצמי לרגע להשתמש בשפה טכנית: כל גרף שבו n קדקודים ניתן לייצוג באמצעות מטריצה $n \times n$ של אפסים ואחדים, המבטאת את יחס השכנות בגרף. אם דרגת כל קדקוד בגרף היא k , אזי הערכים העצמיים של מטריצה זו נמצאים כולם בין k (הערך העצמי הגדול ביותר) ל- $-k$. תוצאות של אלון-מילמן ואחרים הראו שהגרף x יהיה מרחיב טוב יותר ככל שהערך העצמי השני שלו $\lambda(X)$ (לאחר k) יהיה קטן יותר. משפט של אלון ובופנה אומר שאי אפשר לצפות (בשביל n גדול) לחסם טוב מ- $\lambda(X) \leq 2\sqrt{k-1}$.

משפט זה נתן את האות לחיפוש אחר גרפים מרחיבים אופטימליים, כלומר כאלו שבהם הערכים העצמיים, השונים מ- k , קטנים מ- $2\sqrt{k-1}$. גרפים שכאלו ייקראו לאחר זמן "גרפי רמנוג'ן" (Ramanujan Graphs), לכבודו של המתמטיקאי ההודי האגדי סרינווסה רמנוג'ן (Srinivasa Ramanujan; חי בשנים 1887–1920), שעבודותיו והשערותיו מילאו לאחר שנים תפקיד חשוב בבניית גרפים שכאלה.

4. גרפים מרחיבים ומספרים ק־אדיים

מסענו וסיפורנו מתקרבים כאן לסיומם במפגש שבין פרק 2 לפרק 3: באמצע שנות השמונים. בערך באותו זמן התגבשה ההבנה, מצד אחד אצל מרגוליס במוסקבה ומצד אחר אצל פיליפס, סרנק ואנוכי, בפגישה בארצות הברית, שאת הגרפים המרחיבים האופטימליים יש לחפש דווקא בעולם המופשט של המספרים ה- p -אדיים. כזכור, בסוף פרק 2 תיארתי את מושג משטחי הרימן ה- p -אדיים וציינתי שאלה אינם אלא גרפים $p+1$ -רגולריים, דהיינו מכל קדקוד יוצאות $p+1$ קשתות. אולם זהירות דרושה כאן! בדרך כלל גרפים אלו אינם גרפים מרחיבים (וודאי שאינם גרפי רמנוג'ן). אולם התברר שבחירה מושכלת

הראשונה לקיומם הייתה הסתברותית. הוכח שאם נבנה במקרה וללא כל תכנון מוקדם גרף שבו 1,000 קדקודים, ובו מכל קדקוד יוצאות 20 קשתות, יש לו סיכוי מצויץ להיות גרף מרחיב טוב, אבל אין לנו דרך טובה לבדוק זאת (!)

כעבור זמן מה התברר שגרפים מרחיבים חשובים אף יותר ממה שנראה בתחילת הדרך. מושג זה הפך לאבן יסוד בהרבה מאוד עבודות במדעי המחשב. רשתות תקשורת ואלגוריתמים רבים נבנו תוך התבססות על קיום אקספנדרים, וממילא גבר הצורך בבניות מפורשות של גרפים כאלו שיוכלו לתת מענה לצרכים השונים.

פריצת הדרך החשובה הראשונה הייתה של מרגוליס, בתחילת שנות השבעים. מרגוליס, מתמטיקאי רוסי ממוצא יהודי, שצמח להיות אחד מחשובי המתמטיקאים של דורנו (כיום פרופסור למתמטיקה באוניברסיטת Yale), לא קיבל משרה באוניברסיטת מוסקבה בשל האווירה האנטישמית שהורגשה היטב בחוגי האקדמיה הרוסית של אותן שנים, ונדחק למשרה שולית יחסית במכון המחקר Institute for Information Transmission, שבו עסקו במה שהיום נהוג לכנות מדעי המחשב התאורטיים. שם התוודע מרגוליס למושג של גרפים מרחיבים. הוא הבין שנושא שחברו ושותפו דוד קשדן (כיום חבר סגל באוניברסיטה העברית בירושלים) פיתח באותן שנים במסגרת "תורת ההצגות של חברות", המכונה "תכונת T של קשדן", הוא כלי מתמטי המתאים לבניית גרפים מרחיבים. מאמר קצר שפרסם בנושא ב־1972 זכה לתהודה רבה בעולם, והיה הרמז הראשון ליכולתן של מתמטיקה עיונית בכלל ושל תורת ההצגות בפרט לסייע בפתרון בעיה חשובה זו במדעי המחשב.

הנושא של גרפים מרחיבים התפתח במהירות ובהתמדה בעזרת תרומות של מתמטיקאים שונים ברחבי העולם, ובהן תרומות חשובות של מתמטיקאים ומדעני מחשב בישראל כמו צבי גליל, עופר גאבר, נוגה אלון, ויטלי מילמן ועוד. מאמץ רב הושקע במציאת גרפים מרחיבים טובים יותר ויותר. במיוחד חשובה לסיפורנו עבודתם של נוגה אלון וראבי בופנה

היא עבודתם של מיכאל סיפסר ודניאל ספילמן ב־1998 ב-MIT. הם השתמשו בגרפי LPS ליצירת מהפכה של ממש בתורת האינפורמציה באמצעות בניית "נוהלי תיקון שגיאות" מסוג חדש לגמרי. לעבודה זו השפעה עצומה על התפתחות התחום של תורת הקודים מתקני השגיאות. כשקיבל ספילמן ב־2010 את פרס Nevanlinna, מנתה, לא במקרה, ועדת הפרס עבודה זו כאחת מפסגות עבודתו המדעית.

כשבנינו את גרפי רמנוג'ן בשנות השמונים לא יכולנו לתאר את מארג השימושים שיהיו לגרפים אלו. לתחום מתמטי יש חיים משלו, והוא מתפתח בכיוונים שונים ומשונים. ראוי לציין שבשנים האחרונות מדעי המחשב משלמים את חובם למתמטיקה: עד לאחרונה הצורך בגרפים מרחיבים בא ממדעני מחשב, והמתמטיקאים סיפקו להם (בשמחה) דרכים ליצירתם. בשנים האחרונות החלו גרפים אלו למלא תפקיד מרכזי ומעניין גם בכמה תחומים של המתמטיקה העיונית כגון גאומטרייה, תורת המספרים ותורת החבורות. זהו אחד התחומים שבו המנשק בין מדעי המחשב למתמטיקה העיונית הוא פורה ביותר.

מה הלאה? קשה לנבא. בשנים האחרונות אחדים מאתנו בארץ ובעולם עוסקים בפיתוח תורה רב־ממדית של גרפים מרחיבים, ובכל פעם אנו מופתעים מחדש לגלות כיוונים וקשרים חדשים. אולי איננו צריכים להיות מופתעים כל כך, שהרי כבר אמר החכם מכל אדם בספר קהלת כי אי אפשר לכלוא את הרוח. רוח האדם ויכולת הדמיון שלו משתמשות בכלים המתמטיים לפרוץ ולהתרחב כל פעם לטריטוריות חדשות ומפתיעות. חש אני בר מזל להיות חלק מתנועה זו. ■

תודתי נתונה לה' פורסטנברג, ד' הראל וב' לובוצקי על הערות מועילות.

אלכסנדר לובוצקי, מכון איינשטיין למתמטיקה,
האוניברסיטה העברית בירושלים. המאמר מבוסס על הרצאת הבכורה שניתנה באקדמיה ב־23/12/14



◀ של ה"קיפולים" של העץ כדי לקבל גרף, בחירה המבוססת על אריתמטיקה ועל תורת המספרים, יכולה להבטיח, תוך שימוש בעבודות מעמיקות של אריך הקה (Hecke) ופייר דלין (Deligne) בתורת המספרים, שהגרפים המתקבלים הם גרפים מרחיבים אופטימליים, דהיינו גרפי רמנוג'ן.

תקצר היריעה מלהסביר כאן את מלוא הסיפור, אולם לטובת הקורא הרגיש למספרים ובעל ההשכלה המתמטית אציין שבמקרה שבו דרגת הגרפים היא $k=p+1$, חסם רמנוג'ן, שהוזכר למעלה, הוא $2\sqrt{p}$. המספר $2\sqrt{p}$ מופיע במשפט המפורסם של אנדרה וייל (Weil), שהוכיח את "השערת רימן מעל שדות סופיים". מופע זה אינו מקרי: עבודתנו הסתמכה על עבודתו של דלין, וזו הסתמכה על זו של וייל.

פיליפס, סרנק ואנוכי צעדנו יחד צעד נוסף והצגנו את הגרפים המתקבלים הצגה מפורשת מאוד שניתנת בקלות לבנייה, וזאת תוך בחירה מסוימת מאוד של "קיפולי" העץ. בחירה זו התבססה על תורה קלאסית אחרת של אלגבראות קוטרניוניות. לא מעט מתמטיקה עמוקה שפיתחו כמה מגדולי המתמטיקאים של המאות התשע־עשרה והעשרים שוקעה בתוך עבודתנו. אנחנו היינו בני מזל לקטוף את פירות עבודתם. התכבדנו בכך שהקהילה המתמטית החלה לכנות גרפים אלו גרפי LPS, ואלו התגלו כאוצר בלום, ובהמשך הדרך פתרו בעיות שונות בקומבינטוריקה ובתורת הגרפים. אחד השימושים המפתיעים (והחביבים עליי) ביותר

צבירת טענות במשפט



מאת פרופ' אריאל פורת

באופן עיסוקו בהן. כללית, במקרים רבים המשפט נמנע שלא בצדק משקלול טענות.¹ אפתח בכמה דוגמאות מתחום דיני הנזיקין ומתחום המשפט הפלילי.

דיני נזיקין

דוגמה 1: פגיעה בבית חולים. שני אירועים. נזק אחד. אדם מגיע לחדר מיון כשהוא סובל ממיחושים בחזה. הרופא שולח אותו הביתה, ולאחר ימים מספר הוא חוזר לבית החולים עם התקף לב. הוא מטופל במחלקה הקרדיולוגית באותו בית החולים בידי רופא אחר, מחלים, אך החלמתו אינה שלמה. הוא תובע את בית החולים כמי שאחראי שילוחית לרופאים בטענה שרשלנותו של כל אחד מהם היא הגורם לאי־החלמתו השלמה. הסתברותה של כל אחת מן הטענות היא 40%. האם על בית המשפט לקבל את התביעה?

¹ הרצאתי מבוססת בעיקרה על שני מחקרים: Ariel Porat & Eric Posner, Aggregation and Law, 122 Yale Law Journal 2 (2012); Alon Harel & Ariel Porat, Aggregating Probabilities Across Cases: Criminal Responsibility for Unspecified Offenses, 94 Minnesota Law Review 61 (2009).

ניח שחבר מזמין אותך לארוחת ערב שתתקיים בעוד שבוע. אתה מעריך שקיימת הסתברות נמוכה שביום המיועד לארוחת הערב תהיה עייף מאוד. היות שמדובר בהסתברות נמוכה, לא היית דוחה את ההזמנה בשל סיבה זו בלבד. אלא שגם קיימת הסתברות נמוכה שתהיה לך באותו יום עבודה רבה. אף כאן, בשל היות ההסתברות נמוכה, לא היית דוחה את ההזמנה אילו הייתה זו הסיבה היחידה. כן קיימת הסתברות נמוכה שיהיה לך חשוב במיוחד לבלות עם משפחתך את הערב המיועד לארוחת הערב. שוב, ההסתברות היא נמוכה מכדי להצדיק בעיניך את דחיית ההזמנה רק בשל סיבה זו. אלא שאתה מבין שאף שהסתברות התממשותן של כל אחת מן הסיבות היא נמוכה, ההסתברות שלפחות אחת מהן תתממש היא גבוהה, ולכן אתה מחליט לדחות את ההזמנה. יש להניח שלא תנמק באוזני חברך את דחיית ההזמנה בקיומה של הסתברות נמוכה שתהיה עייף מאוד, הסתברות נמוכה שתהיה לך עבודה רבה והסתברות נמוכה שיהיה לך חשוב במיוחד לבלות את הערב עם משפחתך, ובמקום זאת תבחר סיבה אחת מהשלוש ותנמק בה את דחיית ההזמנה.

בדוגמה זו אדם משקלל סיבות ומקבל החלטה לפי המצבור ולא לפי כל סיבה בנפרד. שאלות דומות של שקלול עולות אף במשפט, אך המשפט אינו עקבי

תלות ביניהן) מלמד שההסתברות שלפחות אחת מהן תקפה היא 64%. אם ייעשה שקלול טענות בדוגמה 2, תעלה השאלה מה צריך להיות שיעור הפיצוי, בהנחה ששיעורי הנזקים השונים שנגרמו לתובע אינם זהים. כמינימום ראוי שהתובע יפוצה בגין הנזק הקל מבין השניים.

עד כאן אפשר שייווצר הרושם ששקלול טענות מביא להטלת אחריות במקרים רבים מאלה שבהם אין שקלול כזה. אכן זה המצב במקרים המוצגים בדוגמה 1, אך לא במקרים המוצגים בדוגמה 2. נניח למשל שבדוגמה 2 הסתברות כל אחת משתי הטענות נגד הרופאים היא 60%. בלא שקלול יהיה בית החולים אחראי כלפי התובע בגין שני הנזקים שנגרמו לו, ואם ייעשה שקלול, יהיה בית החולים אחראי בגין אחד מן הנזקים בלבד, שכן ההסתברות ששני הנזקים נגרמו בשל רשלנות רופא היא 36% בלבד.³

משפט פילי

בתחום המשפט הפילי נראה שלטענות שקלול צפויה התנגדות רבה במיוחד.

דוגמה 3: שני אישומים. אדם מואשם בשתי עבירות אשר לפי הנטען ביצע כל אחת מהן במקום שונה ובזמן שונה: אונס וכייסות. שני האישומים מתבררים בפני אותו שופט ובאותו הליך משפטי (במציאות יש להניח שיתקיימו שני הליכים משפטיים נפרדים בפני שופטים שונים). מידת ההוכחה שחלה בהליך הפילי היא "מעבר לספק סביר". הניחו כי שיעורה של מידת הוכחה זו הוא 95%. היינו, שלשם הרשעה במשפט פילי נדרשת הסתברות של 95% לפחות שהנאשם ביצע את העברה המיוחסת לו. השופט בוחן את הראיות הנוגעות לעברת האונס ומסיק שיש לו ספק סביר באשמתו של הנאשם, שכן הסתברות אשמו היא

³ $60\% \times 60\% = 36\%$.

◀ המשפט האזרחי מוכרע על פי "מאזן ההסתברויות". היינו, על התובע להוכיח את טענותיו בהסתברות הגבוהה מ-50%. היות שבתי המשפט נוהגים לדון בכל טענה בנפרד, תביעתו של התובע כנראה תידחה, מכיוון שאי אפשר להוכיח בהסתברות הגבוהה מ-50% שהרופא הראשון גרם ברשלנותו לנזקו של התובע, וכן אי אפשר להוכיח בהסתברות הגבוהה מ-50% שהרופא השני גרם ברשלנותו לנזקו של התובע. טענתי היא שראוי לשקלל את הטענות ולהגיע לתוצאה שונה. אם שתי הטענות ישוקללו, התביעה תתקבל, שכן בהנחה שאין תלות בין התנהגויות הרופאים, ההסתברות שלפחות אחד מהם גרם ברשלנותו לנזק היא $64\% = 1 - 0.4 \times 0.4$ דחיית התביעה תביא לכך שאף שההסתברות שבית החולים אחראי לנזק גבוהה מ-50%, הוא לא יישא באחריות כלשהי.

בדוגמה הבאה ברור עוד יותר שבתי המשפט לא ישקללו טענות.

דוגמה 2: פגיעה בבית חולים. שני אירועים. שני נזקים. השתלשלות העניינים היא כמו בדוגמה 1, אלא שכל אחת מן ההתנהגויות גרמה, לפי הנטען, לנזק נפרד: רשלנות הרופא בחדר המיון גרמה לתובע נזק ברגל, ורשלנות הרופא במחלקה הקרדיולוגית גרמה לתובע נזק בלב. ההסתברות של כל אחת משתי הטענות היא 40%. האם על בית המשפט לקבל איזו מן הטענות?

אף בדוגמה 2, אם כל טענה תיבחן כשלעצמה היא תידחה, שכן ההסתברות שכל אחד משני הנזקים של התובע נגרם מרשלנות של אחד מן הרופאים נמוכה מ-50%. עם זאת שקלול הטענות (בהנחה של היעדר

² קיימת הסתברות של 60% שהרופא הראשון לא גרם ברשלנותו לנזק, וקיימת הסתברות של 60% שהרופא השני לא גרם ברשלנותו לנזק. לפיכך ההסתברות שאף אחד מן הרופאים לא גרם ברשלנותו לנזק היא $60\% \times 60\% = 36\%$, וההסתברות שלפחות אחד מן הרופאים גרם ברשלנותו לנזק היא $100\% - 36\% = 64\%$.

טיעונים בעד שקלול טענות

כאמור, טענת השקלול במשפט הפלילי אינה פשוטה כלל ועיקר, ועל כן בהמשך הדברים אתמקד דווקא בה. אפתח בשתי הצדקות עיקריות לה, ולאחר מכן אדון בשלוש התנגדויות אפשריות.

הצדקה א: אפליה בין נאשמים

בשיטה הקיימת, שבה כל אישום נבחן בנפרד, נוצרת אפליה ברורה לרעת נאשמים חד-פעמיים לעומת נאשמים חוזרים: החד-פעמיים מורשעים גם אם הסתברות אשמתם היא 95%, ואילו החוזרים מזוכים אפילו הסתברות אשמתם היא 99% או אף למעלה מזה. טלו למשל כדוגמה את משפט קצב. בזמנו נטען נגד הנשיא לשעבר שביצע עברות מין שונות. בשלב מסוים היה נדמה שעומדת להיחתם עסקת טיעון בין הפרקליטות לבין קצב שעל פיה יודה הוא בעברות מסוימות ולא ישלח לכלא. בתגובה לביקורת שנשמעה על נכונותה של הפרקליטות להגיע לעסקת טיעון הסביר נציג היועץ המשפטי לממשלה את מה שיודע כל תלמיד שנה א בפקולטה למשפטים: גם אם יש ראיות רבות נגד קצב, וגם אם ברור לכל בר דעת כי קצב ביצע לפחות כמה מן העברות המיוחסות לו, אין להוציא מכלל אפשרות שהראיות נגדו, לכל אחת מן העברות המיוחסות לו בנפרד, לא יספיקו לשם הרשעתו בעברה כלשהי. במקרה של קצב אכן הייתה תלות בין האישומים השונים (במובן זה שאם ביצע עברה אחת, ההסתברות שביצע אף את העברה השנייה גבוהה מזו שהייתה אילו לא ביצע את העברה הראשונה), ועל כן שקלול הטענות הוא מורכב יותר (אם כי אפשרי). הבה נניח אפוא, לשם הפשטות, שלא הייתה תלות בין האישומים, כלומר נניח נאשם המואשם בעשרה אישומים שאין כל תלות ביניהם, ובכל אחד מן האישומים הראיות מצביעות על הסתברות אשמה של 90%. על פי המשפט הנוהג יזוכה הנאשם מכל האישומים אף שהסתברות שלא ביצע אף עברה אחת היא אחד לעשרה מיליארד (!) ◀

”רק” 90%. השופט בוחן גם את הראיות הנוגעות לעברת הכייסות ומסיק אף כאן שיש לו ספק סביר באשמתו של הנאשם, שכן הסתברות אשמו היא ”רק” 90%. האם על בית המשפט להרשיע את הנאשם באיזו משתי העברות המיוחסות לו?

על פי המשפט הנוהג, על בית המשפט לזכות את הנאשם משני האישומים. לעומת זאת שקלול טענות יניב תוצאה שונה: בהיעדר תלות בין שני האישומים ההסתברות שהנאשם ביצע לפחות אחת מן העברות היא 4.99%. מאחר שהסתברות של 99% גבוהה מהסתברות של 95%, שהיא ההסתברות המינימלית הנדרשת על פי הדוגמה לשם הרשעה, נדמה שראוי להרשיע את הנאשם ב”אונס או כייסות” ולגזור עליו לפחות את העונש שהיה נגזר עליו לו הוכח בהסתברות של 95% שביצע את עברת הכייסות, שהיא העברה הקלה יותר.

במציאות שופטים אינם מייחסים הסתברויות מדויקות לטענות המועלות לפניהם (אין להם אלא לקבוע אם הטענה הוכחה לפי כלל הראיות הנוהג), וודאי שאינם מומחים בסטטיסטיקה. אך לא צריך להיות מומחה בסטטיסטיקה על מנת להבין את הטענה הפשוטה, שההסתברות שלפחות אחד משני אירועים קרה (בהנחה שאין תלות מלאה בין שני האירועים) גבוהה מן ההסתברות שהאירוע הראשון קרה כמו גם מן ההסתברות שהאירוע השני קרה. לפיכך טענת השקלול משמעה ששופט שלא השתכנע שטענה א תקפה ולא השתכנע שטענה ב תקפה, עדיין יכול להשתכנע – ועם זאת להיות עקבי – שלפחות אחת משתי הטענות תקפה. כך במשפט האזרחי (דוגמות 1 ו-2), וכך במשפט הפלילי (דוגמה 3).

⁴ קיימת הסתברות של 10% שהנאשם לא ביצע את עברת האונס, וקיימת הסתברות של 10% שהנאשם לא ביצע את עברת הכייסות. לפיכך ההסתברות שהנאשם לא ביצע אף אחת מן העברות היא $10\% \times 10\% = 1\%$, וההסתברות שהנאשם ביצע לפחות אחת משתי העברות היא $100\% - 1\% = 99\%$.



החמורות מאוד שכנראה ביצע: הוא היה מתוחכם דיו כדי להותיר אחריו ראיות מעטות יחסית שלא הספיקו לשם הרשעתו. אילו ניתן לשקלל טענות באותה עת, היה אל קפונה מורשע כנראה בעברות חמורות מאוד הרבה לפני המועד שבו הורשע בסופו של דבר בעברות מס, שהן חמורות פחות. הציבור, יש לשער, השתכנע באשמתו של אל קפונה הרבה לפני שהורשע בפועל. הציבור, כך נדמה, משקלל טענות בעניינים מעין אלו ממש כפי שעושה מי שמוזמן לארוחת ערב בדוגמה שבה פתחתי. "משפט הציבור" נתפס בעיני רבים כפרימיטיבי וככזה שאין לחרוץ גורלות על פיו. אך לפחות בהקשר המיוחד של שקלול טענות יכול משפט הציבור, למרבה האירוניה, להצביע על אשמתו של אדם בדיוק רב מזה של המשפט הפורמלי.

◀ לעומת זאת חברו הנאשם החד־פעמי יורשע בדין גם אם ההסתברות שלא ביצע את העברה המיוחסת לו היא 5%. תוצאה זו היא מפלה, ועל כן ראוי להימנע ממנה.

הצדקה ב: הרתעה

בשיטה הקיימת, שבה אין ננקט שקלול טענות, אפשר שהמשפט הפלילי לא ירתיע כראוי עבריינים חוזרים ומתוחכמים. עבריינים אלו הם לא אחת ראשי ארגוני פשע היודעים "לשחק" על פי כללי השיטה, ואף שהם מותירים אחריהם מדי פעם ראיות המצביעות על אשמתם, ראיות אלו – ולא במקרה – אינן מספיקות לשם הרשעתם. טלו כדוגמה את מקרה אל קפונה. אף שהכול ידעו שאל קפונה הוא מראשי הפשע המאורגן בארצות הברית, אי אפשר היה להרשיעו בעברות

"עד הסוף" לטיעון בדבר תפקידו האקספרסיבי של המשפט הפלילי, וממילא אף ידחה את הטענה שיש לשקלל טענות במקרה של האנס והכייס שבדוגמה 3. אך מי שסבור (כמוני) שבמקרה של התאומים יש להרשיע את שניהם ולגזור עליהם את העונש על העברה הקלה מבין השתיים, אינו יכול לבסס באופן משכנע את דחיית טענת השקלול שבדוגמת הכייס והאנס על הטיעון האקספרסיבי. הטעם לכך הוא שבשני המקרים מדובר בנאשמים אשר הוכח בהסתברות גבוהה מספיק לצורכי המשפט הפלילי שביצעו אחת משתי עברות (ואין זה מעלה או מוריד אם הסתברות זו היא 100% או 99%, שכן על פי הנחתנו ברגיל די בהסתברות של 95% לשם הרשעה), מבלי שניתן להוכיח בהסתברות גבוהה מספיק שביצעו עברה אחת מסוימת.

התנגדות ב: אחריות סטטיסטית

קבלתו של טיעון שקלול הטענות במשפט הפלילי (וגם במשפט האזרחי) עלולה להיראות ממבט ראשון מכשיר להטלת אחריות משפטית על בסיס "סטטיסטיקה ערומה" (naked statistics). במשפט יש רתיעה מובנת מפני הטלת אחריות כזו, תחת הטלת אחריות על סמך ראיות קונקרטריות הקושרות את הנאשם לביצוע העברה המיוחסת לו. לא כאן המקום לדון בטיעונים בעד ונגד שימוש בראיות סטטיסטיות במשפט בכלל ובמשפט הפלילי בפרט, שכן בין טיעון שקלול הטענות לבין שימוש בראיות סטטיסטיות אין ולא כלום.

על מנת להבין מדוע, נניח כי הפרקליטות מביאה לדין אדם שנתפס באקראי ברחוב וטוענת כי מבחינה סטטיסטית כנראה ביצע עברה לפחות פעם אחת בחייו. מכאן מבקשת המשטרה להסיק שראוי להענישו במאסר בן חודש או לפחות בקנס של 1,000 ש"ח. טענה זו, ככל שהיא מתבססת על סטטיסטיקה, אפשר שתהיה נכונה. אך מובן מאליו שאין שומעים לה במשפט, שכן לא ראוי להטיל אחריות פלילית על סמך "סטטיסטיקה ערומה".

טיעונים נגד שקלול טענות

התנגדות א: תפקידו האקספרסיבי של המשפט הפלילי

התנגדות צפויה של משפטנים מסורתיים לשקלול טענות במשפט הפלילי תתבסס על תפקידו האקספרסיבי של המשפט הפלילי. על פי התנגדות זו, לא ראוי להעניש אדם מבלי שניתן להצביע לפניו, ולפני הציבור, על העברה המסוימת שבגינה הוא נענש. בניסוח אחר, לא ראוי להעניש אדם על ביצוע עברה לא מסוימת; ענישה כזו נהוגה במשטרים חשוכים שאיננו רוצים להימנות עמם. מכאן שאין להרשיע את הנאשם בדוגמה 3, שכן לא הוכח שהוא אנס, ואף לא הוכח שהוא כייס.

איני חושב שהתנגדות זו משכנעת. כדי להסביר מדוע אשתמש בדוגמה שהובאה בהקשר אחר בספרות המשפטית (מפי ליאו כץ): בניו יורק מתבצע רצח. מצלמת וידאו מסריטה את הרצח, וניתן לזהות בסרט את הרוצח בוודאות. חצי שעה לאחר מכן מתבצעת פריצה בלוס אנג'לס. אף כאן מצלמת וידאו מסריטה את הפריצה וניתן לזהות את הפורץ בוודאות. למרבה הפלא, נראה שהרוצח בניו יורק והפורץ בלוס אנג'לס הם אותו אדם (!) מאחר שאי אפשר להגיע בתוך חצי שעה מניו יורק ללוס אנג'לס, נעשית בדיקה נוספת, ומתברר שהעבריינים הם תאומים זהים: האחד ביצע את הרצח, והאחר – את הפריצה. לרוע המזל אין כל דרך לדעת מי ביצע איזו עברה, והתאומים, כמובן, אינם משתפים פעולה עם חוקרי המשטרה. נניח עתה כי העונש הקבוע בחוק על רצח הוא עשרים שנות מאסר, ואילו על פריצה – שנת מאסר אחת. בפני בית המשפט הדין בעניין עומדות אפוא שתי אפשרויות: לזכות את שני התאומים הנאשמים ולשלחם לחופשי, או להרשיע כל אחד מהם ב"רצח או פריצה" ולהטיל על שניהם את העונש הקבוע בחוק על פריצה.

מי שסבור שהדרך הראויה היא לזכות את שני התאומים ולא להטיל עליהם עונש כלשהו נאמן

לקראת סיום חשוב להדגיש אף זאת: במקרים מסוימים שקלול טענות יכול לסייע לנאשם ולא רק לפעול נגדו. בראש ובראשונה אם הסתברויות האישומים השונים משוקללות, יש לשקלל אף את ההסתברויות שעומדות לנאשם טענות הגנה שונות ולא להסתפק בבחינתה של כל טענת הגנה בנפרד. נניח למשל שנאשם מעלה שתי טענות הגנה נגד אישום אחד המועלה נגדו, כגון שפעל בנסיבות של הגנה עצמית ושטעה בנסיבות באופן ששולל את האופי הפלילי של התנהגותו. גם אם ההסתברות לנכונותה של כל טענת הגנה בנפרד היא קטנה מכדי להצדיק את זיכוי של הנאשם, יש לזכותו מן האישום אם ההסתברות שלפחות אחת מן הטענות היא נכונה גבוהה דייה.

אך מעניין יותר הוא המקרה ההפוך לזה המתואר בדוגמה 3: נניח שבדוגמת האונס והכייסות ההסתברות שהנאשם ביצע את כל אחת מן העברות המיוחסות לו היא 95%. בלעדי שקלול טענות יורשע הנאשם בשתי העברות, שכן לפי הנחתנו די בהסתברות של 95% לשם הרשעה בעברה מסוימת. לעומת זאת שקלול טענות יביא להרשעתו של הנאשם בעברה אחת בלבד (במקרה זה בעברת האונס, שהיא חמורה יותר, שכן אפילו אם לא היה מואשם כלל בעברת הכייסות היה מורשע באונס), מכיוון שההסתברות שביצע את שתי העברות גם יחד היא 90% לערך,⁵ וזו נמוכה מן ההסתברות המינימלית של 95%, הנדרשת, לפי הנחתנו, לשם הרשעה. שקלול מסוג זה מעלה שאלות נוספות על אלו שדנתי בהן, ולא אוכל להרחיב על אודותיהן כאן. אומר רק כי שקלול כזה עלול לכאורה לפגוע בהרתעה: כך למשל נאשם אשר ביצע עברה אחת ואשר סבור שיהיה ניתן להוכיח את אשמתו בהסתברות של 95% עלול להתפתות לבצע עברה נוספת בידיעה שכל עוד לא תוכח אשמתו בעברה הנוספת בהסתברות

לא כן בדוגמת האנס והכייס. כאן טענת התובע היא שעל סמך ראיות קונקרטיות יש להסיק הסתברות גבוהה דייה שהנאשם ביצע אונס או כייסות. ראיות קונקרטיות אלו הן סך הראיות הקונקרטיות אשר לא היה בהן די כדי להוכיח את עברת האונס מעבר לספק סביר, והראיות הקונקרטיות אשר לא היה בהן די כדי להוכיח את עברת הכייסות מעבר לספק סביר. על מנת להגיע למסקנה שהנאשם ביצע לפחות את אחת משתי העברות בית המשפט אינו נזקק אפוא לראיות נוספות כלשהן – קונקרטיות או סטטיסטיות – על אלו שהובאו לפניו על מנת להוכיח את עברת האונס בנפרד ועל מנת להוכיח את עברת הכייסות בנפרד.

התנגדות ג: קשיי יישום וחשש לניצול לרעה

יש שיאמרו ששקלול טענות קשה ליישום, במיוחד כאשר מספר האישומים הוא רב, וההסתברות לנכונות כל אחד מהם היא קטנה. יתרה מזו, אם המשפט ירשה שקלול טענות, התביעה עלולה להרבות באישומי סרק נגד מי שתוצאה להפילו מתוך תקווה שאישומים רבים שהסתברותם קטנה ישכנעו את בית המשפט להרשיע את הנאשם. לבסוף, העלאת אישומים רבים נגד הנאשם עלולה להכביד על הגנתו במידה לא נסבלת: יהיה עליו להתגונן מפני אישומים רבים, גם כאשר ההסתברות שכל אחד מהם תקף היא נמוכה מאוד.

אין אלה חששות שווים. אך נראה שיש דרך להקל אותם והיא לאפשר שקלול טענות אך להציב לצדו תנאי סף: רק אישומים שאפשר לבססם בראיות משמעותיות ישוקללו על ידי בית המשפט, למשל רק אישומים שהנחת נכונותם סבירה מהנחת אי-נכונותם יובאו בחשבון (זהו תנאי סף הזהה למידת ההוכחה האזרחית, היינו "מאזן ההסתברויות", אשר בתי המשפט אמונים בהפעלתו). על כך אף ניתן להוסיף שבית המשפט "יקנוס" את הפרקליטות (בדרך של פסיקת הוצאות משפט גבוהות, למשל) אם תעלה אישומים נגד הנאשם אשר בסופו של דבר לא יעמדו בתנאי הסף.

⁵ $95\% \times 95\% = 90.25\%$



סיכום

לא תמיד ראוי לבצע שקלול טענות. עם זאת על בתי המשפט לשקול בכובד ראש הצעה של תובע או נתבע במשפט אזרחי לשקלל טענות. טיעון השקלול קשה יותר לקבלה במשפט הפלילי, אם כי ניסיתי להצביע על הצדקותיו העיקריות. למעשה, בתחום המשפט הפלילי טיעון השקלול אינו ניתן ליישום בבתי המשפט כל עוד אישומים שאינם קשורים זה בזה נידונים בהליכים נפרדים, ועל כן אימוצו דורש התערבות חקיקתית. בפועל ייתכן שבתי המשפט – גם אם לא בעקביות או בשיטתיות – משקללים לעתים טענות מבלי לומר זאת במפורש, ממש כפי שבני אדם משקללים טענות בחיי היום־יום, גם אם אינם מודים בכך בפה מלא. ■

של 100%, הוא יזוכה ממנה.⁶ חשש זה של פגיעה בהרתעה היה גדול במיוחד לו ניתן לשקלל טענות שנטענו במשפטים שונים: נאשם שהורשע בעברה הראשונה ובית המשפט קבע כי הסתברות אשמתו היא 95%, יוכל לבצע עברה נוספת כמעט בלי סיכון להיות מורשע בה (לפחות בהנחה שאינה חמורה מן העברה הראשונה). לבסוף אפשר אף להעלות ספק אם שקלול כזה עושה צדק בין נאשמים חוזרים מצד אחד לבין נאשמים חד־פעמיים מצד שני: רק נאשמים חוזרים יוכלו "ליהנות" ממנו.

⁶ הכפלה של 95% בכל מספר הנמוך מ־100% תביא לתוצאה הנמוכה מ־95%, ועל כן תחייב את זיכוי הנאשם בעברה החמורה פחות.

באקדמיה

5 שנות נשיאות

דברי הנשיאה היוצאת

פרופ' רות ארנון בסיכום כהונתה

*באספה הכללית הסגורה שהתקיימה בכ"ב בסיוון, תשע"ה (9 ביוני 2015)



פרופ' רות ארנון במקס חילופי נשיאות האקדמיה, בבית נשיא המדינה, ראש השנה תשע"ו

ח ברי האקדמיה הנכבדים, זאת האספה הכללית האחרונה שאני יושבת בראשה, ולכן אבקש לסקור כאן בקצרה מעט ממה שהתרחש באקדמיה בתקופת כהונתי. קודם כול, נעם לי לעמוד בראש מוסד חשוב ומכובד זה, ואני יכולה לציין בסיפוק שהתפקיד זוכה לכבוד ולהערכה הראויים – בכל הפורומים שבהם השתתפתי – משום ההערכה הרבה המכוונת לאקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

כידוע, האקדמיה הוקמה לפי חוק, והוא מציין שבע מטרות או מטלות. במהלך חמש השנים שכיחנתי כנשיאת האקדמיה התמקדתי בכמה מהן: הראשונה, שלדעתי היא החשובה ביותר, היא לקדם את המדע בארץ. השתדלתי להיות בקשר אמיץ עם הקרן הלאומית למדע, כיום מקור המימון העיקרי למחקר תחרותי בישראל; כמו כן קיבלתי על עצמי לכהן כיו"ר תל"מ, הפורום שהקים פרופ' יעקב זיו, האחראי לאיגום משאבים לצורכי ציוד מחקר תשתית לאומי, ומשרת מטרה חשובה; כמה מיזמים, כגון הפוטוניקה וחקר המוח יצאו לדרך בתקופה זו ופעילותם מרשימה, ואחרים – מצויים עכשיו בשלבים האחרונים לפני אישור. תל"מ הוא גוף שפעילותו מתבצעת בהתנדבות מצד כל השותפים לה, התורמים ממשאביהם למיזמים – וזו דוגמה נדירה ומרשימה בישראל.

פעלתי נמרצות לאישור תכנית ה־Horizon 2020 בידי הממשלה, לצד הבעיות הפוליטיות שהתעוררו, היות שאני רואה במענקי ה־ERC חשיבות רבה ואחת ההזדמנויות החשובות ביותר למחקר הישראלי. הזוכים, הן במענקים למתחילים והן למתקדמים, נהנים גם מהגדלה ניכרת של תקציביהם, המאפשרת להם לבצע מחקר ברמה גבוהה, וגם מהיוקרה במערך המדעי האירופי, שחשיבותו רבה בפני עצמו. בשנים האחרונות קיימתי קשר עם מנהלי BSF ו־GIF, הקרנות הדו־לאומיות התורמות רבות למחקר באוניברסיטאות.

בתחום מדעי הרוח הוספנו לפעילות החטיבה את הרצאת בובר – הרצאה שנתית יוקרתית, על שם נשיאה הראשון של האקדמיה פרופ' מרטין בובר, מפי מיטב החוקרים הדגולים ממדעי הרוח. ההרצאה השנתית נערכת במתכונת הרצאת איינשטיין, של החטיבה למדעי הטבע, המתקיימת בהצלחה זה שנים באקדמיה. עד כה היו ההרצאות חשובות ומצוינות; זה עתה אף הופיע פרסום בהוצאה לאור של האקדמיה של ההרצאה האחרונה שניתנה לפני כשנה. האקדמיה הוסיפה לפעול גם בתחום של מדיניות מדע, בתחום של מדיניות מדע ואנו מקיימים סדנה שנתית על שמו של פרופ' אלכס קינן בהשתתפות מיטב המומחים בנושא.

אני שבעת רצון לציין את האקדמיה הצעירה שהוקמה בתקופת כהונתי והמתפקדת כגוף תוסס ורב פעילות, וחבריה נרתמים לעשייה בנושאים חשובים לקידום המדע בארץ.



מימין: הנשיאה היוצאת פרופ' רות ארנון עם נשיא המדינה מר ראובן (רובי) ריבלין ופרופ' נילי כהן - הנשיאה העשירית של האקדמיה

◀ משימה נוספת של האקדמיה היא לפעול למען ישראל במתקני מחקר מדעי בין-לאומיים. בתהליך שארך זמן ושהאקדמיה הייתה שותפה פעילה בו, התקבלה ישראל כחברה מלאה ב־CERN, הישג חשוב בהחלט למדע הישראלי. כמו כן הגדלנו את חלקנו ב־ESRF – דבר המאפשר לחוקרים ישראלים רבים יותר לבצע מיזמים במתקן הסינכרוטרון האירופי החשוב הזה. פעלתי למען הצטרפות ישראל לפרויקט ה־Human Frontiers, שמדענינו נהנים ממנו מאוד, ומשרד המדע שוכנע בכדאיותו ואישר את הצטרפות ישראל, בתקצובו. האקדמיה סייעה ופעלה למעורבות ישראל גם ב־SESAME – מתקן הסינכרוטרון של המזרח התיכון, שהוקם בירדן, ושחשיבותו היא הן בתרומתו המדעית והן, ולא פחות, בהיבט הפוליטי.

האקדמיה מקדמת את הקשרים הבין-לאומיים עם אקדמיות עמיתות בעולם, ובתקופת כהונתי פעלנו להידוק הקשר עם כמה מהן: האקדמיה הצרפתית – שזה כמה שנים שאנו מארגנים כינוסים משותפים בדיסציפלינות שונות: מתמטיקה, פיזיקה, כימיה, והשנה יהיה כינוס במדעי החיים, בפריז; האקדמיות של קנדה, סין, יפן והודו איתן חתמנו בחצי העשור החולף חתמנו על הסכמים חדשים עמן; שתי האקדמיות הגרמניות,

האקדמיה ליאופולדינה למדעים והברדנבורגית למדעי הרוח; האקדמיה של קוֹרָאָה ועוד. עם האקדמיה הלאומית למדעים של ארצות הברית (NAS) חתמנו על הסכם מיוחד, שבמסגרתו אנחנו מקיימים את כינוסי קאוולי הבין-חומיים למדענים צעירים. כינוס משותף עם האקדמיה הרפואה האמריקאית ו־NAS מתוכנן להתקיים ב־2016 ויוקדש לנושא אתגרי הרפואה בתקופה של אוכלוסייה מזדקנת, הכולל השלכות הן במדעי החיים והרפואה והן במדעי הרוח והחברה. בבריטניה חתמנו לאחרונה על הסכם מיוחד עם ה־Royal society, הכולל גם מלגות לכתר־דוקטורט. זה בגדר ניסיון, ואני חושבת שהוא יהיה לתועלת רבה.

ראוי לציין שלמרות ניסיונות החרם האקדמי אנו עדים לאקדמיות נוספות המתדפקות על דלתנו לחתימת הסכמים מדעיים עם ישראל, וזה משמח ומאתגר, אך אני סבורה שיש לנהוג בזהירות ובאחריות.



נשיאי האקדמיה לשעבר וחברי המועצה בטקס חילופי הנשיאות – בשורה העליונה משמאל: ד"ר מאיר צדוק, פרופ' רפאל משולם, פרופ' ב"ז קדר, פרופ' דוד הראל, פרופ' יעקב זיו, פרופ' יהושע יורטנר, פרופ' מנחם יערי ופרופ' יוסף קפלן; בישיבה משמאל: פרופ' נילי כהן, הנשיא ראובן ריבלין ופרופ' רות ארנון

גם בייצוג המדע הישראלי – אנחנו"על המפה"! אנו פעילים מאוד בקשר עם הארגונים המדעיים הבין-לאומיים המרכזיים, ובהם הארגון החשוב ICSU, שבו האקדמיה היא ה-National Member – שמלבד להשתתפותנו במליאה, ישראל מיוצגת כיום בכל הוועדות, ובחלקן גם בנציגות יושב ראש או סגן יושב ראש. בארגוני האקדמיות הבין-לאומיים העיקריים האקדמיה מיוצגת ב-IAP, ב-ALLEA וב-AASSA, כלומר גם בארגון האירופי, גם בארגון האסיאתי ואף בארגון של אקדמיות אזור הים התיכון: EMAN – שעיקר פעילותו הוא דווקא במדעי הרוח והחברה, במדעי המזרח ובארכאולוגיה. בקורס לארכאולוגיה שהתקיים ברומא השתתפו גם החוקרים הישראלים, ולכך חשיבות רבה בהחלט.

מטרה אחרת של האקדמיה היא ייעוץ לממשלה. זהו נושא חשוב, שאנחנו מכירים את הבעייתיות שבו ולא פעם חשים שהאקדמיה מעוניינת לייעץ יותר לממשל. אך למרות זאת סימנו בשנים האחרונות כמה נושאים חשובים והעמדנו ועדות מומחים לבדיקתם, למשל פעלנו בנושא חקר הגז והנפט בים התיכון. אציין בסיפוק כי להמלצות הוועדה שמיניתי יש הישגים, ובעקבותיהם נוסדו בארץ שני מרכזי הוראה, אחד במרכז, והוא משותף לאוניברסיטה העברית בירושלים ולאוניברסיטת בן-גוריון בנגב, והשני בצפון, המשותף לטכניון ולאוניברסיטת חיפה. במסגרת זאת הוקם מרכז גם לחקר הים התיכון, שחברנו פרופ' צבי בן-אברהם עומד בראשו. זו פעילות חשובה, כי אם יש גז בים התיכון, חשוב שאנחנו נדע לנצל זאת גם לטובת מערכת האקדמית שלנו.

בתקופת כהונתי הכנו בפעם הראשונה, לפי התיקון לחוק האקדמיה, את הדוח על מצב המדע, שהוגש לממשלה ולכנסת והופץ בתפוצה רחבה. אנו שוקדים בימים אלה על הדוח החדש – ועדה שמינית מטפלת בהכנתו. ומובן שבכל שנה מוכן וסדור במועדו גם דוח שנתי של פעילות האקדמיה, שהעתק "חם מן התנור" מונח לפניכם.

משימה נוספת המצוינת בחוק האקדמיה היא פרסום כתבים. ואכן לשם כך לאקדמיה מחלקה ייחודית של הוצאה לאור, המתמחה גם בסוג של כתבים שלא יוצאו לאור אצל מו"ל אחר זולתה. בכהונתי הקמתי ועדה לבחינת הנושא, והיא הגישה את המלצותיה לקידום ולשיפור פעילות הוצאה לאור, ואני תקווה שהן ייושמו בקרוב.

אני מקווה שהעברתי לכם את רוח הדברים, כלומר את אופי התפקיד שמילאתי בשנים האחרונות. ולסיום ברצוני לומר מילות תודה, הן למועצת האקדמיה שאחראית לכל פעילותה והן לצוות האקדמיה הנפלא מאין כמוהו, ששוקד על המלאכה ללא לאות.

לכולם נתונה תודתי, כי בלעדיהם לא הייתי יכולה למלא את תפקידי. שאו ברכה.

Big Data

ועתיד המחקר בעידן הדיגיטלי:
סימפוזיון בין-תחומי של האקדמיה הגרמנית
הצעירה והאקדמיה הישראלית הצעירה

מאת ד"ר שרון אהרונסון-להבי

Big
Data



Big Data

האתיים והאמנותיים שנוצרו בעקבות המהפכה התעשייתית והטכנולוגית של המאות הקודמות. עמדה פרספקטיבית שכזו, המעמידה במבחן את מהפכת המידע הנוכחית אל מול קודמות לה, מאפשרת עמדה ביקורתית כלפי השינויים שבמחקר ובהוראה ומחייבת אותנו לחשוב על האופנים שבהם ניתן לגשר בין מתודולוגיות חדשות לקודמות. אכן, מתוך ההרצאות והדיונים בסימפוזיון עלה כי שימוש בכלים שהמחשב מאפשר לניתוח ולעיבוד הכמות העצומות של המידע הזורם בכל רגע ורגע מגלם מחד פוטנציאל אדיר ליצירת ידע מסוגים חדשים, ומאידך הוא טומן בחובו בעיות המחייבות את מודעותנו כחוקרים, ובכלל זה ההבדלים בין ניתוח אנושי לבין ניתוח ממוכן של מידע, היבטים אתיים הקשורים בפרטיות ובמידע, ואולי אחת הסוגיות החשובות היא היכולת לבקר את המידע שמצטבר ולארגנו.

מבנה הסימפוזיון

ת הסימפוזיון ארגנו יחדיו סיבילה באומבך (Sibylle Baumbach) מהאקדמיה הגרמנית הצעירה ושרון אהרונסון-להבי מהאקדמיה הישראלית הצעירה. מושבי הסימפוזיון היו בין-תחומיים כולם, וההתמקדות בפרספקטיבה המתודולוגית אפשרה קיומו של שיח אקדמי בעל חשיבות, שהתברר כרלוונטי לחוקרים מתחומים שונים. המושבים הראשונים הוקדשו להגדרות יסוד ולדיון במיזמים מחקריים של חברים משתי האקדמיות הצעירות ושל חוקרים נוספים שהוזמנו להשתתף. המושב הפותח – "Defining Big Data: Transformations in the Natural Sciences, Humanities, and Social Sciences" – עסק בהגדרת המושג Big Data ובהצגת השינויים המתודולוגיים והמחקריים המתחוללים בדיסציפלינות השונות. במושב "Conducting Big Data Research and Research Projects: Methods, Challenges, and Limits" חוקרים את המיזמים שלהם הנשענים על מתודולוגיות

חודש פברואר 2015 התקיים באקדמיה הלאומית הישראלית למדעים סימפוזיון בין-תחומי משותף לאקדמיה הגרמנית הצעירה ולאקדמיה הישראלית הצעירה, שכותרתו היא "Big Data" ועתיד המחקר בעידן הדיגיטלי". בחרנו בנושא זה למפגש בין שתי האקדמיות הצעירות משום שמושג זה, שטרם הומצא לו מונח שגור בעברית, הפך להיות אחת ממילות המפתח הנפוצות ביותר במחקר האקדמי, ומימון ניכר מושקע במיזמים מחקריים של Big Data בתחומי ידע שונים. אף שחלק מחברי האקדמיות הצעירות לא התנסו בהכרח במחקרים המשלבים מתודולוגיות או סוגיות הקשורות ב-Big Data, מטרת המפגש הייתה לנסות ולהבין יחדיו את האפשרויות ואת הפוטנציאל הגלומים במחקר הקשור ב-Big Data, וכן לברר את המגבלות והבעיות העולות מפריצתו של מושג זה אל התודעה המחקרית.

מה הוא Big Data? ["מידע-גדול-מידה"?)

ה כוונה היא, פשוטו כמשמעו, לכמות המידע העצומה שבפניה אנו ניצבים כיום. מקובל לאפיין את המושג Big Data בשלושה ממדים, הידועים בתור שלושת ה-"V" – volume, velocity, variety – כלומר נפח או כמות המידע, המהירות שבה המידע נעשה זמין לנו והמוגוון העצום של המידע. אף שנדמה כי המאפיינים הללו הם אכן חדשים יחסית, משקפים את "הצייטיגייסט העכשווי", יציר המהפכה הדיגיטלית, הרי שכבר ב-1909 כתב טומסו פיליפו מרינטי (Marinetti) במניפסט היסוד של הפוטוריזם כי "הזמן והחלל מתו אתמול. אנו חיים כבר במוחלט, כיוון שכבר יצרנו את המהירות הנצחית המצויה בכול". מילותיו מבטאות במידה רבה תחושה דומה לזו המאפיינת את העידן הנוכחי אף שהן נותנות ביטוי לאתגרים החברתיים, הפילוסופיים, המדעיים,

באוניברסיטה העברית בירושלים, הציגה בפני משתתפי הכינוס את המכון והזמינה את המשתתפים להציע מיזמים עתידיים הרלוונטיים לנושא הכינוס, ופרופ' ניב אחיטוב הציג בפני משתתפי הסימפוזיון את CODATA, ועדה בין-לאומית לשיתוף מידע מדעי. חברים בוועדה המארגנת – מגרמניה: סיבילה באומבך (Baumbach), רבקה ווס (Voss), סיליה קלפ (Klepp) ואנג'ליקה רימר (Riemer), ומישראל: רון אהרונסון-להבי, יונתן בן דב, אורן גזל-אייל, תמר הרציג, אורית קידר ורווד שרון.

האתגרים העומדים בפנינו

מרת הסימפוזיון הייתה להעלות לדיון את הסוגיות הרבות והמגוונות שעמן אנו מתמודדים כחוקרים, כפדגוגים וכמנחים של תלמידי מחקר בעידן המידע על מנת להבין טוב יותר באילו דרכים עלינו להתקדם. בין השאר הועלו הסוגיות האלה: אופני נגישותו של המידע בתחומים השונים ושיתוף המידע בין גורמים מחקריים שונים בארץ ובעולם; הנגשת מידע לקהל הרחב; שיתופי פעולה בין-תחומיים עם חוקרים מתחום המחשבים; לימודי מחשוב כחלק מה"שפות" שעל סטודנטים לרכוש בראשית דרכם; תפקידנו בכל הנוגע לאתיקה מחקרית ולפרטיות המידע בעידן שבו מידע פרטי נגיש והופך להיות מושא המחקר; איתור שאלות המחקר הרלוונטיות והמהותיות בעידן ה"keyword search", כלומר מי מוביל את מי – החוקר/ת את מאגר המידע או מאגר המידע את החוקר/ת; האופנים שבהם אנו יכולים לגשר בין מחקרי עומק למחקרי רוחב; לבסוף, מהם ההבדלים בין ניתוח מידע אנושי ועיבודו לבין ניתוחו ועיבודו של מידע שנעשה במכונה? שאלה זו האחרונה, כמו גם הקשרים ההולכים ומעמיקים בין האדם למכונה, יהיו נושא ההמשך המתוכנן למפגש הבא בין שתי האקדמיות הצעירות ביוני 2016 בברלין, וכותרתו תהיה "Wo/Man, Mind, Machine".

מחקר דיגיטלי וסטטיסטיקות, ובכלל זה מחקרים הנעשים בתחום הרפואה, המקרא, ההיסטוריה, ההנדסה ועוד. חלקו השלישי של הכינוס – "Visual Media, Visualizing Big Data, and Virtual Realities" – הוקדש להיבטים הוויזואליים של המחקר, לאפשרויות החדשות של הצגת מידע, של עיבודו וניתוחו באמצעות טכנולוגיות הדמיה דיגיטליות, כמו גם לסוגיות החברתיות והאתיות העולות מתוקף קיומם של "עולמות וירטואליים". ההרצאות במושב הרביעי – "Everything is Possible: Creativity in the Digital Age" – עסקו בפוטנציאל היצירתי הגלום בטכנולוגיות דיגיטליות ובמדיה חדשה. המושב החמישי והאחרון – "Ethical Challenges: Privacy and Data Security in the Digital Age" – עסק בסוגיות אתיות שעמן מתמודד המדע, במיוחד מיזמים מחקריים הקשורים במהפכת הגנום, בכל הקשור לפרטיות המידע האדיר אשר נצבר ומקוטלג. נוסף על המושבים הללו הוזמנו לסימפוזיון שני אורחים להרצאות עוגן (keynote). אלסיו אסוניטיס (Alessio Assonitis), מנהל ה"Medici Archive Project" בפירנצה שבאיטליה, הרצה על "Big Data vs. 'Data': The Medici and the Future of Early Modern Archives". אסוניטיס הציג את המיזם המרשים של ארכיון המדיצ'י, ובתוך כך עסקה הרצאתו בסוגיות חשובות לחוקרים בתחומי מדעי הרוח, ובכלל זה השינויים העוברים בעידן הדיגיטלי על הארכיון בכלל ועל הארכיון ההיסטורי בפרט. ניב ארליך מאוניברסיטת קולומביה ומ"New York Genome Center" הרצה בנושא "Genetic Media: The Convergence of Internet and Genetic Information" והציג את עתיד המחקר בתחום כמו גם את הסוגיות האתיות העולות בהקשרים של חיפוש ואיתור מידע גנטי. פרופ' רות ארנון, נשיאת האקדמיה הלאומית למדעים, דאז, פתחה את הסימפוזיון וברכה את המשתתפים. פרופ' מיכל ליניאל, ראש המכון ללימודים מתקדמים

הכינוס הישראלי הראשון לנשים במתמטיקה

כתבו אסף אוני ואביטל בר

כינוס ייחודי וראשון לנשים במתמטיקה נערך באוגוסט 2015 באוניברסיטת תל-אביב בתמיכת האקדמיה. בכינוס השתתפו כ-60 נשים, ובהן תלמידות לתואר ראשון מתקדמות, תלמידות לתארים מתקדמים, בתר-דוקטורנטיות ונשות סגל, מכל המוסדות האקדמיים בארץ. בשעות הבוקר בימי הכינוס נלמדו שני קורסים, האחד מאת פרופ' תמר ציגלר מהאוניברסיטה העברית בירושלים, והשני מאת ד"ר יעל אלגום-כפיר מאוניברסיטת חיפה. הקורסים היו ברמה אקדמית גבוהה וזכו לביקורות נהדרות מהמשתתפות. לכל קורס היו שעות תרגול שהועברו בידי דוקטורנטיות. בתרגול כלו סטודנטיות שהתקשו בקורסים להשלים את הפערים. בנוסף התקיימו שמונה פרויקטים שאליהם צוותו הסטודנטיות הצעירות, בכל פרויקט היו בממוצע שלוש או ארבע תלמידות. הפרויקטים היו למעשה קבוצות למידה קטנות של נושאים ספציפיים. גם כאן נרשמה הצלחה גדולה, כשהן הלומדות והן המלמדות יצאו נשכרות, והפרויקטים היו מעשירים מאוד מבחינה מתמטית.

בכל אחר צהריים נערכו פעילויות "לא-מתמטיות" שיצרו חיבורים בין הבנות, חיבורים שהוסיפו ונרקמו גם בארוחות צהריים וערב משותפות ובהפסקות הקפה. הפעילויות כללו הרצאה על היסטוריה ונשים במתמטיקה, מפי פרופ' ליאו קורי, פאנל נשים ומתמטיקה בהשתתפות פרופ' מינה טייכר מבר-אילן, פרופ' ורד רום-קידר ממכון ויצמן למדע, פרופ' תמר ציגלר מהאוניברסיטה העברית בירושלים, ד"ר מירה שמיס ממכון ויצמן ופרופ' שירי ארטשטיין מאוניברסיטת תל-אביב. נשיאת האקדמיה פרופ' רות ארנון נשאה ברכות. ערב אחר הוקדש לצחוק ויין, ובו נערכה הופעת סטנד אפ נשית. בנוסף ניתנה הרצאה על מגדר ומתמטיקה, מפי ד"ר גייל גלבוץ פרידמן, והתקיים משחק "חפש את המטמון - מתמטי" בערב האחרון. הפעילויות ה"לא-מתמטיות" הללו היו חלק חשוב מהכינוס ותרמו להיכרות, לגיבוש ולהרגשת השייכות ובניית הקהילה. המשתתפות הביעו רצון להשתתף בכינוס דומה בשנה הבאה.

בוועדה המארגנת לכינוס ולאירועי המיוחדים היו תשע תלמידות מחקר: אור ברוך, עדי גליקזם, דליה גרצמן, שירה טנאי, קרינה סמבליאן, מיכל עמיר, גל קרוננברג, קלרה שיכלמן ונטלי תמם, ופרופ' שירי ארטשטיין, כולן מאוניברסיטת תל-אביב.



בציון 25 שנה לכינון הקשרים המדעיים חודש והורחב ההסכם לשיתוף פעולה מדעי עם סין

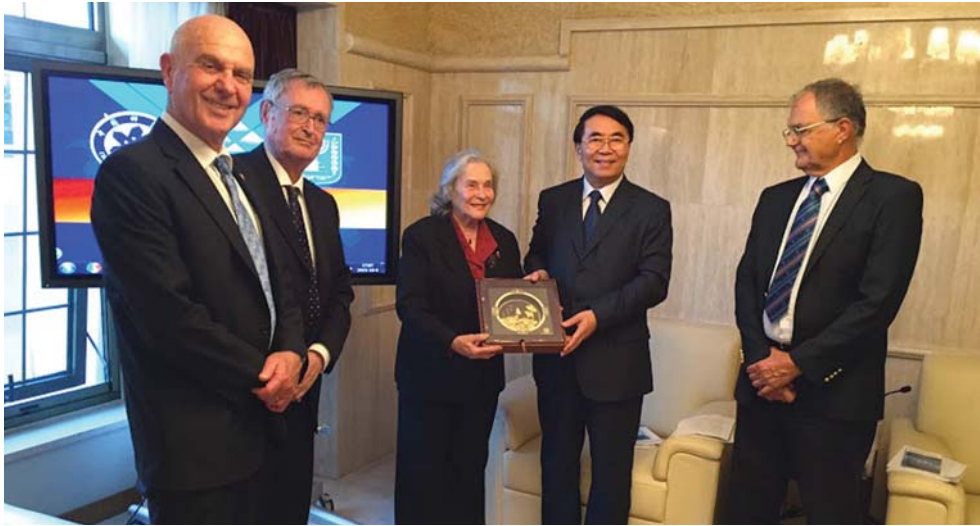
כתבו יצחק רביחיא ואביטל בר

מלחת של האקדמיה ביקרה בחודש אוקטובר בסין, בציון 25 שנה לתחילת הקשרים המדעיים בין שתי המדינות. במסגרת הביקור הרחיבו שתי האקדמיות את ההסכם לשיתוף פעולה מדעי (שנחתם לראשונה ב־1991) ביניהן כחלק מהמאמץ להידוק הקשרים האקדמיים של ישראל עם מדינות העולם. הביקור הרשמי, על פי הזמנת האקדמיה למדעים של סין, היה, לדברי המשתתפים, יוצא דופן בחמימותו ובכבוד הרב שהעתירו הסינים על חברי המשלחת האקדמית הישראלית כנציגי המערכת המדעית בארץ.

פרופ' רות ארנון, הנשיאה היוצאת של האקדמיה, שעמדה בראש המשלחת, מסרה כי בשנים האחרונות גדל והורחב מאוד היקף הפעילות המדעית בין הארצות, והוא כולל מאות חוקרים ומדענים ישראלים המבקרים מדי שנה בסין וכן ביקורי מאות מדענים סינים בישראל. לדוגמה, שני חברי האקדמיה למדעים וחתני פרס



חברי המשלחת הישראלית עם מארחיהם הסינים, אוקטובר 2015



משמאל לימין: השגריר מתן וילנאי, פרופ' יהושע יורטנר, פרופ' רות ארנון, פרופ' צ'ון לי ביי וד"ר מאיר צדוק

נובל – פרופ' דן שכטמן ופרופ' אהרן צ'חנובר – מקימים בימים אלה מכוני מחקר מדעיים בסין. באקדמיה למדעים מציינים כי בסין יש כיום מעבדות מודרניות וחדשניות וציוד מדעי ורפואי מתקדם שיכול לעניין מדענים ישראלים, ולפיכך נרשם מדי שנה גידול בקשרי המדע בין אוניברסיטאות ומדענים מישראל ומסין. במשלחת הישראלית השתתף פרופ' יהושע יורטנר, שהיה נשיא האקדמיה בעת תחילת הקשרים, ובביקור נכח בין השאר מתן וילנאי, שגריר ישראל בסין.

הביקור נערך על רקע קבלת פרס נובל הראשון שניתן בימים אלה למדענית סינית, פרופ' טו יו יו. חברי המשלחת נפגשו עם פרופ' צ'ונלי ביי, נשיא האקדמיה הסינית, שהוא במעמד של שר.

מנכ"ל האקדמיה ד"ר מאיר צדוק אמר כי הסינים מעוניינים, ואף משתוקקים, להרחיב את קשרי המדע עם ישראל. הם מעוררים ומעודכנים במדע הישראלי ומוכנים להשקיע כאן. גם ד"ר צדוק ציין את קבלת הפנים החמה והמוקפדת שזכו לה חברי האקדמיה, שכללה ביקור במעבדות המובילות בסין בתחום הביו-טכנולוגיה והננו-טכנולוגיה תוך מאמץ של המארחים להציג את מיטב המדע הסיני לאורחים מישראל.

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים פעלה בשנתיים הראשונות לתחילת הקשר עם סין (1990) במסגרת מרכז אקדמי, שקדם למיסוד הקשרים הדיפלומטיים הרשמיים שנחתמו מאוחר יותר. במהלך תקופת ההקמה פעלו המדענים הישראלים כחלוצים בקידום הקשרים עם המדענים הסינים בתחומי החקלאות והמים, ואף הוקמה חווה חקלאית להדרכה.

פרופ' רות ארנון אמרה בטקס החתימה החגיגי בבייג'ין כי הקהילה המדעית בישראל שמחה להיות בשעתה "החלוץ שלפני המחנה" בקידום קשרי המדע שהיוו בסיס של ידידות והערכה בין שני העמים והיו לבסיס איתן לקשרים הדיפלומטיים ולפעילות הענפה המתקיימת כיום בין שני המדינות במגוון תחומים. ■

מלגאי אדמס חוזרים ונקלטים בבית



5 סיפורי הצלחה

מאת אסף אוני

רקע

מלגות אדמס מוענקות מדי שנה, מאז שנת 2005, לכעשרה תלמידי מחקר צעירים למן השנה השנייה ללימודיהם לתואר דוקטור, לתקופה של עד ארבע שנים אקדמיות רצופות. את המועמדים למלגה מציעים המוסדות האקדמיים מקרב תלמידיהם המצטיינים. נוסף על המלגה זכאים המלגאים לפטור מלא משכר הלימוד. בראש ועדת ההיגוי והבחירה של תכנית מלגות אדמס עומד היום חבר האקדמיה פרופ' מוטי שגב. הגשת מועמדות למלגות נעשית דרך הרקטורים של האוניברסיטאות, והתכנית מתנהלת בחסות האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

סכום המלגות כיום הוא 27,000 דולר לשנה. בנוסף, התכנית מקצה לכל מלגאי עד 3,000 דולר כל שנה למימון השתתפות בכינוסים מדעיים, בסדנאות לימודים בחו"ל, במפגשים לצורך שיתוף פעולה מדעי או לנסיעה כדי להתראיין למשרת בתר־דוקטורט בחו"ל.

את תכנית המלגות מממן מר מרסל אדמס מקנדה, שציין באוגוסט האחרון את יום הולדתו ה־95, והתכנית מתקיימת כיום גם בסיועם של בני משפחתו. מלגאי אדמס זוכים בכל שנה למפגשים לא פורמליים ובהם סמינרים וכינוסים שנתיים, שנכחו בהם מבכירי החוקרים בישראל, ובהם חברי האקדמיה חתני וכלת פרס נובל והתקיימו בהם תחרות פוסטרים ועוד. כמו כן המלגאים זכו להשתתף בסדנאות לתקשורת המדע ובסדנאות מקצועיים מחוץ לאקדמיה. המפגשים והסדנאות הם חלק מהמאמץ לאפשר למלגאים שבאים מאוניברסיטאות שונות ומתחומים שונים להכיר אלה את אלה וליצור קהילה מדעית צעירה ופעילה במסגרת האקדמיה. מר אדמס מרבה לבקר בישראל ונהג להגיע לסמינרי אדמס השנתיים שבהם הוא עצמו מעניק את המלגות לזוכים.

במחזור האחרון של מלגות אדמס נבחרו שמונה מלגאים חדשים, שהחלו ליהנות מהמלגות מאוקטובר 2015.

בסך הכול השתתפו בתכנית עד כה 103 מלגאים, מתוכם 77 חוקרים ו־26 חוקרות.

בחלוקה לפי תחומים אקדמיים מספר המלגאים הגדול ביותר – 30 (כמחציתם נשים) – הוא מתחום הרפואה ומדעי החיים, 28 הם ממתמטיקה ומדעי המחשב, 19 הם מתחום הפיזיקה, 11 מהנדסת חשמל, 8 מכימיה, 2 מנגנו־מדע, וחוקרים אחרים הם מתחומי האקולוגיה, האבולוציה, האנרגיה הסולרית והנדסת מכונות.

למלגאי אדמס, הנחשבים לחוקרים הצעירים המצטיינים בישראל, הישגים מרשימים במחקר ופרסומים בכתבי עת מובילים. אף שהם יוצאים להשתלמויות בתר־דוקטורט באוניברסיטאות המובילות בעולם ומקבלים הצעות "מפתות" מהמוסדות היוקרתיים ביותר, באקדמיה מציינים בסיפוק שמתוך 72 בוגרי התכנית בעשר השנים

האחרונות, 22 כבר חזרו למשרות אקדמיות בישראל.

לתכנית מלגות אדמס נוספת משנה זו תרומה ייחודית לקידום נשים במדע

מלגה זו היא מתנתה של פרופ' רות ארנון, המיועדת למדעניות מצטיינות במדעים המדויקים, שהן זוכות לתכנית מלגות אדמס היוצאות להשתלמות בתר־דוקטורט, ונועדה לאפשר את השלמת ההוצאות המיוחדות הכרוכות ביציאתן לחו"ל. התרומה תינתן מדי שנה למשתלמת אחת.

פרופ' ארנון, נשיאת האקדמיה שפרשה בימים אלה ומי שעמדה השנה בראש הוועדה לקידום נשים במוסדות להשכלה גבוהה, שפעלה מטעם ות"ת, זיהתה חסם בולט בקידומן של נשים במדע והוא יציאתן של מדעניות צעירות מצטיינות להשתלמות בתר־דוקטורט אחרי סיום הדוקטורט. חסם זה בולט מאוד, שכן מספרן של מסיימות תואר דוקטור בכל התחומים היום הוא יותר מ־51%, אך מספר הנשים הנקלטות בסגל האקדמי בישראל לאחר השתלמות הבתר־דוקטורט מצטמק ל־34% מהנקלטים. ראוי להדגיש כי במערכת האקדמית, ובעיקר באוניברסיטאות המחקר היוקרתיות, השתלמות זו של חוקר/ת צעיר/ה במעבדה או במחקר באוניברסיטה בחו"ל היא תנאי כמעט חיוני לקידום המקצועי העצמאי.

ממצאים אלה בולטים על רקע השוואה מגדרית שנערכה במהלך עבודת ועדת ארנון והוצגה בדוח המסכם. מהדוח עולה כי רק 23% מהגברים בחרו לעשות בתר־דוקטורט בישראל, והיתר בחו"ל (מרביתם [54% בארצות הברית], ולעומת זאת מרבית הנשים - 48% - בחרו לעשות בתר־דוקטורט בישראל, ומיעוטן - 37% - בארצות הברית).

פרופ' ארנון מדגישה כי הנתונים מוכיחים עד כמה החסם גדול בכל הקשור לאפשרותן של נשים שסיימו תואר שלישי לצאת בשלב זה בחייהן לבתר־דוקטורט בחו"ל, ולמעשה יש כאן תקרת זכוכית המקשה על נשים להתקדם ולהשתלב בסגל האקדמי בישראל. וכך כאמור, כדי לסייע לנשים אלה וכדי להסיר חסם

זה הודיעה הנשיאה היוצאת פרופ' רות ארנון בטקס חילופי הנשיאות באקדמיה בראשית שנת הלימודים תשע"ו, כי עם פרישתה מתפקידה היא מרימה תרומה אישית לאקדמיה הלאומית למדעים בסכום של 500 אלף ש"ח.

הנשיאה הנכנסת של האקדמיה למדעים, העשירית במספר, פרופ' נילי כהן אמרה כי היא מודה לפרופ' ארנון ומברכת אותה על תרומתה זו. היא הוסיפה כי "בצעד זה הפגינה פרופ' ארנון לא רק דוגמה אישית כמדענית מצטיינת בולטת אלא גם כמנהיגה וכמורת דרך לחברה בישראל".



מימין: פרופ' רות ארנון ודפנה נחמני, בטקס הענקת המלגות למחזור 2011-2012

באתר החדש של תכנית מלגות אדמס (<http://adams.academy.ac.il>), הכולל גרסה עברית ואנגלית, מצוי מידע כללי על התכנית, ובו הנחיות הגשה וכן עמוד אישי לכל מלגאי ובוגר התכנית. באתר ניתן למצוא גם דיווח מפורט על כל פעילויות התכנית, כולל ההוצאות ותמונות מן הסמינרים, מן הכינוסים ומן הטיולים שנערכו במסגרתה.

פרופ' משנה כרמל רוטשילד

"תכנית מלגות אדמס ידעה לזהות בי את הפוטנציאל, עוד לפני שזיהיתי אותו בעצמי"

הרגשתי שהוא מחובר אישית לתהליך שעברתי". פרופ' משנה רוטשילד חוקר המרת אנרגייה סולרית בפקולטה להנדסת מכונות בטכניון. הוא עובד בימים

אלה על התקן המבוסס על עיקרון תרמודינמי חדש, שנועד להגביר את יכולת ההמרה של אנרגייה סולרית לאנרגייה חשמלית, ושזכה לאחרונה במענק מחקר נכבד של ה-ERC.

"זו תכנית חשובה מאוד לדעתי", אומר פרופ' משנה רוטשילד על תכנית מלגות אדמס, שבשנה הנוכחית ציינה 11 מחזורים. לדבריו, זו הסיבה שהחליט להמליץ על אחד מהסטודנטים שלו לקבל את המלגה. "נאבקתי הרבה כדי שזה יקרה", הוא מספר, "וזהו הסטודנט היחיד שלי שעליו המלצתי. הרגשתי שהוא מתאים לאיכות שמלגת אדמס דורשת ורציתי להעלות אותו על אותו המסלול שהמלגה שרטטה בשבילי". התלמיד, הדוקטורנט אסף מנור, שחוקר גם הוא דרכים להמיר ביעילות רבה יותר אנרגייה סולרית, נבחר לקבל את מלגת אדמס בשנת 2013.

"כשנפגשתי עם מר אדמס במעבדתי", מספר פרופ' משנה רוטשילד, "היה לי חשוב להבהיר

לו עד כמה המלגה שהוא יזם ומממן הייתה חשובה מבחינתי. שיראה שיש פרות לעמלו. רציתי שיבין שזו אכן תכנית שיכולה לשנות חיים".

// לעובדה שקיבלתי את מלגת אדמס הייתה השפעה מכרעת על הקריירה האקדמית שלי", אומר פרופ' משנה כרמל רוטשילד מהטכניון,

המהחזור השני של מלגות אדמס, בשנת 2006. "אם לפני שקיבלתי את המלגה תהיתי אם להישאר בתחום המחקר, וספציפית אם להמשיך בתחום שבו התמקדתי, הרי שקבלתה סימנה לי שאני על המסלול הנכון".

"אולי זה אפילו הטו את הכף במקרה שלי", הוא מוסיף, "לא חשבתי להמשיך לקריירה אקדמית, אבל קבלת המלגה גרמה לי לחשוב שיש סיבה להמשיך. הייתי אף אומר, שהוועדה שבחרה לתת לי את מלגת אדמס ידעה לזהות בי את הפוטנציאל עוד לפני שאני זיהיתי אותו בעצמי". לדבריו, "המלגה גם סייעה מאוד מבחינה כלכלית. היו לי שלושה ילדים כשקיבלתי את המלגה, והיא אפשרה לי להתרכז במחקר".

"יש פה משהו ייחודי מאוד", הוא אומר על אופי המלגה, "מרגישים שלמר אדמס חשוב אישית מהמלגאים, חשוב לו השינוי שהוא מחולל, העזרה שהוא מושיט". בעניין זה הוא

מספר: "מר אדמס זכר אותי גם שנים אחרי שהמלגה הסתיימה. עניין אותו לדעת מה אני חוקר, והוא שמח לראות שקיבלתי משרה באקדמיה הישראלית.



פרופ' משנה כרמל רוטשילד



הדוקטורנט אסף מנור

ד"ר משה גולדשטיין

"המלגה היא הבעת הערכה להישגיך המדעיים ועידוד משמעותי למאמציך"

של אינטראקציות בין-אלקטרוניות וחוסר שיווי משקל המאפיינים מערכות אלו, הם מן האתגרים המרכזיים של הפיזיקה כיום. מלבד חשיבותן למחקר הבסיסי הן פותחות בפנינו אפשרויות למגוון יישומים באלקטרוניקה העתידית, כולל מחשוב קוונטי שניצנו כבר נראים באופק".

"האירועים החברתיים והמקצועיים המוצעים לזוכי המלגה ולבוגריה במסגרת מפגשים שנתיים או ימי

עיון הם חלק אינטגרלי מהתכנית", מסביר ד"ר גולדשטיין: "הקפדתי ליטול חלק בכלם בתקופת הדוקטורט שלי באוניברסיטת בר-אילן. כמובן, כשהייתי בבתר-דוקטורט באוניברסיטת ייל בארצות הברית נבצר ממני להגיע, אך מששבתי לארץ אני שמח להשתתף בהם שוב". לדבריו, "האירועים הם הזדמנות מצוינת להכיר את המלגאים האחרים. ייאמר לשבחה של התכנית, כי הרבה מהעמיתים שהייתי פוגש באותן השנים צמחו והתקדמו והם

כיום חברי סגל במוסדות נחשבים". לדבריו, "מעניין מאוד לשמוע ולהתעדכן במגוון התחומים שבהם מתרחש היום המחקר. אף שטרם יצא מזה שיתוף פעולה קונקרטי בעבורי, אני רואה בזה חשיבות רבה".

"אני חושב שנעשית עבודה טובה מאוד בבחירה של המלגאים", הוא מסכם, "מבלי להתייחס אליי אישית, אפשר להיווכח בכך מתוך הישגיהם בהמשך דרכם. אף שלא הייתי מעולם מעורב בהליכי המיון, התרשמתי היא כי הבחירה היא על בסיס מדעי נטו, בלי שיקולים נוספים. אם בתכניות אחרות מנסים

// הזכייה במלגת אדמס היא ללא ספק דחיפה משמעותית לקריירה האקדמית", אומר ד"ר משה גולדשטיין, מהמחזור השלישי של מקבלי מלגות אדמס, בשנת 2007. "היא מעניקה כמובן את האפשרות להתמקד במחקר, והיא מסייעת בנסיעות אקדמיות לחו"ל כדי להציג את פרות המחקר, ללמוד על התפתחויות בתחום וליצור שיתופי פעולה. אבל מלבד ההיבט הכלכלי, מה שחשוב בעיניי

יותר היא העובדה שהמלגה היא הבעת הערכה להישגיך המדעיים, והיא עידוד משמעותי ביותר למאמציך". "יתר על כן", מוסיף ד"ר גולדשטיין, שהוא כיום מרצה בכיר בבית ספר לפיזיקה ולאסטרונומיה באוניברסיטת תל-אביב, "ציון הזכייה במלגת אדמס בקורות החיים פותח דלתות בפני החוקר או החוקרת".

אל שביעות הרצון האישית שד"ר גולדשטיין חש בנוגע לקבלת המלגה הוא יכול לצרף בימים אלה גם גאווה משפחתית. "בעידודי גם אחי הגיש

את מועמדותו למלגה בשנה האחרונה, ונכלל בזוכים". האח, יצחק גולדשטיין, שבימים אלה עובד על עבודת הדוקטורט שלו בתחום המחשבים באוניברסיטת בר-אילן, הוא במחזור האחרון של מלגות אדמס, לשנת 2015.

ד"ר משה גולדשטיין חוקר מערכות ננואלקטרוניות. "ככל שמזערים את המערכת, ובנווטכנולוגיה מדובר על הקטנה משמעותית מאוד", הוא אומר, "האלקטרוניקה כבר אינה עובדת כפי שאנחנו מכירים, ותופעות קוונטיות שונות מתחילות לשחק תפקיד מרכזי. הבנתן של תופעות אלו, לצד השפעתן



ד"ר משה גולדשטיין

אדמס. למרות גילו הוא מקפיד להגיע לכל המפגשים השנתיים, לשוחח עם החוקרים הצעירים ולהתעניין בחייהם. הוא גם מבקר במעבדות המחקר השונות (כולל שלי), ואף שולח מכתבים אישיים למקבלי המלגות שסיימו. כדוגמה לערנותו למצבם של המלגאים אוכל להזכיר כי כששער הדולר ירד וערך המלגה נשחק, מר אדמס הזדרז מיזמתו להגדיל את המלגה. יהי רצון שיזכה לראות בהצלחתם של עוד דורות רבים של צעירים פורצי דרך.” ■

◀ לאזן בין תחומים או בין המוסדות – נראה כי במלגות אדמס אין לכך חשיבות; במקום זאת הם מתמקדים במציאת הסטודנטים הראויים ביותר.”
 “בד בבד”, הוא מוסיף, “בולט מאוד היחס האישי, החם והאכפתי של הצוות כלפי המלגאים בהווה ובעבר, במיוחד מצד בת־שבע שור (מנהלת מרכז הקשר לחוקרים ישראלים באקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, והאחראית לתכנית מלגות אדמס; מ”א). אך מעל כולם עליי לציין כמובן את מר



בשורה העליונה: פרופ' רות ארנון עם מלגאים שנבחרו למחזור '14-2015; בשורה השנייה: מימין - מרסל אדמס ובת־שבע שור עם הזוג דפנה נחמני ויואב ליבנה ובנם הקטן גידי; משמאל - כרמל רוטשילד מארח במעבדתו את מרסל אדמס בביקורו בטכניון; בשורה השלישית - נעם שטרך גינוסר מסבירה למרסל אדמס את עבודתה במעבדתה באוניברסיטה העברית; משמאל - מרסל אדמס עם הדוקטורנטים נתן קלר, משה גולדשטיין וטל לב עמי בסמינר בקיץ 2007

ד"ר נעם שטרן-גינזור

"הדבר שהכי עזר לי היה הכסף שמלגת אדמס מעניקה לטובת נסיעות לכינוסים בחו"ל"

המעבדה שבראשה עומדת ד"ר שטרן-גינזור, במחלקה לגנטיקה מולקולרית במכון ויצמן, מתמקדת באופן הפעולה של שני וירוסים עיקריים - CMV, שהוא הווירוס האנושי הגדול ביותר, ו-influenza, שהוא וירוס קטן מאוד.

"אנחנו מדביקים תאים בנגיפים הללו ומשתמשים בשיטות מתקדמות מאוד כדי לבדוק את התהליכים שמתרחשים". לדבריה, "המטרה היא שנבין טוב יותר את הנעשה בתאים האנושיים, וכך נוכל בעתיד להילחם טוב יותר בוורוסים". "הווירוסים הם גאונים", היא מוסיפה. "זו שורה נחמדה מאוד בקורות החיים", אומרת ד"ר שטרן-גינזור על ההשפעה של קבלת מלגת אדמס על הקריירה האקדמית שלה, "זו שורה מאוד נחשבת". לדבריה,



ד"ר נעם שטרן-גינזור

"אם נבחרת - הצלחת". "תהליך המיון מצליח בעקיבות לבחור את החוקרים המובילים בתחום מדעי הטבע, ועצם זה שקיבלת את המלגה, ממצב אותך טוב", היא אומרת. "אישית", היא מוסיפה, "אחד הדברים הנוספים שהמלגה תרמה לי היה הגברת המוטיבציה האישית. יש פתאום הרגשה שמוקירים את מה שאת עושה, ולצד העובדה שנותנים לך כסף לנסוע לכינוס מתאים, זה מעניק הרגשה של עצמאות. זו הייתה הפעם הראשונה בעצם בקריירה האקדמית שלי שהרגשתי את העצמאות הזו". ■

הדבר שהכי עזר לי במסגרת מלגת אדמס, ושכל הנראה גם סייע לי להתקדם מבחינה מקצועית, היה הכסף שהמלגה מעניקה לטובת נסיעות לכינוסים בחו"ל", אומרת ד"ר נעם שטרן-גינזור, מהמחזור השני של מלגות אדמס, בשנת 2006. ד"ר שטרן-

גינזור, אימונולוגית העומדת בראש מעבדה לחקר וירוסים במכון ויצמן למדע, מספרת: "לפני שקיבלתי את המלגה לא עמדה לי האפשרות לנסוע לכינוס רלוונטי ומעניין מאחר שהמנחה היה צריך לממן את הנסיעה מכיסו. אז היכולת כדוקטורנטית להיחשף לנעשה בתחום המחקרי האישי ולקבל רעיונות חדשים הייתה די מוגבלת".

"ישראל בכל זאת נמצאת בפריפריה של המדע, ויש חשיבות עצומה לדעת מה קורה במקומות אחרים",

מוסיפה ד"ר שטרן-גינזור. "כשקיבלתי את המלגה, הרגשתי את החופש לנסוע בפעם הראשונה לפי הצורך המחקרי והרצון שלי. החשיפה הזאת לחוקרים אחרים, לנושאים דומים, לנעשה בעולם, עזרה לי להתמקד בתחום לבתר-דוקטורט".

בנוסף אומרת ד"ר שטרן-גינזור, כי "עצם קבלת המלגה מהווה אות אישור להיותך חוקרת ומדענית. זו הבחירה עצמה שמשפיעה. הרגשתי חלק מצוות מצומצם, קצת כמו בסירת מטכ"ל, אני מניחה. יותר מהכסף, יש הרגשה שמעריכים את מה שאת עושה".

ד"ר נתן קלר

"קבוצת איכות במדעי הטבע באקדמיה הישראלית"

מעצם היותה מלגה מכובדת, והעובדה שזכיתי בה אולי פתחה דלתות או סייעה להתקבל למוסדות אקדמיים".

ד"ר קלר, החוקר קומבינטוריקה וקריפטולוגיה באוניברסיטת בר-אילן, אומר כי "מעבר למלגה הכספית, נוצרה אווירה מאוד טובה בתוכנית. הרגשת שלמר אדמס מאוד אכפת מהמלגאים. הוא היה פגוש

ד"ר נתן קלר הוא בוגר המחזור הראשון של מלגות אדמס, אחד מחמישה מלגאים שחנכו את התכנית בשנת 2005. הוא נזכר בדרך שבה נתפסו המלגות בתחילת הדרך: "זוהי עובדה בעולם האקדמי שיוקרתיות לרוב נמדדת בכסף. ומכיוון שמלגת אדמס הייתה בין הגדולות ביותר מבחינה כספית, כבר מההתחלה, היא גם נחשבה ליוקרתית ביותר",



ד"ר נתן קלר

אותי ואומר לי: 'אה, אתה זה שנשוי כבר'. לאחר מכן היו הרצאות ומפגשים שאליהם יכולנו להביא גם את בנות ובני הזוג. נוצרה אווירה משפחתית וחמה בתכנית. בוא נגיד את זה ככה: בכל פעם שאני מקבל דוא"ל מבת-שבע שור, אני שמח".

"בנוסף", הוא אומר, "המלגה יוצרת סוג של קבוצת איכות במדעי הטבע באקדמיה הישראלית. מעניקה מעין תו תקן של מצטיין, שזה דבר חשוב. יש לה חשיבות רבה בנוף האקדמי הישראלי, והיא אחת משתיים-שלוש המלגות החשובות ביותר. אפשר לראות שהרבה מהבוגרים מצאו מקומות באקדמיה או פנו לתעשייה ועומדים בראש חברות מובילות". ■

הוא אומר. "במרוצת השנים", הוא מוסיף, "העובדה שמדובר במלגה שניתנת מטעם האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, שהאירועים מתנהלים בחסותה, ושהמלגאים מוזמנים לעתים לאירועים שונים של האקדמיה - הופכת אותה ליוקרתית ומיוחדת עוד יותר, לא רק מבחינה כספית".

"בתקופה ההיא מלגות הדוקטורט היו עוד יותר נמוכות מהמלגות היום", אומר ד"ר קלר, "ולפני שקיבלתי את מלגת אדמס אשתי ואני חשבנו שאצטרך לעבוד במקביל למחקר. המלגה אפשרה לי להשקיע את כל זמני בלימודים. בנוסף, אני חושב שהמלגה סייעה לי במהלך הקריירה האקדמית

ד"ר דפנה נחמני וד"ר יואב ליבנה

"המלגה הייתה עוגן בעבורנו. ומקום שתמיד סייע"

פגישה נעימה מאוד ונחמדה. אפילו הצגנו לפניו את התינוק שלנו, שכן הוא 'תינוק אדמס' הראשון", אומרת ד"ר נחמני. "הוא פילנתרופ שתרומתו משמעותית, ואנחנו מעריכים אותו מאוד, ואת כל

מה שהמלגה הזאת עשתה בעבורנו. מלגת אדמס הייתה עוגן בעבורנו. ומקום שתמיד סייע לנו ותמך בנו, כמדענים וכאינדיווידואלים".

למעשה, ההקשר החברתי של המלגות ממשיך לשחק תפקיד בחייהם בבוסטון. "פגשנו בימי העיון ובמפגשים השנתיים של מלגת אדמס הרבה חוקרים שגם הם עושים בתר־דוקטורט וגרים עכשיו בבוסטון, ושנחנו מיוודים אתם. יש פה קהילה גדולה של ישראלים וקהילה גדולה של מדענים ישראלים במיוחד, והפגישות במסגרת מלגות אדמס אפשרו לנו להכיר הרבה אנשים שהפכו לחברים כאן בארצות הברית".

ד"ר נחמני, החוקרת כאמור בתחום הגנטיקה של סרטן דם (לוקמיה): "אני עוסקת בשינויים ברנ"א, איך הם משפיעים על היארעות והתפחות סרטן דם", היא ד"ר לאימונולוגיה, בוגרת האוניברסיטה העברית בירושלים. בן זוגה, ד"ר ליבנה, הוא ד"ר לנירר ביולוגיה, החוקר את פעילות הנירונים במוח האנושי, וגם הוא בוגר האוניברסיטה העברית בירושלים. ■



ד"ר דפנה נחמני



ד"ר יואב ליבנה

ד"ר דפנה נחמני וד"ר יואב ליבנה עושים בימים אלה את הבתר־דוקטורט בית הספר לרפואה של אוניברסיטת הרוורד שבבוסטון. היא בתחום הגנטיקה של סרטן, והוא בתחום הנירר-ביולוגיה.

"היה קצת קשה ולקח לנו זמן למצוא מקום שבו שנינו נוכל לעשות בתר־דוקטורט, אבל בסוף מצאנו את הרוורד", מספרת ד"ר נחמני בשיחה מארצות הברית.

שניהם גם בוגרים טריים של מלגות אדמס. ד"ר ליבנה קיבל את המלגה ב־2010, וד"ר נחמני שנה אחריו, ב־2011.

"יש חוקרים עם ביטחון עצמי, ויש כאלה עם פחות", אומרת ד"ר נחמני. "לאלה האחרונים, הקבלה של מלגת אדמס מעניקה את האשרור שהם נמצא במסלול הנכון. מבחינה מקצועית המלגה תרמה רבות, ולו רק בזכות מימון נסיעות לכינוסים שמלגת אדמס מעודדת. המלגה סייעה לנו מאוד להיפתח לעולם המדע הבין-לאומי, לפגוש ולהכיר חוקרים מרחבי העולם ולהרחיב את הידע הכללי, וגם להתמקד ולמצוא מקום לעשות בו את הבתר־דוקטורט".

בהיותם, נכון לעכשיו, הזוג היחיד מבין בוגרי התכנית שהוא 100% בוגר מלגות אדמס, השניים נפגשו עם מרסל אדמס באחד מביקוריו האחרונים. "הייתה

בהוצאה לאור



כתבי פילון האלכסנדרוני

כרך רביעי, חלק שני

בעריכת מארן ר' ניהוף

יוצא לאור בשיתוף עם מוסד ביאליק

הכרך שיצא לאור לא מכבר מכיל פרשנות אלגורית ומסות פילוסופיות. ואלה חיבורי פילון הכלולים בו: 'על הענקים'; 'על שהאל הוא ללא שינוי'; 'על החקלאות'; 'על נמיעתו של נח'; 'על השכרות'; 'על הפיכחות'; 'על בלילת הלשונות'; 'על שכל אדם ישר הוא בן חורין'; 'על נצחיות העולם'.

על פי הכתוב על העטיפה האחורית: פילון היהודי, איש אלכסנדרייה, חי ופעל בתקופה רבת חשיבות בתולדות היהדות, בעת פריחתה של התרבות היוונית בכל רחבי העולם המיושב, בימים שרומא הייתה למרכז הפוליטי והתרבותי באזור הים התיכון וזמן קצר לפני חורבן הבית, עליית הנצרות וגיבוש ספרות חז"ל. בצומת דרכים זה הניח פילון אוצר של כתבים שמאירים את עולמה של יהדות ששילבה לימודי תורה והשכלה כללית רחבה. על פי כתביו אפשר להיטיב להבין תהליכים דתיים ותרבותיים שהתחוללו אחרי מותו הן ביהדות והן בנצרות ובתרבות היוונית. יצירתו נשתמרה בזכות הנוצרים, שבמאות הראשונות

לספירה מצאו עניין רב במשנתו והסתמכו עליה ללא

סייג. לעומת זאת מישראל אבד זכרו של פילון אחרי שנות דור. ואמנם מתקופת הרנסנס שוב עיינו מלומדים יהודים בכתביו ואף ראו בהם חלק מן המורשת היהודית, אך פילון עדיין לא מצא את המקום הראוי לו בקרב הקהל היהודי הרחב. תרגום זה של כתביו לעברית נועד לעשות את פילון נגיש לקורא העברי ולהעמיד על חשיבותו.

לאחר הכתבים ההיסטוריים והאפולוגטיים (כרך א), 'ספר המצוות' של פילון (כרכים ב-ג) והפירוש האלגורי לבראשית (כרך ד, חלק ראשון וכרך ה, חלק שני) הכרך שלפנינו מביא עוד חיבורים שעניינם הפירוש האלגורי לבראשית, וכן מסות פילוסופיות.

ח + 463 עמודים. 15 x 23 ס"מ. כריכה קשה (ההפצה על ידי מוסד ביאליק).



Before the Two Cultures

Big Science and Big Humanities in the Nineteenth Century

By Lorraine Daston

Proceedings of the Israel Academy of Sciences and Humanities, vol. IX, no. 1 (2015. 20 pp.)

The Martin Buber Memorial Lectures

'המדע הגדול' - הן במדעי הטבע והן במדעי הרוח - נולד במאה התשע־עשרה. הרבה לפני שמדעי הטבע ומדעי הרוח נעשו 'שתי התרבויות' יזמו שניהם מפעלים עצומים במידה שווה לאצירת ארכיוני העתיד. שניים מהמפעלים השאפתניים ביותר, ה־Corpus Inscriptionum Latinarum (אוצר הכתובות הלטיניות) של הפילולוגים הקלאסיים וה־Carte du ciel (מפת השמים) של האסטרונומים, נמתחו על פני עשורים ויבשות. הורתם ותולדותיהם מראות של'מדעי הארכיונים' יעדים ושיטות משותפים הקוראים תיגר על החשיבות המקובלות בימינו של מיון הידע. מדעי הארכיונים הם אותן הדיסציפלינות הן במדעי הרוח והן במדעי הטבע הנסמכות על אוספי נתונים ופריטים לשם קיום מחקריהן בהווה והבטחת האפשרות לביצוע מחקריהן בעתיד. אוספי דגימות הצמחים שהבוטניקאים נוצרים, דגימות הליבה שהגאולוגים מעלים בקידוחיהם, התצפיות העתיקות שהאסטרונומים עדיין נדרשים להן, מאגרי הנתונים שהגנטיקאים בונים, אוספי המוזאונים המכילים את האוצרות שההיסטוריונים של האמנות והארכאולוגים מוקירים, תיאורי המקרים המתפרסמים בכתבי עת רפואיים, יומני מזג אוויר ויומני ספינות שחוקרי האקלים דולים מהם מידע, וכמובן הספריות והארכיונים שההיסטוריונים פוקדים - אלה הם סוגי האוספים המגדירים את מדעי הארכיונים. עם הבולמוס למאגרי נתונים גדולים המאפיינים את ראשית המאה העשרים ואחת נכנסנו שוב לתקופה ארכיונית במדעי הטבע ובמדעי הרוח. אבל כבר היו דברים מעולם, ואולי יש מה ללמוד מהתקופה הראשונה של המדע הגדול.



חיים וייצמן: המדען, המדינאי ומדינאי-המדע

בעריכת ב"ז קדר

קובץ מאמרים זה מבוסס על הרצאות שנישאו בכינוס לציון שישים שנה למותו של וייצמן שקיימה האקדמיה בכ"ז בטבת תשע"ג (8 בינואר 2013).

מתוך דברי הפתיחה לספר מאת יהושע יורטנר:

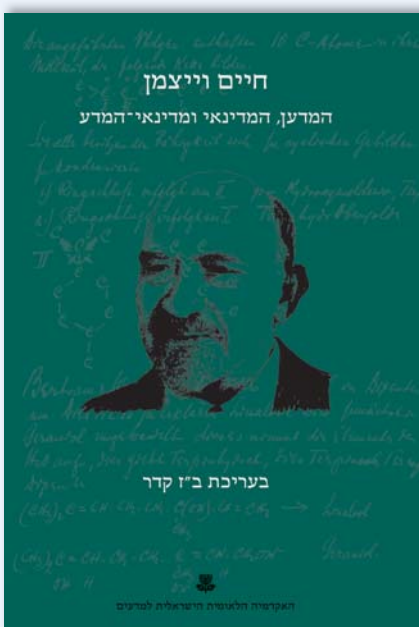
האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים מביעה את הוקרתה העמוקה לתרומתו המרכזית והייחודית של המדען ומדינאי-המדע ד"ר חיים וייצמן (1874-1952) - מגדולי המנהיגים שקמו לעם היהודי - לעיצוב התכנים והמסגרות של הפעילות המדעית של מדינת ישראל, להקמתם ולמימושם.

בנאום ההשבעה שלו בכנסת אמר נשיאה הראשון של מדינת ישראל חיים וייצמן: 'כל חיי עמלתי וחרתתי לעשות את המדע והמחקר יסוד למפעלנו הלאומי'. דברים אלה משקפים נאמנה כי מדינת ישראל חייבת להישען בראש ובראשונה על עצמתה הרוחנית, התרבותית, המדעית והטכנולוגית. זאת היא מורשת הרואה במדע ממד מרכזי בחיינו ומקור לעצמתנו, ואותה אנו חייבים לטפח ולפתח, ברוח חזונו של חיים וייצמן.

דברי הנעילה, מאת יהושע יורטנר:

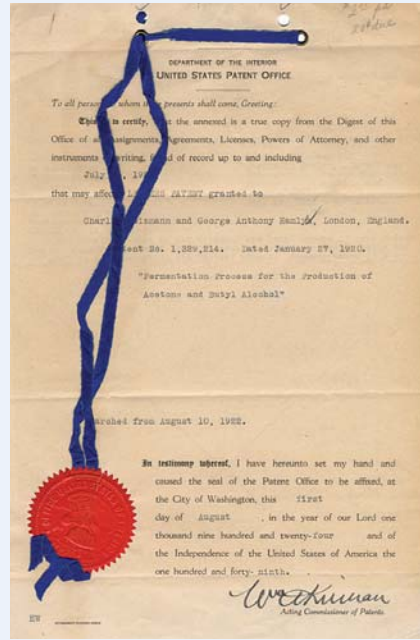
מן המפורסמות הוא שעבודתו המדעית של וייצמן מיסדה את מעמדו כאחד המדענים-מדינאים המובילים בעולם המודרני וגם תרמה לתודעתו העצמית. וייצמן עצמו דיבר על עבודתו הציונית ועל המטלות של הציונות במונחים שהיו שאולים מעולם המדע והמעבדה: 'שיטתיות', 'בחירת פתרונות', 'בדיקה זהירה'. גישתו המשלימה למדע ולציונות התבססה על תכנון, התאמה והגשמה של מטרות ואמצעים, ובה למדע נועד תפקיד מרכזי בבניין הארץ, בהתחדשות התודעה הלאומית והבטחת הנורמליזציה של העם היהודי.

המשתתפים: יהושע יורטנר, ב"ז קדר, שאול כ"ץ, חדוה בן-ישראל, יששכר אונא, רות ארנון, שלמה אבינרי, שולמית וולקוב, בני מוריס, רפאל משולם, יגאל בורשטיין, רפאל למד ואד באייר.



הספר מכיל 33 תמונות, ובהן שני תצלומים של קטעים גנוזים מתוך טיוטת האוטוביוגרפיה של וייצמן *Trial and Error*.

1 + 285 + \sqrt{v} עמודים. 24 x 15 ס"מ. כריכה קשה.



מתוך הספר (מימין למעלה ועם כיוון השעון): רישום פטנט: תהליך תסיסה לייצור אצמון ובוטיל אלכהול, 27.1.1920. בניין המכון ללימודי הכימיה על שם חיים ויצמן בהר הצופים. תמונה זו היא באדיבות האוניברסיטה העברית בירושלים. ידיעה 'בהולנס' על פתיחת האוניברסיטה ('המכללה') העברית בירושלים, 4.3.1925. ד"ר חיים ויצמן במעבדה במצ'סטו, 1912. באדיבות ג'ון ויצמן



ספרים חדשים מאת חברי האקדמיה

משה בראשר, תורת הצורות של לשון המשנה: פרקי מבוא ותצורת שם העצם (כרכים א-ב), ירושלים: האקדמיה ללשון העברית ומוסד ביאליק, תשע"ה.

רות גביון, עיגון חוקתי לזהות המדינה? המלצות לשרת המשפטים ומסמכי רקע לגיבושן, ירושלים: בהוצאה פרטית, 2015.

אבנר הולצמן, מפתח הלב: אמנות הסיפור של חנוך ברטוב, ירושלים: מוסד ביאליק, תשע"ה.

אבנר הולצמן (עורך), כתבי מיכה יוסף ברדיצ'בסקי, יב: סיפורים ורומנים קצרים, 1919-1921, תל-אביב: הקיבוץ המאוחד בשיתוף עם בית שלום עליכם, 2015.

דניאל פרידמן, לפני המהפכה: משפט ופוליטיקה בעידן התמימות, תל-אביב, ידיעות ספרים-משכל, 2015.

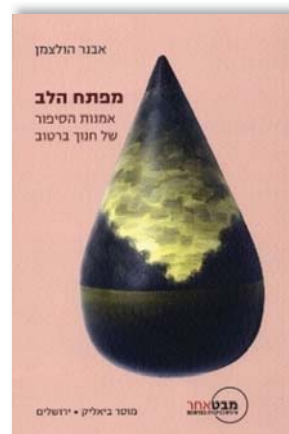
דניאל פרידמן ואלרן שפירא בראור, דיני עשיית עושר ולא במשפט (כרך א, מהדורה שלישית), שריגים: נבו, 2015.

ב"ז קדר (עורך), חיים וייצמן: המדען, המדינאי ומדינאי-המדע, ירושלים: האקדמיה הלאומית למדעים, תשע"ה.

Shlomo Avineri, *Herzl's Vision: Theodor Herzl and the Foundation of the Jewish State*, New York: BlueBridge, 2015.

Yehuda Bauer, *Wir Juden: Ein Widerspenstiges Volk*, Münster: Lit Verlag, 2015.

Israel Finkelstein, Steve Weiner and Elisabetta Boaretto (eds.), *Reconstructing Ancient Israel: The Exact and Life Sciences Perspectives*, special issue of *Radiocarbon* (57/2), 2015.

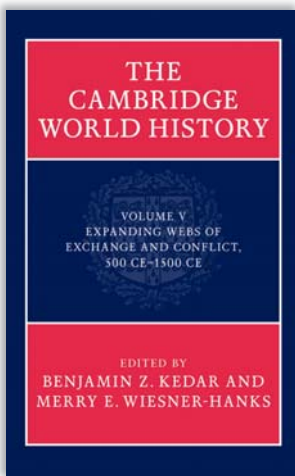
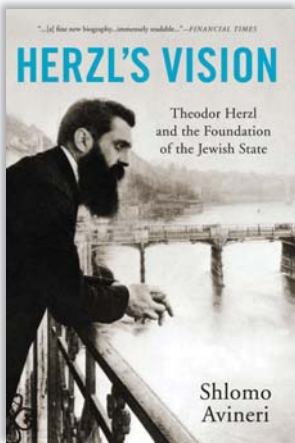


The Text-Critical Use of the Septuagint in Biblical Research

COMPLETELY REVISED AND EXPANDED THIRD EDITION



Emanuel Tov



Hillel Furstenberg, *Ergodic Theory and Fractal Geometry*

(Regional Conference series in Mathematics, 120), Providence: American Mathematical Society with support from the National Science Foundation, 2014.

Guy G. Stroumsa, *The Making of the Abrahamic Religions in Late Antiquity*, Oxford Studies in the Abrahamic Religions; Oxford: Oxford University Press, 2015.

Adam J. Silverstein and **Guy G. Stroumsa** (eds.), Moshe Blidstein (Associate Ed.), *The Oxford Handbook of the Abrahamic Religions*, Oxford: Oxford University Press, 2015.

Emanuel Tov, Textual Criticism of the Hebrew Bible, Qumran, Septuagint (Collected Writings, Volume 3), VTSup 167; Leiden: Brill, 2015.

Emanuel Tov, *The Text-Critical Use of the Septuagint in Biblical Research* (Third Edition, Completely Revised and Enlarged) Winona Lake, IN: Eisenbrauns, 2015.

Leah Di Segni and **Yoram Tsafir**, *The Onomasticon of Iudaea, Palaestina and Arabia in the Greek and Roman Sources* (Vol. 1: Introduction, Sources and Major Texts), Jerusalem: The Israel Academy of Sciences and Humanities, 2015.

Benjamin Z. Kedar and Merry Wiesner-Hanks, *Cambridge History of the World, vol. 5: Expanding Webs of Exchange and Conflict, 500 CE–1500 CE.*, Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

רשימת חברי האקדמיה תשע"ו

החטיבה למדעי הטבע

אהרן צ'חנובר	רשף טנא	שפי גולדווסר	דוד הראל
יוסף קוסט	עדה יונת	יורם גרונר	סגן הנשיאה
עדי קמחי	יהושע יורטנר	עמירם גרינולד	איתמר וילנר
דוד קשדן	יוסף ירדן	גדעון דגן	י"ר החטיבה
אלי קשת	אלכס לובוצקי	ידין דודאי	עודד אברמסקי
מיכאל רבין	יוסי לוויה	מרדכי הייבלום	שמואל אגמון
מישל רבל	רפאל דוד לוין	אהוד הרושובסקי	יקיר אהרונוב
אהרון רזין	אלכסנדר לויצקי	חיים הררי	אמנון אהרוני
מרדכי שגב	אילון לינדנשטראוס	אברהם הרשקו	שמעון אולמן
יצחק צבי שטיינברג	דוד מילשטיין	מאיר וילצ'יק	משה אורן
יוסף שילה	רפאל משולם	דניאל ויס	נוגה אלון
דן שכטמן	אברהם ניצן	יעקב זיו	יוסף אמרי
שהרן שלח	חיים סידר	ירון זילברברג	רות ארנון
שלמה שמאי (שיץ)	מיכאל סלע	משה זכאי	צבי בן-אברהם
עדי שמיר	הלל פורסטנברג	אורי זליגסון	יואב בנימיני
זאב תדמור	דב פרוהמן	אילן חת	יוסף ברנשטיין

החטיבה למדעי הרוח

יורם צפריר	חווה טורניאנסקי	יעקב בלידשטיין	נילי כהן
ב"ז קדר	מנחם יערי	משה בר-אשר	נשיאה
איתן קולברג	עמיחי מזר	מנחם ברינקר	יוסף קפלן
אשר קוריאט	אבישי מרגלית	רות ברמן	י"ר החטיבה
יעקב קליין	נדב נאמן	אהרן ברק	שלמה אבינרי
אריאל רובינשטיין	רות נבו	רות גבזון	ישראל אומן
שלומית רמון-קינן	דוד נבון	אברהם גרוסמן	משה אידל
יואל רק	גדליה סטרומזה	אבנר הולצמן	בנימין איזק
דוד שולמן	אריאל פורת	משה הלברטל	יצחק אנגלרד
זאב שטרנהל	מרגלית פינקלברג	אלחנן הלפמן	יהודה באואר
בן-עמי שילוני	ישראל פינקלשטיין	דון הנדלמן	יורם בילו
דוד שמידלר	דניאל פרידמן	סרג'יו הרט	מיכל בירן
שאול שקד	יוחנן פרידמן	שולמית וולקוב	מלאכי בית-אריה
אריאל ששה-הלוי	מרדכי עקיבא פרידמן	עמנואל טוב	יהושע בלאו

