



כסלו תשע"ד
דצמבר 2013

איגרת

גיליון 35

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

תמונת השער:

בכריכת החוברת אילוסטרציה לחלת דבש
בכוורת דבורים, בהשראת מאמרו של
פרופ' עמיחי מזר: "הכוורות בתל רחוב:
ביטוי לארכיאולוגיה כמדע רב תחומי"
(ראו להלן בעמ' 22)

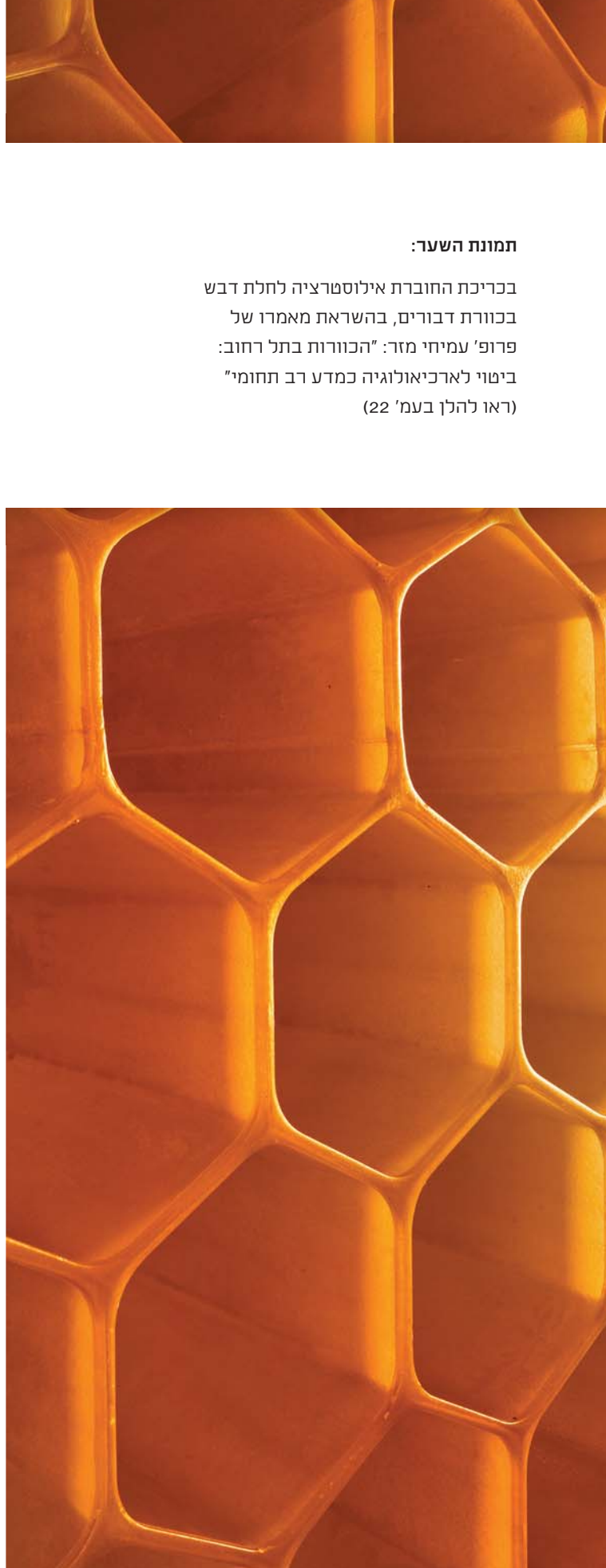
עורכת: אביטל בר (דוברת ומנהלת קשרי הציבור)
עריכת לשון: יהודית (דיתיק) ידלין וטלי אמיר
תצלומים: ארכיון האקדמיה, ששון תירם ומקורות אחרים
(המצוינים בטקסט).
עיצוב והפקה: סטודיו נאוי+שירה

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' רות ארנון (הנשיאה)
פרופ' ב"ז קדר (סגן הנשיאה)
פרופ' איתמר וילנר (יו"ר החטיבה למדעי הטבע)
פרופ' יוסף קפלן (יו"ר החטיבה למדעי הרוח)
פרופ' מנחם יערי (הנשיא היוצא)
ד"ר מאיר צדוק (המנכ"ל)



תוכן העניינים

3 הרצאות הבכורה של החברים החדשים תשע"ד

4 "אלטנוילנד" של הרצל: ראי לחברה הישראלית.....
פרופ' שלמה אבינרי

14 התפתחות נוסח המקרא במאות האחרונות לפסה"נ לאור מגילות מדבר יהודה.....
פרופ' עמנואל טוב

22 הכוורות בתל רחוב: ביטוי לארכאולוגיה כמדע רב-תחומי.....
פרופ' עמיחי מזר

32 קטליזה: המפתח לכימיה ירוקה ואנרגייה חלופית.....
פרופ' דוד מילשטיין

39 עיון מחודש בכתובות מכותילת עג'רוד.....
פרופ' נדב נאמן

48 חידת הקיסרים היפניים.....
פרופ' בן-עמי שילוני

56 תורת האינפורמציה, מהזווית האישית.....
פרופ' שלמה שמאי (שיץ)

71 באקדמיה

72 להציל את מדעי הרוח.....
פרופ' חוה טורניאנסקי

76 נשים ואקדמיה מזווית היסטורית.....
ד"ר תמר הרציג

82 דוח מצב המדע הראשון.....
אסף אוני ואביטל בר

90 פילון האלכסנדרוני בישראל.....
פרופ' מארן ניהוף

92 בהוצאה לאור

96 ספרים חדשים מאת חברי האקדמיה

99 רשימת חברי האקדמיה

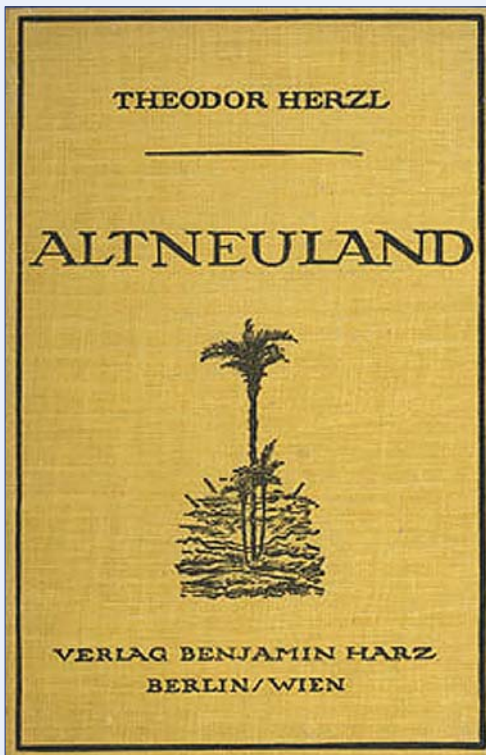
**הרצאות
החברים
החדשים
תשע"ד**

"אלטנוילנד" של הרצל: ראי לחברה הישראלית



מאת פרופ' שלמה אבינרי

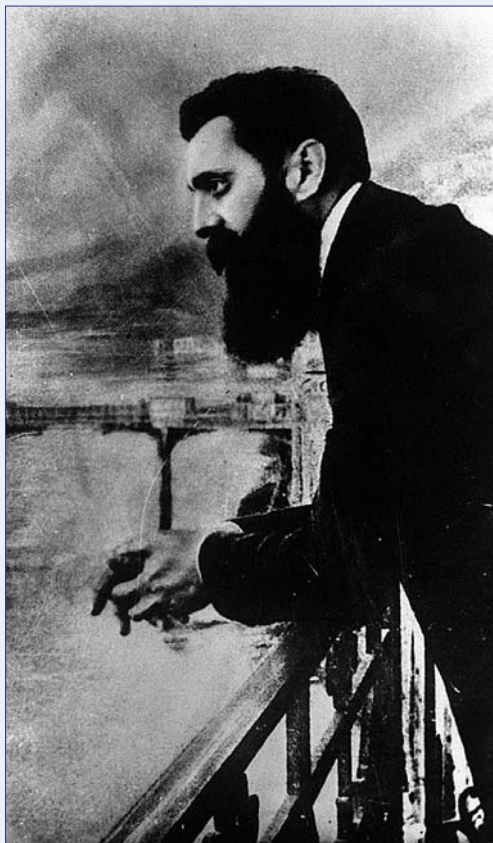
בפרספקטיבת העבר אלא גם בממד ההווה: הספר יכול לשמש ראי לחברה הישראלית דהיום, שלאורו היא יכולה לבחון את עצמה ואת מהלכיה של התנועה הציונית – מה הושג, מה לא הושג, מה אולי השתבש.



שער המהדורה המקורית הגרמנית של "אלטנוילנד", 1902

אודה על האמת כי התלבטתי באשר לנושא הרצאתי: מצד אחד היה היגיון לנסות להתייחס לתורותיהם של הגל ומרקס, שבהן התמקד עיקר מחקר במהלך השנים, ולנסות אולי לדלות מהן תובנות מסוימות על העולם של זמננו ומה שעובר עליו עתה. אבל הרי אנו האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים – שהיא לא רק חברה בקהיליה האקדמית הבין-לאומית אלא גם מופקדת על שמירתם וטיפוחם של מכמני התרבות ההיסטורית שלנו לדורותיהם. מסיבה זו בחרתי לדון בחיבורו של הרצל "אלטנוילנד".

מהרבה היבטים זהו חיבור מיוחד במינו: בספר שהופיע ב-1902 מתאר הרצל כיצד תיראה ארץ ישראל יהודית בשנת 1923. אין הרבה חיבורים מן הסוגה הזאת בתולדות העמים: תנועות לאומיות משופעות במניפסטים ובהצהרות שבהם הן מגוללות את מטרותיהן ואת הצדקותיהן ומבקשות לבסס את הלגיטימיות שלהן בהתאם לעקרונות כאלה או אחרים – למשל טענת הזכות ההיסטורית וזכות ההגדרה העצמית – או בהתאם לפירוש כזה או אחר של המשפט הבין-לאומי. לפי מיטב ידיעתי, אין תנועה לאומית – חוץ מהציונות – שיש לה מסמך מכונן המתאר איך תיראה מדינתה לאחר שתושג עצמאותה. ייחוד זה מאפשר להתבונן ב"אלטנוילנד" לא רק



תאודור הרצל, באזל, 1897

מהרבה הצהרות ודיונים תאורטיים, משום שרומן מדבר אל רגשותיהם של בני אדם. הרצל בחר אז בדרך אחרת – פרסום "מדינת היהודים", שהוביל לכינוס הקונגרס הציוני הראשון בבאזל ב־1897, ועניין הרומן נדחק לקרן זוית. אבל הרצל חזר לרעיון זה, והחלק הראשון של "אלטנוילנד", שמתאר את מצוקותיו של צעיר יהודי משכיל בווינה שחיינו הגיעו למבוי סתום, נזקק לחומרים שאסף הרצל ב־1895 ולא השתמש בהם אז.

לספרים יש גורל משלהם, ולממד הלא־אוטופי וההֶאֱלִי של "אלטנוילנד" התווסף היבט נוסף: מיד לאחר פרסומו זכה לתרגום לשפות רבות, ונחום סוקולוב, שתרגם אותו לעברית, העניק לתרגומו את השם "תל אביב", המבקש לשלב ישן וחדש כמשתמע ◀

היבט זה מאפשר לראות את "אלטנוילנד" מזווית ראייה נוספת: זהו ללא ספק רומן אוטופי המתאר חברה רצויה שטרם קמה; עם זאת, בהקדמתו מבקש הרצל במפורש להבחין את ספרו מאוטופיות חברתיות אחרות, והוא מזכיר אחדות מהן במפורש: הללו הן מעשי ידי סופר גרידא, אך לגבי דידו של הרצל, השקוע בתוככי פעילות מדינית, הספר הוא פרוגרמה פוליטית מעשית, המבקשת לחדד ולהעצים מציאות שכבר מצויה בתהליכי גיבוש, אם כי ראשוניים.

זה מביא אותנו אל תחילת דרכו הציונית של הרצל באביב 1895, כאשר הגיע למסקנה כי יש לחפש פתרון למצוקת היהודים מחוץ לגבולות אירופה, והוא מתלבט כיצד לחשל את הצבת הראשונה בפעילותו: אין הוא אלא אדם פרטי, ללא כל בסיס פוליטי או זיקה ארגונית. היפנה לעשירי היהודים וינסה לשכנעם או אולי יכתוב רומן? הרצל אכן רשם ראשי פרקים לרומן שיתאר את המצוקה היהודית לנוכח מה שהוא ראה ככישלון האמנציפציה, ואחד מידידיו הצרפתיים, הסופר אלפונס דוֹדֶה, שבפניו הוא שטח את לבטיו, עודד אותו בכתיבת רומן, בהביאו את דוגמת "אוהל הדוד תום" של הארייט ביצ'ר־סטו, שלדבריו תרם לשחרור העבדים יותר



הסופר אלפונס דוֹדֶה



ד"ר קארל לוג'גר

"הקונגרס" המתקיימות ב-1923. במערכת בחירות זו, כך הרצל, משתתפת לראשונה מפלגה חדשה שהקים לאחרונה עולה חדש שהגיע ארצה, רב ששמו ד"ר גאָייר (Geyer בגרמנית הוא העוף הטורף האוכל נבלות). גאָייר טוען כי רק ליהודים שמורה זכות האזרחות בארץ, שכן זו ארץ יהודית, והוא פותח במסע תעמולה במערכת הבחירות כדי ליטול מתושביה הלא־יהודים של הארץ (מוזכרים גם ארמנים ויוונים) את אזרחותם.

מי שמכיר את האווירה החברתית והפוליטית שבה היה נתון הרצל בווינה עירו יזהה מיד בד"ר גאָייר את דמות־הראי של ד"ר קארל לוג'גר (Karl Luëger), ראש עיריית וינה הגזעני, האנטי־סלבי והאנטי־שמי, שנבחר בבחירות דמוקרטיות ואשר בחירתו הייתה אחד הגורמים העיקריים ששכנעו את הרצל בדבר כישלון הליברליזם האירופי. ב"אלטנוילנד" מובאים כמה נאומים של גאָייר ותומכיו, שהם כמעט העתק מדויק של נאומו לוג'גר – במהופך: במקום היהודים שיש להדירם בווינה, לפי גאָייר בארץ ישראל יש להדיר את הלא־יהודים.

כמי שהיה במשך שנים כתב מדיני ופרלמנטרי

מן הכותרת במקור הגרמני. שנים אחדות לאחר מכן, כאשר מקימי אחוזת בית, פרבר הגנים שהוקם צפונית ליפו, ביקשו שם ליישובם החדש, אימצו לעצמם את השם העברי שהעניק סוקולוב לחזונו של הרצל וקראו לעירם בשם "תל אביב". כך נכרכו חזון ומציאות, רומן אוטופי ומציאות עירונית קונקרטיית בתולדות ספרו של הרצל על דרך רעיון הרומן האוטוביוגרפי של גתה *Dichtung und Wahrheit* ("פיוט ואמת"), שבוודאי לא היה זה להרצל. מבין שלל הנושאים הנידונים ב"אלטנוילנד" אבקש לדון בשלושה שיש בהם לדעתי משמעות במדינת ישראל דהיום ואשר על פיהם אפשר לשפוט אותה לאור חזונו של הרצל: אזרחות שווה לכל התושבים, המבנה החברתי־כלכלי וסוגיית יחסי דת ומדינה.

שויון אזרחי

מפעם לפעם מושמעת הטענה – ולא רק בתעמולה הערבית האנטי־ישראלית – כי הציונות ביקשה "להביא עם ללא ארץ לארץ ללא עם", ולעתים אפילו נטען כי מקור המשפט הזה הוא אצל הרצל. אין שחר לטענה זו בכלל, ובוודאי לא בנוגע להרצל.

ב"אלטנוילנד" יש זכויות שוות לכל התושבים, לא רק ללא הבדל מין (עניין מהפכני כשלעצמו מנקודת הראות של 1902), אלא גם ללא הבדל דת ולאום. לא זו בלבד שיש ערבים ב"אלטנוילנד", אלא שהם אזרחים שווים, בעלי זכות בחירה והיבחרות, ואחד הגיבורים המרכזיים של הרומן הוא מהנדס ערבי מחיפה, רשיד ביי, ממנהיגי החברה החדשה בארץ ישראל. בעת הנסיעה מחיפה לטבריה מתוארים כפרים ערביים משגשגים, שלדברי רשיד ביי נוטלים חלק בפריחה הכלכלית של הארץ שמתרחשת מאז חזרו היהודים למולדתם: התיאור אולי אידילי מעט, אבל ללא ספק מודע להימצאם של ערבים בארץ ומעיד על תפישתו השוויונית של הרצל.

יתר על כן: העלילה הפוליטית המרכזית של הרומן מתמקדת במערכת בחירות לבית הנבחרים

ולא בהודו ולא בשום מושבה אחרת שאליה הגיע האימפריאליזם האירופי. במקביל איש באירופה לא חשב להעניק זכות בחירה לתושבי אלג'יריה או הודו, בשעה שלהרצל לא היה ספק כי תושביה הערבים של מדינת היהודים לעתיד זכאים לאזרחות שווה. מבחינה מסוימת היה הרצל בן דורו באי-ראיית הפוטנציאל לתנועה לאומית ערבית בארץ; אולם תפישת האזרחות השווה לכל תושבי הארץ נאמנה לעקרונות הליברליזם הדמוקרטי המודרני.

התנועה הציונית ומדינת ישראל ניסו ללכת בעקבות הרצל – אם כי לא מתוך צמידות דוקטרינלית אלא מתוך התמודדות מעשית עם האתגר הקונקרטי שהוצב בפניהן. כפי שהרצל לא חזה את עלייתה של תנועה לאומית ערבית בארץ, הוא גם לא חזה כי מדינת היהודים תוקם תוך התנגדות תושבי

של ה"נויה פריה פרסה" (*Neue Freie Presse*) בפרז ודיווח לעיתונו על כמה מערכות בחירות פרלמנטריות מקוטבות בצרפת, מתאר הרצל במפורט ומתוך רגישות פוליטית את מערכת הבחירות החריפה ב"אלטנוילנד", שבה נלחמים מייסדיה הליברלים בגזענות של גאָיִר. אחד הפרקים המרתקים בספר מתאר אספת בחירות המתקיימת בכפר בגליל שבה חלק מן האיכרים תומכים בגזענותו של גאָיִר – ממש כמו שחלק מבני המעמד הבינוני הנמוך בווינה תמכו בלוֹאָגר. אל מול נימוקיו הגזעניים של גאָיִר מעלים הליברלים שתי מערכות של טיעונים – מעקרונותיו האוניברסליסטיים של הליברליזם האירופי מצד אחד ומתוך הסתמכות על מקורות יהודיים כגון "חוקה אחת לכם ולגר" ו"זכור כי עבד היית במצרים" מצד אחר. בפיכחון אכזרי הרצל יודע כי יהודים יכולים להיות גזעניים כמו כל בני עם אחר, אלא שאם באירופה – כמו למשל בווינה – מנצחים הגזענים, הרי בציון המתחדשת הם מובסים. בבחירות 1923 מנצחים הליברלים, מפלגתו של גאָיִר נוחלת תבוסה מוחצת, ויש שמועה שהוא עזב את הארץ.

המסר של הרצל הוא ברור: אם להשתמש במינוח המקובל היום במקומותינו, הרי "אלטנוילנד" היא מדינה יהודית ודמוקרטית – בסיסה הוא זכות הגדרה העצמית היהודית שביסודה אינה שוללת את זכויותיהם של הלא-יהודים החיים בתחומה.

עם כל זאת יש להכיר בכך שאף על פי שהרצל ראה בשיווי הזכויות לתושביה הערבים של הארץ אבן יסוד בתפישתו את הציונות כתנועה לאומית ליברלית, הוא לא חזה את אפשרות עלייתה של תנועה לאומית ערבית בארץ שלפחות אחד המניעים להתפתחותה הוא ההתנגדות למפעל הציוני. ב-1902 לא הייתה בנמצא תנועה לאומית ערבית לא במרחב המזרח-תיכוני בכללותו ולא בארץ ישראל, ואפילו ליברלים וסוציאליסטים אירופיים עדיין לא התייחסו לאפשרות של תנועות שחרור לאומיות במה שקרוי היום "העולם השלישי" – לא באלג'יריה



ה"נויה פריה פרסה"

ערביי ישראל היא חלק מציונותה של מדינת ישראל ומהאתוס שלה. בשמו של הרצל יש לעמוד כנגד ניסיונות גאייריים אלה.

המבנה חברתי-כלכלי: הדדיות וסולידריות

הרצל לא היה סוציאליסט וחרד מן האלימות המגולמת באפשרות של סוציאליזם מהפכני. ביסודו של דבר השקפת עולמו הייתה בורגנית-ליברלית קלאסית, אך בהרבה ממאמריו, וגם במחזהו "הגטו החדש", הוא מודע לעוולותיו של הקפיטליזם הבלתי מרוסן.

דברים אלה באים לידי ביטוי חד בתיאור המבנה חברתי של "אלטנוילנד". לפי דובריה של החברה החדשה, מייסדיה ביקשו ללמוד מן הניסיון ההיסטורי האירופי ויצרו בארץ ישראל מודל חברתי שהרצל (דווקא מתוך הסתמכות על מורשת סוציאליסטית אוטופית) מכנה בשם "מוטואליזם" – הדדיות. זוהי שיטה כלכלית-חברתית שאימצה לפי הרצל את הצדדים החיוביים הן של הקפיטליזם והן של הסוציאליזם. מן הקפיטליזם מאמצת לה החברה החדשה את יסודות החירות והתחרות, מן הסוציאליזם – את עקרונות השוויון והצדק. בלשונו היינו קוראים לזאת "הדרך השלישית". בהערת אגב מצוין הרצל כי אין בורסה בארץ ישראל, כי העיסוק הבורסאי – או בלשון אחרת: קפיטליזם פיננסי – אפיון יותר מדי את הפעילות הכלכלית היהודית בגולה. הרצל ידע על מה הוא מדבר – אביו עשה את הונו בספרות בורסה, ומחזהו "הגטו החדש" הוא בין השאר כתב אשמה נגד החמסנות של משקיעי הבורסה העושים את רווחיהם תוך כדי התעלמות מתנאי העבודה במכרה, שמתמוטט בגלל הזנחת תנאי הבטיחות בו מצד המשקיעים חסרי המעצורים המעוניינים רק ברווחיהם.

ואכן, ב"אלטנוילנד" שורת כלכלה מעורבת, הקרובה מאוד ליסודות מדינת הרווחה של אמצע המאה

◀ הארץ הערבים ומלחמה מתמשכת עם ועם מרבית העולם הערבי: הרצל ראה את הקמתה של המדינה היהודית כעולה מתוך הסכמה בין-לאומית. למרות זאת ולמרות התנאים הקשים שמציאות שונה זו כפתה על התנועה הציונית, היישוב ומדינת ישראל, ניסתה ישראל לקיים את מורשתו הליברלית של הרצל. עם הקמתה אפשרה ישראל לערבים שנותרו בארץ ושלא ברחו או גורשו להשתתף בבחירות לכנסת הראשונה, וזאת תוך כדי מלחמת העצמאות שטרם הסתיימה אז; היא גם העניקה להם אזרחות כאשר נחקק חוק האזרחות, קבעה את השפה הערבית כשפה הרשמית השנייה ואפשרה חינוך ממלכתי למיעוט הערבי בלשונו ובתרבותו.

יטעה מי שינסה לגזור מכך תמונה אידילית של מצב המיעוט הערבי במדינת ישראל: התמונה בוודאי מורכבת יותר, ומצב האיבה והמלחמה בוודאי לא הקלו זאת. אבל צריך לזכור כי ישראל יכלה להחליט אחרת: היא יכלה להחליט בתש"ח כי כל עוד נמשכת המלחמה אין לערבים זכות בחירה, או כי הערבית לא תישאר שפה רשמית שנייה, או כי לפי המודל הרפובליקני הצרפתי, מערכת החינוך תהיה בשפת המדינה האחת, ואם המיעוט רוצה חינוך משלים בלשונו, הרי הוא חופשי לקיים אותו על חשבוננו. לזכותה של ישראל יש לומר כי לא החליטה כך ואף לא הועלו הצעות ברוח זו. אבל מה שנשמע היום מובן מאליו לא היה בהכרח מובן מאליו אז, והעובדה כי ישראל החליטה כפי שהחליטה נובעת מעקרונות ליברליים ושוויוניים שהיו חרוטים עמוקות במסורת המדינית הציונית, למרות הבעייתיות והאתגרים.

מול זאת יש להעמיד את העובדה כי בשנים האחרונות נעשו ניסיונות פוליטיים, שרובם לא צלחו, ויש להניח כי לא יצלחו גם בעתיד, לפגום בשוויון הזכויות האזרחי של ערביי ישראל, ויש מפלגות שחרטו זאת על דגלן בצורה זו או אחרת. צריך לומר בצורה ברורה כי מי שטוען טענות אלה בשם ציונות רדיקלית או שורשית אינו מדבר בלשונו של הרצל אלא בלשונו של ד"ר גאייר, והעמידה על שוויון זכויותיהם של



הרצל והמשלחת הציונית בדרכם לישראל, 1898; התמונה באדיבות הארכיון הציוני

ולסיוע. בלשונו ניתן לומר כי ב"אלטנוילנד" אין פיליפיניות: עבודת הסיעוד, שהיא ביסודו של דבר לא נעימה ולא נוחה, נעשית על בסיס של הקצאה שוויונית – של שנתיים – שכל אחד מבני החברה ובנותיה תורם לה את חלקו.

הבוחן את התפתחותו של היישוב ושל מדינת ישראל בעשרות השנים הראשונות של קיומה ימצא כי זו הלכה בדרך כלל בעקבות חזונו של הרצל – לאו דווקא מתוך אימוץ דקדקני או עיוור של עקרונותיו אלא מתוך המסה והמעש של המעשה הציוני. בארץ נוצרה כלכלה מעורבת, שמתקיים בה סקטור ציבורי (בשליטת המוסדות הציוניים והמדינה או הסתדרות העובדים) בצדו של משק פרטי; הבנקאות הייתה ברובה בידי מוסדות ציבוריים (בנק אנגלו-פלשתינה, קופות הלוואה וחיסכון ובנק הפועלים); קופות גמל ופנסייה הבטיחו מינימום קיום לעת מחלה או זקנה; במגזר החקלאי בלטה הדומיננטיות של דפוסים קולקטיביים או קואופרטיביים (קיבוצים ומושבים); ◀

העשרים: הקרקע, המכרות, אוצרות הטבע ומפעלי החשמל (שהם מרכזיים לפיתוח הארץ) הם בידי החברה; הייצור התעשייתי הוא בחלקו קואופרטיבי; החקלאות שיתופית; המסחר הקמעוני בידיים פרטיות. בתיאור, שהוא מהפכני למדי ל-1902, מתוארת חברה שבה יש חינוך חובה חנים לבנים ולבנות עד גיל 18; יש בה ביטוח רפואי וביטוח סיעודי לכל בני החברה; מתקיימים בה בתי אבות לכול. כיוון ש"אלטנוילנד" מוקמת באמצעות הסכמים בין-לאומיים, אין לה למעשה צורך בצבא, ולכן אין בה שירות צבאי חובה, אבל יש בה שירות לאומי: כל האזרחים, בנים ובנות, מצטרפים בהגיעם לגיל 18 לשירות לאומי אזרחי, שבו הם משמשים עובדי הוראה, אחיות וסניטרים בבתי חולים, עובדי סיעוד בבתי אבות וכיו"ב. בדרך זו מתממשת, לפי הרצל, הסולידריות החברתית הבסיסית, כאשר כל אחד מבני החברה מחזיר לחברה את מה שהשקיעה בחינוכו עד כה ואת מה שהיא עוד עתידה להעניק לו כאשר יהיה בעצמו נזקק לסעד

בא במקומה של תפישת אחריות סולידרית, כל ריסון ציבורי של הקניין הפרטי נתפש כפגום, והתוצאה המוסדית הדומיננטית הייתה הפרטה מרחיקת לכת – לא רק הפרטה של מפעלים שהייתה הצדקה כלכלית וציבורית להפריטם, אלא הפרטה דוקטרינית מתוך תפישה המכונה "פונדמנטליזם של השוק". לא זו בלבד שמפעלים כלכליים מצליחים נמכרו למשקיעים פרטיים במחירים זולים באורח שערווריתי, אלא שמגזרים רבים של השירותים הבסיסיים שהחברה מספקת לאזרחיה – מבריאות ועד לחינוך – עברו תהליכי הפרטה מרחיקי לכת. הסולידריות הוחלפה בתחרות בלתי מרוסנת, המסייעת לחזקים ופוגעת בחלשים, וכל זאת בשם תפישה אינדיווידואליסטית קיצונית של זכויות הפרט והחירות האישית. במקביל הועמקו הפערים חברתיים והכלכליים, וקפיטליזם בורסאי הפך למוקד הפעילות הכלכלית ומקור להתעשרות חסרת ריסון של יחידים היונקים בצורה זו או אחרת מן הקופה הציבורית או מחסכונות הציבור. לא כאן המקום להתייחס לשאלה באיזו מידה נאו-קפיטליזם בלתי מרוסן זה אחראי ברמה הגלובלית למשבר הפיננסי העולמי שעוברת עתה כלכלות המערב, אבל ברור שאימוצו האידיאולוגי על ידי חלק מן ההנהגה הפוליטית הישראלית חתר תחת אשיות הסולידריות הכלל-חברתית בארץ ופגע בצורה עמוקה בחוסנה של החברה הישראלית.

דת ומדינה: חופש דת עם הכרה במעמד הפומבי של הדת

בתחילת דרכו המדינית של הרצל הוא קבע ב"מדינת היהודים": "אנו נכבד את הרבנים, אך נבטיח כי מקומם יהיה בבית הכנסת בלבד, כפי שמקומו של הצבא הוא בקסקטינים". מימרה זו מתפרשת לעתים בצורה פשטנית כאילו הרצל דגל בהפרדה מוסדית חדה בין דת ומדינה, אולם הגותו של הרצל בנושא זה מורכבת יותר, והיא נסמכת על שני יסודות:

◀ למרות עונייה של החברה היהודית בארץ ישראל ומדינת ישראל בשנותיה הראשונות נוצרה רשת ביטחון סוציאלית בדמותן של קופות חולים ומוסדות רווחה וסעד ענפים (משען וכיו"ב) ולאחר מכן המוסד לביטוח לאומי. אף אחד ממוסדות והסדרים אלה לא היה אידיאלי, וקל למצוא בהם פגמים, אבל משותפת לכולם הייתה התפישה שמפעל מהפכני כציונות אינו יכול להתבסס על מנגנון השוק החופשי או התחרות הבלתי מרוסנת אלא חייב לכלול יסודות של סולידריות חברתית. אידיאולוגיות קיצוניות מימין ומשמאל חלקו על מודל ביניים זה, אך החברה היישובית ואחר כך הישראלית התפתחה – וזאת בתנאים לא קלים – לכלל מדינת רווחה, אם כי ברמה צנועה. לא בכדי הייתה ישראל מודל להערצה לרבים במערב הליברלי והסוציאל-דמוקרטי, ומוסדותיה זכו לעלייה לרגל של מדינאים ופעילים חברתיים רבים מאירופה ומארצות הברית. לקרוא לחברה שהוקמה כאן "חברת מופת" יהא ללא ספק מוגזם, אבל הניסיון ליצור בארץ משהו טוב יותר וצודק יותר – וזאת מבלי להיגרר למודל מדכא וחד-מפלגתי – היה מרשים וייחודי. לא הרבה חברות מפותחות יותר יכלו להתגאות בהישגים דומים.

בשני העשורים האחרונים חל כרסום מרחיק לכת באופייה הסולידרי של החברה הישראלית. חלק מתהליך זה משקף מגמות כלל-עולמיות שביטאו ביקורת על היבטים שונים של מדינת הרווחה הליברלית והסוציאל-דמוקרטית המערבית. גם אין ספק כי עם הקמת המדינה ניתן היה לשנות את התמהיל של בעלות ציבורית עם בעלות פרטית של מגזרים מסוימים במשק. אבל במקביל למגמות הכלליות ולשינויים הפוליטיים שחלו בישראל נדחקה התפישה הסולידרית, שאפיינה את המפעל הציוני מראשיתו, מפני גישות שאימצו, לעתים בצורה בלתי ביקורתית ומתוך התעלמות מן התנאים הייחודיים של מדינת ישראל, את תורת הכלכלה הנאו-ליברלית מבית מדרשם של מילטון פרידמן, מרגרט ת'אצ'ר ורונלד רייגן. אינדיווידואליזם תחרותי בלתי מרוסן

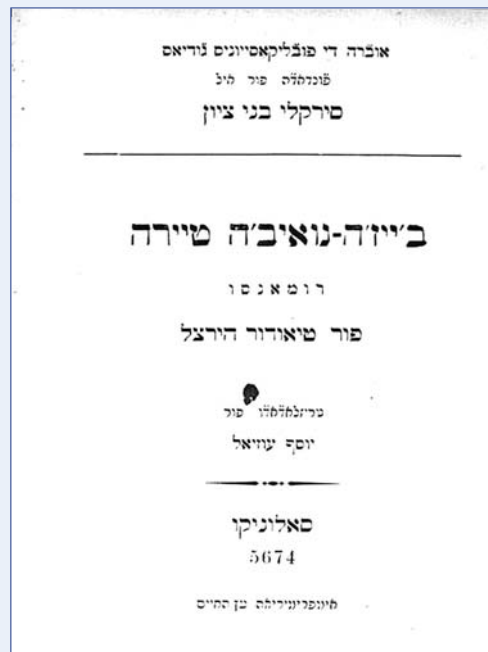
את הסיבה לכישלון הניסיון הליברלי להבטיח שוויון זכויות ליהודים באירופה.

עם זאת, במקום היחיד בכל כתביו שבו מתקרב הרצל למשהו הדומה להגדרת העם היהודי הוא קובע ביומנו כי "אנו אומה על פי הדת": זהו אמנם נוסח עמום ופתוח לפרשנויות שונות, אך ממנו עולה בבירור כי הרצל מודע היטב למרכיב הדתי בזהות היהודית. מודעות זו מביאה אותו לצורך בהתמודדות עם האתגר המורכב של גיבוש תנועה לאומית יהודית, שהיא ביסודו של דבר חילונית אך מבקשת לכלול בשורותיה אנשים דתיים ולכבד את הממד הסמלי של הדת ברשות הרבים.

הרצל עושה מאמצים רבים בעניין זה, שלא תמיד נושאים פרי, לקרב רבנים לתנועה הציונית – החל מן הרב הראשי של וינה ד"ר מוריץ גינזמן ועד לרבי שמואל מוהליבר; כך הוא גם דואג לוודא כי בבאזל, מקום כינוס הקונגרס הציוני הראשון ב־1897, יש מסעדה כשרה, ובנוסף העברי של ההזמנה לקונגרס נכתב כי "בבאזל יש אכסניא כשרה". כשמגיע הרצל לירושלים בראש משלחת ציונית ב־1898, ברור לו כי לא ייתכן כי המשלחת תיכנס העירה בכרכרה לאחר שהרכבת מיפו התעכבה והגיעה העירה לאחר כניסת השבת, ולמרות החום הגבוה שהוא סובל ממנו המשלחת עושה את דרכה ברגל מתחנת הרכבת ועד למלונה שליד שער יפו, וכיוצא בזה בעת הביקור בכותל נמנעת המשלחת מלעלות למסגדים שעל הר הבית "משום שיש חרם רבני על כך". כל אלה מבטאים שילוב מושכל של עמדתו האישית של הרצל, שהיא חילונית, עם ההכרה, העקרונית וגם האינסטרומנטלית, במעמדה של הדת בפרהסיה היהודית.

כל זה בא לידי ביטוי גם ב"אלטנוילנד". ביסודו של דבר מתוארת ארץ ישראל היהודית כחברה מודרנית וחילונית, השואבת מכל מעייני המדע והטכנולוגיה. גם ראינו את עמדתו של הרצל באשר לשיווי הזכויות האזרחי לאוכלוסייה הלא־יהודית. אבל במישור הפומבי יש נוכחות למסורת הדתית.

למשל, האירוע הפומבי התרבותי המרכזי ברומן ◀



שער "אלטנוילנד" בתרגומו ללדינו, סלוניקי, 1914

הכרה במרכיב הדתי בזהות היהודית ההיסטורית ואימוץ הגישה הליברלית האירופית הקלאסית של המאה התשע־עשרה המשלבת את עקרון חופש הדת והמצפון עם מתן כבוד לדת במרחב הציבורי.

בכל שנות פעילותו של הרצל אין למצוא אצלו ניסיון להגדרה של מיהו יהודי: הרצל היה נבון מכדי להיגרר להגדרות שמעצם טיבן תמיד משאירות מישהו מחוץ לגדר. בוויכוח חריף עם אחד מתומכיו, הסופר האנגלי־יהודי ישראל זנגוויל, שלל הרצל בחריפות כל תפישה של הגדרה גזעית של הזהות היהודית. הוא מציין חזור וציון את הגיוון הרב שבקרב קהילות ישראל במערב ובמזרח, מודע לקיומם של "יהודים שחורים" וקובע כי "אנו עם בעל מרכיבים אנתרופולוגיים שונים". בכך יש כמובן לא רק ניסיון להתמודד עם המציאות הפלורליסטית היהודית אלא גם התרסה נגד התאוריות הגזעניות האירופיות השונות – שדובריהן מגוביניו ועד דיהרינגוטר־ייטשקה – שראו ביהודים גזע והיוו את המסד האינטלקטואלי לאנטישמיות הגזענית המודרנית, שבה ראה הרצל



יוהאן וולפגנג גתה

הרחוקים ההם, כאשר שלמה המלך שלט בארץ". עם זאת ברור כי אין הקרבת קרבנות בבית המקדש שהוקם מחדש, ולמעשה מה שמוצג הוא בית כנסת מודרני: לא רפורמי, כי יש עזרת נשים נפרדת; אמנם נשמעת בו מוזיקה, אבל לא נגינת עוגב (הרי זה חיקוי רפורמי לכנסיות) אלא קול מקהלה וכלי מיתר (כינור דוד!). טקס קבלת השבת הוא טקס מסורתי הנפתח ב"לכה דודי לקראת כלה", ואחד הנוסעים נזכר לא רק בבית הכנסת של ילדותו אלא גם בשירו הנפלא של היינה "הנסיכה שבת" ובשיר הערגה של מיניון ב"וילהלם מייסטר" של גתה: "הידעת את הארץ בה הלימון פורח..."

שיזור זה של מסורת וזיקה לתרבות העולם מופיע גם בקטע הסיום של הרומן, שבו מתבקשים הנוכחים להביע את דעתם מה אפשר את הקמתה של חברה חדשה וצודקת זו במולדתו ההיסטורית של העם היהודי. אחד לאחד הם מביעים את דעתם – יש האומר "המצוקה", יש האומר "התאחדותם המחודשת של היהודים", יש האומר "המדע", ויש האומר "כוח הרצון" – והמילה האחרונה שמורה לרב

◀ הוא ליל הסדר שעורכים ראשי החברה בטבריה, ובו מסופר מצד אחד ביציאת מצרים המקראית ומצד אחר מגוללים גם את פרשת יציאת מצרים המודרנית: התארגנות הגירת היהודים מאירופה, קניית האדמות בארץ ישראל והקמת היישוב היהודי בארץ. בליל הסדר נוכחים גם קרואים לא־יהודים – אחדים מהם תיירים מחו"ל ואחדים הם מתושבי הארץ הלא־יהודים – כומר אורתודוקסי מכפר בגליל, נזיר פרנציסקני מטבריה ורשיד ביי המוסלמי (על נוכחות לא־יהודית זו יצא קצפו של אחד העם במאמר הביקורת החרף שלו נגד "אלטנוילנד", המעיד על אחד העם שעל אף כל חילוניותו הוא לא הצליח להשתחרר מכמה משפטים קדומים הנובעים מרקעו צר האופקים). ראינו כי בוויכוח בשאלת האזרחות השווה ללא־יהודים מסתמכים מתנגדי הגזענות של גאיייר לא רק על עקרונות אוניברסליים אלא גם על ציוויים דתיים ("חוקה אחת לכם ולגר" וכיו"ב).

גם תיאור ירושלים ב"אלטנוילנד" מדגיש את דמותה כעיר מודרנית, המתגאה במגורי פועלים מרווחים ונקיים, אך אופייה היהודי ברור. כמו הרצל ב־1898 גם הנוסעים המדומיינים מגיעים לירושלים ב־1923 בערב שבת בין השמשות (מעניין שהם מגיעים דווקא מעמק הירדן, מצד מזרח: אין ספק כי הרצל מודע לממד הגאולתי שבפרט זה). עם בואם העירה הם מגלים כי העיר השוקקת והמודרנית מתכנסת לקראת השבת – החנויות נסגרות, התושבים ממהרים לבתיהם או לבית הכנסת. בלשונו: "השבת שכנה בלבבות".

יתר על כן – וזה בוודאי מפתיע – מתברר כי ב"אלטנוילנד" מוקם מחדש בית המקדש, "כי הגיע הזמן והוא נבנה כבימים עברו", והנוסעים המגיעים העירה לקראת כניסת השבת הולכים לקבלת שבת בבית המקדש. כדי להסיר ספקות יש להדגיש כי בית המקדש אינו מוקם במקומם של המסגדים על הר הבית – הם מופיעים במפורש בקו הרקיע של ירושלים. כאשר האורחים מגיעים לרחבת בית המקדש, הם מגלים כי בכניסה ניצבים שני העמודים, יכון ובוועז, וכן ים הנחושת "כמו בימים

גם פלורליזם זה, הכרוך בנכונות לחיות בסתירות פנימיות כדי לאפשר את היחד החברתי והמדיני, נסדק לאחרונה. מצד אחד אנו עדים להקצנה חרדית קשה, שאינה מוכנה עוד לקבל את הפשרות שהתגבשו במשך עשרות בשנים בארץ ומבקשת לכפות את ההלכה הרבנית על כלל האוכלוסייה, לעתים תוך כדי מתן פרשנות – שהיא הקיצונית ביותר האפשרית לציוניים הדתיים – החל ממה שקשור בדיני כשרות ושמירת שבת וכלה בהדרת נשים. הקצנה זו, הרוצה לממש את עצמה גם במסגרת צבא שחלק ניכר מן הציבור הדתי אינו משרת בו, מעוררת תגובות חריפות בקצהו של המחנה החילוני, שעולים בו קולות לא רק של אנטי-דתיות מיליטנטית, הזרה למסורת הציונית, שתמיד חיפשה את שביל הזהב, אלא גם של ניסיון לדחות כל ממד שיש בו התייחסות לכיבודה של המסורת או ההיסטוריה היהודית. שתי המגמות הן הרסניות.

ב שלושת הנושאים – שוויון אזרחי, חברה צודקת ויחסי דת ומדינה – הציג הרצל מודל נאור ומתקדם שבמידה גדולה התממש בדרך שבה התגבשו המפעל הציוני והחברה בישראל. הציונות המדינית של הרצל לא הצטמצמה להצגת יעד מדיני בלבד אלא כרכה את השגתו גם בתכנים ערכיים ומוסריים – אוניברסליים כמו גם יהודיים. בשלושת הנושאים הללו חלו כרסום ונסיגה בשנים האחרונות. ראינו כי הרצל לא ראה ב"אלטנוילנד" אוטופיה אלא תכנית פעולה קונקרטית הניתנת למימוש. הוא האמין באוטונומיות של הרצון האנושי – האישי והקולקטיבי – ודחה תפיסות דטרמיניסטיות של ההיסטוריה ושל הפרקסיס האנושי. כפי שאפשרות היוסדה של מדינת היהודים אינה, לפי הרצל, תוצאה של מהלך דטרמיניסטי קבוע מראש אלא פועל יוצא של רצונם של היהודים למדינה, כך גם הסדרה הפנימיים תלויים בהכרעה האנושית החופשית. לכן בחר הרצל במשפט "אם תרצו, אין זו אגדה" כמוטו לרומן, והוא חוזר אליו בקטע הסיום של הספר. ■ כך בימים ההם, כך גם בזמן הזה: בידינו הדבר.

הישיש שמואל, הקם ואומר: "אלוהים". זו המילה האחרונה ברומן.

התמונה המתקבלת היא ללא ספק ניסיון מרשים לשלב הערכה למסורת במסגרתה של חברה מודרנית וחילונית – לפי מיטב המורשת הליברלית האירופית, שאימצה את עקרונות הנאורות ללא היסחפות לאנטי-דתיות מיליטנטית.

במידה גדולה התבטא שילוב זה גם בנהגים ובמוסדות של היישוב והמדינה – ושוב לא מתוך דבקות אדוקה בפרטי חזונו של הרצל אלא מתוך השקלא והטריא של המציאות החברתית והמדינית שנתרקמה בארץ ישראל. כך גובש ה"סטטוס קוו", עוד בימי המנדט, כפשרה שאפשרה לחוגים דתיים להצטרף למה שנקרא "היישוב המאורגן": כנסת ישראל על מוסדותיה – אספת הנבחרים והוועד הלאומי, שהיו בהגמוניה ציונית. כך נקבע בהסדרים פרגמטיים אלה כי לנשים תהיה זכות בחירה למוסדות היישוב, וזאת בתמורה לשמירת כשרות ומועדי ישראל במוסדות הציבור. כך הסכימה אפילו הסתדרות העובדים שבשליטת מפלגות השמאל הסוציאליסטיות החילוניות, כי במטבחי הפועלים, שלא נשמרה בהם כשרות מדוקדקת, לא יוגשו מאכלי חזיר – לא מתוך נאמנות נורמטיבית לציוניים דתיים כשלעצמם אלא מתוך כבוד להיסטוריה היהודית על הממד הדתי שבה (או בלשונו של ברל כצנלסון משום שאי-אכילת חזיר הייתה איסור ש"עליו הורגנו").

שעטנז זה של מסורת וחילוניות (שזכה לביקורת העוקצנית והדוגמטית של ישעיהו ליבוביץ, שכינה את ישראל בשם "מדינה חילונית הידועה בציבור כדתית") היה אחד ההישגים הפוליטיים והאידיאיים המרשימים ביותר של התנועה הציונית ושל מדינת ישראל. הוא ביטא תבונה וסובלנות, נכונות לפשרות שלא תמיד קלות והבנה כי יצירת אומה יהודית חדשה בהקשר מדיני מחייבת להתגבר על כיתתיות וקנאות כדי לאפשר מכנה משותף רחב ככל האפשר שיעניק תחושת בית ושייכות לזרמים שונים בעם היהודי, שמעולם לא היה מאוחד וחד-ממדי.

התפתחות נוסח המקרא במאות האחרונות לפסה"נ לאור מגילות מדבר יהודה



מאת פרופ' עמואל טוב

הנוגע לשאלת הנוסח הקדום מזווית ראייה אחרת. נעיין בנה"מ ובתרגומים העתיקים, מקורות שעמדו לרשותו של טורסיני, אם כי בהבנה משופרת, אך גם במקורות רבים אחרים שלא היו ידועים לטורסיני ומשמשים את המחקר במאה העשרים ואחת, בעיקר מגילות מדבר יהודה. אני נעזר רבות במקורות הללו, נוסף על נה"מ, תרגום השבעים (להלן: תה"ש) והתורה השומרונית (להלן: שומ'). מכל אלה יחדיו אני מרכיב פסיפס של מידע על נוסח המקרא במאות האחרונות שלפסה"נ ובמאות הראשונות לסה"נ. מעת לעת אני מוסיף לפסיפס הזה אבן או גורע ממנו אבנים, וזאת כשתיאור או תאוריה מוכחים כלא נכונים.

נוסח המקרא הוא קדום, אך לומדים עליו ממהדורות מודרניות המבוססות על כתבי יד מימי הביניים. כל המהדורות הללו מציגות רק את נה"מ, נוסח מקודש ומרכזי, ובדרך כלל מדויק. ברם המונח "נוסח המקרא" אינו אמור רק בנה"מ אלא גם במגילות המקראיות ממדבר יהודה ובתרגומים העתיקים. לאמתו של דבר, עד היום אין כלי הכולל את כל העדויות הללו. מהדורות ביקורתיות של נוסח המקרא כגון מהדורת מפעל המקרא והביבליה הבראיקה (Biblia Hebraica) מועילות מאוד, שכן הן מלקטות פרטים מתוך המקורות החוץ-מסורתיים, אך אינן נותנות תמונה שלמה של נוסח המקרא. ואם יאמרו,

שנת תשכ"א נשא נפתלי הרץ טורסיני הרצאה בשם "באילו דרכים ובאיזו מידה נוכל להגיע לנוסחם המקורי של כתבי המקרא" (דברי האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, כרך א, חוברת 1, תשכ"ד). בדברי הסיכום אמר טורסיני: "אל נוסחו המקורי ממש של התנ"ך לא נוכל להגיע, כי הִיא כֵּן כֵּן לא נוסח אחד, אלא נוסח אחרי נוסח", ובכל זאת התאמץ טורסיני לתקן מילים רבות בנוסח המסורה (להלן: נה"מ), בכתובים שנראו לו משובשים, כדי להגיע אל נוסחן המקורי. בגישתו הכללית הקדים טורסיני את זמנו, שכן היום חוקרים רבים סוברים כמותו, שלא היה נוסח מקורי אחד. כנראה היה חיבור יסוד של ספר מקראי, שנוסח מחדש בכל דור, וכל שלב משלבי התפתחותו הספרותית נחשב לסמכות בעיני הבריות. כך התפתחו לדעתי, בין היתר ספרי יהושע, מלכים א וירמיה. במקרים אחרים, למשל במזמורי ספר תהילים היחידים, נראה כי ניסוחם המקורי של פרקי המקרא וספריו כמעט לא השתנה במשך הדורות. בדבר פרטים על סוגיות אלה ועל נושאים נוספים הנדונים כאן ראו ספרי "ביקורת נוסח המקרא, פרקי מבוא" (ספריית האנציקלופדיה המקראית, מהדורה שנייה, ירושלים תשע"ד, בדפוס). אין תשובות חד-משמעיות לשאלות המופשטות שהעלה טורסיני, ובדבריי אתבונן בממצא ממשי



מגילת המזמורים ממערה 11

במהדורות של נוסח המסורה, מגילות מדבר יהודה, התורה השומרונית, והתרגומים העתיקים. ראשון התרגומים העתיקים הוא תה"ש לתורה, שנעשה כנראה בשנת 285 בערך לפסה"נ. ראשוני הפפירוסים שלו מתוארכים למאה השנייה לפסה"נ. היינו רוצים לדעת איך נראה המקרא בימי קדם, שכן זאת מהותו של לימוד ספר עתיק, אך אין לנו מידע על התקופה הקודמת לאמצע המאה השלישית לפסה"נ (זאת אומרת, הממצא מקומראן).

נפנה עתה לממצא הנוגע לספרי המקרא היחידים. ניתן לחלק אותם לענפי נוסח המושווים לענפיו של עץ. הגזע הוא הגוש המרכזי של מסירת הנוסח, ואולי יש יותר מגוש מרכזי אחד. מגזע זה או מגזעים אלה הסתעפו ענפי הנוסח. כל ענף כזה מכיל קבוצת טקסטים או לפעמים רק טקסט אחד הנבדל מן האחרים הבדל

הרי לומדי המקרא באוניברסיטאות בעולם נעזרים במהדורה הביקורתית המכונה "ביבליה הבראיקה", היינו המקרא העברי, שיש לה מראית עין של שלמות, אשיב ספר זה איננו המקרא העברי, כי אם Biblia Masoretica, היינו המקרא לפי נוסח המסורה (במהדורה זאת הטקסט המוצג לעיני הקורא הוא נה"מ, וכל עדי הנוסח האחרים [מונח טכני המציין את נציגי הנוסח] מובאים בהערות, ורק במקומות שבהם הם סוטים מנה"מ). החפץ להיפתח למכלול הגדול של נוסחי המקרא הקדומים יעיין נא בכל הטקסטים בשלמותם ובטורים מקבילים, אם רק אפשר. כך יהיו בידינו כלים רבים יותר לחקירת המקרא.

זאת אכן מטרתנו – לימוד המקרא מתוך מכלול המקורות הקדומים של נוסח המקרא. כעת מקורותיו של נוסח המקרא מפוזרים בספרי עזר רבים,

◀ ניכר. תיעוד המאות האחרונות לפסה"נ מעלה שלושה סוגי שוני בין ספרי המקרא היחידים באשר לענפי הנוסח: (1) כמות העותקים שנשתמרו מכל ספר וספר במדבר יהודה; (2) מספר ענפי הנוסח הנבדלים זה מזה מבחינת תוכנם; (3) טיבם של הבדלי התוכן שבין ענפי הנוסח.

(1) בספרי מקרא אחדים התברכנו בעותקים קדומים רבים, במיוחד בתורה, בישיעה ובספר תהילים, אבל ברוב הספרים מספר העותקים מצומצם מאוד. הבדלים כמותיים אלה בוודאי משקפים מידה שונה של התעניינות בספרים ושל השימוש בהם; (2) כמו כן בספרים אחדים מספר ענפי הנוסח גדול מבספרים אחרים, והם נבדלים זה מזה בפרטים גדולים כקטנים. מטרתנו היא לעמוד על רקעם של הבדלים מסוג זה; (3) על יסוד הבדלי התוכן שבין ענפי הנוסח אפשר להבחין עתה בהבדלי דגמים של הפצת הנוסח בארץ ישראל בין ספרי המקרא בקבוצות של טקסטים. כמובן, הדעות חלוקות בהבנת הממצא, אך רוב חוקרי המקרא אינם חושבים כלל במונחים של ענפי נוסח, שכן בפירושיהם הם מתמקדים בעיקר בנה"מ, דהיינו הטקסט המוחזק בידי כולנו כענף המרכזי של נוסח המקרא. אמת, נה"מ הוא הענף המוכר ביותר של נוסח המקרא, אבל מלבדו ידועים לנו ענפים רבים, הנבדלים ממנו בפרטים רבים.

להלן אציג מיון של היחסים בין עדי הנוסח של ספרי המקרא השונים. מטרת המיון היא לשפר את הבנת היחסים בין הטקסטים ולעמוד על יחסם לצורות נוסח קודמות. מיון זה הוא סובייקטיבי, משום שלפעמים אפשר להציג את הנתונים באופנים שונים. במרכז עומדים ההבדלים מן הסוג השני והשלישי, כלומר מספר ענפי הנוסח בספרי המקרא וטיבם ולא ההבדלים בכמות העותקים שנמצאו במדבר יהודה (1).

המיון יציג דגמים שונים של הפצת הנוסח, החל במסורת נוסח אחידה ועד להתפצלותה לענפים שונים. המיון נוגע להבדלי תוכן ולא לכתוב ולשון. משום כך אין אנו מזכירים כענפים נפרדים את מגילת ישעיהו או השלמה ולא את ספר התורה מבית הכנסת של סְנְרוֹס

(המוכר מן הספרות הרבנית), הנבדלים הבדל רב מן המגילות העבריות האחרות מבחינת הכתיב. מסורת נוסח אחידה למדי משתקפת בספרים אלה: שופטים, איוב, מגילת רות, קהלת ואיכה, ואולי אף ישעיה, שבהם עדי הנוסח העיקריים קרובים מאוד זה לזה: נה"מ, תה"ש ופרגמנטים מקומראן. מצב זה מעיד שבתקופה שלגביה יש לנו תיעוד כנראה לא הוכנסו שינויים רבים בתוכן הספרים הללו. אין להוציא מכלל אפשרות שבמאות קודמות ספרי מקרא אלה נפוצו בגרסאות שונות, אך אפשרות זאת נראית סבירה פחות, שכן קרוב אל הדעת שקורטוב מתוך שוני זה היה מחלחל לתקופות המאוחרות יותר. ייתכן אפוא שבספרים אלה המסורת שימרה נוסח שאפשר לקרוא לו הנוסח המקורי, גם אם לא נוכל לדייק בכגון אלה.

בספרים אחרים הממצא הטקסטואלי התפצל לשניים-שלושה ענפים, או קצת יותר, בשל שינויים שהכניסו בנוסח גורמים שונים. במידה רבה מספרם של ענפי הנוסח הידועים מקרי בגלל התייחסות במסירה הטקסטואלית וגורם המקריות בהשתמרות המגילות העתיקות. בדרך כלל ענפי נוסח אלה נבדלים זה מזה הבדלים גדולים יחסית, אולם גם הבדלים קטנים, אך שיטתיים. כשענפי הנוסח מתפצלים לשני ראשים, בדרך כלל מדובר בנה"מ לעומת המקור העברי המשוער של תה"ש. למשל, בספר מלכים הייתה פעילות פרשנית וטקסטואלית ענפה הנוגעת למסגרת הכרונולוגית של הספר כולו ולתוכנו של ספר מלכים א. לדעתי התרגום היווני של ספר זה נעשה מתוך מגילה עברית ששכתבה נוסח הדומה לנה"מ. למשל, תה"ש מתאר את המלך שלמה תיאור חיובי מזה שמתארו נה"מ, והוא מפליג בשבח חכמתו. בספר ירמיה הטענה בדבר קיום שני ענפי הנוסח נתמכת במגילות שונות מקומראן (נה"מ נתמך במגילות 4QJer^{a,c}, ותה"ש – במגילות 4QJer^{b,d}). ספרי מקרא אחרים המתפצלים לשני ענפי נוסח הם יחזקאל, משלי, אסתר, דניאל, עזרא ונחמיה ודברי הימים – בכולם נה"מ לעומת תה"ש. בשיר השירים המגילות 4QCant^{a-b} נבדלות הבדל ניכר מן המסורת

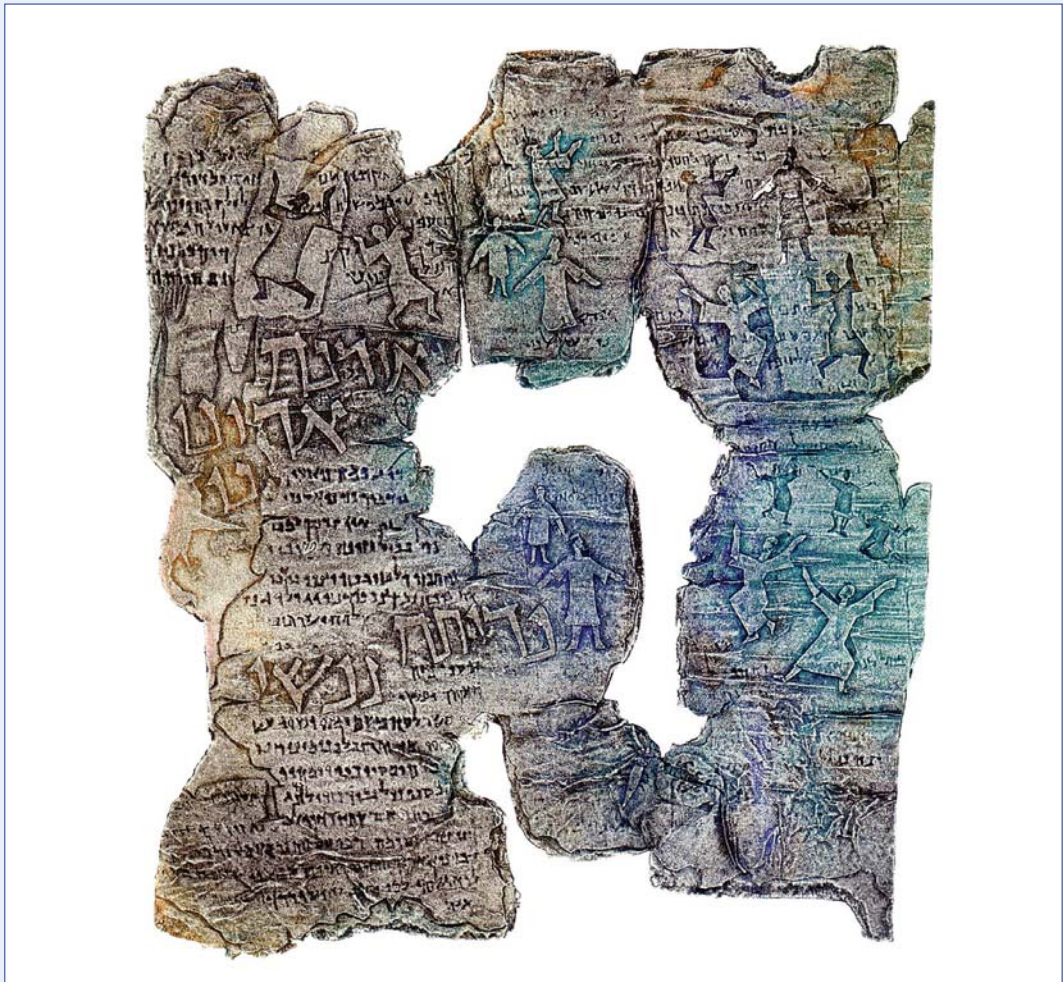
האחרים במדבר יהודה (62.5%). ספרי בראשית ודברים היו פופולריים במיוחד לא רק לעומת החומשים האחרים אלא גם לעומת יתר ספרי המקרא, בדומה לישעיה ולתהילים. הפופולריות של התורה ניכרת גם במספר הגדול של תרגומיה הארמיים: תרגום אונקלוס, התרגום המיוחס ליונתן, תרגום הקטעים והתרגום הכלול בכתב יד נאופיטי. בספרי נ"ך ידוע רק תרגום אחד, להוציא את שני התרגומים לאיוב ולמגילת אסתר; (2) מספר – מספר ענפי הנוסח בתורה (כחמישה-עשר) עולה בהרבה על זה שבספרי נ"ך. מספר זה מעיד על פעילות רבה בהכנסת שינויי תוכן בספרי התורה, ובהם שכתובי פרשיות שלמות, על אף קדושתה המיוחדת של התורה, וכנראה דווקא משום כך; (3) טיב – רק בתורה אפשר לזהות אפיונים טקסטואליים בכתבי היד, דהיינו הרמוניזציות (התאמות להקשרים אחרים) וגרסאות המסירות קשיים מן הטקסט והמשקפות גישה חופשית אל נוסח המקרא.

המשתפת לנה"מ ולתה"ש. ספרי יהושע ושמואל סבוכים קצת יותר מבחינת התפתחותם הטקסטואלית. יהושע מיוצג על ידי שלושה ענפים – נה"מ, תה"ש ומגילת 4QJosh^a – ולשמואל אפשר שיש יותר משלושה ענפים – נה"מ, תה"ש ומגילת 4QSam^a, ואולי גם 4QSam^b ו-4QSam^c. בכל הספרים הללו התרגומים הארמיים, הפשיטתא הסורית והוולגטה הלטינית עוקבים אחר נה"מ כקבוצה אחת שבתוכה ניכרים הבדלים קטנים בלבד. התורה שונה מכל הספרים שנזכרו עד כה – היא מיוצגת על ידי מספר ענפי הנוסח הגדול ביותר – ובה נתמקד. בתיאור התפתחות נוסח המקרא יש לחמשת חומשי התורה מקום מיוחד, ואולם החוקרים לא היו ערים לייחוד זה, המתבטא בתכונות אלה:

(1) כמות – מספר העותקים של ספרי התורה שנמצאו במערות קומראן (43.5%) גדול פי שניים ממקומם היחסי בין ספרי המקרא (22.5%), ופי שלושה באתרים



ליקה טוב: דרך הנחש במדבר יהודה (מגילת 11Q11)



ליקה טוב: אחת ממגילות הוהודיות ממערה 4 בקומראן

כתיב חסר זה, שהוא קרוב יותר לסוג הכתיבה במאות הקדומות, מעיד על גישה שמרנית בהעתקה; (2–4) הענף של "קבוצת התורה השומרנית" נשתמר בשלושה מקורות: מגילות קומראן, הדומות לשומ' והמכונות טרום-שומרניות, מגילת 4QNum^b והשומ', הידועה מתוך מקורות מימי הביניים. הנוסח השומרני נגזר מתוך נה"מ או מנוסח דומה לו, והוא נבדל ממנו הבדלים טקסטואליים וספרותיים. בצורתו הנוכחית הנוסח השומרני הוא כיתתי, אך אם נסיר ממנו את קליפתו הכיתתית הדקה נגלה נוסח קדום שדומי נתגלו בקומראן. ענף נוסח זה מתאים כתוב

◀ נפנה עכשיו לענפי הנוסח הרבים של התורה. הודות לתגליות מדבר יהודה מוכרים לנו עתה ענפי נוסח רבים בתורה – מהם קבוצות של טקסטים ומהם טקסטים יחידים: (1) נה"מ (מוטב לדבר על נוסחים "קדם-מסורתיים", שכן הם אינם מנוקדים): כל המגילות שנמצאו בכל אתרי יהודה מלבד קומראן מגלות זהות כמעט מוחלטת לנה"מ כפי שהוא מוכר לנו מכתבי יד מימי הביניים; לידן אנו מוצאים בקומראן מגילות מקראיות רבות הקרובות מאוד לנה"מ. ראוי לציין שהכתיב שבספרי התורה ובספר מלכים בנה"מ הוא החסר ביותר מבין כ"ד הספרים.

הבולטת שבתכונותיו הטקסטואליות של המקור העברי של תה"ש; (6-10) חמש מגילות פרשניות של התורה שנתפרסמו בשם מטעה של מגילות לא מקראיות - 4QRevised - המשקפות גישה חופשית מאוד לנוסח המקרא. יש בהן נוסח מקראי רצוף, שארוגים בו דברי פרשנות, מהם קצרים ומהם ארוכים, כגון שירת מרים המורחבת, שאין דומה לה במקורות האחרים; (11-14) ארבעה טקסטים שאינם קרובים

אחד למשנהו ומסיר קשיים מן הטקסט. עורכו של נוסח זה הכפיל פסוקים וקטעים מתוך דאגה לשלמות תאולוגית, ובדרך כלל לא שינה קטעים ולא השמיט קטעים: (5) המקור העברי המשוחרר של תה"ש משקף אף הוא גישה חופשית לנוסח התורה. במחקריי האחרונים מצאתי שנוסח זה משקף את המספר הגדול ביותר של הרמוניזציות קטנות יחסית מכל עדי הנוסח, אף יותר מן הנוסח השומרוני, שנחשב עד כה למקור ההרמוניסטי ביותר. תכונה זו היא



ליקה טוב: מגילת תרי עשר היוונית מנחל חבר

ומכל מקום הרבה יותר מענפי הנוסח בספרי נ"ך (1-3 ענפים). מכל זה מתברר שקדושת התורה המיוחדת, שהייתה מקובלת על הכול, לא מנעה את התפתחותה הפרשנית-ספרותית והטקסטואלית הענפה. אולי היה צפוי בעינינו שקדושת התורה דווקא תביא לגישה שמרנית שלא תאפשר הכנסת שינויים בטקסט, ולא היא. גישה כזאת משתקפת במאמר בבבלי, קידושין ל ע"א: "לפיכך נקראו ראשונים סופרים שהיו סופרים כל האותיות שבתורה". ברם דברים אלה נאמרו זמן רב אחרי תקופת קומראן, והם נוגעים אך ורק לנה"מ. מכאן עולה בכל חריפותה השאלה מדוע התרבו ענפי הנוסח דווקא בתורה. הנחתי היא שהפופולריות של

◀ אף לאחד מן הטקסטים שנזכרו לעיל; (15-18) בהקשר זה ראוי להזכיר ארבעה טקסטים שאינם מקראיים במובן הרגיל של המילה. אלה הם טקסטים ליטורגיים, ששניים מתוכם נושאים שמות מקראיים (4QDeut^{k1}; 4QDeut^l). טקסטים אלה משקפים גישה חופשית מאוד והרמוניסטית: מדובר בשתי קבוצות תפילין ומזוזות ממדבר יהודה, פפירוס נש של עשרת הדיברות ממצרים ושתי מגילות "מקראיות" המכילות אותן פרשיות כמו התפילין (4QDeut^{k1}); 4QDeut^l).

קשה לדייק במניין ענפי הנוסח הכולל של התורה, אבל אין ספק שהם רבים מאוד, כנראה כחמישה-עשר,



ליקה טוב: מטמורפוזת, המעבר מפרגמנט לפרפר

לאפיון הטקסטים. הרמוניזציות אלה מופיעות בתורה יותר מבספרי נ"ך לא משום שאין בהם הזדמנויות להתאמות, אלא משום שהעורכים-סופרים של התורה ביקשו ליצור נוסח מושלם של הספר החשוב מכולם. בראש אילן ההתפתחות של נוסח המקרא עומדים הנוסחים שאין ניכרות בהם תכונות טקסטואליות משניות: נה"מ (1) וארבע מגילות (14-17) שאינן קשורות לשום ענף אחר. כל הטקסטים האחרים הסתעפו מנה"מ או מטקסט דומה.

(2-5) – הראשונים שהסתעפו מנה"מ הם קבוצת השומ' והמקור העברי של תה"ש. בין שני ענפים אלה יש קרבה מסוימת: הם חולקים הרמוניזציות לא מעטות ומעבדים את רשימות היחס בבראשית ה' ו'יא באותה רוח. מכאן הסברה שבשלב קודם שני מקורות אלה ינקו ממקור משותף שנפרד מנה"מ; מאוחר יותר הסתעפו העותקים הפרשניים של התורה המשוכתבת (6-10) מתוך נה"מ והענף הטרומ-שומרוני; גם הטקסטים הליטורגיים (11-13) הסתעפו מנה"מ.

לסיכום, הרכבת אילן היוחסין של עדי הנוסח מאפשרת את המחשת יחסי הגומלין בין עדי הנוסח של התורה כבסיס לתיאור התהוותם. מספר ענפי הנוסח של התורה גדול בהרבה מזה של ספרי נ"ך, ואין מודגש כאן שהדבר הוא על אף קדושתה המיוחדת של התורה, אלא מודגשת הפופולריות שלה, הנובעת מקדושתה.

חשוב לזכור שהכלל של אפיון הטקסטים בשלמותם אינו חל על הערכת כל הגרסאות הכלולות בהם. כל אחד מן המקורות – גם ענפי הנוסח שתוארו כמשניים בהשוואה לנה"מ – עשוי לכלול גרסאות מקוריות. אם נעמיד זה ליד זה את הטקסטים השונים בטורים מקבילים, נוכל להבין ביתר בהירות את היחסים ביניהם. כל אלה יחדיו מרכיבים את הפסיפס של נוסח התורה במאות האחרונות שלפסה"נ ובמאות הראשונות לסה"נ. ברם יש לזכור שמדובר אך ורק בתורה, ושבספרי נ"ך יחסי הכוחות הם שונים. ועוד יש לזכור, את הכלל הפילוסופי היווני העתיק: ■ $\pi\acute{\alpha}\nu\tau\alpha \rho\acute{\epsilon}\iota$ (הכול נזיל).

התורה, שנבעה מקדושתה, היא היא שגרמה לריבוי ענפי הנוסח דווקא בה ולא בספרי נ"ך. הכנסת השינויים בכל העתקה חדשה של החומשים, לפעמים תוך יצירת ענף נוסח חדש, הייתה מקובלת בימי קדם, ומתברר שהיא לא פסחה על התורה. עלינו לשאול עוד מה היה מעמדם של טקסטים רבים אלה בעיני הבריות. לדעתי, כל ענפי הנוסח שנוצרו בדרך כזאת זכו למעמד סמכותי של ספר מקראי, לבד מהמגילות ששימשו לצורכי תפילה (מגילות ליטורגיות). מבין עדי הנוסח המוכרים רק נה"מ ומעט מגילות נוספות לא אפשרו הכנסת דברי פרשנות, לפחות אחרי אמצע המאה השלישית לפסה"נ – אין אנו מכירים מקורות מלפני תקופה זאת. ראוי לתת את הדעת על מספר העותקים הגדול של ספרי ישעיה ותהילים, המעיד על פופולריות גם של הספרים הללו ועל שימוש רב בהם, אבל הוא לא גרם לריבוי ענפי נוסח. משמע, סופריהם לא נטלו לעצמם חופש בהוספת דברי פרשנות ובשכתוב התוכן כמו בתורה, ומצב זה משקף את סוגם הספרותי השונה: הסופרים כנראה לא רצו לגעת בנבואותיו של ישעיהו ובשירת המזמורים כפי שעשו בסיפורי התורה.

הפופולריות של התורה גרמה גם לצמיחתה של ספרות חדשה, "שכתובי התורה", הן בסיפור הן בחוק: ספר יובלים, חנוך, מגילת המקדש, האפוקריפון של משה ועוד הרבה חיבורים מקומראן. חיבורים אלה התבססו על נוסחן של המגילות הטרומ-שומרוניות ושל המקור העברי המשוער של תה"ש, מקורות בעלי גישה חופשית לנוסח, ולא על נה"מ השמרני, והם יצרו דגמי נוסח נוספים על עדי הנוסח הישירים.

תיאור תכונותיהם של ענפי נוסח התורה מאפשר הבנה טובה יותר של יחסי הגומלין ביניהם, והוא מוביל להרכבת אילן יוחסין (סְטָמָה) המתאר תיאור גרפי את היחסים שבין ענפי הנוסח. הרי בסופו של דבר שומה עלינו לשער השערות על היחס שבין המקורות הללו כהנחיה ללימוד התורה. שלא כצפוי, נוכחותם או היעדרם של הרמוניזציות ומאפיינים אחרים של גישה חופשית הפכו לאבן בוחן חשובה

הכוורות בתל רחוב: ביטוי לארכאולוגיה כמדע רב־תחומי



מאת פרופ' עמיחי מזר

מחקר הן לעבודת השדה והן לעיבוד הנתונים ופרשנותם, והוצעו תאוריות ומודלים מחקריים. לצד הגישה המסורתית, הרואה בארכאולוגיה חלק מן המחקר ההיסטורי־תרבותי, התפתחה גישה הרואה בארכאולוגיה חלק בלתי נפרד מן המחקר האנתרופולוגי, ובמסגרת זו נולדו ניסיונות לנקוט הסברים אידאולוגיים, סימבוליים, קוגניטיביים ואחרים להבנת תופעות ארכאולוגיות. בד בבד התרחב שיתוף הפעולה בין הארכאולוגיה לבין תחומים רבים במדעי הטבע. ההתרחבות עצומת הממדים של המחקר הארכאולוגי בכל אזור בעולם לצד החשיפה למגוון מדעים הן אתגר לא פשוט לארכאולוג בן ימינו, אך הן פותחות אופקים חדשים בהבנת תחומים שונים של תרבויות העבר.

בחרתי להדגים את הנושא בהצגת תגלית שנתגלתה בחפירות שניהלתי בתל רחוב שבעמק בית שאן¹. התל, ששטחו כמאה דונם, הוא מן הגדולים שבתלי ארץ ישראל. התל מזוהה עם שם העיר "רחוב", הידוע רק ממקורות מצריים מן האלף השני לפסה"נ ומכתובת שישק מלך מצרים, המנציחה את מסעו לארץ ישראל בשנת 920 בערך לפסה"נ. חפירותינו העלו כי חלקו הדרומי של התל היה מבוצר בביצור מסיבי בתקופת הברונזה הקדומה (באלף השלישי לפסה"נ), אך לאחר מכן נעזב המקום, והיישוב בו

מאמר זה מוקדש לזכר חברי האקדמיה למדעים שהיו מוריי והלכו לעולמם: דודי פרופ' בנימין מזר, פרופ' יגאל ידין, פרופ' חיים תדמור ופרופ' יוסף נוה, זיכרונם לברכה

המחקר הארכאולוגי שואף להבין – על סמך חקר התרבות החומרית – התפתחויות ושינויים בחברות אנושיות בתחומים רבים ומגוונים כגון גאופוליטיקה, דמוגרפיה, אתניות, מבנה חברתי, כלכלה, טכנולוגיה, ארכיטקטורה ותכנון יישובים, חיי יום־יום, דת ואמונה, איקונוגרפיה, אמנות ומנהגי קבורה. בתקופות ובאזורים שבהם אין בידינו מקורות כתובים, הארכאולוגיה היא מקור יחיד ללימוד נושאים אלו, ואילו בתרבויות שמהן עומדים לרשותנו מקורות כתובים הארכאולוגיה מאפשרת לימוד נושאים רבים שאינם באים לידי ביטוי בטקסטים וכן מאפשרת בקרה של המקורות הכתובים, שהם לעתים קרובות מוטעים על ידי אידאולוגיות, מסורות ספרותיות או התפתחות החלה לאורך זמן ארוך. במקרים רבים התברר כי תרומתו של המחקר הארכאולוגי להבנת תהליכים היסטוריים היא רבה, כמו למשל בהערכת ההיסטורי־גורפיה המקראית.

מדע הארכאולוגיה עבר בעשורים האחרונים תהפוכות רבות: התפתחו מגוון גישות ושיטות



מראה כללי של תל רחוב, מבט לדרום. השטח שבו התגלתה הכוורת הוא בקדמת התמונה.

התשיעית לפסה"נ, ככל הנראה בתקופת המלחמות שבין ישראל לארם בימי חזאל. לאחר החורבן הצטמצם שטחה של העיר לכדי מחציתו, ורק החלק העליון של התל התקיים עוד כמאה שנה, עד שהעיר חרבה שוב בכיבוש האשורי של צפון ממלכת ישראל בשנת 732 לפסה"נ. החלק הצפוני והנמוך של העיר נעזב לאחר הכיבוש הארמי ולא נושב עוד, ועל כן התאפשר לנו לחפור כאן שטחים ◀

חודש בראשית תקופת הברונזה המאוחרת (המאה החמש־עשרה לפסה"נ), עת נוסדה במקום עיר כנענית גדולה שידעה שינויים ותהפוכות במשך מאות שנות קיומה. העיר הוסיפה והתקיימה גם במאות השתיים־עשרה והאחת־עשרה (תקופת הברזל א), תקופה שבה ערים כנעניות רבות היו חרבות, ולאחר מכן הפכה להיות חלק מממלכת ישראל. העיר חרבה חורבן אלים – בשרפה – במחצית השנייה של המאה



מראה המכוורת (למעלה מימין) בין בנייני העיר הבנויים לבני מיט

כלשהו, בוודאי במזרח התיכון הקדום. המכוורת נחפרה והתגלתה בין השנים 2005 ו-2008 בלב רובע עירוני מתוכנן היטב ובנוי בצפיפות, סמוך לפינתו הצפונית-מערבית של התל. נחשפו כאן כשלושים כוורות, עשויות טין מעורב בקש. צורתה של כל כוורת היא גליל שאורכו כ-80 ס"מ, קוטרו כ-40 ס"מ, עובי דופןותיו כ-4 ס"מ, ונפחו הפנימי כ-56 ליטר. קצהו האחד של הגליל היה סגור, ובמרכזו נותר פתח עגול קטן אשר שימש את הדבורים ליציאה ולכניסה אך מנע כניסת בעלי חיים לא רצויים. בקצהו השני הותקן מכסה נייד עשוי טין, שפתיחתו אפשרה רדייה נוחה של חלות הדבש. הכוורות ערוכות בשלושה טורים מקבילים, ובכל טור היו לפחות שלוש קומות. הן הוקמו בשטח שהונמך במכוון לעומת שאר שטח העיר, והוקפו בקירות לפחות משלושה צדדים. בין טורי הכוורות מפרידים מעברים רחבים (1.85 מ' ו-1.2 מ'), ולמען ייעול פעולת הרדייה נבנו הכוורות באופן

◀ נרחבים של העיר מן המאות העשירית והתשיעית לפסה"נ (תקופת הברזל IIא). העיר הזאת הייתה בלי ספק בתחומי ממלכת ישראל הצפונית במאה התשיעית לפסה"נ, ואם הממלכה המאוחדת של דוד ושלמה אכן הייתה ישות היסטורית והיא שלטה גם על צפון ארץ ישראל (נושא השנוי במחלוקת), היא הייתה בוודאי גם בתחומה. אך אף על פי שהייתה זו ללא ספק אחת הערים הגדולות והחשובות בממלכת ישראל, היא איננה נזכרת במקרא. ייתכן כי רבים מתושבי העיר היו, גם בימי ממלכת ישראל, בני משפחות מקומיות ממוצא כנעני שהמשיכו להתגורר בעמק בית שאן במשך מאות שנים, ובסופו של דבר השתלבו במערך הגאופוליטי והתרבותי הישראלי. התגלית שבה אעסוק כאן היא מכוורת תעשייתית שהתגלתה בשכבה האמצעית מבין שלוש שכבות יישוב מן המאות העשירית והתשיעית לפסה"נ. זו המכוורת היחידה שהתגלתה עד כה באתר ארכאולוגי

חוקרים ממכון ויצמן למדע. ניתוח הרכב השומנים שמוצו משתי כוורות הצביע על התאמה גבוהה בין תערובת המינרלי ובין הרכב השומנים המאפיין שעות דבורים מחוממת. זו הייתה העדות המדעית הראשונה כי המתקנים שגילינו אכן היו כוורות.

המחקר השני התרכז בגרגירי אבקת הצמחים (פולן) שנלקחו מן העפר שבתוך הכוורות. את המחקר עשו פרופ' מינה עברון וגב' סילביה חיים מאוניברסיטת חיפה. במחקר התגלו עדויות למבחר רב של צמחים, שאיננו שונה ממבחר הצמחים הידועים כיום באזור עמק בית שאן.

המחקר השלישי והמרתק מכולם התרכז בגושי חומר שחור מפוחם שמצאנו באחת הכוורות ושיערנו כי הוא שריד של חלות דבש שהתפחמו בעת חורבן הכוורות בשרפה. מסרנו את הגושים הללו לפרופ' גיא בלוך מן המכון למדעי החיים באוניברסיטה העברית בירושלים. בצילומים שצילם פרופ' בלוך – בעזרת מיקרוסקופ אלקטרוני – הוא אכן ראה כי אלו ◀

שמכסהיהן בטורים המרכזי והמזרחי פנו אלו אל אלו. במפלס התחתון נחשפו 30 כוורות, אך ככל הנראה היו הרבה יותר, שהרי היו לפחות שלוש קומות של כוורות בכל טור. הטורים לא השתמרו בשלמותם, ובטור המזרחי אפשר לשחזר 20 כוורות בקומה התחתונה. אם שלושת הטורים היו באורך אחד, סביר להעריך שהמכורה כללה כ־180 כוורות ואולי אף יותר. השרידים שנמצאו והשחזור המשוער מעידים כי הייתה זו מכורה מתוכננת היטב, בעלת אופי תעשייתי. המכורה נהרסה בהרס פתאומי ואלים. רובד שהכיל לבנים נפלות, אפר וקורות עץ מפוחמות, ושעוביו כ־80 ס"מ, כיסה את הכוורות ומעך והרס אפוא רבות מהן. השטח שמעל לכוורות ההרוסות תוכנן מחדש בהמשך המאה התשיעית, ושינה את אופיו לחלוטין.

בחקר הכוורות שולבו ארבעה מחקרים מתחום מדעי הטבע: הראשון היה אנליזה כימית של דופנות הכוורות, שעשתה ד"ר דבורי נמדר בשיתוף עם צוות



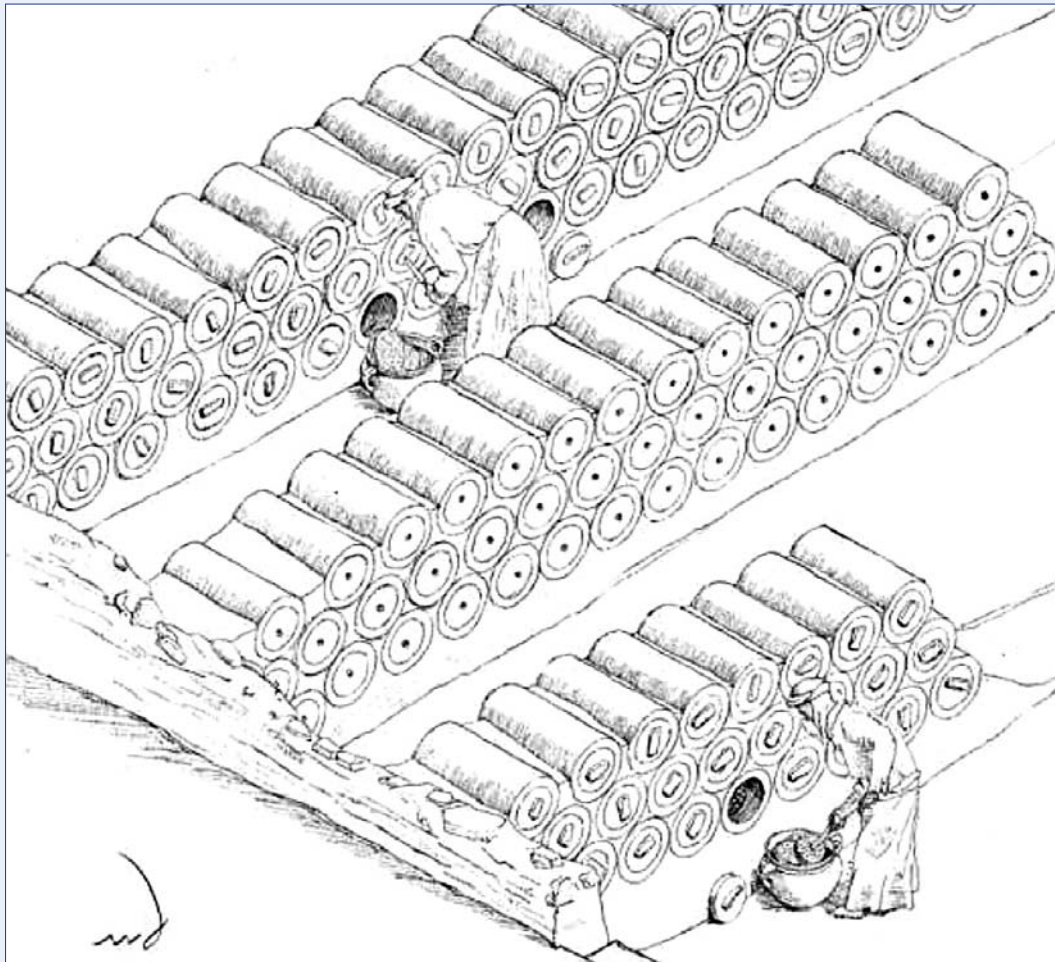
מראה כללי של המכורה, מבט למזרח. שכבת החורבן החותמת את הכוורות נראית בחתך האחורי.

סוחו – אזור הפרת התיכון (דרום-מזרח סוריה של ימינו) במחצית הראשונה של המאה השמינית לפסה"נ (כמאה וחמישים שנה מאוחר למכורת מתל רחוב). המושל מספר על עצמו כי הנהיג את השימוש בדבורים המייצרות דבש ומתגאה כי איש מאבותיו לא עשה זאת לפניו. הוא מספר כי הביא את הדבורים ממקום בשם חבחה, המזוהה כאזור בסביבת הרי הזגרוס או הטאורוס המזרחיים, במרחק של כ-400 ק"מ מצפון למקום מושבו. אפשר כי גם במקרה זה מדובר על יבוא של דבורים אנטוליות, ומכל מקום עדות זו מראה כי יבוא דבורים ממרחק גדול לא היה בלתי אפשרי בתקופה זו.

המחקר הרביעי היה תיארוך הכוורות בעזרת שיטת מדידה של האיזוטופ פחמן 14 על גרעיני חיטה שנמצאו בכמות גדולה בצמוד לכוורות. זהו חלק ממחקר גדול יותר של תאריכי פחמן 14 מתל רחוב. מאזור הכוורות נמדדו 11 תאריכים משלוש דוגמאות. טווח התאריכים שהתקבל הוא 862–968 לפסה"נ (בהסתברות של 68%) או 840–970 לפסה"נ (בהסתברות של 95%). מקבץ תאריכים גדול יותר ממקומות נוספים באותה שכבת יישוב מאפשר לצמצם את טווח תאריך קיומה של השכבה (926–896 בהסתברות של 68%; 970–847 בהסתברות של 95%). זהו פרק זמן רב-חשיבות בתולדות ישראל, המקביל לפי המסורת המקראית לשלהי תקופת הממלכה המאוחדת וראשית ממלכת ישראל הצפונית. מסע שישק, שבו נזכרת רחוב, התרחש בטווח התאריכים הזה.

צד נוסף של מחקרנו עסק בהקבלות אתנוגרפיות. מסתבר כי כוורות גלילות מן הסוג שגילינו בתל רחוב, עשויות טיפ בלתי צרוף, חרס צרוף או עץ, היו מקובלות בתרבויות מסורתיות ברחבי אגן הים התיכון וקדמת אסיה. אספנו תצלומים ותיאורים של כוורות כאלו ממצרים (שם מקובל לבנות קירות של כוורות גלילות המגיעים עד לגובה של עשר קומות ויותר), מכפרים ערביים בארץ ישראל ובירדן, מקפריסין, מכתים, מטורקיה, מהמפרץ הפרסי ומאזרבייג'ן. במקומות רבים היה מקובל להקים

◀ שרידי חלות דבש. למרבה ההפתעה הוא אף ראה בהם שרידי חלקי דבורים: עיניים, שרירים, רגליים וכנפיים. היו גם דבורים כמעט שלמות, והיה ניתן להבחין אף בפרטי השערות המכסות את גופן. אלו השרידים היחידים של דבורים מן העולם העתיק. פרופ' בלון שיתף במחקר שני מומחים לסיסטמטיקה של דבורים: פרופ' סטפן פוקס מאוניברסיטת גתה שבפרנקפורט ופרופ' טיאגו פרנקוי מאוניברסיטת סן פאולו שבברזיל, ובעבודה משותפת הם מצאו שהשרידים אינם תואמים את תכונות המבנה של הדבורה הסורית (*Apis mellifera syriaca*), תת-המין של דבורת הדבש האופייני לארץ ישראל. להפתעת החוקרים, השרידים תאמו לתת-מין אחר של דבורים – *Apis mellifera anatoliaca* (הדבורה האנטולית) – אשר כיום נמצא באזורים קרים יחסית בטורקיה. הזן הטורקי משמש עד היום בתעשיית הדבש הטורקית, שהיא מן הגדולות בעולם. זהו זן פורה במיוחד וקל לגידול בהשוואה לדבורה הסורית. הדבורה הסורית הייתה הזן הנפוץ במרחב הסורי-ארץ-ישראלי עד לעת האחרונה, והיא ידועה כדבורה תוקפנית וקשה לגידול מסחרי. הדבורה האנטולית גדלה באזורים שבהם כמות המשקעים גדולה מזו שבארץ ישראל והטמפרטורות נמוכות יותר. הסבירות כי היא הייתה זן מקומי בתקופת הברזל נמוכה. על כן תגלית זו מביאה לידי מחשבה שאנשי תל רחוב ייבאו נחילי דבורים מאנטוליה. המרחק המינימלי בין עמק בית שאן להרי הטאורוס הדרומיים הוא כ-500 ק"מ. האם ייתכן כי נחילי דבורים יובאו לעמק בית שאן, אם במישרין ואם בעקיפין (דרך מרכזי סחר בסוריה או בחוף הפניקי)? אם אכן כך היה הדבר, היה צורך למנוע זיווג של המלכות האנטוליות עם זכרים של הדבורה הסורית המקומית על ידי יבוא מחדש של נחילים מאנטוליה מדי שנה, ופעולה כזו דרשה ידע וניסיון רב בגידול דבורים וקשרים כלכליים בין-לאומיים. על פעולה דומה אפשרית, יחידה, אפשר ללמוד ממקור אשורי: אסטלה של שמש-רש-אוצור, מושל אשורי של אזור



שחזור משוער של המכוורת (ציור: ענה ימים)

אופיין התעשייתי. על חשיבות המכוורת ניתן ללמוד גם מן העובדה כי בשטחה נערכו טקסים פולחניים. העדות לכך היא מזבח חרס בעל ארבע קרנות, מעוטר בשתי דמויות של אלות פריון ותיאור של עץ שנחרת בין שתי הדמויות הללו, וייתכן כי הוא מתאר את האלה הכנענית אשרה. ליד המזבח התגלה גביע טקסי מעוטר. שני חפצים אלו שימשו בוודאי בטקסי פולחן הקשורים לתנובת הכוורת. שילוב כזה של פולחן באתרי תעשייה מקובל בעולם העתיק, כמו למשל באתרי כריית נחושת (בתמנע ובקפריסין) ◀

כוורת סמוך לבתי מגורים או אף בקומת הקרקע של בית מגורים. על סמך העדויות האתנוגרפיות אפשר להעריך כי מכוורת מן הסוג שהתגלה בתל רחוב היה אפשר להפיק כ־3–5 ק"ג דבש בשנה וכ־0.5–0.7 ק"ג דונג לשנה. מאה כוורות היו יכולות להפיק כחצי טונה דבש וכ־50–70 ק"ג דונג לשנה, מותנה במספר הכוורות הפעילות, במצב תחזוקתן, בשיטות העבודה ובתנאים האקלימיים ששררו באותה שנה. כמויות אלו היו רבות מן הצריכה הפרטית של היצרנים, ומכאן כי היה לכוורת ערך כלכלי רב. הדבר מסביר את הארגון המרחבי של הכוורות בתל רחוב ואת

אזור ובאותה תקופה מעלה את ההשערה שמשפחת נמשי הייתה בעלת השפעה ומעמד מיוחד, ואפשר שמקום מושבה היה בתל רחוב, העיר הגדולה והחשובה ביותר בכל האזור בתקופה זו. לדעתנו אפשר כי משפחה זו הייתה אחראית להקמת הכוורות ולניצולן הכלכלי.

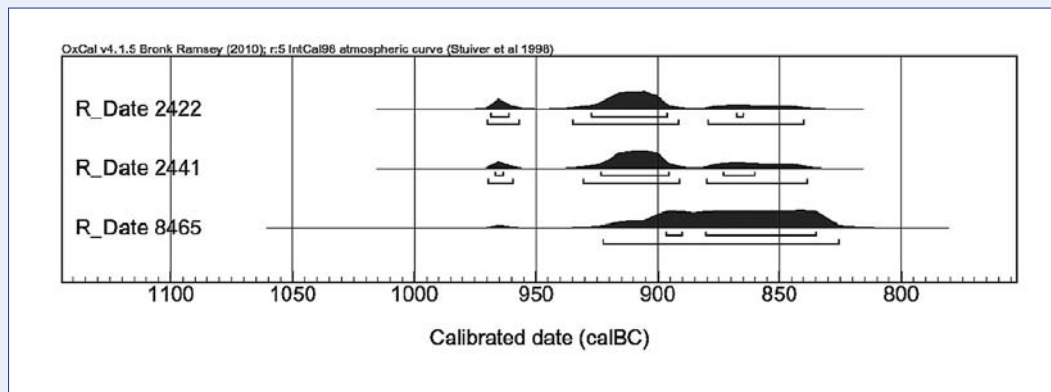
על חשיבותם של דבש דבורים ודונג דבורים בתקופת המקרא ניתן ללמוד ממקורות מצריים, כנעניים וחתיים. בביוגרפיה של סינוחה מתקופת הממלכה התיכונה (המאה העשרים לפסה"נ) נזכר שפע דבש לצד שמן באזור שבו הוא חי, אי שם בצפון ארץ ישראל או בדרום סוריה; תחותמס הג', כובש ארץ ישראל וסוריה במאה החמש-עשרה לפסה"נ, מספר כי הביא שלל 430 כדי דבש, ובתעודה אחרת הוא מזכיר מס שלל 264 כדי דבש. מכאן כי הפקת דבש הייתה ענף בעל חשיבות בכנען.

במצרים נודעה חשיבות רבה לגידול הדבורים ולהפקת

◀ ובתעשיית שמן זית (בתל מקנה – עקרון). מעניין קיומו האפשרי של הפולחן, וזאת משום שבחוקי התורה קיים איסור על הקטרת דבש על גבי מזבחות (ויקרא ב:יא) – הייתכן כי היה זה נוהג מקובל, כמו למשל במכוורת שאנו עוסקים בה, וכי הוא נאסר מאוחר יותר מאחר שזוהה כמנהג זר? תגלית חשובה שנייה היא קנקן חרס שנמצא בצמוד לכוורות, ועליו חרותה המילה "לנמש", שיש לפרשה "שייך לנמשי". השם נמש (נמשי) נמצא בכתובת נוספת מתל רחוב, בשכבת היישוב מן המאה התשיעית לפסה"נ, המאוחרת למכוורת, וכן על קנקן מתל עמל, כמה קילומטרים מצפון-מערב לתל רחוב, בשכבת יישוב מן המאות העשירית-התשיעית לפסה"נ. השם נמשי ידוע במקרא – שם אביו או סבו של יהוא, מייסד השושלת החדשה לאחר קצה של שושלת בית עמרי ב-840 בערך לפסה"נ (מל"א יט:טו; מל"ב ט:ב, יד, כ). חזרתו של השם שלוש פעמים באותו



חלקי דבורים מתל רחוב כפי שצולמו במיקרוסקופ האלקטרוני.



גרף כיול של תאריכי פחמן 14 משלוש דוגמאות של גרעיני תבואה שנמצאו במכוורת (כל דוגמה נמדדה פעמים מספר ובסה"כ נעשו 11 מדידות). טווח התאריכים המכיל בהסתברות של 68% הוא 862-968 לפסה"נ, ובהסתברות של 95% הוא 840-970 לפסה"נ.

לדבורה מקום חשוב במיתוס, והחוק החתי מעניש גונבי נחילי דבורים וכוורות.

במקרא המונח "דבש" מופיע 55 פעמים, מהן 16 בדימוי "ארץ זבת חלב ודבש". נפוצה הדעה כי המונח מתייחס לדבש שהופק מפרות כגון תמרים ותאנים, שכן דבש דבורים נזכר במקרא במפורש רק פעמיים, ובשתיהן בקשר לדבורי בר (שופטים יד:ח-ט; שמואל א יד: כז). אין המקרא מזכיר גידול דבורים כתחום ייצור. אולם במחקר טקסטואלי שעשתה ד"ר טובה פורטי היא הגיעה למסקנה כי חלק ניכר מהיקריות המונח "דבש" במקרא מכוונות לדבש דבורים. במסקנה זו תומכת תגלית המכוורת בתל רחוב.

אחת השאלות שמעוררת התגלית היא מדוע הקימו את המכוורת בתוך עיר הבנויה בצפיפות. להערכת מומחים, כוורת מסורתית מן הסוג שהתגלה בתל רחוב הייתה יכולה להכיל נחיל בן כ־10,000 עד 15,000 דבורים בשיא עונת הפעילות. אם אכן היו לפחות מאה כוורות פעילות, משמע שהיו לפחות כמיליון עד מיליון וחצי דבורים בתחום העיר (!) כיצד מתנהלים חיי עיר בתנאים כאלו? התשובה לשאלה זו אינה פשוטה. מומחים לגידול דבורים, מקורות כתובים (בעיקר רומיים ותלמודיים) ותצפיות אתנוגרפיות מעידים כי אכן לעתים קרובות היו מגדלים דבורים סמוך לבתי התושבים, ומתברר כי חברות אנושיות

הדבש. ידועים חמישה תיאורי כוורות וייצור דבש בציורי קיר ובתבליטים מן התקופה שבין אמצע האלף השלישי לפסה"נ ועד לאמצע האלף הראשון לפסה"נ. כולם מתוארות כוורות גליליות אופקיות הערוכות בכמה קומות. בתיאור המפורט ביותר, מקבר רחמירע מן המאה החמש־עשרה לפסה"נ, נראות שלוש קומות של כוורות גליליות, ומתוארים דבוראים בעת רדייתם את הדבש. בטקסטים מצריים הדבש נזכר כממתיק ששימש בדיאטה של בעלי האמצעים. הוא מופיע ברשימות מנחות פולחניות ובהקשר של ייצור תרופות ומשחות, וכדי דבש ניתנו כמתנות מלכותיות. לדוגם דבורים יוחסו במצרים תכונות מאגיות. כמו כן הוא שימש לאיטום בבניית ספינות, ביציקת מתכת בשיטת "השעווה האבודה", היה בסיס לתרופות והיו לו עוד שימושים שונים.

בטקסטים מן המאות הארבע־עשרה-שלוש־עשרה לפסה"נ שהתגלו בעיר הכנענית אוגרית שבצפון סוריה המונח לדבש הוא *mbt*, ובאכדית *nubtu* – מקבילתו של המונח המקראי "נפת" (ראה למשל הביטוי "מתוקים מדבש ונפת צופים", תהילים יט: יא). הדבש נזכר שם בתעודות מנהליות, בדימויים ספרותיים ובטקסטים פולחניים, שם הוא מופיע כאחד המוצרים שהקריבו לאלים (הדבר מזכיר את הצו בספר ויקרא שנזכר לעיל). בספרות החתית



כוורת עשויה טין בכפר נחף שבגליל התחתון. חלת דבש תלויה מתקרת הכוורת

לתחומי טורקיה של ימינו, שם התקיימו באותה עת הממלכות הנאו־חיתיות. לפעילות כלכלית מסוג זה כמעט אין לנו כל עדות אחרת לבד מהמסורת המקראית המעורפלת בדבר סחר בסוסים בין מצרים לקה (קיליקיה, בדרום טורקיה של היום), שבו היו מעורבים סוחרי שלמה (מל"א י:כח-כט).

בעניין זה העליתי השערה כי ייתכן שהמוצר החשוב ליוזמים היה דווקא הדונג, שהיה חיוני בין היתר ליציקת מתכת בשיטת "השעווה האבודה". כפי שהתברר לאחרונה, בתקופה זו ממש (המאות העשירית-תשיעית לפסה"נ) פעלו בערבה מכרות נחושת בעלי היקף חסר תקדים, בעיקר בח'רבת אן־נחס שבאזור פינאן וכן בבקעת תמנע. האם ייתכן כי נחושת מן הערבה ודונג מכוורות תעשיתיות כמו אלו שנמצאו בתל רחוב שימשו לתעשיית נחושת אי שם בממלכת ישראל? המסורת המקראית יודעת לספר על כלי הנחושת המפוארים שהוצבו במקדש שלמה בירושלים

◀ מסתגלות לחיים לצד כוורות. כוורות נחשבו למתקני ייצור של חומרים יקרים, והגנתן ושמירתן הנאותה היו בוודאי גורם חשוב בהקמת המכוורת בתחום היישוב. אף שיש בידינו עדויות אתנוגרפיות לגידול דבורים בתוך תחומי יישוב, עדיין עומדת השאלה כיצד ייתכן שכוורת כה גדולה הייתה בתוך עיר צפופה. נראה כי רק גורם שלטון מרכזי – שלטון ממלכתי, עירוני או כוחה של משפחה רבת־עצמה כמו למשל משפחת נמשי – היה יכול ליזום מפעל כזה, להקימו ולכפותו על תושבי העיר. יש בכך עניין להבנת המערך החברתי והכלכלי העירוני בשלב קדום זה של תקופת המלוכה. אם פרשנותנו על מוצא הדבורים שנמצאו בתל רחוב נכונה, נשאלת השאלה מדוע טרחו להביא נחילי דבורים מתת־מין מסוים, העולה בתכונותיו על תת־המין המקומי, ממרחק כה גדול. לפעולה כזו כאמור לעיל היה דרוש ידע, כישורים וקשרים כלכליים נרחבים שהגיעו עד

- Bloch, G., Francoy, T.M., Wachtel, I., Panitz-Cohen, Fuchs, S. and Mazar, A. 2010. Industrial apiculture in the Jordan Valley during Biblical times with Anatolian bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 107 (25) 11240–11244 (article No. 1003265107).
- Forti, T. 2006. Bee's honey – from reality to metaphor in Biblical wisdom literature". *Vetus Testamentum* 56: 327–341.
- Mazar, A. 2008. Rehov, Tel- pp. 2013–2018 in: E.Stern (editor) *The New Encyclopedia of Archaeological Excavations in the Holy Land* Volume 5. Jerusalem.
- Mazar, A., Namdar, D., Panitz-Cohen, N., Neumann, R.. and Weiner, S. 2008. The Iron Age Beehives at Tel Rehov in the Jordan Valley: Archaeological and Analytical Aspects. *Antiquity* 82: 629–639.
- Mazar A. and Panitz-Cohen N. 2007. It Is the Land of Honey: Beekeeping in Iron Age IIA Tel Rehov – Culture, Cult and Economy. *Near Eastern Archaeology* 70: 202–219.

הערה 1:

החפירות בתל רחוב נוהלו בשנים 1997–2012 על ידי המחבר, מטעם האוניברסיטה העברית בירושלים ובמימון מר ג'ון קמפ מארצות הברית. עידו וכטל עזר בחפירה ובמחקר חלות הדבש. תודתי לכל החוקרים הנזכרים במאמר ובמיוחד לד"ר נאוה פניץ־כהן (מנהלת החפירות בשטח שבו נמצאו הכוורות), לפרופ' גיא בלוח מן האוניברסיטה העברית וליוסי סלבצקי ממשרד החקלאות – על שיתוף הפעולה ועל דיונים מפרים בנושא המחקר.

כי "בכר הירדן יצקם המלך במעבה האדמה בין סכות ובין צרתן" (מל"א ז:מו). סכות וצרתן מזוהות במרכז בקעת הירדן, עשרות קילומטרים ספורים מדרום לתל רחוב. איני סבור כי סקסט זה הוא תיאור מדויק של מציאות היסטורית, אך האם ניתן לראות בו הד לתעשיית מתכת שאכן התקיימה ממש באותה תקופה במרכז בקעת הירדן, לא הרחק מתל רחוב? זוהי השערה מרתקת, אך אין אפשרות להוכיח אותה.

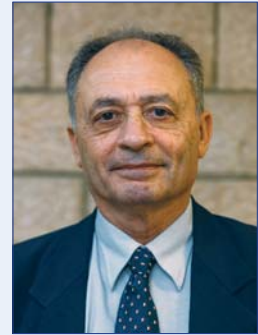
קשה להעריך כמה זמן היו הכוורות בשימוש. מכל מקום, הן חרבו בשרפה עזה, ומעליהן נבנו מבנים שונים בתכלית בשכבת היישוב הבאה (שכבה IV), שהתקיימה במאה התשיעית לפסה"נ. הרס הכוורות ועובדת אי־שיקומן לאחר החורבן מעידים כי הן היו נטע זר בעיר. אין אני יודעים מי גרם לשרפה ולחורבן: אם היו אלה תושבי העיר שהתנגדו לכוורות, או שמא אויב כלשהו או רעידת אדמה עזה. רחוב מנויה ברשימת הערים שבהן עבר שישק – אך האם הדבר אומר כי הוא כבש את העיר והרס אותה או חלק ממנה? אין בידינו נתונים חד־משמעיים בעניין זה אם כי תאריך מסע שישק נכלל בטווח תאריכי פחמן 14 מן הכוורות. כך או כך, יש להניח כי רבים בעיר שמחו לראות את הכוורות עולות באש.

הנה אפוא ממצא ארכאולוגי ייחודי משולב במחקרים מתחומי מדעי הטבע, אתנוגרפיה, חקר מקורות כתובים ותמונתיים מן המזרח הקדום ומקורות מקראיים. אלה משתלבים זה בזה ומשלימים זה את זה לכדי תמונה שלמה המספרת סיפור על נושא בתחום הכלכלה הקדומה שלא ידענו עליו דבר קודם לכן. ■

ספרות נבחרת

- מזר, ע' תשס"ג. חפירות תל רחוב ומשמעותן לחקר תקופת הברזל בישראל, ארץ־ישראל כז: 143–160.
- מזר, ע' ופניץ־כהן, נ' תשס"ט. המכוורת מתקופת הברזל בתל רחוב: התגלית ומשמעותה קדמוניות 136: 83–90.

קטליזה: המפתח לכימיה ירוקה ואנרגייה חלופית



מאת פרופ' דוד מילשטיין

ידי תרכובת ברזל. ללא ספק, תהליך זה הוא אחת ההמצאות החשובות ביותר במאה העשרים, ויש האומרים – החשובה ביותר. תהליך זה, אשר התגלה בגרמניה על ידי המדען היהודי פריץ הבר ופותח בשיתוף עם קרל בוש בחברת BASF, הוא המפתח להכנת תרכובות חנקניות, כגון דשנים כימיים לחקלאות, אשר אפשרו גידול דרמטי בכמות המזון הזמין לאנושות, ובכך תרמו במידה רבה לגידול אוכלוסיית העולם מ־1.6 מיליארד בתחילת המאה העשרים ל־6 מיליארד בסופה (איור 1). המצאה זו זכתה את הבר ובוש בפרס נובל בשנת 1918. מנגנון תגובה זו נחקר רבות, במיוחד על ידי גרהרד ארטל בגרמניה (איור 2). ארטל זכה בפרס נובל בשנת 2007 על מחקרו זה, אם כי עדיין נשארו שאלות פתוחות רבות בנוגע למנגנון. תהליך הבר-בוש הוא עתיר אנרגייה וצורך כיום כאחוז מכלל תצרוכת האנרגייה העולמית. במשך 60 השנים האחרונות נעשו מאמצי מחקר כבירים כדי לפתח תהליך כימי להטמעת חנקן בתנאים עדינים, דוגמת פעילותו של האנזים ניטרוגנאז, אך ללא הצלחה. יש כיום ידע רב על קאטיביות קומפלקסים של מתכות עם גז חנקן, אך ידע זה עדיין לא הוביל לקטליזה משמעותית.

תחום שבו עוסקת קבוצת המחקר שלי הוא קטליזה – זירוז תגובות כימיות וביולוגיות באמצעות כמויות מזעריות של תרכובות אשר בעצמן אינן מתכלות (קטליזטורים – זרזים). לקטליזה השפעה רבה על תחומים רבים בחיינו, למשל קטליזה תעשייתית, שהיא מרכיב חשוב במילוי צורכי האנושות בתחומים כגון מזון, בריאות, אנרגייה, חומרים מתקדמים, הגנה על הסביבה ועוד; קטליזה ביולוגית, שהיא מרכיב חיוני של החיים – פירוק מזון לצורכי אנרגייה ולבניית מרכיבי התא מבוסס על אלפי תגובות כימיות שמתאפשרות על ידי קטליזה באמצעות אנזימים.

לדוגמה, התעשייה הפטרוכימית משתמשת בזרזים לשבירת מולקולות פחמימניות גדולות למולקולות קטנות, המשמשות אבני בניין למגוון תרכובות חדשות. בתחום האנרגייה החלופית יש לפוטו־קטליזה תפקיד חשוב בפיתוח גישות חדשות להפקת מימן. בתעשייה הפרמצבטית משמשים זרזים במרבית התהליכים להכנת תרופות.

אם עליי לבחור בדוגמה אחת לחשיבות הקטליזה התעשייתית מיד עולה על דעתי תהליך ייצור אמוניה על ידי תגובת חנקן מהאוויר וגז מימן המזורז על

1



200 אטמוספרות 500°C
 "זרז" (קטליזטור) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$



“ההמצאה החשובה ביותר במאה העשרים?”

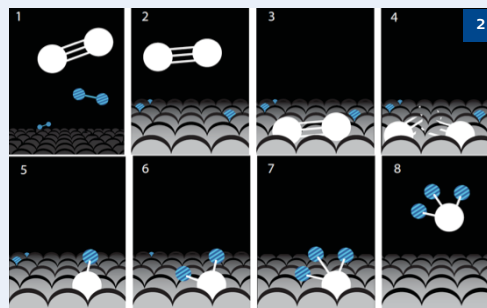
ייצור: 150 מיליון טון אמוניה בשנה
 משמש לייצור דשנים לחקלאות

תרם לגידול האנושות מ-1.6 (1900) ל-6 מיליארד (2000)

ממציא: פריץ הבר (1919)
 10,000 ניסיונות
 פרס נובל 1918

איור 1. תהליך קטליטי תעשייתי רב-היקף להכנת אמוניה מחנקן ומימן, המזורז על ידי תרכובת ברזל. התהליך הומצא על ידי פריץ הבר ופותח בשיתוף עם קרל בוש

אנזימטית. בהיותו פרופסור באוניברסיטת מנצ'סטר שבבריטניה הוא בודד חיידק שאפשר פיתוח תהליך תסיסה תעשייתי להפיכת עמילנים (מתירס או מתפוחי אדמה) לאצטון בהיקף נרחב. אצטון שימש להכנת חומרי נפץ והיה חיוני למאמץ המלחמתי של בריטניה במלחמת העולם הראשונה. כהוקרה על תרומתו החשובה של ויצמן למאמץ המלחמתי הוכרזה (על פי בקשתו) הצהרת בלפור ב-1917, שלפיה בריטניה תומכת בהקמת בית לאומי לעם היהודי בארץ ישראל – שילוב מוצלח ונדיר של מדע ומדינאות. מעניין שאף היום, כמאה שנה לאחר תגליתו של ויצמן, משמש תהליך התסיסה שפיתח בתעשיית ABE (אצטון, בוטנול ואתנול) בווריאציות שונות, וממש לאחרונה נעזרו בו מדענים מאוניברסיטת ברקלי שבארצות הברית להכנת דלקים פחמימניים (ראו איור 3, בכתבה בעיתון בסן פרנסיסקו).



איור 2. מנגנון תהליך הבר-בוש כפי שהוצע על ידי גרהרד ארטל.

אגב, פריץ הבר, אשר גורש מגרמניה בשל היותו יהודי, נענה להזמנתו של חיים ויצמן להצטרף לסגל המדעי של מכון זיו (לימים מכון ויצמן למדע), אך בדרכו לישראל בשנת 1934 נפטר בעת עצירת ביניים בשווייץ. חיים ויצמן, שהיה כימאי דגול אף הוא, עסק בקטליזה

המטאזזה, המאפשרת שבירה ויצירה של קשרים כפולים בין אטומי פחמן ביעילות גבוהה, ומשמשת בהכנת חומרים אורגניים, פולימרים ותרופות. תהליך מסוג אחר, יצירת קשרי פחמן-פחמן בודדים בין מולקולות מופעלות בקטליזה של קומפלקסים של פלדיום, שלו שימוש נרחב בסנתזה אורגנית, זיכה בפרס נובל את ריצ'רד הק, אקירה סוזוקי ואיי-איצ'י נגישו בשנת 2010.

המטרות העיקריות של הקטליזה כיום הן אלה: (א) כימיה ירוקה – פיתוח זרזים המאפשרים תגובות כימיות ידידותיות לסביבה אשר אינן יוצרות כל פסולת וצורכות אנרגייה מעטה; (ב) אנרגייה חלופית – פיתוח זרזים המאפשרים תהליכים לאנרגייה מתחדשת, כגון ביקוע יעיל של מים למימן ולחמצן באמצעות אור שמש, והשימוש במימן כמקור אנרגייה; זאת דוגמה לאגירת אנרגיית השמש בקשרים כימיים; (ג) תגובות סינתטיות המבוססות על שפעול מולקולות אינרטיים כגון חנקן, מתאן ודורתחמוצת הפחמן. לצורך השגת מטרות נשגבות אלה יש לפתח עקרונות חדשים בקטליזה.

קומפלקסים של מתכות מורכבים מאטומי מתכת (אחד או יותר) שאליהם קשורות קבוצות כימיות (ליגנדות) המשפיעות על תכונות אטום המתכת. במרבית התגובות המזורזות על ידי קומפלקסים של מתכות, אטום המתכת ("המרכז המתכתי") הוא אשר עובר אינטראקציה עם המגיבים ומעורב בשבירת קשרים כימיים קיימים וביצירת קשרים חדשים המובילים לתוצרים. בשנים האחרונות התפתח כיוון חדש בקטליזה, המבוסס על כך שהמרכז המתכתי אינו פועל לבדו אלא בשיתוף פעולה סינרגיסטי עם אחת הליגנדות, שבו שניהם מעורבים ישירות בשבירתם וביצירתם של קשרים כימיים של המגיבים (ראו איור 4). קיימים כמה אנזימים הפועלים באופן זה, כדוגמת האנזים הידרוגנאז (שבו אטום ברזל פועל בשיתוף עם קבוצה אמינית בליגנדה). שיתוף פעולה מסוג זה קיים גם בבסיס ההידרוגנציה האסימטרית של קבוצות קרבונליות, שפותחה על ידי נויורי.

3

UC Berkeley researchers use century old technology to make modern biofuel

San Francisco Business Times by Steven E.F. Brown, Web Editor

Date: Wednesday, November 7, 2012, 11:35am PST

[Steven E.F. Brown](#)
Web Editor - San Francisco Business Times
[Email](#) | [Twitter](#)

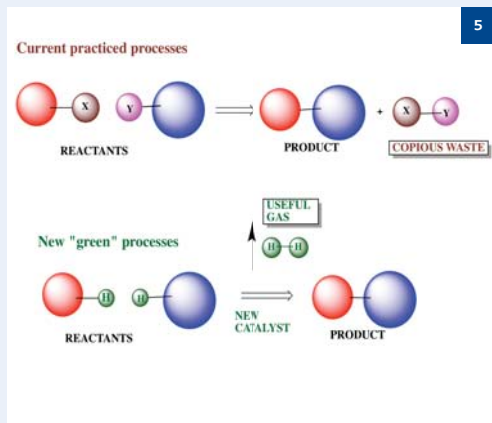
Scientists at the **University of California, Berkeley**, resurrected a century old fermentation process and used it to make diesel fuel from sugar.

Chaim Weizmann, the first president of Israel, discovered the process, a method of bacterial fermentation that was originally used to change starch into explosives, nearly 100 years ago. Now Cal chemists, working with others from the Energy Biosciences Institute, used this method to make diesel fuel. They think the process -- still more expensive than current fossil fuels -- could be commercialized in five to 10 years.

איור 3. מאמר שפורסם לפני שנה בעיתון *San Francisco Business Times* על מחקר באוניברסיטת ברקלי אשר פורסם בכתב העת *Nature*, המתבסס על עבודתו של חיים ויצמן מלפני מאה שנה.

◀ עם כל חשיבותה העצומה של הקטליזה, מרבית הזרזים פותחו באופן אמפירי, בדרך של ניסוי ותהייה. היכולת לתכנן קטליזטור המסוגל לאפשר ביצוע תגובה חדשה היא עדיין בשלבים מוקדמים מאוד, אך עתידה להתפתח על סמך הידע המנגנוני שהצטבר עד כה, בשילוב עם יכולת המחשוב, המתפתחת בקצב מהיר.

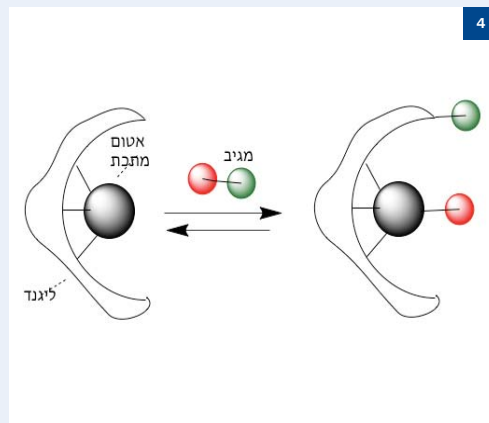
חלק מרכזי של הקטליזה הכימית מבוסס על מתכות ותרכובותיהן, אם על פני שטח ואם בתמיסה. אנו עוסקים בקטליזה באמצעות קומפלקסים של מתכות. בתחום זה הוענקו שלושה פרסי נובל בעשור האחרון: בשנת 2001 הוענק הפרס לבארי שרפלס, ריוג'י נויורי וויליאם נולס על פיתוח זרזים אסימטריים המאפשרים קטליזה אסימטרית, דהיינו קבלה סלקטיבית של תרכובת אחת מבין שתי תרכובות אסימטריות שהן תמונות ראי הדדיות (איזומרים אופטיים), כגון חומצות אמיניות L ו-D. סלקטיביות גבוהה זו מונעת את הצורך בהפרדה מייגעת בין האיזומרים, והיא חיונית לתעשייה הפרמצבטית. שימוש בתרכובת טהורה אופטית חיונית היות שהאיזומר האופטי הלא רצוי יכול להיות רעיל. בשנת 2007 קיבלו את הפרס רוברט גרס, ריצ'רד שרוק ואיב שובין על פיתוח זרזים לתגובת



איור 5. המחשת תהליכים כימיים תעשייתיים מקובלים, המחברים בין מולקולות שעברו שפעול מקדים באמצעות חיבור קבוצות פעילות X ו-Y ומייצרים פסולת רבה (משוואה עליונה), לעומת תהליכים קטליטיים חדשניים המחברים בין מולקולות ללא צורך בשפעול מקדים והמייצרים, נוסף על התוצר המבוקש, גז מימן, וללא כל פסולת.

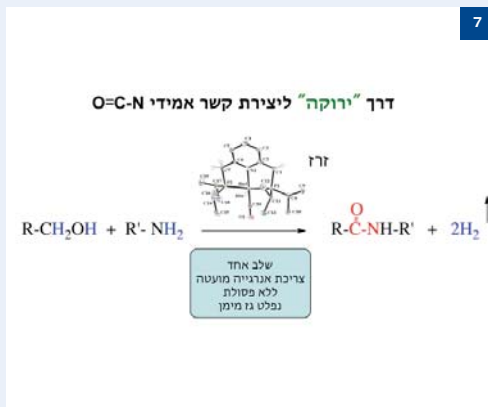
חדשניים אשר לא רק שאינם מייצרים כל פסולת, הם אף גורמים לפליטת מימן, שהוא בעל ערך בפני עצמו.

איור 6 מתאר סכמתית מעגל קטליטי שביסודו תהליך מסוג זה. ראשית, המרכז המתכתי והליגנדה האורגנית שבזרז גורמים ביקוע של מולקולת מגיב, שבעקבותיו נקשר אטום מימן לליגנדה, ושארית המולקולה נקשרת לאטום המתכת. מולקולת מגיב אחר עוברת אף היא שבירה, והפעם הן אטום המימן והן שאר המולקולה קשורים למתכת. בשלב הסופי מתחברים שני חלקי המולקולות הקשורים לאטום המתכת ומתקבל התוצר המבוקש, ובמקביל מתחברים אטומי המימן הקשורים לליגנדה ולמתכת ונוצר גז מימן. בסיכומו של התהליך מתקבלת מולקולת הזרז המקורית. זו עוברת מחזור נוסף וכן הלאה. כך מתקבלות אלפי מולקולות של תוצר וגז מימן על כל מולקולה של זרז. יש לציין שניתן לבצע את התגובה גם בכיוון ההפוך, באמצעות שימוש בלחץ מתון של מימן.

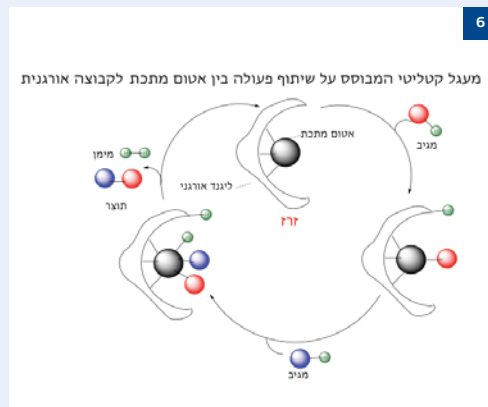


איור 4. אטום מתכת וליגנד הקשור אליו משתפים פעולה בשבירת קשר כימי במגיב.

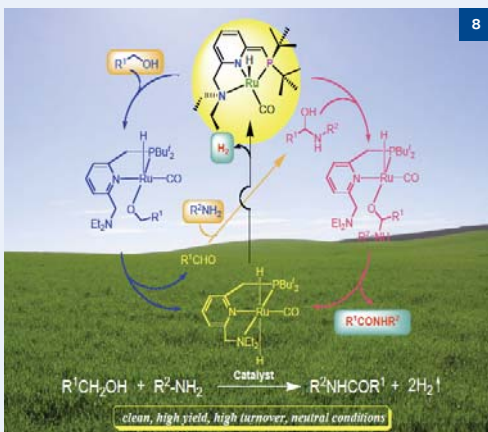
לעיקרון זה יש פוטנציאל לפיתוח תהליכים קטליטיים חדשים המבוססים על תכנון אינטראקציות מתכת-ליגנדה חדשניות. אנו גילינו שיטה חדשה לשיתוף פעולה סינרגיטי מתכת-ליגנדה, המבוסס על קומפלקסים מסוג "צבת" (pincer) שפיתחנו, ובהם הליגנדה התלת-זרועית קשורה למתכת באופן מישורי ומסוגלת להגיב, בשיתוף עם האטום המתכת, עם מולקולות אורגניות ואן-אורגניות שונות, תוך כדי שינוי מבני הפיך בליגנדה (ארומטיזציה-דארומטיזציה). שיטה חדשה זו לשבירה ויצירה של קשרים כימיים הודגמה עד כה בקשרי והולכה גילוי תגובות חדשות ולפיתוח תהליכים קטליטיים "ירוקים" בעלי חשיבות תעשייתית [1], [2]. מרבית התהליכים מסוג זה שפיתחנו יוצרים קשרים בין מולקולות תוך פליטת גז מימן וללא יצירת כל פסולת, בניגוד לתהליכים קיימים הדורשים שפעול מקדים של המגיבים באמצעות חיבור קבוצות פעילות, דבר הגורם לקבלת פסולת רבה. איור 5 מתאר באופן כללי תהליכים קיימים המחייבים את נוכחותן של קבוצות ראקטיביות X ו-Y ומלווים ביצירת פסולת X-Y, לעומת תהליכים



איור 7. תגובה חדשה ליצירת קשר אמיד המזורזת על ידי קומפלקס המתכת רותניום. כהלים מגיבים עם אמינים תוך פליטת גז מימן.



איור 6. מעגל קטליטי שבו אטום המתכת בזרז והליגנדה האורגנית הקשורה אליו משתפים פעולה בביקוע קשרים במגיבים וביצירת קשרים חדשים.



איור 8. המנגנון הקטליטי המוצע לתגובת כהלים ואמינים, שבה נוצרות תרכובות אמידיות וגז מימן. קומפלקס הרתניום המזרז את התגובה מובא בחלקו העליון של המעגל על רקע צהוב. המנגנון מכיל שני מעגלים משולבים וכמה קומפלקסי ביניים.

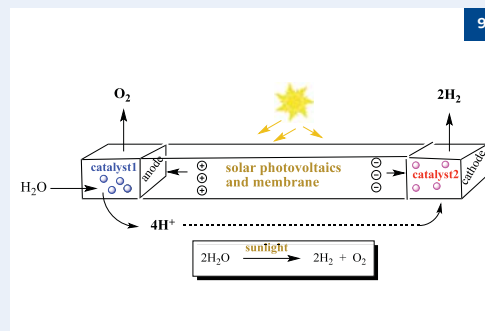
לקטליזה מקום מרכזי בתחום האנרגייה החלופית, כמו למשל בתהליכי פירוק ביו-רמסה לדלקים, הפיכת CO₂ למתנול [4], אגירת מימן בתרכובות כימיות ועוד. אחת המטרות החשובות ביותר במאה העשרים ואחת היא ניצול אנרגיית השמש להפיכת

אנו פיתחנו כמה תגובות קטליטיות חדשות המתנהלות במנגנון מסוג זה, ואציין כאן אחת מהן, המאפשרת קבלת קשר אמיד (נקרא גם קשר פפטידי) ללא כל פסולת, ובשלב אחד, תוך פליטת גז מימן [3] (איור 7). הקשר האמיד הוא אחד הקשרים החשובים ביותר בכימיה ובביולוגיה, בהיותו הבסיס המבני לפולימרים (דוגמת ניילון, קוולר), לתרופות רבות (דוגמת פניצילין), לפפטידים ולחלבונים. השיטות המקובלות כיום ליצירת הקשר האמיד מבוססות על נגזרות של חומצות קרבוקסיליות, והן מכילות כמה שלבים ומובילות לקבלת פסולת רבה, ולפיכך יש עניין רב, הן מבחינת הסביבה והן מבחינה כלכלית, בפיתוח שיטות "ירוקות" לקבלת אמידים. השיטה שפיתחנו מתבססת על תגובה של כהלים עם אמינים לקבלת אמידים וגז מימן, המתאפשרת באמצעות קומפלקס רותניום (מסחרי כיום), שהוא זרז יעיל ביותר. התגובה מתרחשת בתנאים עדינים ובסביבה ניטרלית ומשמשת כיום בכמה מעבדות בעולם. המנגנון המפורט של תהליך קטליטי זה עדיין נחקר. איור 8 מתאר את המנגנון המוצע בשלב זה.

עדיין הדרך ארוכה לפיתוח שיטה יעילה וזולה לביקוע מים למימן ולחמצן.

למעשה, הגישה הישירה ביותר לביקוע מים היא באמצעות זרזים המסוגלים להגיב ישירות עם מים ולפרקם למימן ולחמצן ללא שימוש במערכת פוטו-וולטאית. במחקרנו ביקשנו ללמוד אם ניתן להשתמש בקומפלקסים החדשים שפיתחנו, המסוגלים לבקע קשרים כימיים באמצעות שיתוף פעולה בין אטום המתכת לליגנדה, כדי להתקדם לקראת מטרה חשובה זו. אכן, מצאנו שהדבר אפשרי [5] אם כי בתהליך סטויכיומטרי דו-שלבי, שבו בשלב תרמי נוצר מימן, ובשלב פוטוכימי (הבא אחריו) נוצר חמצן (איור 10). בתהליך זה מגיב קומפלקס הרתוניום (הלא ארומטי) A עם מולקולת מים בתהליך שבו אטום המימן נודד לזרוע הליגנדה, וקבוצת ה-OH של המים מתחברת לאטום הרתוניום (ומתרחשת ארומטיזציה של הליגנדה) לקבלת קומפלקס B. בחימום קומפלקס זה עם מים נפלט מימן ונוצר קומפלקס C, אשר בהקרנת אור (420-350 nm) פולט חמצן, קרוב לוודאי על ידי צימוד הקבוצות ההידרוקסיליות לקבלת מי חמצן, אשר מתפרקים במהירות למים ולחמצן. בשלב זה נוצר כנראה קומפלקס D (אשר לא נצפה), המוליך בנדידת פרוטון לקומפלקס ההתחלתי A, וסוגר מעגל. מנגנון זה נתמך גם בחישובי DFT. אף כי מערכת זו אינה יעילה, היא מראה שניתן לפרק מים למימן ולחמצן באמצעות אור, על ידי קומפלקסים פשוטים, ללא צורך במערכת פוטו-וולטאית או בחומרים מחמצנים או מחזרים מתכלים. כמו כן היא מדגימה אופן חדש של יצירת קשר O-O (על ידי צימוד פוטוכימי של קבוצות ההידרוקסיליות הקשורות למתכת). עם זאת נדרש מחקר רב נוסף כדי לפתח זרזים יעילים המסוגלים לפרק מים באמצעות אור במישור.

מולקולות מצויות מעוטות אנרגייה (כלומר יציבות) למולקולות עתירות אנרגייה. משמעות הדבר היא אגירת אנרגיית השמש בקשרים כימיים. מטרה חשובה מאוד לדוגמה היא פירוק מולקולת המים באמצעות אור השמש למימן ולחמצן. אנרגיית השמש שהושקעה בתהליך זה משתחררת בתגובה מבוקרת של המימן עם חמצן (לדוגמה בתאי דלק) ליצירת המים מחדש. כך גז המימן הוא מקור עתיר אנרגייה "ירוקה". מרבית המחקר כיום מבוסס על מערכות שבעקבות קליטת אור מתרחשת בהן הפרדת מטענים חיוביים ושליליים. מערכות אלו מפרידות מרחבית בין זרז לחיזור מים, שאליו מגיעים האלקטרונים ושבוערתו נגרמת פליטת מימן, לבין זרז לחמצון מים, שאליו מגיעים ה"חורים" ונפלט חמצן. מערכת כזאת מתוארת באיור 9, שבו קליטת האור והפרדת המטענים נעשית באמצעות יחידה פוטו-וולטאית.



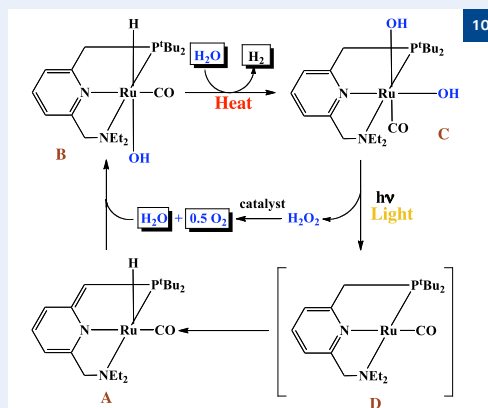
איור 9. מערכת פוטו-וולטאית לפירוק מים למימן ולחמצן באמצעות אור שמש וזרזים לחיזור מים ולחמצונם

מרבית המחקרים בתחום זה מתמקדים כיום בפיתוח זרזים לחצאי התגובות תוך שימוש במחמצנים או מחזרים מתכלים. מבין שני חצאי התגובות, תגובת החמצון של מים לחמצן היא הקשה ביותר. עם כל המחקר העולמי בתחום זה,

רותנים, המגיב ישירות עם מים בתהליך דו-שלבי של חום ואור (בשיתוף מתכת-ליגנדה). תהליך זה אינו יעיל בשלב זה, אך נראה שהוא מעורר חשיבה מחדש בתחום חשוב זה [6].

מקורות:

1. C. Gunanathan and D. Milstein. Applications of acceptorless dehydrogenation and related transformations in chemical synthesis. *Science*, 2013, 341, 1229712 DOI: 10.1126/science.1229712 (review)
2. C. Gunanathan and D. Milstein. Metal-ligand cooperation by aromatization-dearomatization: A new paradigm in bond activation and "green" catalysis. *Accts. Chem. Res.* 2011, 44, 588–602
3. C. Gunanathan, Y. Ben-David and D. Milstein. Direct synthesis of amides from alcohols and amines with liberation of H_2 *Science*, 2007, 317, 790–792
4. E. Balaraman, C. Gunanathan, J. Zhang, L. J. W. Shimon and D. Milstein. Efficient hydrogenation of organic carbonates, carbamates, formates indicates alternative routes to methanol based on CO_2 and CO . *Nature Chemistry*, 2011, 3, 609–614
5. S. W. Kohl, L. Weiner, L. Schwartsburd, L. Konstantinovski, L. J. W. Shimon, Y. Ben David, M. Iron and D. Milstein. Consecutive thermal H_2 and light-induced O_2 evolution from water promoted by a metal complex. *Science*, 2009, 324, 74–77
6. Highlights: (a) R. Eisenberg. Rethinking water splitting. *Science*, 2009, 324, 4 (b) L. Hammarstrom, S. Styring. Splitting with a difference. *Nature Chemistry*, 2009, 1, 185–186.

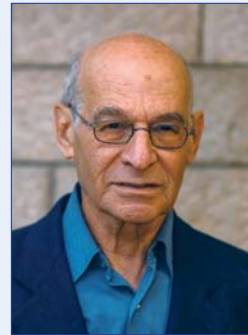


איור 10. מערכת סטוכיומטרית דו-שלבית לפירוק מים למימן בהשפעת חום, ולחמצן בהשפעת אור

לסיכום, לקטליזה תפקיד מרכזי בתעשייה הכימית, הביוכימית והתרופתית. עם זאת מרבית התהליכים מבוססים על תגובות שאינן ידידותיות לסביבה, מייצרות פסולת וצורכות אנרגייה רבה. מטרה חשובה של מדע הקטליזה כיום היא תכנון ופיתוח זרזים חדשניים המאפשרים תגובות "ירוקות", שאינן מייצרות פסולת, יוצאות לפועל בתנאים עדינים וצורכות מעט אנרגייה. חשיבות רבה נודעת גם לזירוז תגובות לכיוון פיתוח מקורות של אנרגיות חלופיות לא מזהמות. כדי להתמודד עם מטרות דחופות אלה יש צורך בפיתוח עקרונות חדשים בקטליזה, כגון גישות חדשות לשבירה ויצירה של קשרים כימיים. במחקרנו בתחום קטליזה באמצעות קומפלקסים של מתכות פיתחנו קומפלקסים המתאפיינים בשיתוף פעולה מסוג חדש בין המרכז המתכתי לליגנדה האורגנית הקשורה אליו, שבו שניהם מעורבים ישירות בשבירת קשרים כימיים במגיבים וביצירת קשרים חדשים המובילים לקבלת התוצרים. קומפלקסים אלה מאפשרים מגוון תגובות חדשות "ירוקות" דוגמת תהליך יצירת הקשר האמידי בדרך של צימוד כהלים ואמינים תוך פליטת גז מימן, באמצעות זרז חדשני, אשר תואר במאמר זה. בתחום האנרגייה החלופית הצגנו גישה חדשה לפירוק מים למימן ולחמצן באמצעות קומפלקס

עיון מחודש בכתובות מכונתילת עג'רוד

New Outlook at the Inscriptions of Kuntillet 'Ajrud



מאת פרופ' נדב נאמן

חפצים עשויים עץ, אריגים, משקלות נול, כתובות וציורים על גבי טיח ועל כלי חרס. השתמרותם של רבים מהממצאים, ובכלל זה חפצי העץ, האריגים, הציורים והכתובות, מוסברת באקלים היבש של המקום. מחמת קוצר היריעה לא אדון באתר ובממצאים החשובים שנחשפו בו ואסתפק בהצגת הכתובות ותרומתן לחקר ממלכת ישראל בשיאה, באמצע המאה השמינית לפסה"נ.

כתובות שנכתבו על חרס

הכתובות שהתגלו באתר חרותות על אבן ועל חרס או כתובות בדיו על חרס ועל טיח. הן נכתבו בכתב חסר, בלי אמות קריאה פנימיות, ובהן בין היתר מספר רב של שמות פרטיים, שרבים מהם מכילים את היסוד התאופורי יו (אֵלִיו, יוֹעֶשָׁה, עֲבָדְיו, עֲזִיו וכו'). על פי היסוד הזה, מוצאם של נושאי השמות הללו הוא בממלכת ישראל ולא ביהודה, משום שבכתובות שמוצאן בישראל כך מופיע שם האלוהות המשמש רכיב בשמות, לעומת ממלכת יהודה, שם הוא מופיע בצורה יָהוּ (אליהו, עבדיהו, עזיהו וכו'). אפתח בשתי כתובות שנכתבו על שני פיתסים (קנקנים גדולים), ולצדן, על הפיתסים, ציורים שצוירו בידי אמנים שהובאו למקום. ◀

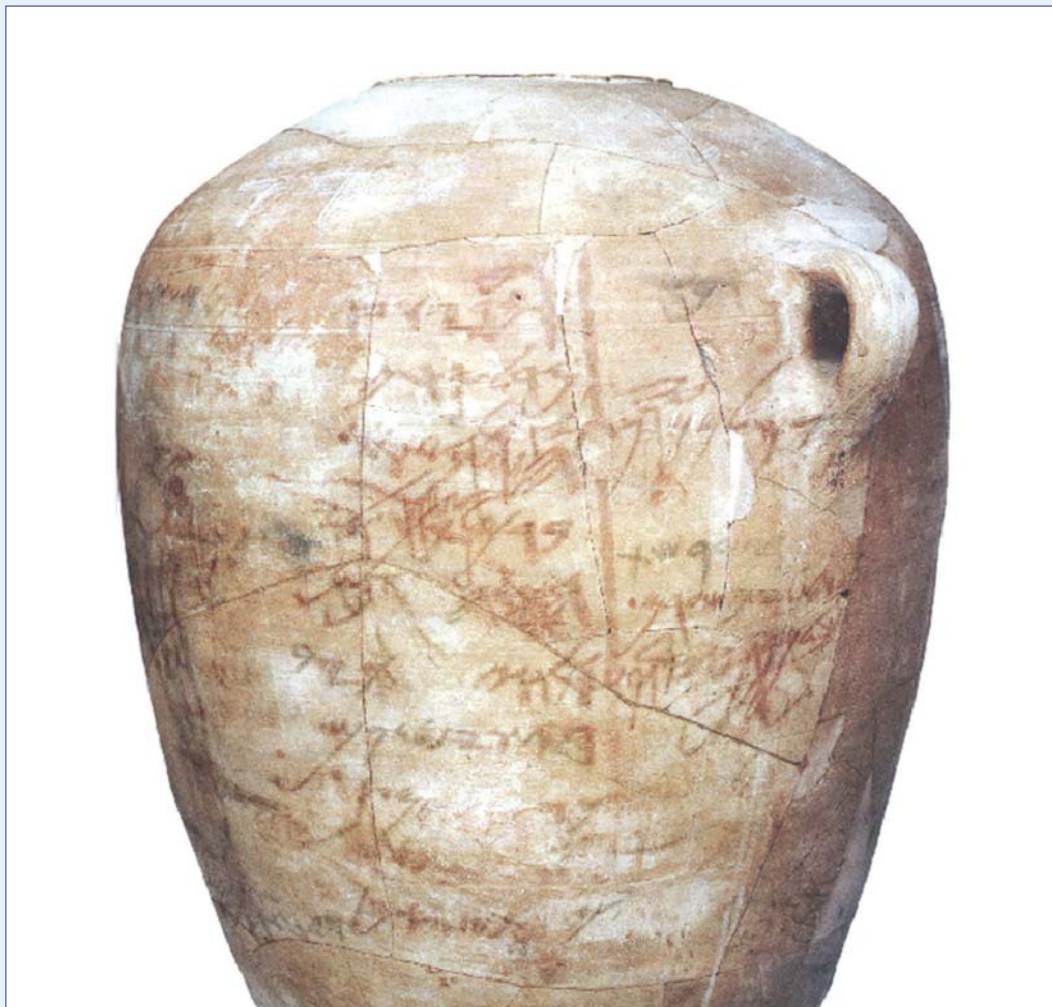
האתר של כונתילת עג'רוד שוכן על גבעה נישאה מבודדת בצפון סיני, כ-50 קילומטר מדרום לקדש ברנע, סמוך לדרב אל ע'זה, שהיא הדרך היוצאת מחוף פלשת, עוברת ליד קדש ברנע, ממשיכה לכונתילה ומגיעה אל מפרץ אילת. לרגלי הגבעה יש בארות רדודות אשר שימשו מקור מים קבוע לתושבי האזור. האתר נמצא כיום בתחומה של מצרים ואינו נגיש לאזרחי ישראל.

בשנים 1975–1976 נערכו באתר שלוש עונות חפירה קצרות, שתוצאותיהן הפתיעו את קהיליית החוקרים וחייבו אותה לשקול מחדש את מושגיה בנושא דת ישראל בימי הבית הראשון. הממצאים מן האתר התפרסמו בהדרגה מסוף שנות השבעים של המאה הקודמת, וספרות מחקר עשירה נכתבה על האתר ועל הממצאים שהתגלו בו. לאחרונה התפרסם דוח ארכאולוגי מלא של כל ממצאי החפירה, ובכלל זה הכתובות מהאתר. מאחר שלכתובות אלה יש תרומה ייחודית לחקר ההיסטוריה, הספרות והדת של ממלכת ישראל בימי הבית הראשון, ומכיוון שטרם הוצגו במלואן בפני הקהילייה האקדמית, בחרתי להתמקד בהן במסגרת הרצאת החניכה שלי. האתר שנחשף כלל שני מבנים – אחד מהם השתמר היטב, ואילו מהאחר שרדו יסודות בלבד. הממצאים שנתגלו במבנים כללו בעיקר כלי חרס,

בכתובת שהתגלתה במערה בשפלה נכתב: "יהוה אלהי כל הארץ. הרי יְהִדָּה לאלהי ירושלים". "הארץ" בהקשר זה היא ממלכת יהודה, ואלוהי ירושלים הוא אלוהי הממלכה. הדמיון בין "אלוהי ירושלים" ל"יהוה שומרון" בולט לעין. אפשר לקבוע אפוא שבמאה השמינית טרם נתפס ה' כאל אוניברסלי, אדון כל הארץ, אלא כאל הקשור לחבל ארץ מסוים. וכך יהוה שומרון הוא אלוהי חבל שומרון ומקדשו שכן בשומרון, יהוה תימן הוא אלוהי חבלי הדרום, ואילו אלוהי ירושלים הוא אלוהי ממלכת יהודה ומקדשו שכן בירושלים. מובן מאליו שלכל אחד מאלים אזורים אלה היו כלי פולחן, טקסי פולחן ונימוסי פולחן ייחודיים לו, ודי אם אזכיר את השור (במקרא "עגל"), שנתפס בממלכת הצפון כחיה המקודשת שעליה ניצב האל הראשי של הממלכה, ואת הכרוב בממלכת יהודה, הנחשב לברייה המקודשת לאל, ומושב האל הבלתי נראה היה על כיסא הכרובים שהוצב בדביר במקדש בירושלים.

בעקבות גילוי הכתובות מכונתילת עג'רוד העלו כמה חוקרים את ההשערה שהפסוק הידוע בדברים ו:ד, "שָׁמַע יִשְׂרָאֵל: יְהוָה אֱלֹהֵינוּ, יְהוָה אֶחָד", מכוון נגד המציאות המשתקפת בכתובות הללו. הפסוק קובע שה' בגילויו המקומיים השונים אינו אלא אל אחד על-טריטוריאלי, בעל טקסי פולחן ונימוסי פולחן אחידים ומגובשים, וכל החוקים והמשפטים המופיעים בספר דברים מציגים את הנורמות המחייבות את עובדי "ה' אחד". משמעות הפסוק היא אפוא זו: שָׁמַע יִשְׂרָאֵל: יְהוָה אֱלֹהֵינוּ הוא יְהוָה אֶחָד. שאלת מפתח להבנת הכתובות היא פירושו של הציון "אשרתה" ("ליהוה שמרן/תמן ולאשרתה"). מיעוט מקרב החוקרים הציע לראות ב"אשרת" חפץ פולחני ולא שם של אלה. השערה זו נסמכת על הופעת האשרה במקרא כחפץ פולחני מקודש. אבל פירוש זה משקף אי-הבנה של הזיקה בין האלוהות לבין החפץ המייצג אותה, ששניהם נשאו את אותו שם. ראייה ברורה למעמדה האלוהי של אשרה בא משלוש מובאות מקראיות: "מִפְּלֶצֶת לְאֲשֶׁרָה" (מל"א טו:יג)

◀ (א) על גבי הפיתס הראשון מופיעה הכתובת הזאת: אֶמְר א-- [ע] הַמְּלֶךְ. אמר לַיהוָה [ו] וליועֶשֶׂה [ל...]: בְּרַכָּתְךָ אֶתְכֶם לַיהוה שְׁמֵרֹן וּלְאֲשֶׁרְתָּה. (ב) על גבי הפיתס השני מופיעה הכתובת הזאת: אֶמְר אֶמְרִי; אמר לְאֶדְנִי. הַשֵּׁלֶם אֶתְּ? בְּרַכְתְּךָ לַיהוה תִּמְן וּלְאֲשֶׁרְתָּה. יְבָרְךָ, וּשְׁמֶרְךָ וַיְהִי עִם אֶדְן בִּי[ת]ךָ. שתי הכתובות נפתחות במילה אֶמְר ("דְּבַר"), ולאחריה מופיע שמו של כותב הברכה, שאין ספק שנכח במקום. בכתובת הראשונה נזכר פקיד מלכותי, ששמו לא שרד ואשר נשא בתואר "רַעַ המלך", והוא מברך שלושה אנשים, שזהותם אינה ידועה, בשמם של ה' שומרון ושל האלה אשרת. התואר "רַעַ (ה) המלך" ידוע לנו היטב מן המקרא ומתעודות המזרח הקדום, והוא ניתן למי ששימש איש סודו ויועצו של השליט. זו הפעם הראשונה שתואר זה מופיע בכתובת חוץ-מקראית. בכתובת השנייה נזכר אֶמְרִי, אדם שזהותו אינה ידועה, והוא מברך את האיש שהוא כפוף לו בשמם של ה' תימן והאלה אשרת. בסיום הכתובת הוא מוסיף ברכה לאדונו של אדוניו, המוצג כ"אדון ביתך", והכוונה היא בוודאי למלך ישראל. מעניק הברכה בכתובת השנייה הוא ה', כפי שמלמדות שלוש צורות הפועל (יְבָרְךָ, יִשְׁמְרְךָ, וַיְהִי). נתון זה מחייב לברר את שאלת מעמדה הדתי של אשרת, הנזכרת לצדו, שאמנם אינה מברכת, אבל כמו ה' גם היא נושאת ברכה ("ברכת אתכם ליהוה שמרן ולאשרתה"; "ברכתך ליהוה תמן ולאשרתה"). הזכרת יהוה שומרון, נוסף על השמות הפרטיים המורכבים בצירוף עם היסוד התאופורי יו', מלמדת שמוצאם של המבקרים באתר הוא מישראל. בכתובות אחדות שנמצאו באתר נזכר יהוה תימן, היינו האל של חבלי הדרום. בספרות המקראית נזכר האל בעל בזיקה למקומות שונים (בעל גד, בעל חצור, בעל חרמון, בעל פעור, בעל צפון ועוד), אבל ה' מופיע כאל אוניברסלי על-טריטוריאלי. והנה בכתובות שלפנינו הוא נזכר כאל הקשור לטריטוריה מוגדרת. מסתבר אפוא שבמאה השמינית לפסה"נ גם אלוהי ישראל נתפס כאל מקומי, הקשור בטריטוריה מסוימת. גם



פיתס ב ועליו רישום אותיות האל"ף-בי"ת ולצדן כתובת ברכה

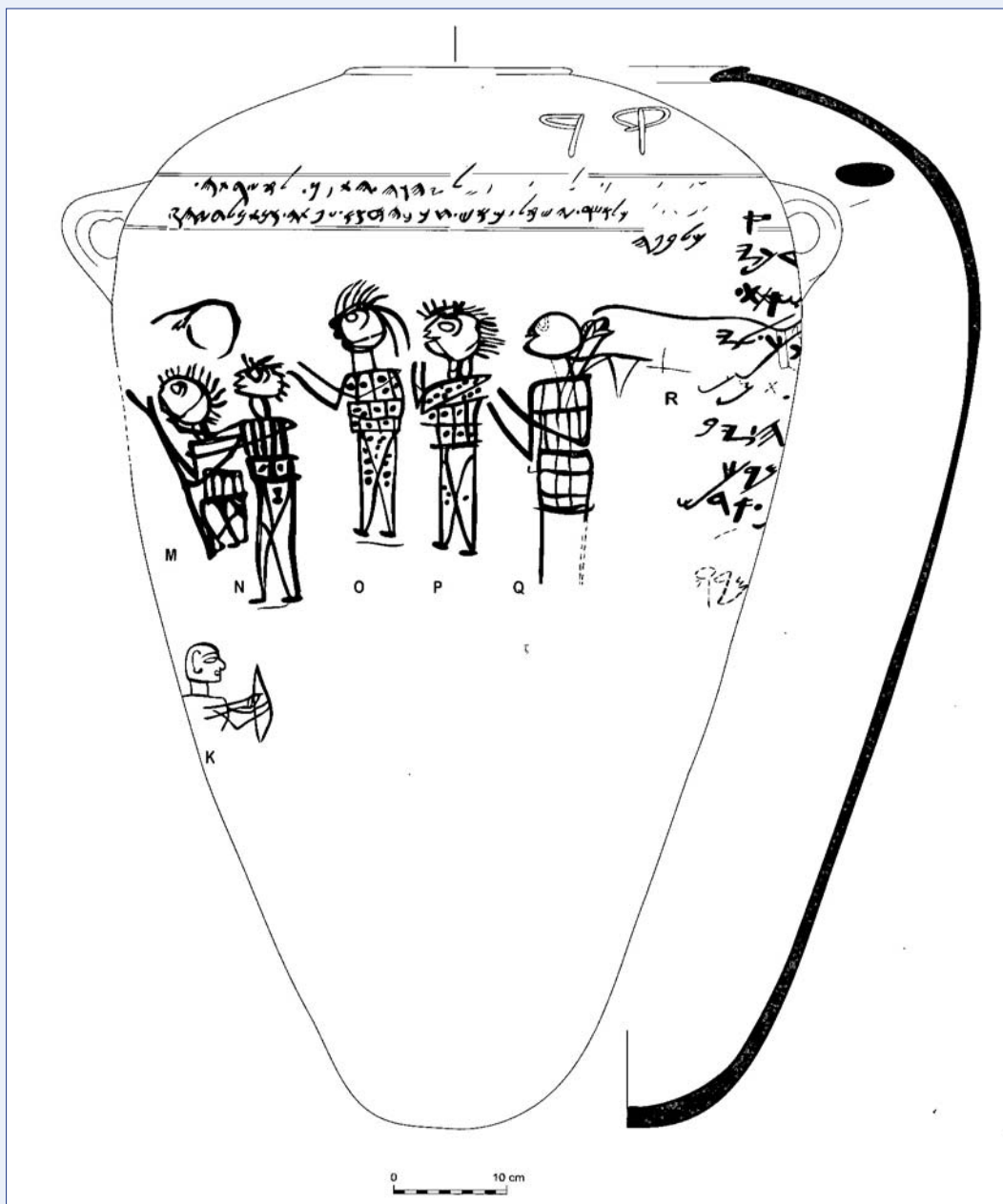
הָאֲשֶׁרָה אֲשֶׁר עָשָׂה בְּבֵיתָ (מל"ב כא:ז), היינו במקדש בירושלים. נוסף על פסלו, יוצג אל גם על ידי החיה או הצמח המקודשים לו, וכן גם על ידי סמל (icon). הנה כי כן, האשרה מופיעה במקרא כאֵלָה, כעץ רענן בטבע המזוהה עמה (דברים טז:כא; שופטים ו:כה-ל) וכפסל שהוצב במקדש (מל"א טו:יגב; טז:לג; מל"ב יח:ד; כא:ג; כג:ו).

לאור זאת אין תמה שמרבית החוקרים ראו באשרת שם של אלוהות. בכתבי אוגרית מופיעה האלה בכתיב "את'רת", בכתובות מעקרון בכתיב ◀

היא הפסל שעשתה מעכה, אמו של אסא, לאלה אשרה. נביאי האשרה (מל"א יח:יט) נזכרים לצד נביאי הבעל, ונביא לעולם פועל בשם שולחו האלוהי. ואילו ברפורמת יאשיהו נזכרים כלי פולחן שנעשו "לְבַעַל וְלְאֲשֶׁרָה וְלְכָל צְבָא הַשָּׁמַיִם" (מל"ב כג:ד), ואין אשרה נבדלת מהאלים האחרים הנזכרים לצדה. אין מחלוקת שאלים היו מיוצגים על ידי פסליהם. פסל האשרה שהציבו אחאב (מל"א טז:לגא) ויהואחז (מל"ב יג:זב) בשומרון ייצג את האלה במקדשה בעיר. ואילו מנשה עשה אשרה "וַיִּשֶׂם אֶת־פְּסָל

המקראיות, שהרי אלה נכתבו בידי סופרים מיהודה. אחדים מהחוקרים פירשו את הה"א של "אשרתה" כמשקפת גוף שלישי, היינו "האשרת שלו". לפיכך תרגמו בשתי הכתובות: "ליהוה שומרן ולאשרת

◀ "אשרת", ובכתובת מדרום ערב בכתב "את'רת". וכך גם בממלכת ישראל נקראה האלה "אשרת", ואילו ביהודה נשמטה במועד לא ידוע ה'ת/, האלה נקראה "אשרה", וכך היא מופיעה בכל המובאות



פיתס ב ועליו מצוירות חמש דמויות, ומעליהן נכתבה כתובת ברכה.

למלחמה למען "שם אֱל":

[...] הִכָּן לְבָרְךָ- בְּעַל בְּלִים מְלַחֲמַת] ...
[..... לְשֵׁם אֱל בְּלִים מְלַחֲמַת] ...

שאלה שאין עליה תשובה ברורה היא אם יש לפרש "בעל" כשם אל או שמא זהו תואר כבוד ("האדון") ליהוה. שאלה דומה קיימת גם בדבר "אֱל": האם הכוונה לשם פרטי או לציון גנרי (god)? אין זה מן הנמנע שבשני המקרים הכוונה לאלוהי ישראל, וכי "שם אֱל" הוא מעין ישות מופשטת המייצגת את ה'. ייתכן אפוא שהתגלות האל בפתיחה באה להציגו כמי שנזעק כדי לסייע לשליט במלחמתו עם אויביו. מבנה ספרותי כזה ותפיסה אמונית דומה מופיעים בשירת דבורה, כאשר בפתיחה מתוארת התגלות האל, ולאחר מכן מוצג חלקו המכריע בניצחון על הכנענים בראשות סיסרא. אבל ניתן לשער גם שהכוונה לבעל ואל, אלים שמוצאם כנעני, ואם כך הדבר, הוא מלמד על הפוליתאיזם שהתקיים בממלכת ישראל במאה השמינית לפסה"נ.

(ב) בכתובת הטיח השנייה מופיעה יצירה ספרותית, שורותיה ארוכות מאוד, אלא שרוב רובן אבד ורק ההתחלות של שש שורות שרדו. במסגרת זו לא אוכל להציג תעתיק מפורט של הכתובת ואסתפק בהצגת תוכנה.

בראשית הכתובת נזכרת לידתו של פלוני, אל נכון גיבור העלילה, בהדגשת מוצאו מתחתית הסולם החברתי. לאחר מכן נזכרים אנשים שבגדיהם מרופשים, וגלימת אחד מהם, אל נכון המנהיג, מוכתמת בדם. בשורה החמישית ניתן אולי לשחזר את המשפט "גִּדְ- קְלָי- וְנָם- יָבֵשׁ", היינו עמוד המים (גִּדְ) עבר והים חרב. משפט זה מעלה במחשבה את התיאורים המקראיים של חציית ים סוף בעת יציאת מצרים. כך בשירת הים: "וּבְרוּחַ אֶפְיָה נִעְרָמוּ מִים, נָצְבוּ כְמוֹ גִּדְ נְזָלִים; קָפְאוּ תְהַמֵּת בְּלִבֵּיָם". בשורה האחרונה ששרדה נזכר זעם אלוהי ("חרון") המביא לתוצאות הרות אסון.

בזהירות המתבקשת ממצב השתמרות הטקסט ברצוני להציע שלפנינו תיאור ישראלי קדום של ◀

שלו"; "ליהוה תימן ולאשרת שלו". אבל לא מצאנו במקרא שם פרטי המקבל סיומת של כינוי גוף, וגם בתעודות חוץ-מקראיות זו תופעה נדירה. כנגד זה הועלתה הטענה שיש לראות ב"אֶשְׁרֵתָה" את שמה של האלה אשרת בתוספת סיומת המאריכה את התנועה האחרונה. מוטב אפוא לדחות את הראייה בה"א ציון לגוף שלישי ("אשרת שלו") ולתרגם בכל הכתובות "ליהוה שמרן וְלֶאֱשְׁרֵתָה", "ליהוה תמן וְלֶאֱשְׁרֵתָה".

אשרת/אשרה נחשבה בישראל וביהודה לבת זוגו של יהוה, אלה שנוכחותה נושאת ברכה, וכן מתווכת בין המאמין לבין האל, בן זוגה, והייתה מיוצגת באתרי הפולחן באמצעות פסלה או באמצעות העץ המקודש לה.

כתובות שנכתבו על טיח

סמוך לפתחי הכניסות המזרחית והמערבית לחצר המרכזית של המבנה התגלו שרידים של חמש כתובות טיח שנכתבו בתחילה על הכתלים ועל מזוזות הפתחים. כתובות הטיח אמנם נכתבו בעברית, אבל בכתב פניקי, לעומת הכתובות שעל כלי חרס ועל אבן, שנכתבו בכתב עברי. דומה שמי שהקים את האתר ביקש לכתוב על הפתחים כתובות חגיגיות, המצטיינות באיכות ספרותית גבוהה, ולכן הזמין סופרים מיומנים אשר כתבו אותן בכתב הפניקי, שנחשב יוקרתי מן הכתב העברי.

רק קטעים מעטים, שבורים מאוד, שרדו מכתובות הטיח, ואסתפק בהצגת שתיים מהן:

(א) מכתובת הטיח הראשונה שרד רק קטע קטן, שבור מכל עבריו. שתי השורות הראשונות מתארות את התגלות האל בלשון דומה לזו של כתובים מקראיים שונים.

[...] בְּרַעַשׁ- וּבְזֻלְחֵ- אֵל בַּר[אש
[...ר- וְיִמְסֹן- הָרִם- וְיִדְכֵן- פִּבְנִם] ...

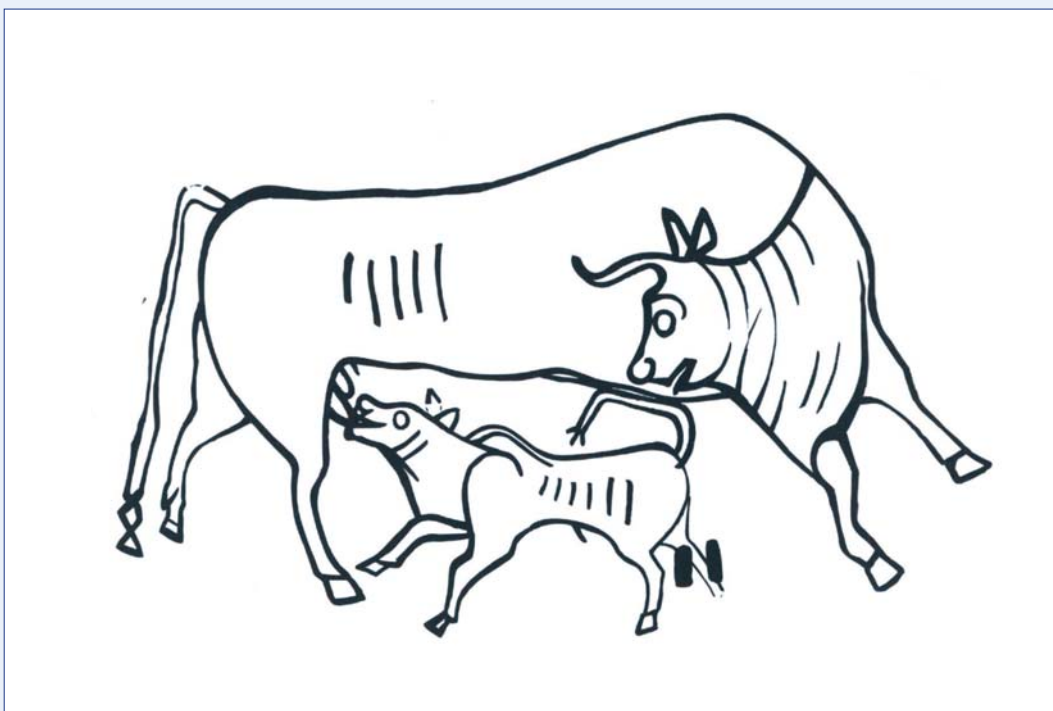
שתי השורות האחרונות מציגות את תמיכת האל בשליט המכונה "בְּרַעַשׁ בְּעַל", אשר יוצא

ותחזוקתו באתר מרוחק זה כרוכות במאמץ מובילת בהכרח להנחה שבציר דרב אל-ע"ז הייתה אז תנועת שיירות ערה, שהרווח הכספי ממנה הצדיק את מפעל הבנייה, וכי שליט מישראל בנה אותו כדי להגביר את שליטתו באזור ולגבות מכסים מהשיירות שנעו בדרך. אבל הסבר זה אינו נקי מקשיים, וראש לכול היא השאלה מדוע נתגלו באתר שפע ממצאים יוצאי דופן שאין להם אח ורע בכל האתרים הישראליים שנחפרו עד כה. אם אכן המקום נבנה לשמש מקום חנייה לשיירות של סוחרים, כיצד יוסברו כתובות הטיח שנכתבו על קירות ומזוזות חדר הכניסה? מדוע נכתבו כתובות הקדשה באתר שבעיקרו נועד לשמש מקום מנוחה והצטיידות? יתר על כן, חופר האתר (זאב משל) טען שבמבנה לא היה מקום לחניית נוסעים, וכי אלה חנו ליד בארות המים הרדודות (ת'מילות). ואכן, במבנה נמצאו רק מעט סירי בישול, ואין הדבר עולה בקנה אחד עם תפקידו כמקום אירוח. ולבסוף, אם גביית מכסים הייתה מניע לבנייה, מדוע הוקם האתר 15 ק"מ ממערב לדרך? הרי במצב דברים זה יכלו השיירות להתחמק על נקלה מתשלום המכסים. באופן משני היה המבנה יכול לשמש גם מקום לינה לאורחים נכבדים שעברו בדרך, אבל השערת הח'אן אינה נותנת מענה לממצא הייחודי שנתגלה באתר. אף יש להדגיש שבניית מבנה אירוח לשיירות שעברו בדרכים (ח'אן) ידועה מן המקורות בתקופות הרומית-הלניסטית והממלוכית-עות'מנית, אבל אינה ידועה מן התעודות שנכתבו באשור ובבבל באלף הראשון לפסה"נ. לאור זאת ניתן לקבוע שהשימוש במונח "ח'אן" למבנה מכונתילת עג'רוד הוא אנאכרוניסטי, העברה של מוסד הידוע מתקופה מאוחרת לתקופה שבה מוסד זה טרם התקיים. אופיו החריג של האתר מחייב אפוא מתן הסבר מיוחד להקמתו ולתפקודו. על רקע הכתובות בעלות האופי הדתי שיערו חוקרים אחדים שבמקום היה אתר פולחני. אבל הפונקצייה של פולחן מחייבת להניח מציאותם של מזבח, כלי פולחן ושרידי פולחן, ואלה לא נמצאו באתר. אף נמצאו חוקרים שקשרו

◀ פרשת יציאת מצרים, השונה במידה רבה מהתיאור הקנוני המאוחר, המוכר לנו מהספרות המקראית. בהצעה זו יש כדי לאשר את ההנחה המקובלת בחקר המקרא מראשיתו, שלפיה המסורת המקראית צמחה בהדרגה, וכי הטקסט המקראי משקף את השלב שבו המסורת, שהועברה שנים רבות בעל פה, הועלתה לבסוף על הכתב. אם ההשערה שהעליתי נכונה, יש בידינו יצירה ספרותית שנכתבה בממלכת ישראל במחצית הראשונה של המאה השמינית לפסה"נ. יצירה זו משקפת שלב קדום בהתפתחות מסורת יציאת מצרים, והיא שונה במידה לא מבוטלת מהסיפור המקראי אשר הועלה על הכתב בממלכת יהודה במאה השביעית לפסה"נ.

ח'אן שיירות או אתר מקודש?

תאריך הקמת האתר שנוי במחלוקת בין חוקרים. האמצעים לתיארוך הם הקבלת כלי החרס שנמצאו במקום לאלה שנמצאו באתרים אחרים, תאריך רדיומטרי (רדיו-קרבון) לפיסות עץ שנמצאו באתר ותאריך פלאוגרפי של הכתב. שקלול כל הנתונים הללו והשיקול ההיסטורי, הנוסף עליהם, מוליכים למסקנה שהאתר נבנה בימי ירבעם השני (תאריך מקובל: 786-746 לפסה"נ) וניטש אולי בסוף ימיו או זמן קצר לאחר מכן. מסקנה זו מביאה אותי לשאלה הקשה והמורכבת של קביעת אופי האתר. קדש ברנע הייתה נטושה בתקופה שבה הוקם, ומכאן שהמבנה עמד בבדידות מזהרת בנתיב שבין חוף פלשת למפרץ אילת. מדוע נבחר אפוא דווקא מקום זה, השוכן כ-15 ק"מ ממערב לדרך, ולא קדש, השוכנת על הדרך, ולה מקור מים שופע ויציב במשך כל עונות השנה? חוקרים רבים סברו שהמבנה שימש ח'אן לשיירות שנעו בדרך המקשרת את חוף פלשת למפרץ אילת. לפי השערה זו נבנה הח'אן על גבעה נישאה, סמוך למקור מים, באתר השוכן לא הרחק מן הדרך שהובילה מחוף פלשת למפרץ אילת. ההבנה שהקמת הח'אן



ציור של פרה ועגל על גבי פיתס א

הקדום ובמקרא. זוהי הנחה אנכרוניסטית שיש לדחותה מכול וכול.

יש לזכור שלכל מרכז פולחן בעולם העתיק היה מיתוס מכונן אשר נתן מענה לשאלת המאמינים – מדוע נתקדש בקדושתו היתרה – ובהעדר הסבר כזה נשאר המניע למאמץ שהשקיעה ממלכת ישראל בהקמתו ובתחזוקתו לא מובן. השאלה במה נתקדש האתר היא אפוא מכרעת לשם מתן הסבר להקמתו.

לפני שנים אחדות הצענו נורית ליסובסקי ואני השערה נועזת, ולפיה במקום היה עץ קדוש עֲנָף, אשר הקנה לו קדושה. הפולחן התקיים סמוך לעץ, מחוץ למבנה המרכזי, ומשום כך לא נמצאו בו מזבח, כלי פולחן ושרידי קרבנות. עיון בחומר המקראי מלמד שהאלה אשרת/אשרה נתפסה כבת זוגו של ה' והייתה מגולמת בעץ הקדוש, שסימל פריון וצמיחה, וכן בפסלים דמויי עץ שעמדו במרכזי הפולחן בשתי הממלכות. לפי הסבר זה, הסיבה למקום הבולט שהיה לאלה אשרת בכתובות מכוונתילת עג'רוד נעוצה בייחודו של האתר, שהוקם בזיקה לעץ הקדוש ולאלת הפריון ולצמיחה המגולמת בו. המבנה שבראש הגבעה שימש בעיקר לאחסון אביזרי הקדושה הקשורים לאשרת ולמתנות שהמאמינים הקדישו לה, ומושב למשתמשים בפולחן.

הקושי בהוכחת ההשערה נעוץ בכך שעץ קדוש מתקיים לכל היותר מאות שנים. לאחר מכן הוא נובל, וכחלוף הזמן שרידיו

את האתר לעלייה לרגל להר סיני, שמקומו אי שם ברחבי המדבר, אבל עלייה לרגל למקומות רחוקים אינה ידועה לפני התקופה הביזנטית, שאז החלה עלייה לרגל למקומות הקשורים בחיי ישראליים ולאתרים מקודשים הנזכרים בברית הישנה והחדשה. להנחה על עלייה לרגל מִמְּלַכַת ישראל להר האלוהים, הנחה הנסמכת על הסיפור המאוחר בדבר מסעו של אליהו להר חורב, אין כל סימוכין במקורות המזרח



Fig. 6.39. Reconstruction of wall painting No. 9

Fig. 6. 39a. Photo of wall painting No. 9

ציור מיח של דמות השליט יושב על כיסא מלכות ומחזיק בידו פרח לוטוס

ביתך", אל נכון מלך ישראל. האתר שנחשף בכונתילת עג'רוד היה בעל אופי דתי מובהק, ובמרכז הכתובות שנכתבו בו עמדו אלוהי ישראל ואשרת בת זוגו. האתר נוסד והוחזק על ידי מלך ישראל, אל נכון ירבעם השני, שפעל לא רק להרחבת הממלכה בצפון אלא גם לפיתוחה ולחזיקה באזור הספר הדרומי של ארץ ישראל.

לקריאה נוספת:

1. זאב משל, "תימן חורבת", בתוך: אפרים שטרן (עורך), האנציקלופדיה החדשה לחפירות ארכאולוגיות בארץ ישראל, כרך ד, ירושלים 1992, עמ' 1571–1577.
2. Judith M. Hadley, *The Cult of Asherah in Ancient Israel and Judah: Evidence for a Hebrew Goddess* (University of Cambridge Oriental Publications 57), Cambridge 2000.
3. Jeremy. M. Hutton, "Local Manifestations of Yahweh and Worship in the Interstices: A Note on Kuntillet 'Ajrud", *Journal of Ancient Near Eastern Religions* 10 (2010), 177–210.
4. Brian .A. Mastin, "The Theophoric Elements *yw* and *yhw* in Proper Names in Eighth-Century Hebrew Inscriptions and the Proper Names at Kuntillet 'Ajrud", *Zeitschrift für Althebraistik* 17–20 (2004–2007), 109–135.
5. Ze'ev Meshel, *Kuntillet 'Ajrud (îorvat Teman): An Iron Age II Religious Site on the Judah-Sinai Border*, Jerusalem 2012.
6. Nadav Na'aman and Nurit Lissovsky, "Kuntillet 'Ajrud, Sacred Trees and the Asherah", *Tel Aviv* 35 (2008), 186–208.

נעלמים כליל. יתרונה של ההשערה הוא בהציגה לראשונה הסבר לעצם בחירת מקום האתר, אבל חסרונה הבולט הוא שהיא אינה ניתנת להוכחה, ולכן תישאר תמיד בחזקת "אולי".

סיכום ומסקנות

מכלול הכתובות שנחשף בכונתילת עג'רוד מציג לפנינו, לראשונה, את העושר הרב של הכתובות שנכתבו בממלכת ישראל בשיאה, במאה השמינית לפסה"נ. נוסף על כתובות ברכה והודיה לאל נתגלו באתר כתובות בעלת אופי המנוני-אפי וכתובות בפרוזה, המספרת אולי על פרשה מרכזית בהיסטוריה הקדומה של עם ישראל. כתובות מעין אלה לא התגלו עד כה בממלכות ישראל ויהודה, ויש בכך כדי ללמד על מגבלותיו של הממצא הארכאולוגי, ועד כמה יש להיזהר בהסקת מסקנות על דרך השלילה (היינו: לא נמצא – לא נתקיים מעולם). רק קומץ דל של כתובות שרד לנו מתוך המכלול העשיר שהתקיים בעבר, ויש להביא זאת בחשבון בכל דיון בהיסטוריה הקדומה של עם ישראל.

מסקנה שנייה נוגעת למקום המרכזי שהיה ל-ה' בכתובות שנחשפו באתר: המקרא, שרוב רובו נכתב בממלכת יהודה, מציג את ממלכת ישראל כממלכה חוטאת שרווח בה פולחן הבעל, והכתובות מעידות דווקא על הדבקות היתרה של כותביהן באלוהי ישראל ועל האמונה בכוחו הכול-יכול, ובהיבט אמוני זה אינן שונות בעיקרן מהתמונה העולה מן הטקסט המקראי.

לצד האל מודגש בכתובות גם מלך ישראל. דמות השליט היושב על כיסאו ומחזיק בידו פרח לוטוס צוירה על גבי טיח באולם הכניסה למבנה. כתובת המנונית-אפית תיארה את התגלות האל שבא כדי לסייע למלך ישראל במלחמתו. הכתובת על הפיתס הראשון נכתבה על ידי פקיד גבוה, שנשא את התואר "רע המלך", ושכלי ספק הגיע למקום, ואילו הכתובת על גבי הפיתס השני כללה ברכה ל"אדון

חידת הקיסרים היפניים: איך שרדה השושלת העתיקה ביותר בעולם?



מאת פרופ' בן-עמי שילוני

שושלת חזקה של קיסרים חלשים

כפיפותה של יפן לסיין, שבראשה עמד קיסר. הסינים קראו לקיסרי יפן מלכים כי לא הכירו בקיומו של קיסר אחר מלבד שלהם.

בניגוד למלכים ולקיסרים בארצות אחרות, הקיסרים היפניים היו במשך רוב קיומה של השושלת שליטים סמליים. הם לא ניהלו מלחמות, לא יזמו מדיניות, לא שפטו, לא חוקקו חוקים ולא ניהלו את המדינה. את הפונקציות הללו מילאו אחרים, כמו קרובי משפחה של הקיסר, קיסרים לשעבר, אצילים ומפקדי צבא (שוגונים), ששלטו בשמו של הקיסר. הקיסר מינה את כל בעלי התפקידים הבכירים והעניק להם תארים, אך הוא לא הפעיל את סמכויות השלטון שהיו תאורטית שייכות לו. המינויים שלו נעשו על סמך "עצותיהם" של השליטים בפועל. ניסיונו של הקיסר גודאיגו במאה הארבע-עשרה לשלוט במדינה, על פי הדגם של קיסרי סיין, הביא להדחתו, לפיצול זמני של המשפחה הקיסרית ולמלחמת אחים, שנמשכה 56 שנים והסתיימה בניצחונן של השוגון.

התופעה של מלכים חלשים המופעלים על ידי קרוביהם, שריהם או יועציהם, הייתה קיימת במדינות שונות בעולם, אך באלה זה היה מצב זמני, שהסתיים עם הופעת שליט חזק, שהחזיר את הכוח לידי, או עם מורד, שתפס את השלטון והקים שושלת חדשה משלו. ביפן התופעה של קיסרים סמליים הייתה

לפני מאה שנה היו קיימים קיסרים במדינות שונות, ובהן גרמניה, רוסיה (המילה צאר באה מן המילה קיסר) וסיין. כיום נותר רק קיסר אחד בעולם, הקיסר היפני. הוא נושא את התואר קיסר (ביפנית Tenno, באנגלית Emperor) אף על פי שמאז 1945 יפן איננה נקראת עוד קיסרות וכבר איננה אימפריה. לשושלת היפנית אין שם, כי היא השושלת היחידה שקיימת בזיכרון ההיסטורי של היפנים והיא לא התחלפה לפחות מאז המאה השישית לספירה. לפיכך לקיסר היפני אין שם משפחה. מבחינה רשמית, המדינה והשושלת נוסדו בשנת 660 לפני הספירה על ידי הקיסר הראשון ג'ימו. הקיסר הנוכחי, אקיהיטו, הוא הקיסר ה-125 ברשימה. אך אין הוכחה שהמדינה היפנית והשושלת שלה הן אמנם עתיקות כל כך. ארבעה-עשר הקיסרים הראשונים ברשימה הם קרוב לוודאי דמויות מיתולוגיות. יתר על כן, על סמך הממצאים הארכאולוגיים והעדויות הסיניות, ממלכת יפן והשושלת שלה נוסדו בין המאה השלישית למאה השישית לספירה. כך או אחרת, שושלת הקיסרים היפניים היא שושלת המלוכה העתיקה ביותר כיום בעולם. את התואר "קיסר" אימצו מלכי יפן בראשית המאה השביעית לספירה, כדי להדגיש את אי-



הקיסר אקיהיטו ואשתו הקיסרית מיצ'יקו

ולהקים שושלת קיסרית משלהם. הם אף לא ניסו להצטרף למשפחה הקיסרית באמצעות נישואין או אימוץ וכיבדו את הכלל שרק צאצא ביולוגי של קיסר בקו הגברי יכול לכהן בתפקיד זה.

ההסברים המקובלים: אלוהות וכדאיות

איך אפשר להסביר את שרידותה ארוכת השנים של השושלת הקיסרית? ההסבר המקובל מייחס את התופעה למעמדם האלוהי של הקיסרים. על פי המיתולוגיה היפנית, אלת השמש אַמַטֶראסו אומיקאמי שלחה את הנכד שלה, ניניגי, למשול בארץ. נינו של ניניגי, שקיבל מאוחר יותר את השם הקיסר ג'ימו, כבש את מרכז יפן, הקים את הממלכה היפנית והיה לקיסר הראשון שלה. מוצא אלוהי זה הפך את הקיסרים לאלים בדמות אדם והעניק לשושלת

המצב הנורמלי. אף על פי שהקיסרים היפניים היו חלשים כיחידים, השושלת שלהם הייתה איתנה וקדושה כל כך, שאיש לא העז להפילה או להחליפה. במאה השש־עשרה הייתה משפחת הקיסר כה ענייה, שלא היה לה כסף לערוך טקסי הכתרה וקבורה, ואחד הקיסרים, גו־נארה, אף נאלץ למכור קליגרפיות שלו כדי להתפרנס. אך גם במצב הקשה הזה איש מן המצביאים הלוחמים לא ניצל את ההזדמנות כדי להדיח את המשפחה הקיסרית ולתפוס את מקומה. בסוף המאה השש־עשרה הצליח המצביא טויוטוּמי הידיוּשי להשתלט על כל יפן, ובראשית המאה השבע־עשרה עלה בידי המצביא טוקוגאוּוה אַיַאסו לרשת אותו ולהקים שושלת של שוגונים, ששלטה עד אמצע המאה התשע־עשרה. הידיוּשי ואייאסו היו שליטים חזקים, אך הם העדיפו לקבל את מינוייהם מן הקיסר ולמשול בשמו מאשר להחליף אותו

השמינית הייתה משפחת סגָה בעלת ההשפעה הרבה בחצר הקיסר, ובניה איישו את המשרות החשובות. מן המאה התשיעית כיהנו בני משפחת פוג'וואָך במשרות הללו, ובנותיה התחתנו עם בני משפחת הקיסר. במאה האחת-עשרה עבר השלטון המעשי לידי הלוחמים, הסמוראים, אך בני משפחת פוג'וואָרה המשיכו לכהן במשרות הממלכתיות, שהפכו לחסרות תוכן, עד המאה התשע-עשרה, ובנותיה המשיכו להתחתן עם בני המשפחה הקיסרית עד המאה העשרים.

אך כאן נשאלת השאלה: אם היה עדיף לשליטים בפועל להסתפק בכוח ולוותר על הכבוד, מדוע במקומות אחרים בעולם, מי שצבר כוח רצה גם את הכבוד? לקיסרי יפן לא היה כוח פוליטי, אך משרתם הייתה המכובדת ביותר. כל היפנים היו נתינים של הקיסר, ורשמית כפופים לו. מדוע השליטים המעשיים של יפן, שבידיהם היה הכוח הצבאי, הפוליטי והכלכלי, לא תפסו גם את הכס הקיסרי? מדוע הקיסרים, שבידיהם הייתה היוקרה, לא תמדו את הכוח? ההפרדה שהתקיימה ביפן, בתחומים שונים, בין מחזיקי הכוח לבין מחזיקי הכבוד היא תופעה חריגה במפה העולמית.

עצמאות ולאומיות

סיבה אחרת לשרידותה רבת-השנים של השושלת הקיסרית הייתה העצמאות הרצופה של יפן. בניגוד לרוב המדינות האחרות, עד שנת 1945 לא נכבשה יפן על ידי מדינה אחרת. הדבר נבע מכך שיפן שוכנת על איים המרוחקים מן היבשת ומכך ששכנותיה קוֹקָאָה וסין לא היו מעצמות ימיות ולא התעניינו בכיבוש שטחים מעבר לים. הניסיון של המונגולים, שכבשו את סין במאה השלוש-עשרה, להשתלט גם על יפן נכשל בשל לחימת הגבורה של הסמוראים היפניים ובשל תנאי מזג אוויר גרועים. סופת הטייפון שהרסה את הצי המונגולי קיבלה את הכינוי "קָאָמִי־קָאָזָה" (רוח האלים). אילו הצליחו הקוֹרָאָנים, הסינים,

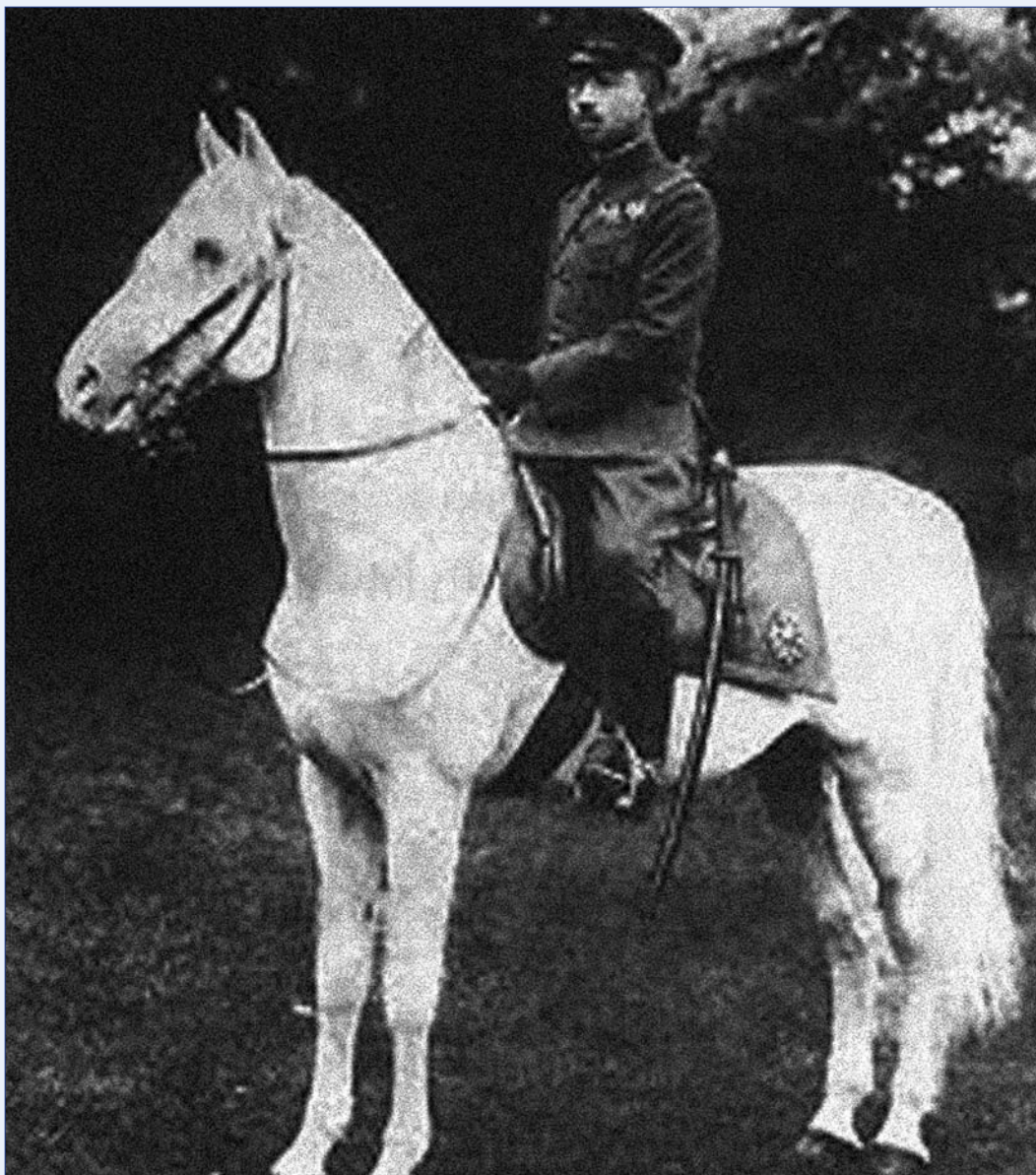
קדושה וחסיונות מסוימת מפני פגיעה וחילופין. עד היום קיסרי יפן מקיימים פולחנים לאלת השמש ולאלים אחרים, שרק להם, בתור צאצאי האלים, מותר לקיים. העיסוק המרובה בטקסים הדתיים רומם את הקיסרים ומנע מהם "להתלכלך" בענייני חולין, כמו ניהול ושלטון.

התופעה של מלכים אלוהיים או קדושים התקיימה בארצות שונות בעולם. הפרעונים המצריים נחשבו לאלים ונערכו להם פולחנים. מלכי אנגליה וצרפת בימי הביניים ריפאו חולים באמצעות "המגע המלכותי" שלהם. למרות זאת השושלות של המלכים הללו התחלפו וקדושתן לא העניקה להן חסיונות מלאה. לעומת זאת, קיסרי יפן לא נחשבו ממש לאלים. הם אמנם נקראו "קָאָמִי" (אל), אך למילה הזאת, על כתיביה השונים, היו משמעויות רבות. לאלו השנינו היו מקדשים, אך לקיסרים לא היו מקדשים בחייהם ולא נערך להם פולחן דתי. לקיסרים מתים מסוימים היו מקדשים, אך גם לאנשים מתים אחרים היו מקדשים, כי בדת השנינו אדם לאחר מותו הופך לאל. בניגוד לאלים, קיסרי יפן לא חוללו נסים, לא ניבאו את העתיד ולא ריפאו חולים. קרוב למחצית מהם התפטרו ממלכותם, דבר שאלים אינם אמורים לעשות. יותר מהיותם אלים היו הקיסרים היפניים כוהנים עליונים של דת השנינו, מתווכים בין האלים לבני האדם. הם התפללו לאלים למען העם, אך הם עצמם לא היו מושא של תפילות.

הסבר נוסף לשרידותה הארוכה של השושלת אומר שלשליטים המעשיים היה כדאי ונוח יותר לשלוט בשמו של הקיסר מאשר לתפוס את מקומו. אילו היה לקיסרי יפן כוח ממשי, כמו שהיה לקיסרי סין או למלכי אירופה, הרי מי שרצה לשלוט במדינה היה צריך לבוא במקומם. מאחר שביפן הקיסרים לא שלטו, המעמד שלהם קרץ פחות. לפיכך העדיפו בעלי הכוח לשלוט באמצעות הקיסר ולא במקומו. המאבקים הגדולים ביפן לא היו על כס הקיסר אלא על הזכות ליעץ לו. תחילה התחרו על כך משפחות האצולה. מסוף המאה השישית עד סוף המאה

לא התפצלה. היוצא מן הכלל היחיד חל בין השנים 1336 ו-1392, כאשר בעקבות ניסיונו של הקיסר ג'ו-דאיגו לשלוט במדינה התפלגה השושלת לשני ענפים מתחרים. לבד מתקופה זאת של 56 שנה תמיד היה ביפן קיסר אחד, שכולם הכירו בו. באופן זה שימש הקיסר גורם מאחד ממדרגה ראשונה. על אף מלחמות

המונגולים, הפורטוגזים או הספרדים לכבוש את יפן, סביר להניח שהיו מחליפים את השושלת, כפי שהדבר נעשה במקומות אחרים. השושלת הבלתי מתחלפת והעצמאות המתמשכת הזינו זו את זו והפכו שתיהן למקור לגאווה לאומית. השושלת הקיסרית לא רק שלא התחלפה, אלא שכמעט



הקיסר הירוהיטו כמפקד עליון של הצבא והצי בזמן מלחמת העולם השנייה

לזה שאחריו. אך איש אינו יכול לראות אותם או לנוגע בהם, כולל הקיסר, כי הם סגורים בקופסאות מרובות שאסור לפתוח אותן.

מוסד הקיסרות טיפח שמרנות, אך גם טיפח חידוש. קליטת התרבות הסינית בין המאות השישית והתשיעית נעשתה באמצעותה ובתמיכתה של חצר הקיסר. אף שהקיסרים היו ונשארו הכוהנים העליונים של דת השינטו, הם עודדו את קליטת הדת הבודהיסטית והיו בעצמם בודהיסטים אדוקים ופטרונים של הדת החדשה. הם הזמינו מורים מסין כדי שילמדו את המשפחה הקיסרית את השפה הסינית ואת כתב הסימניות המסובך שלה. הם עודדו את קליטת הפילוסופיה הקונפוציאנית של סין, את האמנות והאדריכלות הסיניות, את הלבוש הסיני, את תוארי האצולה של סין ואת צורתו הרשמית של מבנה הממשל הסיני. מאחר שאימוץ התרבות הסינית לא בא בעקבות כיבוש סיני, הוא לא היה כרוך בויתור על המסורת היפנית. כך יכלו הקיסרים להיות ברזמנית כוהנים עליונים של השינטו ופטרונים של הדת הבודהיסטית, לשלב אוצר מילים סיני בשפה היפנית, ולהתהדר בתוארי ממשל סיניים, שהודבקו למוסדות היפניים.

לאחר הרסטורציה של מייג'י ב-1868, כאשר המנהיגים החדשים של יפן ביקשו לאמץ את התרבות המערבית ולהפוך את יפן למדינה מודרנית, עשירה וחזקה, הם השתמשו לצורך זה בקיסר. ביטול המשטר הפאודלי, חיסול המבנה המעמדי, אימוץ הארגון והחינוך המערביים, הקמת תעשייה וצבא נוסח המערב, חיבור חוקה מודרנית וכינון פרלמנט – נעשו כולם באמצעות צווים של הקיסר מייג'י. הקיסר לא יזם את השינויים הללו, אך הוא פעל כפי שיעצו לו שריו, הזדהה עם הרפורמות והעניק להן לגיטימציה וקדושה. כדי לשכנע את הציבור לנטוש את הצמחונות ולעבור לאכילת בשר התבקש הקיסר לאכול אומצת בקר בפומבי. כדי שהיפנים יעברו ללבוש מערבי, הוא הולבש בבגדי מלכות מערביים. העם קיבל את הרפורמות, משום שהן הוכרזו על ידי הקיסר הקדוש

◀ הפנים שהתחוללו בה בין המאה השתים-עשרה למאה השש-עשרה לא התפרקה יפן לממלכות נפרדות, כפי שקרה בסין ובמקומות אחרים בעולם. אף על פי שהקיסרים עצמם לא יזמו זאת, המוסד שלהם שמר על המשכיותה ויציבותה של המדינה. לאחר שמעצמות המערב הקולוניאליות פרצו את שעריהן של סין ויפן באמצע המאה התשע-עשרה, הפך הקיסר היפני למוקד הלאומיות המודרנית. הנאמנות לקיסר השתלבה עם הנאמנות למדינה. בשם הנאמנות הזאת חוללו הסמוראים ממחוזות הדרום ב-1868 את ה"רסטורציה של מייג'י", שבה הם החזירו לכאורה את השלטון לקיסר, ביטלו את מוסד השוגון, פירקו את המבנה הפאודלי והפכו את יפן למדינה מודרנית וריכוזית. דבר כזה לא התרחש בסין, שם השושלת הייתה זרה (מנצ'ורית), הקיסר היה השליט, והוא זוהה עם המשטר היפני סימל לא רק את הלאומיות המתגוננת אלא גם את הלאומיות התוקפת. מלחמותיה של יפן בשנים 1894–1945 נגד סין הקיסרית, רוסיה הצארית, גרמניה הקיסרית, סין הרפובליקאית, ארצות הברית ובריטניה נעשו כולן בשם הקיסר. זעקת הקרב של החיילים היפניים הייתה: "טָנוּ הַיֵּקָה בְּנֵאִי!" (יחי הקיסר לעולמי עד).

שילוב של שמרנות וחידוש

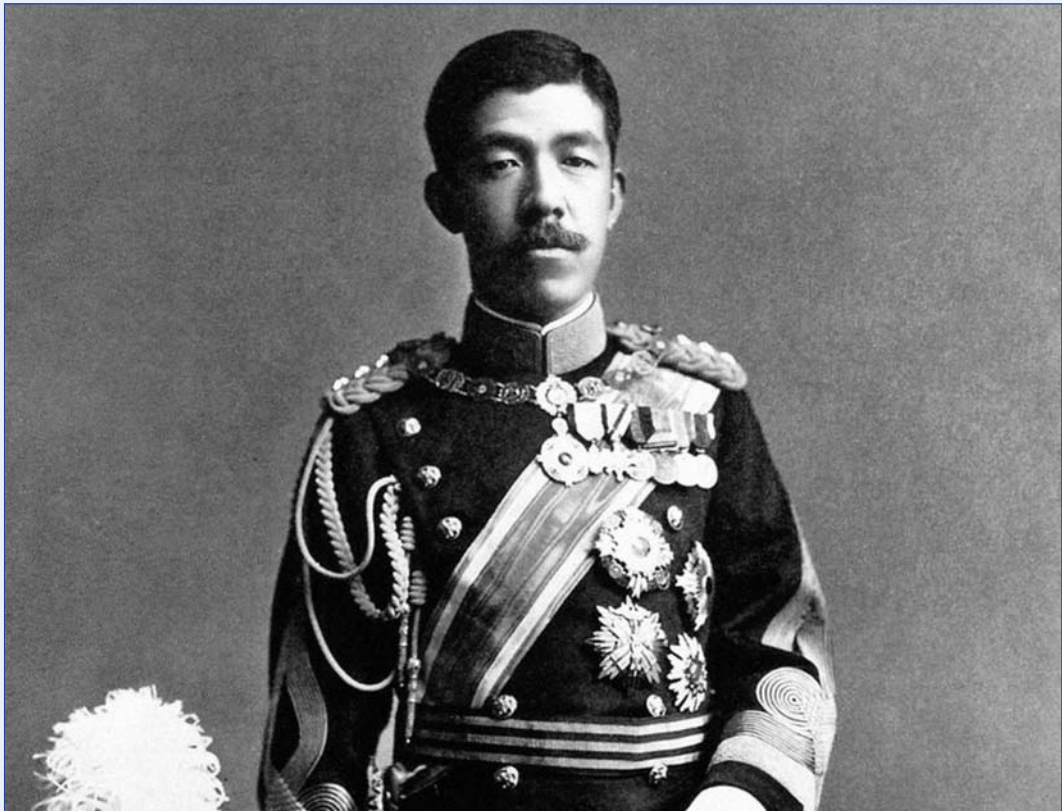
המשכיות השושלת הקיסרית חיזקה את השמרנות היפנית. חצר הקיסר שימרה טקסים, תפילות, חפצים, בגדים, מנהגים וביטויי לשון עתיקים. אחד הטקסים העתיקים, המתקיים עד היום, הוא טקס ההכתרה הנקרא דַאיג'וֹסַאי. בטקס מסתורי זה, הנערך בלילה בעונת הסתיו, מבקר הקיסר החדש בשני ביתנים זהים, שנבנו במיוחד לטקס, שבהם הוא מתייחד עם אלת השמש ועם אלים אחרים וסועד אתם אורז מבושל. החפצים הקדושים של הקיסר הם שלושת סמלי המלכות: הראי הקדוש, החרב הקדושה והאבנים היקרות הקדושות. חפצים אלה שמורים במקדשים שונים ומועברים באופן סמלי מקיסר אחד



הקיסר מייג'י בבגדי מלוכה מערביים

יכולים לבצע את המודרניזציה המהירה מבלי לעורר התנגדות וליצור אנרכייה. מוסד הקיסר גילה גמישות ביכולתו להתאים את עצמו לנסיבות המשתנות. הכיבוש היחיד שיפן ידעה, זה של ◀

ומטרתן הייתה לחזק את יפן ולא להתבטל בפני המערב. לכן, בניגוד למה שקרה בארצות אחרות, התבצעו הרפורמות ביפן כמעט ללא שפיכות דמים. אלמלא מוסד הקיסר ספק אם היו השליטים החדשים



הקיסר טאישו, בנו של הקיסר מייג'י

והתבוסה. לפיכך סבר כי באמצעות הקיסר יהיה ניתן לנהל כיבוש נוח ולהנהיג את הרפורמות הגדולות. הוא צדק בהנחותיו. הירוהיטו, כמו הקיסרים שקדמו לו, פעל כפי שהשליטים בפועל יעצו לו לעשות. הודות לשיתוף הפעולה ההדוק בין מק־ארתור לקיסר התנהל הכיבוש על מי מנוחות, והשושלת הקיסרית ניצלה.

שיתוף הפעולה של הירוהיטו העניק לגיטימציה לרפורמות הגדולות שלאחר המלחמה. הקיסר הכריז שאינו אל ושמעולם לא היה אל, והוא הגיש לאישור הפרלמנט את החוקה החדשה, שנכתבה על ידי מטהו של מק־ארתור. בחוקה הזאת הורד הקיסר מן המעמד של ראש המדינה ומפקד הצבא והצי למעמד של סמל המדינה ואחדותו של העם היפני. תמיכתו של הקיסר בחוקה החדשה וברפורמות של הכיבוש

◀ בנות הברית (בעיקר ארצות הברית) בשנים 1945–1952, בדומה לשוגונים של העבר, כיבד את מוסד הקיסרות והשתמש בו. שלטונות הכיבוש לא עצרו את הקיסר, לא העמידו אותו לדין, לא חדרו לארמונו ולא אסרו עליו לקיים את הטקסים הדתיים שלו. הם לא ביטלו את מוסד הקיסרות, לא החליפו את השושלת והשאירו על כיסאו את הקיסר הירוהיטו, שהכריז מלחמה על ארצות הברית ובריטניה ועמד בראש יפן בזמן המלחמה. יפן היא המדינה היחידה בעולם בתקופה המודרנית שבה שרד המלך את התבוסה של מדינתו. המפקד העליון של בנות הברית ביפן, הגנרל דוגלס מק־ארתור, הבין כי להירוהיטו היה מעמד סמלי בלבד בהחלטה לצאת למלחמה ובדרך ניהולה. יתר על כן, הוא נוכח לדעת כי היפנים ממשיכים לאהוד את הקיסר למרות ההרס

לנוסף בחרב, הם נופפו במכחול. רובם היו משוררים וכתבו טְנָקָה, שירים בני 31 הברות. כתיבת שירים לא הייתה אצלם תחביב אלא עיסוק מרכזי. הקיסרים יזמו אנתולוגיות של שירה והשתתפו בעצמם בבחירת השירים. הקיסר מייג'י כתב עד מותו בגיל 60 למעלה מ־93,000 שירי טנקה, שפורסמו מהם רק כ־9,000. הוא ייסד את תחרויות השירה, המתקיימות עד ימינו בראשית השנה בארמון הקיסר, בכל פעם על נושא אחר. רבבות שירים נשלחים לתחרויות הללו. השירים המוצלחים ביותר ואלה שנתרמו על ידי הקיסר ואנשי משפחתו מוקראים בפי מדקלמים מסורתיים. יפן היא המדינה היחידה בעולם המקיימת תחרויות שירה ממלכתיות. הקיסרים הצטיינו גם בקליגרפיה ובנגינה. הקיסר הנוכחי אקיהיטו מנגן בצ'לו, אשתו מיצ'יקו ובתו, הנסיכה לשעבר נורי, מנגנות בפסנתר, ויורש העצר נְרוּהִיטוֹ מנגן בוויולה ובכינור.

במאה העשרים התפתח המדע בחצר הקיסר. הירוהיטו עסק בחקר הביולוגיה הימית, וכבר בגיל שבע־עשרה גילה דגיג שנקרא על שמו. בשנת 1928 הוקמה בשבילו מעבדה בארמון, ובה הוא ערך את מחקריו. עד מותו בגיל 88 הוא גילה למעלה ממאה מינים של יצורים ימיים ופרסם חמישה ספרים ושישה מאמרים מדעיים. אחיו הצעיר, הנסיך מיקָסָה, עסק בחקר המזרח התיכון הקדום ולימד את הנושא הזה באוניברסיטה. בנו של הירוהיטו, הקיסר אקיהיטו, עוסק בחקר דגים. הוא פרסם למעלה משלושים מאמרים מדעיים בנושא הזה ונחשב למומחה עולמי לדגי גוֹבִי. שני בניו ממשיכים את המסורת המדעית. יורש העצר נרוהיטו חקר את שיט הנהרות באנגליה, והנסיך אָקִישִׁינוֹ כתב עבודת דוקטור על ביות עופות. התופעה של משפחת מלוכה הכותבת שירים ועוסקת במחקר מדעי היא ייחודית ליפן.

מוסד הקיסרות היפני הוא דוגמה מובהקת של "כוח רך". לעומת בעלי "הכוח הקשה" ביפן, שבאו והלכו, השושלת הקיסרית שרירה וקיימת. הכוח הסמלי והתרבותי שלה הוכיח את עצמו בטווח הרחוק כחזק מן הכוחות הממשיים שהקיפוהו. ■

גררה את תמיכתו של הציבור. הקיסר, שזוהה עד 1945 עם מיליטריזם ושלטון אוטוקרטי, זוהה מאז 1945 עם דמוקרטיה ופציפיזם.

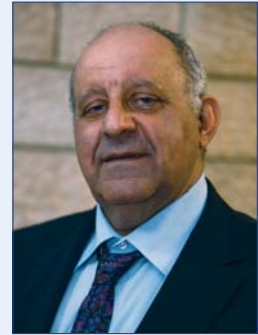
דמויות אם וגיבורי תרבות

שרידותה רבת השנים של השושלת נבעה גם מכך שהקיסרים היו דמויות אם יותר משהיו דמויות אב. הם לא עסקו בפעילויות ה"קשות" וה"גבריות" של לחימה, שליטה, כיבושים, חקיקה, שיפוט או ציד, אלא בפעילויות ה"רכות" וה"נשיות" יותר של ביצוע טקסים, כתיבת שירה ונגינה. המטרה העיקרית שלהם הייתה להוליד צאצאים שימשיכו את השושלת. עד המאה התשע־עשרה היו הקיסרים מסוגרים בארמונם ולא נראו בציבור. הם היו מוקפים בנשים ומאופרים. אף שרוב הקיסרים היו גברים, מלכו ביפן גם שמונה קיסריות, בנות של קיסרים. שתיים מהן מלכו פעמיים, ובכל אחת מהפעמים בשם מלכות אחר, תופעה שלא קרתה אצל קיסרים גברים. מלכותן של הקיסריות לא פגעה בעקרון הקו הגברי של השושלת, כי יורשיהן היו גברים מצאצאי הקיסר בקו הגברי. התופעה של נשים בתפקיד הקיסר, שנתקיימה מדי פעם ביפן, הייתה מנוגדת לעיקרון הקונפוציאני הסיני, שרק גבר יכול לכהן כקיסר. האישה היחידה שמלכה בסין, הקיסרית ווֹ, במאה השביעית, נחשבה לתופעה חריגה וזכתה לתדמית שלילית.

מנהיגי תקופת מייג'י ניסו להפוך את הקיסר לדמות אב. הם עשוהו לשליט עליון ומפקד הצבא והצי, הלבישוהו במדים, הרכיבוהו על סוס והפקידו בידיו את הסמכות להכריז מלחמה ולכרות שלום. הם גם אסרו, בחוקה של 1889, על נשים לכהן בתפקיד קיסר. אך זה היה רק שינוי תדמיתי. למעשה הקיסרים נשארו פסיביים ואישרו את החלטותיהם של שריהם ויועציהם. אחרי 1945 הם חזרו להיות דמויות סמליות, כפי שהיו לפני 1868.

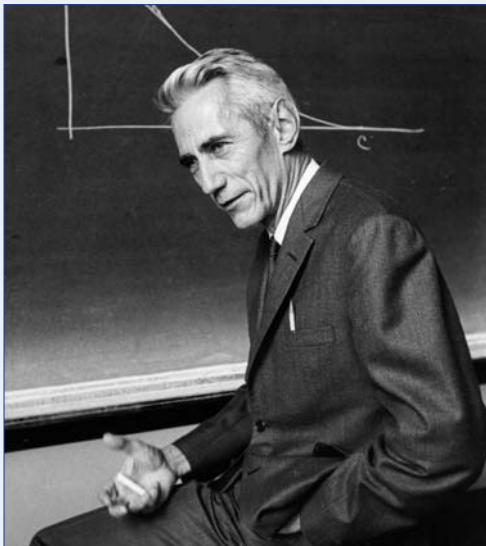
יוקרתה של השושלת באה לה גם מכך שהקיסרים, במקום להיות גיבורי חיל, היו גיבורי תרבות. במקום

תורת האינפורמציה, מהזווית האישית



מאת פרופ' שלמה שמאי (שיץ)

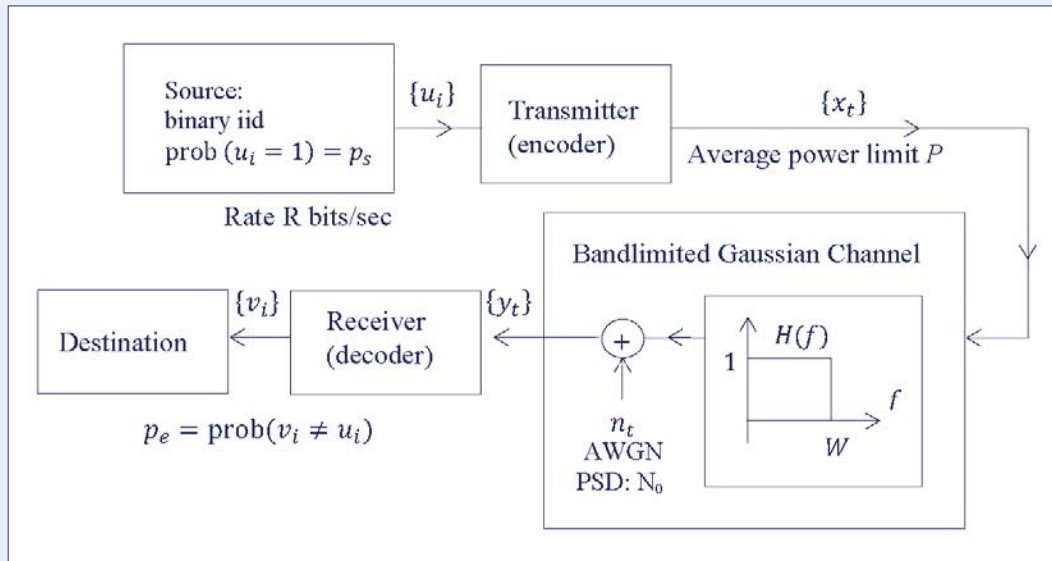
ופשוט ביסודו. על אף פשטותה מציגה מערכת זו מגוון עשיר של אתגרים מחקריים, בעלי השלכות פרקטיות מעניינות, שעם חלקם התמודדתי בעבודתי המחקרית. ההיבט הבינתחומי בשטח יודגם גם בקשר מעניין שעמיתי ואני גילינו, המחבר בין גדלים קלאסיים של תורת האינפורמציה ועיבוד (שיערוך) אותות. נדון בקצרה בהשלכות של קשר זה על מגוון בעיות ישנות וחדשות, ונסכם במבט קצר לעתיד.



קלוד שנון

תורת האינפורמציה נולדה בהבזק בשנת 1948 עם פרסום מאמרו המונומנטלי של קלוד שנון (Claude E. Shannon) – "התורה המתמטית של התקשורת" [1]. אכן, תורת האינפורמציה היא תורה מתמטית שיסודותיה נעוצים בתורת ההסתברות, בסטטיסטיקה ובתהליכים אקראיים. עצם מהותו של המונח "אינפורמציה" (מידע) מוגדרת במאמר על בסיס זה, ומוצג בו מדד לכמות האינפורמציה, המתבסס על המושג החשוב של אנטרופיה. ההישג המרכזי של תורת האינפורמציה מתבטא ביכולתה לאפיין באופן כמותי ומדויק את האפשרויות של עיבוד וניוד (שידור) של אינפורמציה מחד ואת מגבלותיהן הבסיסיות מאידך. ההישגים והתוצאות האנליטיות ויכולתה של תורת האינפורמציה מבוססים על עקרונות מתמטיים ואינם תלויים בטכנולוגיה, ומכאן חשיבותם העצומה, שאינה מתיישנת עם הזמן או עם ההתפתחות הטכנולוגית.

נציין בקצרה היבטים בינתחומיים המאפיינים את תורת האינפורמציה, אם בתחומי מדעי ההנדסה ואם מעבר להם. נדגיש את שינוי המגמה בשנים האחרונות, שבעקבותיו תורה מתמטית זו הופכת לנדבך דומיננטי בהיבטים ובתכנונים מעשיים של מערכות תקשורת ועיבוד אותות מודרני. "הזווית האישית" תודגם בעזרת מודל תקשורת לינארי



איור 1. מערכת תקשורת בערוץ גאוזי אדיטיבי מוגבל-סדר

נסמן ב- p_e את סיכוי הטעות בין הסיביות המופענחות $\{v_i\}$, בעזרת המקלט (מפענח) על סמך מוצא הערוץ y_t , לבין אלו המשודרות $\{u_i\}$. כלומר p_e מסמן את הסתברות הטעות בפיענוח $p_e = \text{prob} \{v_i \neq u_i\}$ ומשמש מדד של "טיב" הביצועים. שנון הראה בעבודתו הגאונית [1] ובעבודות מאוחרות יותר (פרטים ניתן למצוא בספרים אלמנטריים מומלצים בתחום כגון [2], [3]) כי p_e הניתן להשגה מתקבל באמצעות הביטוי:

$$R \cdot (h_2(p_s) - h_2(p_e)) \leq W \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 W} \right) \quad (1)$$

כאשר

$$h_2(x) = -x \log_2 x - (1-x) \log_2 (1-x), \quad 0 \leq x \leq 1$$

מסמן את האנטרופיה הבינרית.

מסקנה חשובה לא פחות ששנון הסיק היא ששום מערכת, באשר היא, העומדת באילוצים ובאופן בלתי תלוי בטכנולוגיה או בכל דבר אחר, אינה מסוגלת לביצועים המפרים את אי־שוויון (1).

נוסחה (1) טומנת בחובה אלמנטים של דחיסת מקור אינפורמציה כאשר $p_s \neq 1/2$, ושל תורת קצב עיוות מקור (rate distortion theory) כאשר מסתפקים בביצועים לא אידאליים ($p_e > 0$), [4, pp. 325–350].

די להדגים את סוג התוצאות שתורה זו מספקת, נתבונן בדוגמה קלאסית, המתוארת באיור 1.

מקור האינפורמציה הוא זרם סיביות בינריות $\{u_i\}$ המקבלות את הערכים (1,0) והנוצרות בקצב R סיביות לשנייה, כאשר i - מסמן את אינדקס הסיביות. אנו מניחים כי הסיביות בלתי תלויות סטטיסטית זו בזו ומאופיינות בחוק הסתברות:

$$\text{prob}(u_i = 0) = 1 - p_s, \quad \text{prob}(u_i = 1) = p_s$$

(המקור מכונה אסימטרי אם $p_s \neq 1/2$).

מעוניינים לשדר (לנייד) את אינפורמציות המקור ליעד המעוניין בה דרך ערוץ המכונה "הערוץ הגאוזי האדיטיבי מוגבל-הסרט". ערוץ זה מעביר תדרים עד W (הרץ), כש- W מסמן את רוחב הסרט של הערוץ וכן מוסף רעש אדיטיבי גאוזי לבן n_t בעל צפיפות הספק ספקטרלית (מסומנת ב-PSD) בעצמה של N_0 (ואט/הרץ). תמסורת המידע בין המקור ליעד מתבצעת בעזרת משדר (מקודד) המהווה טרנספורמציה כללית, לבחירת המתכנן, ממידע המקור לאות תלוי-זמן x_t המשוגר לערוץ. לרשות המשדר עומדים אמצעים מוגבלים המתוארים בעיקרם בזו באמצעות ההספק הממוצע המסומן ב- P .

כאשר $E_b = \frac{P}{R}$ מסמן את האנרגייה המושקעת בשידור ביט אינפורמציה אחד.

נוסחה (4) מבהירה שאי אפשר לשדר אינפורמציה באמינות מוחלטת בערוץ הגאוס האדיטיבי אלא אם כן משקיעים אנרגייה מינימלית מנורמלת לרמת הרעש לכל ביט אינפורמציה. תוצאה זו, שאינה תלויה בטכנולוגיה, מדגימה את חשיבותם של הניבויים האנליטיים הטמונים בתורת האינפורמציה שתקפותם אינה פגה עם הזמן.

תורת האינפורמציה נוגעת כיום בנושאים רבים בתחום ההנדסה, הרבה מעבר לתקשורת בלבד. נציין רק כמה נושאים, ובמפורש: רשתות תקשורת, תורת הבקרה, רשתות בכלל ומדעי וטכנולוגיות מחשב.

תורת האינפורמציה השפיעה ישירות על תחומים כגון למידה [5], סיבוכיות (לדוגמה מסוג קולמוגורוב Kolmogorov) וכן למפל-זיו ((LZ), אחסון מידע

לדוגמה, נעיין במקור סימטרי $p_s = 1/2$ ונדרוש ביצועים ללא שגיאות (תקשורת אמינה) $p_e = 0$. נוסחה (1) תקבע אפוא זאת:

$$R \leq W \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 W} \right) \quad (2)$$

שהיא הנוסחה המפורסמת של שנון [1] לקיבול הערוץ הגאוס האדיטיבי מוגבל-הסרט, המאפיין את הקצב המרבי של סיביות לשנייה הניתנות לשידור אמין דרך ערוץ זה. אם אין מגבלת רוחב סרט, קרי $W \rightarrow \infty$, אזי מ- (2) מתקבל

$$R \leq \frac{P}{N_0 \ln 2} \quad (3)$$

(ln מסמן לוגריתם על פי בסיס טבעי). במילים אחרות:

$$\frac{P}{RN_0} = \frac{E_b}{N_0} \geq \ln 2 \quad (4)$$



האינפורמציה בלינגוויסטיקה [4, pp. 194–208]. נסתפק ברשימה זו של קשרים בין-תחומיים של תורת האינפורמציה ונסיים היבט זה בציון מאמרו של שנון "The Bandwagon" [15], שבו הוא מזוהר משימוש סתמי במושגי תורת האינפורמציה לפתרון מלאכותי של בעיות שמתעוררות בתחומים שונים. שנון אינו טוען שמושגי תורת האינפורמציה אינם רלוונטיים למגוון עשיר של תחומים. נהפוך הוא: אין הוא טוען אלא ששימוש אִמְתִי ומועיל דורש מחקר רב ומאמצים אינטלקטואליים ואנליטיים כבירים. אכן, ובמיוחד בשנים האחרונות, רצוי לאמץ את אותה הנחיה מרחיקת ראות של מייסד התחום – קלוד שנון.

ב תקופה האחרונה אנו מבחינים בשינוי מגמה מהותי בתורת האינפורמציה. התחום, שבהיולדו [1] היה מתמטי לחלוטין והתבסס על שיקולים אנליטיים מרחיקי ראות של מייסדו ושל אותם ענקים שהלכו בעקבותיו בשנות החמישים, נשאר בעיקרו כזה. אלא שתחזיותיו, שבעבר נראו דברים תאורטיים שנחמד ומעניין לדעת אך חסרי שימוש פרקטי, הפכו להיות לכלים מעשיים חשובים. השינוי חל עם התפתחות הטכנולוגיה, שאפשרה מימוש מערכות מורכבות ביותר, ללא קשיים מיוחדים. לדוגמה, במשוואה (2) תוארו הביצועים המוחלטים האפשריים בערוץ גאوسی אדיטיבי מוגבל-הסרט. כיום תוך ניצול שיטות קידוד מתקדמות [16] מסוג Low Density Parity Turbo Codes (LDPC) ועקרונות של קודי Turbo Codes (Turbo Codes) ולאחרונה גם Polar Codes למימוש קודי ערוץ יעילים, ניתן להתקרב מאוד לביצועים האולטימטיביים. האם עובדה זו מוליכה ל"מותה" של תורת האינפורמציה אם כי מסיבה שונה מזו שנטענה בעבר? בעבר גרסו אף מדענים בכירים בתחום כי תחזיות תורת האינפורמציה חסרות ערך מהבחינה הפרקטית, וכיום הן פשוט ניתנות למימוש במגוון מקרים. כפי שנראה, קרה ◀

(storage), הצפנה (קריפטוגרפיה) מסוגים שונים, החל מזו המבוססת על מערכות הצפנה קלאסיות, המשתמשות במפתח הצפנה [4, pp. 84–143], וכלה במערכות שבהן הסודיות מושגת בעצם ניצול ההבדל בין ערוצי התקשורת של המשתמש הרצוי לזה של המאזין הלא חוקי (eavesdropper) [6], ומקורות המזכרים שם], [7]. תורת האינפורמציה קשורה גם לתכנון מעגלים וטכנולוגיות המשמשות לתקשורת בתוך רכיב המעבד (VLSI, processor) עצמו. לתורת האינפורמציה חשיבות מרובה גם מחוץ לתחום ההנדסה כולו, ולכן אפשר בהחלט להתייחס אליה כאל מדע בין-תחומי במלוא מובן המילה. הקשר עם תורת ההסתברות, סטטיסטיקה ומודלים אקראיים הוא קלאסי מאז היוולדות התחום. הקשר הוא דו-כיווני, וגם התחומים המתמטיים החשובים הללו, נהנו מקשרים הדדיים. נזכיר כאן רק את נושאי הסקת המסקנות הסטטיסטיות (statistical inference) ואת תורת התנודות הרחבות (large deviations theory), [5], [6], [8], [9], [10]. הקשר ההדוק הדו-כיווני עם תחום המתמטיקה בולט אף הוא לאורך השנים. נזכיר כאן נושאים קלאסיים כגון התורה הארגודית [3], [8], [10], מטריצות, אם דטרמיננטיות [2] ואם אקראיות [19], ותורת הגרפים [4, pp. 121–138], [11]. קשרים עם תחום הפיזיקה ובמיוחד הפיזיקה הסטטיסטית זכו לאחרונה לשימוש במגוון בעיות תאורטיות ופרקטיות [11], [12]. הפיזיקה הקוונטית שימשה בסיס לפיתוח ענף חדש של תורת האינפורמציה קוונטית, המאמצת מושגים קוונטיים להגדרת אינפורמציה ועיבודה [13]. קשרים בין תורת האינפורמציה לכלכלה ובמיוחד לתורת ההשקעות מחד ולהימורים מאידך ידועים זה עשרות שנים [2]. תחום הביולוגיה נהנה גם הוא מקשר הדוק עם תורת האינפורמציה, ומונחים כגון ביו-אינפורמטיקה, וכן רשתות עצביות, ביולוגיה מולקולרית ולאחרונה גם שרשרת (DNA Sequencing) [14], הופכים להיות שגורים בתחום. שנון עצמו עסק בהיבטים של תורת



פרקטית. תורת האינפורמציה מצביעה ישירות על מה ניתן לעשות ולעתים אף קובעת את העיקרון ואת והאלגוריתם שמשגי לא רק ביצועים טובים אלא אף את הביצועים האופטימליים. כמובן האלגוריתם וכן התחזיות לביצועים אופטימליים תלויים במודל, בדרישות ובמשאבים להשגתם, וגם כאן יש לנקוט משנה זהירות כדי להימנע ממסקנות מוטעות או אף מביכות. מתברר יותר ויותר כי מודלים תאורטיים מסוגלים לספק את התובנה הנדרשת למימוש מערכות מעשיות המתקרבות לאופטימום האפשרי. כמובן, בניגוד למערכות ולמודלים פשוטים ולעתים נאיביים, שהיו די מספקים בעבר, כיום נדרשים מודלים מורכבים הרבה יותר, כאלו המסוגלים להתמודד עם מושגים של תקשורת מרובת-משתמשים הנעשית בתנאים ובערוצים שונים, ולעתים אף בתנאי אי-ודאות (לדוגמה, כאשר לא ניתן ידע מדויק של ההתנהגות הסטטיסטית של הערוץ). מה שחסר הן בעיקר התוצאות המתמטיות התאורטיות (חלקן בעיות פתוחות זה עשרות בשנים) למגוון הרב של מודלי תקשורת ועיבוד מידע רלוונטיים. כצפוי,

◀ ההפך הגמור: ההתפתחות הטכנולוגית מובילה לעניין מסיבי ונרחב במודלים ובגישות של תורת האינפורמציה, וזאת משום שאלו – למרות היותם מתמטיים, תאורטיים ומורכבים – הפכו לבעלי משמעות פרקטית מהמעלה הראשונה. יתרה מזו, בעבר הלא רחוק עיקר הבעיה בהנדסת תקשורת ועיבוד אינפורמציה הייתה "איך לעשות", "איך לממש", "איך לבנות", ואילו "מה לעשות" היה די ברור, מכיוון שאי אפשר לדרוש מימוש מערכת מורכבת מדי בטכנולוגיות העבר. כיום נתהפכו היוצרות: השאלה "איך לעשות" הפכה להיות סטנדרטית, ובדרך כלל לא חשוב כל כך ולא ממש קריטי אם המימוש דורש עוד עשרות אלפי טרנזיסטורים (כולם מכונסים ברכיב זעיר אחד). הבעיה הנוכחית, לעומת זאת, היא "מה לעשות", קרי השיטה, האלגוריתם, הגישה והרעיון הם הדברים החשובים שיובילו למערכות בעלות ביצועים משופרים וקרובים לאופטימליים. מימוש הטכניקה הנבחרת בדרך כלל כבר אינו בבחינת בעיה מהותית כפי שהיה בעבר, ובדיוק בנקודה זו תורת האינפורמציה הופכת להיות כלי בעל חשיבות

שנים ספורות) להתעניינות וליישומים מעשיים רבים.

לתורת האינפורמציה יהיה משקל מרכזי מכריע בבחירת גישות יעילות הקרובות לאופטימליות במערכות תקשורת ועיבוד אינפורמציה עתידיות המבוססות על מבנה ענן (Cloud Processing, Computing & Networking). כאמור, גם אפיון האופטימום האפשרי נמצא בארגז הכלים והיכולות של תורת האינפורמציה. פרטים נוספים ודוגמאות ליישומים של עקרונות תורת האינפורמציה אפשר למצוא ב-[17].

סעיף זה נדגים בעזרת מודל מתמטי לינארי פשוט את ישימותה הנרחבת של אנליזה תאורטית במסגרת תורת האינפורמציה.

מתברר שגם מודלים פשוטים כאלה מציבים בפנינו בעיות תאורטיות מורכבות, שחלקן עודן פתוחות. כמו כן נצביע על קשרים של בעיות מסוימות לנושאים מתמטיים קלאסיים. במסגרת זו תודגש גם הזווית האיטית, קרי חלק מהנושאים והבעיות שהמחבר עסק ועוסק בהם, וזאת ללא כל טענות או יומרות כי אלו הנושאים והבעיות החשובים או הרלוונטיים ביותר. נעיין במודל התקשורת הלינארי הווקטורי להלן:

$$y = AHx + n \quad (5)$$

x מסמן את וקטור המבוא (input vector),
 H היא מטריצת הערוץ (channel matrix),
 n הוא וקטור הרעש הגאוסני האדיטיבי,
 y הוא וקטור המדידה במוצא הערוץ (channel output),
 A מסמלת את מטריצת המדידה, ומסוגלת לתאר דעיכות ערוץ, מיתוג מוצאים ושקלולי אובזרבציות שונות,
 B היא מטריצה המשמשת למיתוג ובקרת כניסה. לדוגמה, מטריצה אלכסונית, כאשר האלכסון מורכב ממספרים המקבלים ערכים (1,0) הקובעים אילו מרכיבי הכניסה יהיו פעילים. ◀

היבט זה מספק תמריץ עצמתי למחקר מעמיק ונרחב בתחום. אכן, זוהי הסיבה המרכזית להתרחבותו של התחום בעולם בעשור האחרון מבחינת סטודנטים, חוקרים ומדענים ומשאבים שמוקצים למחקר.

דגים בקיצור נמרץ מערכות תקשורת קיימות ששיקולים אינפורמטיביים שימשו פקטור מרכזי לא רק בתכנון אלא אף בעצם הצעתן.

תחילה נזכיר את אלגוריתם הדחיסה על שם למפל-זיו (LZ), הנחשב היום קלאסי, המשמש בסיס לאלגוריתמי דחיסת נתונים ונמצא בשימוש נרחב במחשבים ובאינטרנט. נציין את מערכות ה-CDMA (Code Division Multiple Access), טכנולוגיה שהיוותה בסיס למערכות סולריות מהדור השלישי. טכנולוגיות Orthogonal (OFDM) Frequency Shift Keying, שחלקן פותחו על יסוד שיקולים אינפורמטיביים והן מרכזיות בתקשורת סולרית מודרנית ועתידית. תקשורת קווית מודרנית - ADSL/VDSL - מתקרבת לגבולות התאורטיים המותרים על ידי ערוצי הכבלים/חוטי הטלפון הנתונים. נוסף על אלה נציין רעיונות אינפורמטיביים מתקדמים המשמשים ב-HDMI (High-Definition Multimedia Interface) וכן ב-DAB (Digital Audio Broadcasting). גם באינטרנט מערכות תקשורת מתוחכמות המנצלות קידוד מסוג Raptor ו-Fountain, שפותחו משיקולים אינפורמטיביים תאורטיים, מאפשרות התאמה טבעית לסביבת הרשת ללא צורך בתכנון נפרד לקצבי המוצא השונים. נסיים באזכור מערכות אלחוטיות המבוססות על מערכי אנטנות בשידור וקליטה - Multi-Input-Multi-Output (MIMO). אלו משמשות כיום מרכיב מרכזי בדורות העתידיים (דור 5) של תקשורת סולרית. כיום מדברים על מאות אנטנות, ומושגים כגון Massive MIMO שגורים בפי מהנדסי הפיתוח הבכירים. נושא ה-MIMO פותח כולו משיקולים תאורטיים אינפורמטיביים אנליטיים וזכה כמעט בן לילה (תוך

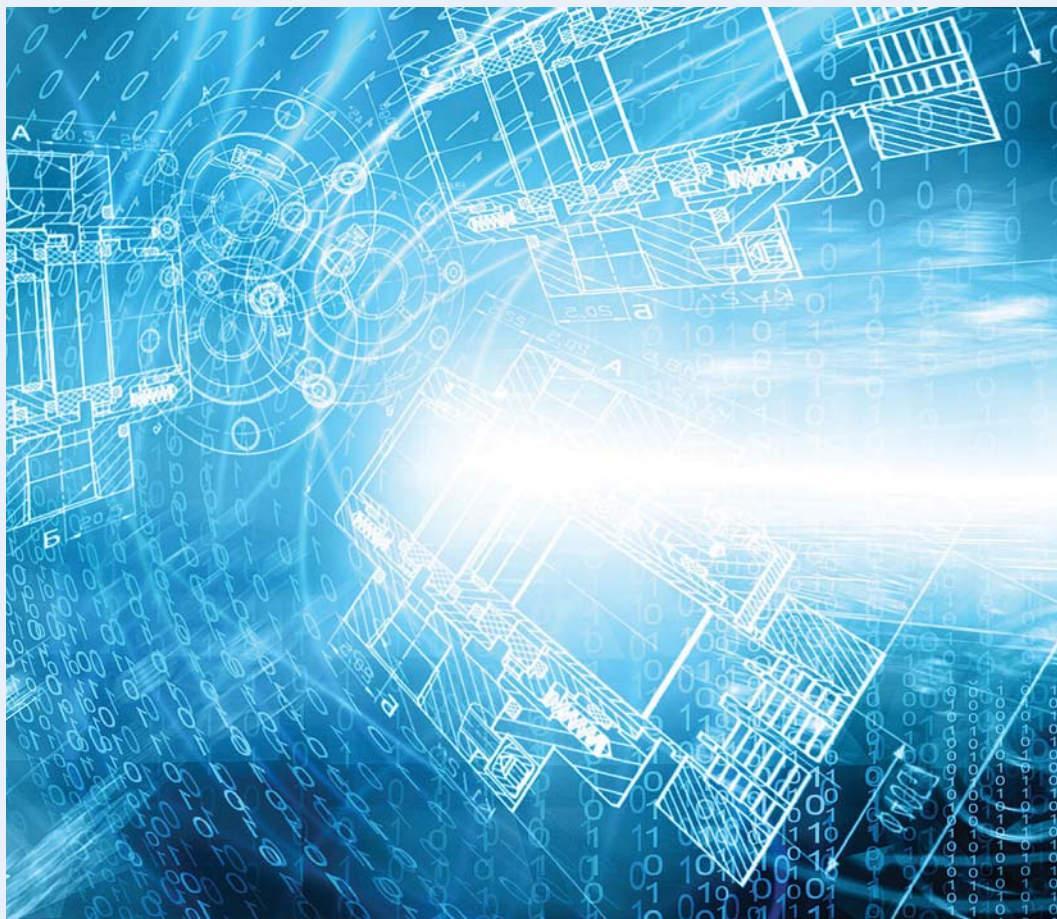
קלאסי לתיאור ולטיפול בבעיות תקשורת הקשורות בערוץ העולה (uplink), קרי הערוץ המתאר את התקשורת ממגוון משתמשים למרכז אחד (כגון תא סלולרי). ערוץ כזה מכונה ערוץ מרובה-משתמשים (multiple access channel). דוגמה קלאסית היא תקשורת פורסת-ספקטרום (spread-spectrum) כגון (CDMA), אז המטריצה H מאפיינת את סדרות הפריסה (spread spectrum sequences) הנבחרות לעתים באופן אקראי [21]. בשימושים מסוג זה רכיבי וקטור המבוא מתארים את הסינגלים של המשתמשים השונים.

ה מודל הלינארי הפשוט ב-(5) מתאר גם ערוץ הפצה מרובה-אלמנטים (MIMO broadcast channel). ערוץ זה מאפיין לדוגמה את "הערוץ היורד" (downlink) מהתא הסלולרי מרובה-האנטנות אל מספר משתמשים שאינם משתפים פעולה ביניהם. ניתן להתייחס לערוץ זה כדואלי לערוץ מרובה-המשתמשים שתואר קודם, שבו מספר משתמשים מעבירים אינפורמציה למרכז קליטה אחד. קרי, כאן האינפורמציה משודרת ממרכז שידור אחד (מתואר על ידי הווקטור x) למשתמשים רבים. האותות הנקלטים אצל המשתמשים השונים מתוארים באמצעות הרכיבים של הווקטור y . בעיית ערוץ הפצה בכלל היא בעיה קשה בתורת האינפורמציה ועדיין לא פתורה בכללה זה עשרות בשנים [3], [6]. הבעיה הספציפית של MIMO broadcast channel הוצגה ונפתרה חלקית בעבודה [22] שזכתה בפרס Joint 2003 Information Theory and Communications Societies Paper Award.

עבודה זו פתחה "מירון" לפתרון מלא של הבעיה, וזו אכן נפתרה במלואה במחקר [23] שזכה ב-2007 IEEE Information Theory Society Paper Award. אלמנט מרכזי בפתרון הבעיה שהוצג ב-[22] והוכח כאופטימלי באופן כללי ב-[23] מבוסס על טכניקה המכונה "כתיבה על נייר מלוכלך" (dirty paper).

◀ מעצם היות המודל וקטורי, הוא משמש לייצוג מערכות מרובות כניסות ויציאות, ובלעז - MIMO. מערכות אלו משמשות כיום בתקשורת אלחוטית וקווית, ובעתיד נראה אף מערכות הניתנות לתיאור וקטורי בממד גדול מאוד (לדוגמה אנטנות רבות המותקנות בכל תא בתקשורת סלולרית), המכונות Massive MIMO. פרטים נוספים על אודות ההיסטוריה של מערכות אלו ונושאים נוספים אפשר למצוא במאמר הסקירה [18]. נושא ה-MIMO הוא קלאסי להדגמת הקשר העמוק של בעיות אלו לתורה המתמטית של מטריצות אקראיות [19]. כאן מטריצת הערוץ H מתארת מימוש (ראליזציה) של הערוץ הווקטורי ומאופיינת בחוק הסתברותי מתאים.

תורת האופטימיזציה המתמטית מאפשרת אפיון הסתברותי אופטימלי של וקטור הכניסה x בהינתן משאבים נתונים העומדים לרשות המשדר (כגון הספק או אנרגייה ממוצעת). המודל הלינארי הפשוט (כאשר A, B נבחרות כמטריצות יחידה ו- H היא Toeplitz) מתאים לתיאור תופעות שונות כגון תקשורת באמצעות קווי טלפון בקצב מהיר כאשר גורם דומיננטי הוא ההפרעה הבין-סימנית (intersymbol interference). כמו כן בבעיות אינפורמטיביות הקשורות לתקשורת MIMO נעשה שימוש נרחב בכלים מפיזיקה סטטיסטית [12] ובמיוחד בשיטת הרפליקה [20]. נושא עדכני הניתן גם הוא לטיפול במסגרת המודל הלינארי הווקטורי עוסק בדגימה וחישה דחוסה (compressive sensing/sampling). בבעיות אלו רק רכיבים ספורים מווקטור הכניסה x משפיעים על המוצא, וזאת אפשר לקבל בבחירת מטריצה אלכסונית B כאשר הרכיבים על האלכסון מאופיינים על ידי משתנים אקראיים בינריים. ההסתברות שהערך הוא יחידה קובעת את מידת הדילול (sparsity). המדידות וכמותן נשלטות באופן דומה על ידי המטריצה A . למידע נוסף, אנליזה ושימושים שונים, הקוראים המעוניינים מופנים ל-[20] ולמקורות נוספים המצוטטים שם. המודל בנוסחה (5) הוא



המשתמשים המשוך לתאים אלו. כמתואר, בעזרת מודל זה אפשר להציג הן את הערוץ העולה והן את הערוץ היורד, ואף לתאר שיתוף פעולה אפשרי בין תאים שונים או בין משתמשים שונים. הניתוחים התאורטיים של תורת האינפורמציה מאפשרים לא רק לזהות את הפוטנציאל הקיים בשיתוף פעולה ברמת התאים אלא אף לכמת את היתרון גם כאשר קיימות מגבלות על שיתוף פעולה זה. אין זה מפליא אפוא שדורות עתידיים של תקשורת סלולרית (דור 5 והלאה) אכן ינצלו אלמנטים אלו לשיפור ניכר בקצב האינפורמציה האמינה ובזמינותה כדי לספק את הדרישות הגוברות של ציבור הצרכנים בתחום. ההבנה התאורטית משליכה על נושאים

writing on), שבעיקרה מתייחסת לבעיה של תשדורת כאשר ההפרעה ("הלכלוך") נתונה מראש למשדר בלבד. בשל חשיבותה זכתה טכניקה זו, שנחשבה לתאורטית ומתמטית לחלוטין, להתעניינות מעשית, ופותחו שיטות יעילות ליישום פרקטי של טכנולוגיה זו [24]. מאמר סקירה בנושא ערוץ ה-MIMO broadcast ניתן ב-[25].

חד השימושים העדכניים והמעשיים ביותר **N** שבמודל התקשורת המאופיין ב-(5) הוא לתקשורת אלחוטית סלולרית. מטריצת הערוץ H מאפיינת במצב זה את הערוץ שבין התא (cell-site) הבודד או מערך תאים המשתפים פעולה לבין אוסף



אינפורמציה באופן אמין ליעדו שלו, כלומר גם רכיבי וקטור המבוא x וגם רכיבי וקטור המוצא y מתארים את הסיגנלים המשויכים למשדרים ולמקלטים שונים בהתאמה. המטריצה H מדמה את ההפרעות הבין-ערוציות הנובעות לדוגמה משימוש במשאבים שאינם נפרדים (אורתוגונליים) כגון תדרים זהים, זמנים זהים לשידור וכיו"ב. גם ערוץ ההפרעה הוא אגוז קשה לפיצוח מבחינת תורת האינפורמציה ועדיין לא פוצח במלואו [6]. מתברר כי טכניקות מעניינות לפעולה יעילה בערוץ זה, ובמיוחד בתנאי יחס אות לרעש טובים, שונות מהטכניקות הקלאסיות. הללו עסקו

◀ רבים נוספים של תקשורת אלחוטית כגון WLAN (Wireless Local Area Networks) וכן נושאים של תקשורת "ירוקה", Massive MIMO, תקשורת במיקרו תאים ועוד. סקירה של התרומות התאורטיות בתחום אפשר למצוא ב-[26] וב-[27].

בעזרת מודלי תקשורת פשוטים אלו ניתן לתאר מגוון של בעיות עם השלכות פרקטיות ישירות שעדיין לא צוינו. אחת הבעיות הקלאסיות עניינה בערוץ הפרעה (interference channel). בניגוד למה שכבר תיארונו, במקרה זה מדובר על ערוץ בעל מספר משתמשים, שכל אחד מהם בנפרד מעוניין להעביר

שהובילו למושגים של קידוד רשתי (network coding), ולאחרונה קידוד רשתי בנוכחות רעשים והפרעות (noisy network coding), מאפשרים תקשורת יעילה בהרבה מזו הקיימת כעת, המתבססת על אלמנטים של ניתוב (routing) [30]. אספקטים של תכנון בין-שכבתי (cross-layer design) תוך שימוש באלמנטים של תורת האינפורמציה, המאפשרים הסתכלות מאוחדת בבעיית מקור, ערוץ ורשת, פותחים אופק חדש של אפשרויות תאורטיות ומעשיות.

גישה זו מובילה להגדרת בעיות תאורטיות חשובות שפתרוןן יוביל לתובנות חדשות הנוגעות למערכות תקשורת עיבוד אותות ומידע עתידיות. תורת האינפורמציה מטפלת ביסודיות בספקטרום נרחב של נושאים ובעיות שנובעות מאילוצים מעשיים, והדבר שב ומדגיש את הרלוונטיות הישירה של התחום לפרקטיקה של תקשורת ועיבוד אותות. כדוגמה נציין פיענוח המתבצע בעזרת מטריקה לא מתואמת (mismatched) הנובעת למשל מידיעה חלקית של הערוץ שדרכו מועבר המידע. פרטים מופיעים ב-[31] ובמקורות המוזכרים שם.

כפי שכבר נזכר, נושאי ביטחון והצפנת מידע נופלים בקטגוריה זו של הסתכלות מאוחדת. במיוחד מעניינות גישות מודרניות המשיגות את אלמנט הסודיות באמצעות ניצול הערוץ הפיזי עצמו וללא הקצאת משאבים מיוחדים (כגון מפתח הצפנה) או הסתמכות על סיבוכיות אלגוריתמית למטרה זו [32]. כאמור, היריעה התאורטית הרחבה של תורת האינפורמציה נוגעת ישירות בתחומים נוספים. נדגים אלמנט זה בהצגת הקשר העמוק שבין גדלים קלאסיים בתורת האינפורמציה לאלו שבעיבוד אותות. נעיין שוב במודל הלינארי הפשוט ב-(5) ונבחר את $B=I$ להיות מטריצת היחידה ואת A להיות פרופורציונלית למטריצת היחידה, $A = \sqrt{\text{snr}}I$. בחירה זו נותנת:

$$y = \sqrt{\text{snr}} Hx + n \quad (6)$$

הפרמטר snr משמש מדד יחס אות לרעש. ◀

בחלוקת משאבים (תחומי תדר, אינטרוולי זמן ו/או אלמנטים מרחביים) מחד ובפיענוח המידע המפריע (גם אם הוא לא נחוץ כשלעצמו) וביטול ההפרעה הנובעת ממנו (interference cancellation) מאידך. טכניקות מתקדמות, שללא ספק ימצאו את שימושן הפרקטי לעתיד לבוא, מבוססות על רעיונות תאורטיים של "התאמת" הפרעות [6], [28]. (Interference alignment). בשיטה זו התקשורת מתוכננת באופן שכל מקלט מופרע רק על ידי תת־מרחב של אותות אף על פי שפיזית הוא מופרע על ידי כל המשתמשים (המטריצה H מלאה). את תת־המרחב המשלים מנצל כל משתמש לתקשורת לא מופרעת, כאשר שוב ההפרעה האינהרנטית שהוא גורם לאחרים משויכת אף היא לתת־מרחב של אותו משתמש המופרע מהאות הנוכחי. מתברר כי נושאים אלו קשורים להיבטים מעניינים במתמטיקה ובמיוחד למונחים Renyi's Information Dimension [29], וכן למונחים קלאסיים בתורת המספרים כגון [28] Diophantine Approximation Theory.

קיימים היבטים רבים נוספים למודל תקשורת פשוט זה או למערכות תקשורת המבוססות על קומבינציות של מודלים מהסוג המתואר במשוואה (5). נזכיר כאן לדוגמה נושאים הקשורים לשיתופיות ולרשתות שיתופיות כאשר השיתוף מושג אם בעזרת ממסור (relaying) ואם בשימוש ברשתות מידע (כגון האינטרנט) תוך התחשבות אנליטית במגבלותיהם (backhaul constraints) לעצם ביצוע שיתופי הפעולה בין משתמשים שונים. תקשורת במערכות קוגניטיביות נשענת על תובנה שהתקבלה מאנליזה אינפורמטיבית של גישות אלו. נושאי משוב (feedback) הם בעלי משמעות עמוקה בתורת האינפורמציה מתחילת ימיה, ושנון עצמו תרם מהותית לבעיה זו [4, pp. 221–238]. עקרון המשוב מקבל משנה חשיבות ברשתות תקשורת מרובות־משתמשים שפועלות לדוגמה באופן מבוזר. מתברר כי רעיונות תאורטיים אינפורמטיביים

שהוא הביטוי המרכזי הרלוונטי לקיבול ערוץ במודל MIMO. קשר חשוב זה (9) הוביל לתוצאות משמעותיות בבעיות ישנות וחדשות. לדוגמה, בעזרתו [33] נמצא הקשר הישיר שבין שגיאות מסננים (filters) למחליקים (smothers) לא לינאריים, שהיה בעיה פתוחה קלאסית בעיבוד אותות במשך עשרות שנים. באשר ל-"חדש", קשר זה הוביל למגוון פתרונות ותובנות הנוגעים לבעיות שונות כגון אלו הדנות בקידוד יעיל בערוצי הפרעה וכן בנושאי תקשורת סודית בערוצי (MIMO). לפרטים נוספים, למבט כללי ולהרחבת קשר זה בין אינפורמציה לשגיאת שיערוך ריבועית ממוצעת (MMSE) לערוצים כלליים ולא דווקא גאוסיים, ראו [33], [34] ו-[35].

סיים את המאמר בסיכום קצר ובמבט לעתיד:] בחיבור קצר וכללי זה ניסינו להצביע על הספקטרום הנרחב המכוסה במחקר התאורטי בתורת האינפורמציה, וזאת מעבר לבעיות הקלאסיות של העברתה ועיבודה של אינפורמציה שנחקרו ונחקרים באופן מתמטי רגורסי במשך עשרות השנים מאז הולדת התחום עם מאמרו הגאוני של קלוד שנון ב-1948 [1].

מיקדנו את המבט בפרספקטיבה סובייקטיבית במודלים לינאריים פשוטים תוך הצגת הרלוונטיות של אלו לתחומים שונים ולשימושים מעשיים. אין להבין מכאן כי המודלים וההיבטים שנידונו הם העיקריים שיש, וגם הפרטים שצוינו (כולל המקורות) חלקיים ביותר. הנושא בכללותו מטופל באלפים רבים של מאמרים ועבודות הנוגעים למגוון שלם של תחומים ובעיות. ההיבטים הבין-תחומיים המצויים בתשתית תורת האינפורמציה צוינו אך באופן כללי וחלקי. היבטים אלו יובילו ביתר שאת להפריה הדדית בין התחומים. אין ספק שהמחקרים בתחום זה ותוצאותיהם השפיעו בעבר וישפיעו בעתיד אף יותר ובצורה מהותית על ההבנה והתובנה באשר למערכות ורשתות תקשורת

◀ מונח מרכזי בתורת האינפורמציה מיום היווסדה הוא האינפורמציה ההדדית הממוצעת (average mutual information) הניתנת לביטוי

$$I(x; y) = E \ln \left\{ \frac{d\{p(x, y)\}}{d\{p(x) \times p(y)\}} \right\} \quad (7)$$

כתוחלת (המסומנת על ידי האופרטור E) של הלוגריתם הטבעי של נגזרת Radon-Nikodim בין מידת ההסתברות המשותפת $p(x, y)$ לבין מכפלת המיידות השיוריות $p(x)p(y)$. גודל זה משמש מדד אינפורמציה בין x ל- y [1], [2], [3] (שימוש בלוגריתם טבעי מגדיר את האינפורמציה ב-nats, ואילו לוגריתם לפי בסיס בינרי מגדיר אותה ב-bits והמעבר ביניהם אלמנטרי). בעיבוד אותות ובסטיסטיקה בכלל נושא השיערוך הוא מרכזי, וחשוב במיוחד הוא המשערך על פי התוחלת המותנית (conditional mean). שיערוך כזה של x על פי המדידה y מסומן ב- $E(x|y)$, וזהו המשערך האופטימלי על פי קריטריון מינימום השגיאה הריבועית הממוצעת (minimum mean square error) ביטוי שגיאה זה, כאשר השיערוך המתבצע הוא לווקטור Hx (כאשר H מטריצה נתונה) מתוך המדידה y ,

$$\text{mmse}(x; \text{snr}) = E \| Hx - HE(x|y) \|^2 \quad (8)$$

הוא מטבע הדברים פונקצייה של snr , וכך הוא מסומן במפורש בביטוי (הנורמה הריבועית מסומנת כ- $\|\cdot\|^2$).

התוצאה המפתיעה שהוכחה ב-[33] קובעת קשר ישיר מתמטי בין ביטויים אלו:

$$\frac{dI(x; y)}{d \text{snr}} = \frac{1}{2} \text{mmse}(x; \text{snr}) \quad (9)$$

קשר המתקיים לכל בחירה של הווקטור האקראי x (בעל תוחלת סופית של הנורמה הריבועית). כאשר x הוא וקטור גאואסי עם רכיבים גאוסיים סטנדרטיים בלתי תלויים סטיסטיים, האינפורמציה ההדדית ניתנת על ידי הביטוי הקלאסי המוכר של לוג דטרמיננט,

$$I(x; y) = \frac{1}{2} \ln \det \| I + \text{snr} HH^T \| \quad (10)$$

מקורות:

- [1] C.E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communications," Bell System Tech. Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, Oct. 1948.
- [2] T.M. Cover and J.A. Thomas, Elements of Information Theory (second edition) Wiley, New York, 2006, ISBN: 13978-0-471-24195-9.
- [3] I. Csiszar and J. Korner, Information Theory: Coding Theorems for Discrete Memoryless Systems, (second edition), Cambridge University Press, New York, 2011, ISBN: 978-0521-19681-9.
- [4] C.E. Shannon, Collected Papers, Edited by N.J.A. Sloane, A.D. Wyner, IEEE Press, 1993, ISBN: 0-7803-0434-9.
- [5] D. J. C. MacKay, Information Theory, Inference and Learning Algorithms, Cambridge University Press, New York, 2003, ISBN: 0-521-64298-1.
- [6] A. El Gamal and Y. H. Kim, Network Information Theory, Cambridge University Press, New York, 2011, ISBN: 978-1-107-00873-1.
- [7] M. Bloch and J. Barros, Physical-Layer Security, From Information Theory to Security Engineering, Cambridge University Press, New York, 2011, ISBN: 978-0-521-51650-1.
- [8] Robert M. Gray, Entropy and Information Theory, Springer Verlag, New York, 1990, ISBN: 3-540-97371-0.
- [9] T. S. Han, Information-Spectrum Methods in Information Theory, Springer, New York, 2003, ISBN: 3-540-43581-6.

במובן הכללי ביותר. השלכות מבורכות צפויות על עצם מהותו של המושג "תקשורת יעילה", ובמיוחד תקשורת אלחוטית ומדיות תקשורת אחרות, כגון תקשורת קווית, תקשורת אופטית וכדומה. לכאורה, נראה כי עסקנו בתחום בוגר ופורה. להערכת המחבר, בשל מגוון הנושאים שחלקם הגדול עדכני ובעל היבטים מעשיים חשובים, עיקר ההתפתחות המחשבתית/תאורטית כנראה עוד לפנינו. האוסף הניכר של בעיות תאורטיות חשובות שנותרו פתוחות מעיד על כך. מתברר שלא כבעבר הלא רחוק, כיום מורגש החוסר בתוצאות מדעיות, תאורטיות מתמטיות, שיאפיינו את הפוטנציאל של טיפול במובן הכללי ביותר באינפורמציה מחד ואת המגבלות האולטימטיביות שלו מאידך, ולעתים אף יזהו את האלגוריתמים היעילים להשגת מטרה זו. נושאים אלו מרתקים ומעוררים השראה כאחד בקרב חוקרים ובקרב כל הקהילה המדעית/טכנולוגית שהשלכותיהם המבורכות של המחקרים בתחום נוגעות לה. ארצנו התברכה בתחום זה בקהילת מדענים אקטיביים צעירים ובוגרים הפועלים נמרצות זה עשרות שנים, ופעילותם זוהה להדום ולהערכה בעולם כולו. אנו תקווה כי פעילות זו אף תגבר ותקדם את מדע האינפורמציה התאורטי בכלל ואת מגוון יישומיו בפרט. ■

תודות

תודתי העמוקה נתונה לעמיתי בארץ ובעולם, שעמם שיתפתי, ועודני משתף, פעולה במחקר מרתק. אני אסיר תודה לטכניון, המשמש ביתי המדעי זה שנים רבות, להנהלתו, לפקולטה להנדסת חשמל, לעובדיה ומוביליה, לעמיתי וחבריי, מוריי ותלמידי לאורך השנים. אני מודה גם לקרנות לסוגיהן שתמכו ותומכות במחקרי בתחום זה לאורך השנים ובמיוחד ל־Israel Science Foundation (ISF) ול־Binational (BSF) US-Israel Science Foundation.

- Information Theoretic and Communications Aspects," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 44, No. 6, pp. 2619–2692, Oct. 1998.
- [19] A. Tulino and S. Verdú, "Random Matrix Theory and Wireless Communications," Foundations and Trends in Commun. and Inform. Theory, Vol. 1, No. 1, pp. 1–182, now Publishers, Hanover, MA, USA, 2004.
- [20] A. Tulino, G. Caire, S. Verdú and S. Shamai (Shitz), "Support Recovery with Sparsely Sampled Free Random Matrices," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 59, No. 7, pp. 4243–4271, July 2013.
- [21] S. Shamai and S. Verdú, "The Effect of Frequency-Flat Fading on the Spectral Efficiency of CDMA," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 47, No. 4, pp. 1302–1327, May 2001.
- [22] G. Caire and S. Shamai (Shitz), "On the Achievable Throughput of a Multi-Antenna Gaussian Broadcast Channel," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 49, No. 7, pp. 1691–1706, July 2003.
- [23] H. Weingarten, Y. Steinberg, and S. Shamai (Shitz), "The Capacity Region of the Gaussian Multiple-Input Multiple-Output Broadcast Channel," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 52, No. 9, pp. 3936–3964, Sept. 2006.
- [24] A. Bennatan, D. Burshtein, G. Caire and S. Shamai (Shitz), "Superposition
- [10] M. S. Pinsker, Information and Information Stability of Random Variables and Processes, Holden-Day, Inc., London 1964.
- [11] M. Mezard and A. Montanari, Information, Physics, and Computation, Oxford University Press, New York, 2009, ISBN: 978-0-19-857083-7.
- [12] N. Merhav, "Statistical Physics and Information Theory," Foundations and Trends in Commun. and Inform. Theory, Vol. 6, No. 1-2, pp. 1–212, now Publishers, Hanover, MA, USA, 2009.
- [13] E. Desurvire, Classical and Quantum Information Theory, Cambridge University Press, New York, 2009, ISBN: 978-0-521-88171-5.
- [14] A. Motahari, G. Bresler and D. Tse, "Information Theory of DNA Sequencing," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 59, No. 10, pp. 6273–6289, Oct. 2013.
- [15] C. E. Shannon, "The Bandwagon" (Editorial), IRE Trans. Inform. Theory, Vol. 2, No. 1, pp. 3, March 1956.
- [16] T. Richardson and R. Urbanke, Modern Coding Theory, Cambridge University Press, New York, 2008, ISBN: 978-0-521-85229-6.
- [17] שלמה שמאי (ראיון), תורת התקשורת והמידע: המעבר "מאיך לעשות" "למה לעשות", טכנולוגיות, מס' 371, עמודים 19–14, ינואר 2012.
- [18] E. Biglieri, J. Proakis and S. Shamai (Shitz), "Fading Channels:

- Formula," IEEE Inter. Symp. Inform. Theory (ISIT2011), St. Petersburg, Russia, July 31–Aug. 5, 2011.
- [30] R. W. Yeung, *Information Theory and Network Coding*, Springer, New York, 2008, ISBN: 978-0-387-79233-0.
- [31] S. Shamai and I. Sason, "Variations on the Gallager Bounds, Connections and Applications," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. 48, No. 12, pp. 3029–3051, Dec. 2002.
- [32] Y. Liang, H.V. Poor and S. Shamai, "Information Theoretic Security," *Foundations and Trends in Commun. and Inform. Theory*, Vol. 5, No. 4–5 (2008), pp. 355–580, now Publishers, Hanover, MA, USA, 2009.
- [33] D. Guo, S. Shamai, and S. Verdú, "Mutual Information and MMSE in Gaussian Channels," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. 51, No. 4, pp. 1261–1282, April 2005.
- [34] S. Shamai, "From Constrained Signaling to Network Interference Alignment via an Information-Estimation Perspective," *IEEE Information Theory Society Newsletter*, Vol. 62, No. 7, pp. 6–24, Sept. 2012.
- [35] D. Guo, S. Shamai, and S. Verdú, "The Interplay Between Information and Estimation Measures," *Foundations and Trends in Signal Processing*, Vol. 6, No. 4 (2012), pp. 243–429, now Publishers, Hanover, MA, USA, 2013.
- Coding for Side-Information Channels," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. 52, No. 5, pp. 1872–1889, May 2006.
- [25] G. Caire, S. Shamai, Y. Steinberg and H. Weingarten, "On Information Theoretic Aspects of MIMO-Broadcast Channels," Chapter in *Space-Time Wireless Systems: From Array Processing to MIMO Communications*, edited: H. Bolcskei, D. Gesbert, C. Papadias and A.J. van der Veen," Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2006.
- [26] O. Simeone, N. Levy, A. Sanderovich, O. Somekh, B. Zaidel, V. Poor and S. Shamai, "Cooperative Wireless Cellular Systems," *Foundations and Trends in Commun. and Inform. Theory*, Vol. 8, No. 1-2, pp. 1–177, now Publishers, Hanover, MA, USA, 2012.
- [27] D. Gesbert, S. Hanly, H. Huang, S. Shamai, O. Simeone and Wei Yu, "Multi-Cell MIMO Cooperative Networks: A New Look at Interference," *J. Selec. Areas in Commun. (JSAC)*, Vol. 28, No. 9, pp. 1380–1408, Dec. 2010.
- [28] S. A. Jafar, "Interference Alignment A New Look at Signal Dimensions in a Communication Network," *Foundations and Trends in Commun. and Inform. Theory*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–134, now Publishers, Hanover, MA, USA, 2010.
- [29] Y. Wu, S. Shamai, and S. Verdú, "Degrees of Freedom of the Interference Channel: a General

באקדמיה

להציל את הרוח

מאת פרופ' חוה טורניאנסקי

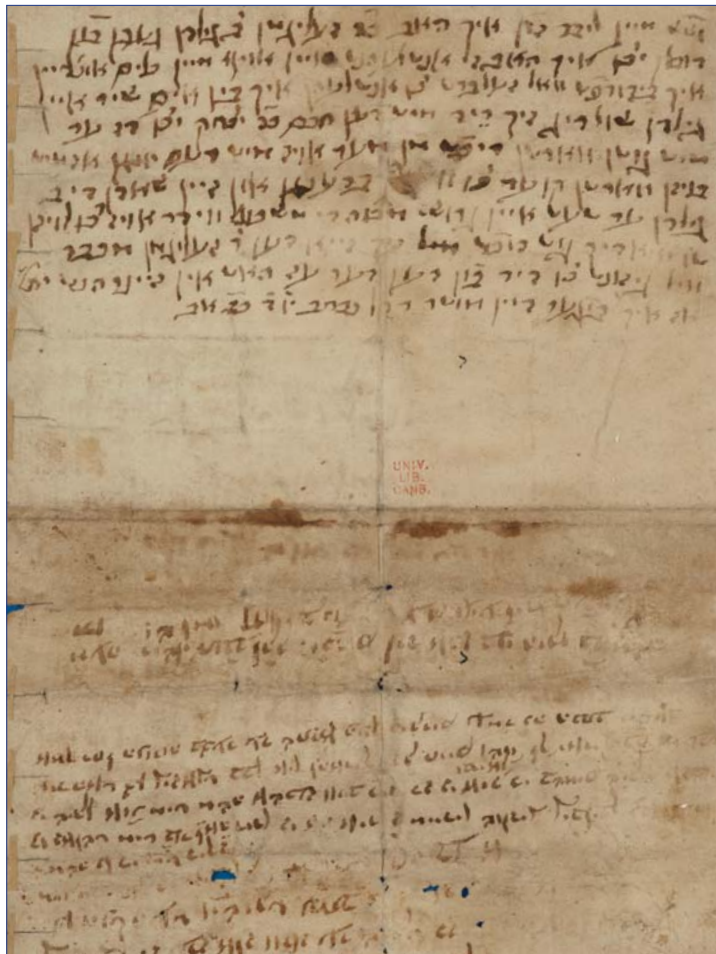
מתוך דברים שנשאה כלת הפרס בשם מקבלי פרס ישראל לשנת 2012, ובהם פרופ' יוסף קפלן, יו"ר החפיבה למדעי הרוח באקדמיה, ביום העצמאות תשע"ג

ארוכה הדרך אל העצמה הרוחנית המיוחלת, ובדרך אל התיקון החברתי הנדרש בדחיפות חייבים לשמש נר לרגלנו מצוות ועקרונות יסוד ממורשתנו הקדומה. התיקון – בנפשנו הוא, והגשמתו תובעת את הרמת קרנם של מדעי הרוח והחברה, אלה הם החוקרים את רוח האדם ואת החברה האנושית.

בתחילת מרס 1950, עוד לפני שמלאו שנתיים להכרזת המדינה, ראה לנכון ראש הממשלה ושר הביטחון דאז דוד בן-גוריון להצהיר נמרצות כי "לפני כל מוטלת עלינו החובה הדחופה של גאולת היצירה העברית. כתבי יד עבריים רבים אבדו בצוק העתים ומחמת המצוק, ומי יודע כמה מהם נשמדו במלחמת העולם השנייה. אך עדיין ישנם אלפי כתבי יד עבריים בספריות בְּעוֹלָם, ומדינת ישראל שומה עליה לאסוף ולכנס נידחים אלה, נדחי רוח ישראל בגולה. אי אפשר להשיג ולרכז בישראל כתבי-היד המקוריים, אבל צילומים אינם נופלים בערכם השימושי מכתבי-היד עצמם, וזאת אשר עלינו לעשות בהקדם, בלי דיחוי, בכל המרץ: לרכז הצילומים באוניברסיטה העברית" (עד כאן לשונו). על כינוס נידחי רוח ישראל אלה הוקם המכון לתצלומי כתבי יד של הספרייה הלאומית, שהפיח רוח חיה במפרשים של חקר מדעי היהדות. תביעתו הדוחפת של בן-גוריון היא עדות ניצחת לשאיפתה הנחושה של ההנהגה דאז לקבץ במדינה היהודית, שזה עתה נולדה, את פזורי ישראל מארבע כנפות הארץ, ועמם פְּרוֹת יצירתם הרוחנית; לאסוף כאן את האדם מישראל עם אוצרות תרבותו, ולהציל לא רק את הנפש אלא גם את הרוח. כעבור שלוש שנים ייסד בן ציון דינור, אז שר החינוך של מדינת ישראל, היסטוריון ומורה דגול, את פרס ישראל, וקבע: "מתן פרסי ישראל ביום

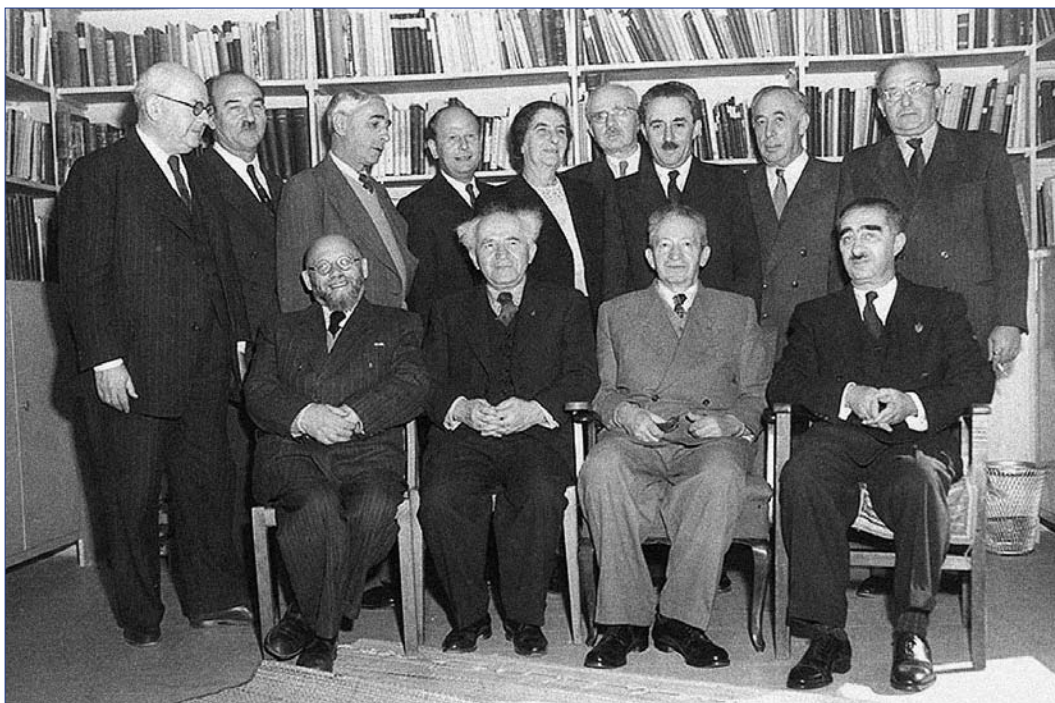
העצמאות בא להדגיש את הקשר הפנימי האורגני בין עצמאות מדינית ובין עצמאות רוחנית. קביעת הטקס ביום העצמאות באה להזכיר לעם, חזור והזכר, כי עצמאותו של עמנו תלויה בעצמתו הרוחנית, ואין עצמה רוחנית לעם אם אין העם שוקד על עצמיותו".

בשישים השנה שחלפו מאז, זכינו לשפע הישגים מפוארים וגילויים פורצי דרך בתחומים השונים של המדע, המחקר והמחשבה. חלקם תרמו להעשרת הידע ולהעמקת ההבנה בהתנהלות העולם שבו אנו חיים ובהתנהגות האדם בו, חלקם חשפו מקטעים עלומים בתולדותינו ובתולדות תרבותנו או זרו אור חדש על הידועים, ואחרים באו להיטיב עם גופנו, לרפא את חולינו, להאריך את ימינו ולשפר את רמת חיינו. פרץ אדיר של שגשוג יצירתי בספרות ובמוסיקה, באמנות הפלסטית ובאמנויות הבמה הניב פרי הלולים מרחיב דעת ומרומם נפש.



כתב יד מן הגניזה הקהירית (T-S. Misc. 36.152): מכתב בידיש של מרת רחל צאריט מירושלים [או: מאמה בירושלים] אל בנה בקהיר משנות השישים של המאה ה־17. זכויות היוצרים לתמונה/ות באדיבות The Syndics of Cambridge University Library. כתב היד באדיבות The Syndics of Cambridge University Library.

◀ לא בכדי מעוררים ההישגים הללו השתאות גדולה, אך עדיין ארוכה הדרך אל העצמה הרוחנית המיוחלת, ורבים האתגרים הניצבים לפנינו בכל תחומי החיים והעשייה. בדרך אל התיקון החברתי הנדרש בדחיפות חייבים לשמש נר לרגלנו מצוות ועקרונות יסוד ממורשתנו הקדומה, מהם השגורים בפינו כמו "כל אדם נברא בצלם אלהים", "מה ששנוא עליך אל תעשה לחברך" או "ואהבת לרעך כמוך", ומהם נדירים יותר, למשל: "כאזרח מכם יהיה לכם הגר הגר אתכם



שרי הממשלה הרביעית אצל נשיא המדינה. יושבים משמאל לימין: בן-ציון דינור, דוד בן-גוריון, נשיא המדינה יצחק בן-צבי, דב יוסף. עומדים משמאל לימין: פרץ נפתלי, לוי אשכול, פנחס לבון, יוסף סרליו, גולדה מאיר, פנחס רוזן, משה שרת, ישראל רוקח, פרץ (פריץ) ברנשטיין, 25.12.1942

ואהבת לו כמוך", "לא תעשוק שכיר עני ואביון מאחיך או מגרך אשר בארצך בשערך", "אשרי אדם מצא חכמה ואדם יפיק תבונה", "כי טובה חכמה מפנינים וכל חפצים לא ישוו בה".

עצמתנו הרוחנית נתונה בסכנה. לפתחה רובצים בורות וניכור, צרות אופקים ושוויון נפש. התיקון – בנפשנו הוא, והגשמתו תובעת את הרמת קרנם של מדעי הרוח והחברה, את טיפוחם הלכה למעשה ואת חיזוק מקומם במערכת החינוך. מדעים אלה הם החוקרים את רוח האדם ואת החברה האנושית. הקנייתם היא שנוטעת באדם שאיפה להבין את עצמו ואת זולתו, כוח לפתח תודעה חברתית, רצון להיות מעורב בחיי הקהילה ויכולת לקבל החלטות

המבוססות על ידיעה והבנה. מקומם הראוי של מדעי היהדות במסגרתם מובן מאליו, כדברי דינור: "אין עצמה רוחנית לעם אם אין העם שוקד על עצמיותו", וזאת דווקא בעם שבעברו עמדו בראש כינויי הגנאי המבזים ביותר הציירופים "בור ועם הארץ", "בור מדאורייתא" ו"גוי גמור", הנאמר רק על יהודי שאינו יודע דבר על יהדותו. בכוחם של לימודי היהדות להפגיש אותנו עם מכלול החיים, המחשבה והיצירה היהודיים על גלגוליהם במשך



פרופ' חוה טורניאנסקי
במקס קבלת פרס
ישראל תשע"ג

הדורות, רוב הזמן כמיעוט בקרב עמים אחרים, ולהנחות אותנו בהגדרת זהותנו כיחידים וכציבור במדינתנו העצמאית. אז תוכל להתגשם השאיפה של יהדות זמננו לחיבור אמין בין "יידישקייט און מענטשלעכקייט" – יהודיות ואנושיות – במסגרת מדינה יהודית ודמוקרטית לתפארת. בדחילו ורחימו נעניתי לבקשה לשאת את דברם של מקבלי פרס ישראל השנה, שנת השישים להיווסדו של ציון ההוקרה והכבוד הגדול ביותר שהמדינה יכולה להעניק לאזרחיה. מתחומי עשייה שונים אנחנו באים, ובזכות זכייתנו היינו – כמו כלות הפרס וחתניו שקדמו לנו – לנציגים נבחרים של רבים וטובים העושים במלאכה למען החברה והמדינה במחקר ובמדע, ביצירה ובבנייה במסגרת המפעל החי והמתפתח המשותף לכולנו, והנותן משמעות לעשייתנו. ביום חגה של המדינה כולה כפולה השנה שמחתנו – ולא לשווא אנחנו נקראים היום חתן או כלה. תודה וברכה שלוחות לכל המלווים אותנו בדרכנו ולכל המשתתפים בשמחתנו. ומעל לכול מלא הלב רגשי תודה עמוקים למדינת ישראל ולרקמתה האנושית החיה, שגם אפשרו לנו להצליח בעשייתנו וגם זיכו אותנו בכבוד הגדול.

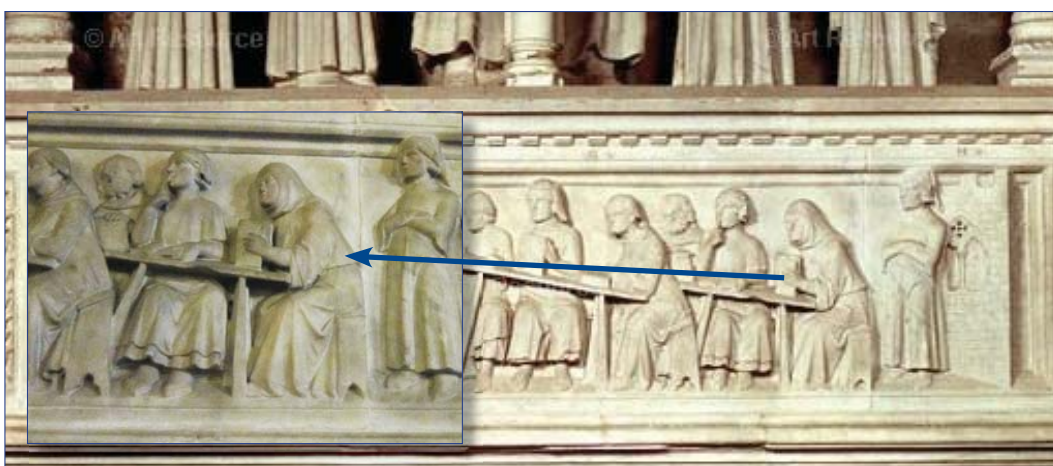
בשורה האחרונה או מאחורי וילון: נשים ואקדמיה מזווית היסטורית

מאת ד"ר תמר הרציג

טקסט זה הוא גרסה מורחבת של דברי הפתיחה שנישאו ביום העיון על מגדר וקריירה אקדמית בישראל, שהתקיים בבית האקדמיה הלאומית למדעים ב־3 ביוני 2013.

משתמשים לציון הדקנים העומדים בראשן, ממחישים היטב את ההשפעות הקדומות הבאות לידי ביטוי גם כיום בחיים האקדמיים. אך על אף ההמשכיות אין ספק שמבחינות מסוימות התחוללו מאז ראשית פעילותן של האוניברסיטאות במאה השתים־עשרה שינויים מרחיקי לכת באופיין. דוגמה מובהקת לכך היא פתיחת שעריהן בפני נשים במאה התשע־עשרה. באוניברסיטאות הישראליות של המאה העשרים ואחת סטודנטיות הן אכן חלק ניכר מגוף הסטודנטים. עם זאת לפי נתוני המועצה להשכלה גבוהה, בשנת הלימודים תשע"ב היה חלקן של נשים בחברי הסגל הבכיר בכלל אוניברסיטאות המחקר בארץ פחות

האוניברסיטאות הראשונות נוסדו לפני קרוב לאלף שנים. ואולם, בניגוד למוסדות אחרים, שבאו גם הם לכלל גיבוש באירופה של ימי הביניים ולא האריכו ימים, מוסד האוניברסיטה לא רק שלא נעלם, אלא אף הפך לדגם המקובל של מוסד להשכלה גבוהה ברוב חלקי העולם. למרות התמורות שחלו בנוף ההשכלה הגבוהה מאז הקמת האוניברסיטאות הראשונות של בולוניה ושל פריז, היבטים שונים של החיים האוניברסיטאיים משקפים, גם בימינו שלנו, את מקורותיהם הקדומים. החלוקה לתארים גבוהים, שעודה מקובלת באוניברסיטאות ישראליות, כמו גם החלוקה לפקולטות, ואפילו השם שבו אנחנו



סטודנטיות יושבת בשורה האחרונה בכיתה בתבליט המציג את המשפטן צ'ינו מפיסטויה מרצה בפני סטודנטים (מצבת קבר מהמאה הארבע־עשרה, קתדרלת פיסטויה).

ההשכלה האוניברסיטאית כהכשרה מקצועית שנועדה להכין את הלומדים לקריירה כמרצים לתחומים שונים של "האמנויות החופשיות" (artes liberales, אותם תחומי ידע שנועדו לאנשים החופשיים, שאינם משועבדים); לקריירה בשירות הכנסייה; או לעבודה בתור רופאים או משפטנים. החשיבות הרבה שיוחסה לשמירה על תומתן של נשים והמוסכמות החברתיות שלא ראו בעין יפה



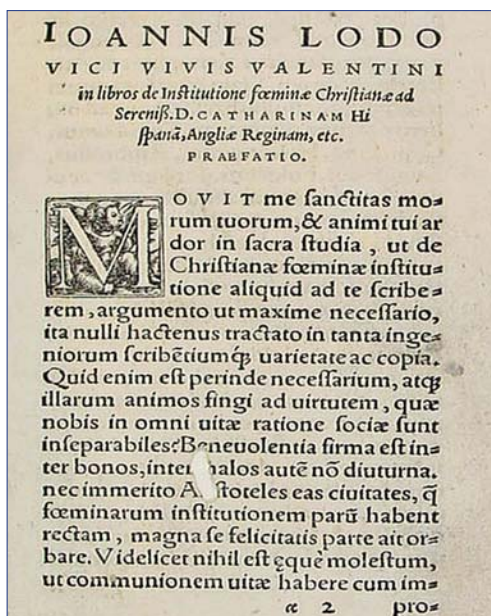
דיוקן ההומניסטית לאורה צ'רטה מעמוד השער של אוסף איגרותיה, שהתפרסם לאחר מותה (1640)

את נוכחותן של נשים ממשפחות מכובדות במרחב הציבורי, ייתרו את הצורך בהשכלה אוניברסיטאית לנשים. ההנחה הרווחת הייתה שמאחר שהן לא תוכלנה ממילא לעבוד בתור מרצות, תאולוגיות, רופאות או שופטות, אין סיבה להעניק להן את ההכשרה הנחוצה לכך. ואולם, בערים האיטלקיות של המאות הארבע-עשרה והחמש-עשרה, יותר ויותר מרצים בתחומי

משליש, ושיעור חברות הסגל בעלות הדרגות האוניברסיטאיות הגבוהות ביותר היה נמוך בהרבה מייצוגן בדרגים הנמוכים יותר. ביוני 2013 ארגנו ארבע חברות האקדמיה הצעירה (פרופ' טלי פישר, פרופ' מיכל פלדמן, ד"ר שרון צוקרמן והמחברת) יום עיון שהוקדש לסוגיה של מגדר וקריירה אקדמית בישראל. ביום העיון הוצגו סיפורי החיים של חוקרות צעירות מתחומי הידע השונים לצד פירוט הניסיונות שנעשו בשנים האחרונות להתמודד עם ההטיה המגדרית במוסדות ההשכלה הגבוהה.

כפי שהראו כמה מהדוברות והדוברים ביום העיון, החסמים בדרך לשילובן המלא של נשים במוסדות המחקר האקדמיים בארץ מקורם, בחלקם, בגורמים חברתיים ותרבותיים הייחודיים לישראל בת-זמננו. עם זאת, בהטיה הגברית, שעדיין באה לידי ביטוי באוניברסיטאות הישראליות בשנת 2013, מהדהדות גם תפיסות מסורתיות בדבר התפקידים החברתיים השונים המיועדים לגברים ולנשים; בדבר אופיו של המחקר האקדמי בכלל ושל תחומי ידע מסוימים; בדבר האופי הראוי של סביבת הלימוד האוניברסיטאית. כפי שיוצג להלן, אחד המאפיינים המרכזיים של האוניברסיטה כמוסד, מאז ראשית קיומו ובמשך מרבית שנות פעילותו, היה הדרה ממוסדת של נשים. זו הגיעה לכלל סיום רק כשכל תחומי הלימוד האקדמי נפתחו בפני נשים, ומשניתן להן להשתלב במערכת ההשכלה הגבוהה הכללית במקום במסגרות ייחודיות שנועדו להכשירן למספר מצומצם של תפקידים שנחשבו להולמים את זהותן המגדרית. קיומן של מסגרות אקדמיות המבוססות על הנחות יסוד בדבר תחומי העיסוק הראויים לנשים או לגברים בחסות האוניברסיטאות הישראליות – אותן אוניברסיטאות שנשים אינן זוכות לייצוג הולם בדרגים הבכירים שלהן – מעיד שהתפיסות שעמדו בבסיס הדרתן של נשים מעולם ההשכלה הגבוהה במשך כשבע מאות שנה מוסיפות להשפיע על החיים האוניברסיטאיים גם כיום. במאות השנים-עשרה והשלוש-עשרה נתפסה

כתקופת הרנסנס, ביקשו להחיות את האידיאל החינוכי שרווח בעידן הקלאסי, אשר התבסס על תחומי לימוד הקשורים באדם ובטבעו הייחודי; בחברה האנושית; בדרכים למימוש הפוטנציאל של בני האדם. תחומי לימוד אלה נקראו בלטינית "לימודי האדם" (studia humanitatis). אולם האדם שעמד לנגד עיניהם של המחנכים ההומניסטים היה גבר. הם ראו בלימודי האדם תחומי לימוד שנועדו להכשיר נערים לתפקידים



עמוד מספרו של ההומניסט חואן לואיס ויוס, שהוקדש לנושא של חינוך נערות (1538)

ציבוריים, שנשים – להוציא המעטות שבהן שנולדו למשפחות שליטים – היו מנועות מלמלאם. אף על פי שהם הדגישו את חשיבותה של השכלה יסודית לילדות, כמה מההומניסטים הבולטים הסתייגו מהקניית יסודות הלטינית לבנות המין הנשי. מאחר שהלימודים באוניברסיטאות התבססו גם בתקופה זו על ידיעת הלטינית, אשר שימרה את מעמדה כשפת המלומדים, מובן שהם גם לא צידדו בפתיחת שערי האוניברסיטאות בפני נשים. במקום יצירות המופת הקלאסיות – לחם חוקם של גברים משכילים ברנסנס

המשפט והרפואה נשאו נשים והפכו לאבות. במקרים מסוימים הם דאגו להקנות לבנותיהם השכלה בתחומי העיסוק שלהם. על פי רוב הם לימדו אותן בעצמם או שכרו להן מורים פרטיים, אך יש עדויות שלפיהן קוסטנצה קלנדה (Calenda Costanza), בתו של דקן הפקולטה לרפואה באוניברסיטת נאפולי, קיבלה הסמכה אוניברסיטאית כרופאה בשנת 1422. על נובלה ד'אנדראה (Novella d'Andrea), בתו של משפטן נודע מבולוניה במאה הארבע-עשרה, סופר כי נהגה למלא את מקומו של אביה ולהרצות לקהל תלמידיו בשעה שהוא היה מרותק למיטת חוליו. בתבליט מהמאה הארבע-עשרה המעטר את מצבת הקבורה של המשפטן צ'ינו סיגהבולדי דה פיסטויה (Cino Sighibuldi da Pistoia, 1270–1336/7) ומציג אותו מרצה בפני קבוצת סטודנטים, נראית אישה המאזינה בקשב רב להרצאה. הסטודנטית המסתורית, שאינה מוזכרת במקורות כתובים על חייו של צ'ינו ושזהותה אינה ידועה, יושבת על הספסל האחרון בכיתה, וכך הסטודנטים המשתתפים בשיעור אינם יכולים לראותה.

אין ספק כי האפשרות של נוכחות נשית באוניברסיטה נתפסה כמאיימת על יכולת הריכוז של הגברים הלומדים. המקורות המעטים המזכירים את הרצאותיה של נובלה ד'אנדראה מציינים שהרצתה כשהיא מוסתרת בוילון, כדי שהמראה החיצוני שלה לא יסיח את דעתם של הסטודנטים. החרדה מכניסתן הפיזית של נשים למרחב הלימוד האוניברסיטאי באה לידי ביטוי גם בסיפור שנפוץ במרכז אירופה במאה החמש-עשרה, על אישה שאהבת הידע שלה גרמה לה ללבוש בגדי גבר ולהירשם ללימודים באוניברסיטת קרקוב בזהות גברית בדויה. משנחשפה תרמיתה, היא סולקה מהלימודים אך הורשתה להצטרף למנזר. בהקשר זה יש לציין כי בימי הביניים היו המנזרים המרחב העיקרי שבו הותר לנשים לעסוק, גם אם באופן מוגבל ומבוקר בלבד, בפעילות של לימוד, קריאה וכתובה. ההומניסטים שפעלו באיטליה בשלהי המאה הארבע-עשרה ובמאה החמש-עשרה, בתקופה הידועה

ידועי שם. אף על פי שהיא הייתה מנועה מללמוד באוניברסיטה או ללמד בה, היא הייתה מקורבת לחוגים אקדמיים בצפון איטליה, ואף הוזמנה בשנת 1487 לשאת נאום באוניברסיטה של פדובה לרגל סיום לימודיו של בן־דודה במוסד מכובד זה. פדלה הייתה מודעת להתנגדות העזה שעורר עצם כניסתה למרחב האוניברסיטאי, והיא פתחה את דבריה בהתייחסות לכך שהיא, אשר בעצמה לא יכלה לחבוש את ספסל הלימודים באוניברסיטה, נואמת בפני קהל המרצים והתלמידים במוסד שכזה.

איטלקייה אחרת בשם לאורה צ'רטה (Laura Cereta, 1469–1499) מחתה על מעמדן החוקי הנחות של נשים, אשר מנע מהן ללמוד או ללמד באוניברסיטאות והביא להדרתן מן התחייה ההומניסטית של הרנסנס. במכתב שהיא פרסמה חודשים ספורים בלבד לאחר שפדלה נשאה את נאומה באוניברסיטה של פדובה, התריסה צ'רטה נגד התפיסה המקובלת בימיה, אשר הגדירה את היכולת התבונית כמנת חלקם של גברים בלבד. צ'רטה הצהירה כי "הטבע מעניק את החירות ללמוד לכל בני האדם באופן שווה... ידע אינו ניתן כמתנה, אלא מושג באמצעות לימוד. כי שכל חופשי ונלהב, שאינו נרתע מפני עבודה קשה, תמיד יתקדם מעלה לעבר הטוב; והתשוקה ללימוד תגדל בעומקה וברוחבה"²⁷. בתגובה לטענה שהישגיה האינטלקטואליים יוצאי דופן ואינם אופייניים לנשים, הציגה צ'רטה רשימה של נשים מלומדות, שהתחילה במלכת שבא והסתיימה בקסנדרה פדלה ובשתי נשים משכילות נוספות שחיו בצפון איטליה באותם ימים.

דבריה של צ'רטה בדבר זכותן של נשים להשכלה שלא תיפול ברמתה מזו המוענקת לגברים נפלו על אוזניים ערלות. במאה השש־עשרה אפילו התומכים הנלהבים ביותר של חינוך נערות, כמו ההומניסט הספרדי חואן לואיס ויוס (Juan Luis Vives, 1492–1540), העלו על נס את חשיבות השמירה על הצניעות המינית (castitas או pudicitia) של נשים וציידו אפוא במוסדות לימוד נפרדים לנערות, «

– הומניסטים מובילים המליצו לנשים להתמקד בקריאת ספרות דתית בשפה המדוברת. עד לפרוץ הרפורמציה הפרוטסטנטית במאה השש־עשרה (ובעולם הקתולי, גם לאחר מכן) המשיכו מרבית בנות האליטה החברתית־כלכלית באירופה להתחנך במנזרי נשים, שם הן קיבלו הכשרה מעשית במלאכות הבית ובכישורים נוספים שנועדו להעלות את ערכן בשוק הנישואים, לצד יכולת בסיסית של קריאה



יאן ליבנס (Jan Lievens): דיוקן המלומדת אנה מריה פן סכורמן, שהורשתה לשמוע הרצאות באוניברסיטה כשהיא יושבת מאחורי וילון (1649, הגלריה הלאומית בלונדון).

וכתיבה בשפה המקומית.

נשים מסוימות זכו להשכלה רחבה יותר. כמה מהנערות שגדלו במשפחות אמידות בערי איטליה ואנגליה למדו בבתייהן עם אבותיהן המשכילים, או עם מורים הומניסטים. אחדות מהן, שהפגינו כבר בנעוריהן כישרון יוצא דופן, זכו להערכה ציבורית מסוימת. קסנדרה פדלה (Cassandra Fedele, 1465–1558), שאביה לימד אותה לטינית ויוונית ושכר לה מורה פרטי שלימד אותה פילוסופיה, נחשבה לילדת פלא, והתכתבה עם הומניסטים

המאות השבע־עשרה והשמונה־עשרה היו נשים לא מעטות מקרב האליטה מעורבות בפעילות התרבותית והמדעית שהתקיימה בסלונים בארצן – בעיקר כפרוניות, כמאזינות לדיונים תאורטיים



יוהאן יעקב הייד (Johann Jakob Haid): דיוקן המדענית לאורה באסי משנת 1745 לערך (מאוסף הדיוקנאות של ספריית ה־Archiginnasio בבולוניה).

או כקוראות של חיבורים מדעיים – אך נבצר מהן להשתתף בפעילות אקדמית ממוסדת וללמוד או ללמד באוניברסיטאות. הכרה מוסדית בהישגיהן האינטלקטואליים של נשים אפשר למצוא לראשונה בערי צפון איטליה. בשנת 1678 העניקה אוניברסיטת פדובה תואר דוקטור לאלנה לוקרציה קורנרו פיסקופיה (Elena Lucrezia Cornaro Piscopia, 1646–1684). פיסקופיה אמנם רכשה את כל השכלתה ממורים פרטיים בבית אביה, ובהם מרצה מהאוניברסיטה

◀ הדגש בהם היה על הכשרתן לתפקידים של רעיות ואימהות. ההומניסט הנודע דזידריוס ארסמוס (Desiderius Erasmus, d. 1536) מרוטרדם אמנם שיבח את מרגרט, בתו המשכילה של חברו האנגלי תומאס מור (Thomas More, 1478–1535), אך הוא שב והצהיר כי המטרה העליונה של חינוך נערות צריכה להיות הפיכתן לנשים צנועות וחסודות.

בשנות השלושים של המאה השבע־עשרה פרסמה המלומדת והמשוררת ההולנדית אנה מריה פן סכורמן (Anna Maria van Schurman, 1607–1678) חיבור שהוקדש לסוגיה של השכלת נשים. טענותיה של אנה מריה, שחיה בסביבה קלוויניסטית והצטרפה בשלב מאוחר יותר לקבוצה פרוטסטנטית בדלנית, היו רדיקליות פחות מאלה שהשמיעה צ'רטה. אף על פי כן גם היא קראה תיגר על סגירת שערי האוניברסיטאות בפני נשים. היא עצמה קיבלה אישור מיוחד להאזין להרצאות שנישאו באוניברסיטת אוטרכט עם ייסודה בשנת 1636. רקטור האוניברסיטה של אוטרכט תמך אישית בצירופה לגוף הסטודנטים של המלומדת, אשר נודעה לתהילה בשל בקיאותה בשפות עתיקות, כולל בעברית ובארמית. אולם בעקבות ההיתר שהוענק לה התעורר החשש שמא הצטרפותה לכיתת הלימוד תעורר הרהורי חטא אצל הסטודנטים האחרים. בדומה למשכילות האיטלקיות של המאה הארבע־עשרה, גם אנה מריה פן סכורמן ההולנדית הושמה מאחורי וילון, והורשתה לשבת רק בשולי הכיתה. להבדיל מהסטודנטים הגברים שישבו באותה כיתת לימוד, היא לא הייתה זכאית לתואר אוניברסיטאי עם תום לימודיה.

נשים אחרות במאה השבע־עשרה תרמו תרומה חשובה להתפתחות האסטרונומיה. ידוע על כמה מלומדות גרמניות שעבדו במצפי כוכבים, ואף פרסמו חיבורים מדעיים. אך אסטרונומיות אלה רכשו את השכלתן באופן פרטי; רובן היו בנותיהם או נשותיהם של אסטרונומים, והן סייעו לבני משפחותיהן בלי לקבל הכשרה אוניברסיטאית או הכרה אוניברסיטאית כלשהי. ואילו בצרפת של

לקריאה נוספת:

- Findlen, Paula. "Ideas in the Mind: Gender and Knowledge in the Seventeenth Century." *Hypatia* 17:1 (Winter 2002), pp. 183-196.
- Herlihy, David. *Opera muliebria: Women and Work in Medieval Europe*. Philadelphia: Temple University Press, 1990.
- Ridder-Symoens, Hilde de (ed.). *Universities in the Middle Ages*. Vol. 1 of *A History of the University in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- Schiebinger, Londa. *The Mind has No Sex? Women in the Origins of Modern Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1989.
- Stevenson, Jane. *Women Latin Poets: Language, Gender, and Authority from Antiquity to the Eighteenth Century*. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- Whitehead, Barbara J. (ed.). *Women's Education in Early Modern Europe: A History, 1500-1800*. New York: Garland, 1999.

הערה:

הטענה מופיעה במכתב שלאורה צ'רטה חיברה ב-13 בינואר 1488, ושהופנה לדמות הפיקטיבית של ביבולו סמפרוני (Bibolo Semproni). תרגום לאנגלית של מכתב זה אפשר למצוא באוסף מכתביה של צ'רטה: Laura Cereta, *Collected Letters of a Renaissance Feminist*, ed. and trans. Diana Robin (Chicago and London: University of Chicago Press, 1997), pp. 74-81.

ד"ר תמר הרציג היא מרצה בכירה בחוג להיסטוריה כללית באוניברסיטת תל-אביב, וחברה באקדמיה הצעירה הישראלית. בשנת הלימודים תשע"ג משמשת ד"ר הרציג חוקרת עמיתה במרכז ללימודי הרנסנס של אוניברסיטת הרוורד בפירנצה שבאיטליה.

המקומית וגם רב שלימד אותה עברית, אך היא הורשתה לגשת לבחינות לשם קבלת התואר דוקטור לפילוסופיה, ואף עברה אותן בהצלחה. אף על פי שלא הייתה לה לאחר מכן משרה אוניברסיטאית, היא התקבלה כחברה בשש אקדמיות מדעיות שונות. למעלה ממחצית המאה חלפה לפני שהוכרה זכאותה של אישה נוספת לתואר אקדמי. הייתה זו המדענית האיטלקייה לאורה באסי (Laura Bassi, 1711-1778), שתואר הדוקטור הוענק לה בשנת 1732. באסי הייתה, ככל הנראה, האישה הראשונה בעולם שקיבלה הצעת עבודה מאוניברסיטה באופן רשמי, והיא אף כיהנה כמרצה באוניברסיטה הוותיקה והמכובדת של בולוניה. על אף ההערכה הרבה שזכתה לה הייתה באסי מודעת להדרתן של מרבית הנשים כפועלות אקטיביות מתחומי המחקר השונים במאה השמונה-עשרה. היא אף הביעה בגלוי את תמיהתה על שבימיה היה מקובל שנשים שולטות במדינות כמלכות, אך התופעה של אישה חושבת וחוקרת המשיכה לעורר השתאות כה רבה.

במהלך המאות התשע-עשרה והעשרים הפכו, בהדרגה, האוניברסיטאות למוסדות מעורבים מבחינה מגדרית. פתיחתם של כל תחומי הידע בפני סטודנטיות ביטאה הכרה בעיקרון שעליו התעקשה לאורה צ'רטה בדבר השוויון האינטלקטואלי הבסיסי בין גברים לנשים. דווקא בשנים האחרונות שוב עולות על הפרק יזמות של תכניות אקדמיות, בחסות אוניברסיטאית, המוגדרות יעודיות לנשים או לגברים. בבואנו לבחון את השלכותיהן של יזמות מסוג זה וכן סוגיות כגון הפרדה מגדרית במרחב האוניברסיטאי (עם וילונות או בלעדיהם), או הגבלות הנוגעות לזהותם של מרצים מנימוקים של צניעות מינית, חשוב שלא נשכח את תולדותיו של מוסד האוניברסיטה. הטיעונים ששימשו במשך למעלה משבע מאות שנים להצדקת הדרתן של נשים מגוף הסטודנטים ומסגל המרצים באוניברסיטאות נשמעים, לעתים, אקטואליים למדי. ■

הדוח הראשון על מצב המדע בישראל

מאת אסף אוני ואביטל בר

**ישראל אינה ממצה את מלוא הפוטנציאל הגלום בה.
קיים צורך מידי לשנות כיוון ולאמץ מדיניות מדע לאומית
אחראית ומרחיקת ראות**

**יש להגדיל את תקציבי המחקר המדעי האוניברסיטאי
בישראל לפי השיעור האירופי באופן שיעמוד על 23%
מכלל תקציב המו"פ.**

כך קובע "דוח מצב
המדע בישראל 2013"
מאת האקדמיה הלאומית
הישראלית למדעים, שזו
השנה הראשונה לצאתו.
הדוח הוגש במעמד חגיגי
בישיבה מיוחדת של
ועדת המדע
והטכנולוגיה
בכנסת.



אפוא צורך חיוני לשנות את פני הדברים". בהיותו הראשון, סוקר הדוח את התפתחות המדע בארץ ומציין כמה הישגים בולטים, שהם אך דוגמאות, בקנה מידה בין-לאומי בתחומי המדע וההגות בעשורים האחרונים. הדוח קובע כי "ישראל מדינת מדע וטכנולוגיה... הניצבת במקומות הראשונים בדירוג העולמי של המדינות המתקדמות. הפוריות והמצוינות המדעית הישראלית הן מהגבוהות בעולם".

חלק אחר בדוח חושף את הצד הכלכלי שבשיתוף הפעולה האקדמי בין ישראל לעולם וסוקר את שיתוף הפעולה הנרחב עם האיחוד האירופי, שהחל עם הצטרפות ישראל כחברה נלווית לתכניות המו"פ של האיחוד האירופי. נכון לדצמבר 2012 הועברו מישראל לאיחוד, על פי ההסכם, דמי השתתפות בסך 407.9 אירו, ואילו ההחזר על מענקי מחקר שקיבלו גופים ישראליים הגיע לסכום כולל של כ-636 מיליון אירו (למעלה מ-3 מיליארד ש"ח), מתוכם 430.6 מיליון אירו לאוניברסיטאות ועוד 152.5 מיליון אירו לתעשייה.

ואולם, הדוח מבהיר שהישגים אלה נובעים מהשקעות העבר, וכי כיום נאלצת המדינה "לקטוף את הפירות האחרונים" של השקעות אלה. <

דוח מקיף על מצב המדע בישראל לשנת תשע"ג-2013 הוכן והוגש לראשונה על ידי האקדמיה בעקבות תיקון לחוק האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים (תיקון מס' 2), התש"ע-2010, שבו נתבקשה להגיש "סקירה תלת-שנתית על מצב המדע והמחקר בישראל בהשוואה למצב המדע והמחקר בעולם" (לשון החוק).

לצורך כך מינתה מועצת האקדמיה ועדה, שאלה חבריה: פרופ' רות ארנון – יו"ר, פרופ' עודד אברמסקי, פרופ' יהושע יורטנר, ד"ר מאיר צדוק, פרופ' ב"ז קדר, פרופ' זאב תדמור, מר נפתלי ארנון (יועץ) וגב' סימה דניאל (מרכזת).

חברי הוועדה נפגשו במשך כשנה, אספו חומר מהארץ ומהעולם ועיבדו אותו לסקירה מקיפה.

הדוח סוקר את הישגי המדע הישראלי, את הבעיות המאיימות על עתיד מערכת ההשכלה הגבוהה בארץ ואת הצעדים הנדרשים כדי להחזיר אותה למסלול המרשים שבו צעדה בעבר.

הדוח קובע כי "דרוש שינוי כיוון מידי" ביחסה של הממשלה למערכת המחקר המדעי, ומפרט שורת המלצות. עוד קובע הדוח בעניין זה: "מדיניות הממשלה אשר הביאה בעבר ל'העשור האבוד'... הייתה מזיקה ונגדה את האינטרס הלאומי. קיים

<<<

דברים משיבת הכנסת

עוד אומרת הנשיאה: "מערכת המדע הישראלית הוכיחה פעם אחר פעם את יכולתה לתרגם השקעה כספית לפריצות דרך גדולות במיוחד בקנה מידה בין-לאומי. ישראל של היום איננה ממצה את מלוא הפוטנציאל הגלום בה. כיום יש צורך דחוף לחזור לראיית העולם הרחבה של מקימי המדינה, שראו במדע ובהון האנושי את אפיק ההשקעה הלאומי החשוב ביותר של עם ישראל – שיבטיח את קיומה ושגשוגה של המדינה בעתיד". <

// כדי לא לסכן את מעמד ישראל בעולם חובה לתקן לאלתר את המציאות המשתקפת מדוח האקדמיה" – קובעת פרופ' רות ארנון, נשיאת האקדמיה, ומוסיפה כי "הדוח, המוגש לכנסת ולממשלה, מדגיש את העובדה שכיום אנו קוצרים את פרות המדע והישגי ההשקעה בו בעבר, אולם עכשיו אנחנו מצויים על פרשת דרכים ונדרשים לאמץ מדיניות מדע לאומית חדשה, אחראית, אקטואלית ומרחיקת ראות".

הדוח הוגש ליו"ר ועדת המדע והטכנולוגיה ח"כ **משה גפני** ולשר המדע, הטכנולוגיה והחלל ח"כ **יעקב פרי**, בישיבה חגיגית של הוועדה, שהתקיימה ביום רביעי, י"ט במרחשוון תשע"ד, 23 באוקטובר 2013, באולם ירושלים בכנסת. את הדוח הגישה נשיאת האקדמיה פרופ' **רות ארנון**, והשתתפו בישיבה גם יו"ר הכנסת ח"כ **יולי אדלשטיין**, חברי הוועדה וחברים באקדמיה למדעים.

את עיקרי הדוח הציגו בכנסת לצד נשיאת האקדמיה סגן הנשיאה וחבר הוועדה הפרופ' ב"ז קדר, חברי הוועדה הפרופ' זאב תדמור וד"ר מאיר צדוק ונציג האקדמיה הישראלית הצעירה הישראלית, פרופ' רודד שרן.



דברים מישיבת הכנסת

קוראים גם להקמת קרן מחקר תחרותית שתתאים לצורכי מדעי הרוח וקידומם. דעו לכם שבמצוקה הנוראה שהאוניברסיטאות שלנו נתונות בה זה שנים רבות, לא יהיה קל כלל ולכל להבטיח שמדענים צעירים, מצטיינים ומבטיחים יוכלו למצוא מקום באוניברסיטאות בארץ. ואכן, צעירים רבים, מוכשרים מאוד, שאינם נקלטים בשום אוניברסיטה שלנו נאלצים לנדוד לאוניברסיטאות בחו"ל, ולמובילות שבהן. בריחת מוחות? לא, זאת לא בריחת מוחות, אלא פליטת מוחות. האנשים האלה אינם בורחים – הם רוצים מאוד לחיות ולחקור פה, ורק בליט בררה הם עוזבים; כאשר המערכת אינה מסוגלת לקלוט אותם, הם נפלטים". לסיכום דבריו אמר פרופ' קדר כי אתגר מרכזי בשימור ובקידום נכסי הרוח הוא לשמור אותם כאן, את האנשים המצטיינים במקצועות הרוח.

ישיבה חגיגית במעמד הגשת הדוח בכנסת דיבר פרופ' ב"ז קדר על האתגרים בשימורם ובקידומם של נכסי הרוח. הוא אמר כי הדברים המצוינים בדוח על מצב המדע בארץ בכללו חלים גם על מקצועות הרוח. במקצועות האלה יש הישגים עצומים, אבל יש גם נסיגה. "בדומה למסקנות שפרסמנו על מדעי הרוח בדוח שלנו אנו מצויים נוכח מציאות עגומה ומסוכנת שבה תחומים מצטמקים או אף נעלמים. אנו קוראים לדאוג בדחיפות לשימורם, בין השאר על ידי הקמת גוף ארצי שיבטיח שתחומים העומדים בסכנת הכחדה ימשיכו להתקיים לפחות באחת מאוניברסיטאות המחקר. אנו קוראים גם להגביר את התיאום הבין-אוניברסיטאי כדי להבטיח שנושאים אשר אינם מיוצגים כיום כלל, יפותחו לפחות בחלק מן האוניברסיטאות, או באחת מהן. אנו

שהפך מרכזי בשנים האחרונות – מחקר הגז והנפט. האקדמיה זיהתה את הבעיה לפני שנה, ונשיאת האקדמיה מינתה שתי ועדות לבדיקת הנושא. הוועדות הגיעו למסקנה כי קיימים פערי ידע גדולים בתחום זה, וכי בקהילה האקדמית הישראלית כמעט שאין חוקרים עצמאיים בעלי שם. לפי מסקנות עבודתן קבעה האקדמיה כי חלק גדול מהידע הגאולוגי חסוי ומצוי בידי הגופים המסחריים ואיננו זמין לקהילת המחקר בארץ, והדבר מחייב פעולה מיידית.

- **מההוצאה הלאומית על מחקר ופיתוח בעבר** הוקצו כ-60% לאוניברסיטאות; כיום רק 17% – עובדה המעמידה את ישראל בתחתית דירוג מדינות ה-OECD (שבהן הממוצע הוא 23%).
- **במספר פרסומים מדעיים לנפש** דורגה ישראל במקום הראשון בעולם בשנות השמונים, וירדה למקום ה-13 בשנת 2010. ◀

◀ מחברי הדוח מתארים כיצד השתנתה והתפתחה פעילות המדע הבין-לאומית בעשורים האחרונים, התפתחות שהובילה לתחרות גדולה יותר ולצורך בהשקעה גוברת, גם בשיתוף הפעולה הבין-לאומי.

בדוח מוצגים סימנים מדאיגים, ובהם אלה:

- **הסגל האקדמי באוניברסיטאות:** מהדוח עולה כי מספרם של חברי הסגל האקדמי הבכיר באוניברסיטאות קטן ב-7.6% משנת תש"ס לשנת תש"ע, ומספר המשרות של חברי הסגל הזוטור קטן באותה תקופה ב-15%, ואילו מספר הסטודנטים הלך וגדל. כך הגיעה ישראל למצב שבו ממוצע הסטודנטים לאיש סגל בכיר הוא 26 לעומת 16 במדינות ה-OECD.
- כאשר מנטרים **תחומי ידע ומחקר במערכת האקדמית** עולה תמונת מצב מדאיגה בתחומים רבים, גם במדעי הרוח, ובמיוחד בתחום מחקר

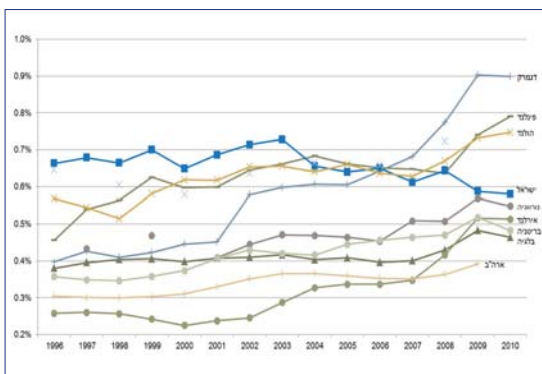
<<<

מדענים מובילים וסטודנטים מעולים היו לנו ועדיין יש לנו למרות בריחת המוחות המדאיגה; גם חופש אקדמי יש בזכות חקיקת חוק המועצה להשכלה גבוהה, המעניק אוטונומיה אקדמית ומנהלית לאוניברסיטאות. אבל מימון ראוי באמצעות קרנות מחקר תחרותיות יש רק במידה מוגבלת".

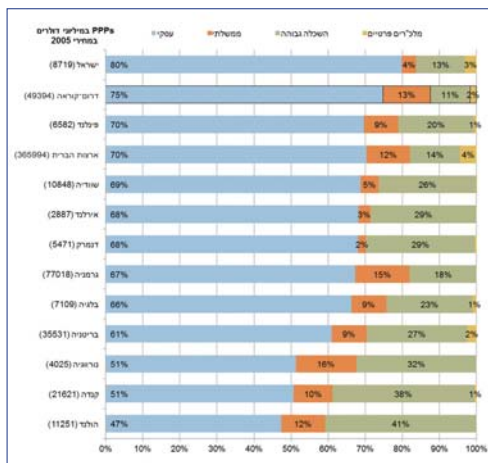
פרופ' תדמור ציין את המהלך שמוביל ח"כ גפני עם נשיאת האקדמיה יחד למקור חדש שיפתח – תמלוגי הגז והנפט – העשוי בהחלט להיות תשובה שתעוגן בחקיקה ותדאג להקצאה שנתית מתמשכת ויציבה – ותהיה ההשקעה הטובה והמשתלמת ביותר לעתידה של המדינה.

ד"ר מאיר צדוק עמד על חשיבות המנשק שבין המערכת המדעית לממשל וקרא לממשלה ולכנסת <

פרופ' **זאב תדמור** אמר: "פתחנו את הדוח בקטע שקראנו לו 'פרות הסקרנות המדעית', כלומר פרות מחקר בסיסי מונע-סקרנות. אותה סקרנות של המדענים באוניברסיטאות, שבהן נעשה למעשה כל המחקר הבסיסי, ניכרת בניסיון ארוך שנים, והוכח כי מחקרים מהסוג הזה הם הפוריים ביותר והם המובילים לתוצאות המעניינות ביותר ולפריצות דרך מדעיות המפתיעות ביותר. אולם יש להבין שמחקרים כאלה דורשים מהסגל האקדמי להיות בחזית המדע. זהו תנאי הכרחי גם להכשרת הבוגרים המעולים ביותר המצוידים בידע ובציוד העדכניים ביותר". עוד ציין פרופ' תדמור כי "על מנת להצליח במחקר בסיסי מונע-סקרנות נחוצים שלושה מרכיבים: הראשון כמובן מדענים מהשורה הראשונה וסטודנטים מעולים; השני הבטחת חופש אקדמי; השלישי מימון ראוי.



למעלה: ההוצאה למו"פ בביצוע מגזר ההשכלה הגבוהה כאחוז מהתמ"ג, 1996-2010, מימין: התפלגות שיעורי ההוצאה הלאומית למו"פ אזרחי לפי מגזר מבצע, בהשוואה בין-לאומית, 2010



מההוצאה הלאומית על מחקר ופיתוח הוקצו בעבר כ-60% למחקר המדעי באוניברסיטאות; כיום רק 17% - עובדה המעמידה את ישראל בתחתית דירוג מדינות ה-OECD.

הוועדה קובעת כי "יש לבסס את היקף תקציבי המחקר האוניברסיטאי בישראל על השוואות למדינות המתקדמות. כלומר, להגדיל את תקציבי המחקר האוניברסיטאי המדעי לפחות לפי שיעורם הממוצע במדינות ה-OECD, שהוא 23% (בממוצע) מכלל תקציב המו"פ".

דברים משיבת הכנסת

מיצגים ומידע באינטרנט, מתוך רצון לחשוף קהלים רחבים בציבור למדע ולמדענים ולעודד בני נוער ללכת ללימודים גבוהים: "הבנת הדחף שמניע את המדענים והמדעניות והביקור במעבדותיהם ובספריותיהם יתרמו הרבה מאוד לחינוך ילדינו למצוינות". הוא חתם את דבריו בקריאה ליו"ר הוועדה ולשר "לחזוק התמיכה במדע, פיתוח שיתופי פעולה בין-לאומיים, ויצירת קשר עם שכבות רחבות בחברה תוך חתירה לשוויון. כל אלה יאפשרו בניית שדרה חזקה ושוויונית של חוקרים, שתוכל להתמודד עם אתגרי עידן זה ולהצמיד אותנו אל המחר".

יו"ר ועדת המדע והטכנולוגיה ח"כ משה גפני אמר כי לצד החגיגות שבהצגת הדוח חייבים להיות מודעים לבעיות שונות שעולות מתוכו, ובהן בעיית "בריחת המוחות". עוד אמר כי אחד הפתרונות למניעת התופעה הוא הגדלת תקצוב המחקר המדעי באמצעות

להכיר, להוקיר ולהעריך כראוי את מערכת המחקר המדעי על תרומתה הנדירה לחברה הישראלית ולמדינה: "הכרה זו צריכה למצוא ביטוי ממשי במסגרת נוכחותם של מדענים באירועים וטקסים ממלכתיים וציבוריים וכן בשיבת ממשלה מיוחדת שתיערך לפחות פעם אחת בשנה, ובה יציגו ראשי המערכת את תרומת המחקר המדעי ואת כיווני הפיתוח הלאומיים. סמליות כזו תבטא את החשיבות הקיומית של המדע לציבור בישראל".

נציג המדענים הצעירים, חבר הוועדה המארגנת של האקדמיה הישראלית הצעירה פרופ' רודד שרון, אמר כי דבריו הם בשם האקדמיה הצעירה למדעים, שהיא גוף חדש שהוקם אך לפני שנה בחסות האקדמיה הלאומית למדעים מתוך רצון לקדם את מעמד המדע והמדענים הצעירים, וכי יעד מרכזי שהציבו לעצמם הוא פיתוח הקשר בין מדע לקהילה. לדבריו, במסגרת זו פועלת האקדמיה הצעירה ליצור קשר עם הציבור הרחב דרך הרצאות,

“הגדלה ניכרת ומידית את מספר תלמידי חטיבת הביניים והחטיבה העליונה הלומדים מתמטיקה, פיזיקה וכימיה ברמה של 5 יחידות ולתגבר הוראת מדעים בבתי הספר התיכוניים”.

- **תגבור המשאבים והתשתיות למו"פ עד לרמה הממוצעת במערב.**
- **החזרת מדענים מצטיינים (מניעת בריחת מוחות).**
- **תגבור קשרי מערך המחקר הישראלי עם גופי מחקר בין-לאומיים.**
- **שימור תחומי מחקר נכחדים – להציל חוגים באמצעות ריכוז מאמצים והקמת גוף מתאם.**
- **שימור רמתם של מדעי הרוח והחברה.**
- **הרחבת הנגישות לקבוצות אוכלוסייה נוספות.**
- **גיוס סגל צעיר לאוניברסיטאות.**

הדוח המלא מופיע באתר: www.academy.ac.il

□ □ □

היא “צדקה” או שמא מדובר בשותפות אמת. ואם מדובר בשותפות אמת, ראוי שהאיחוד האירופי יתייחס לישראל כשווה בין שווים.

שר המדע, הטכנולוגיה והחלל ח”כ **יעקב פדי ציין** כי “יש לכולנו סיבות רבות להיות גאים בהישגי המדע הישראלי, אך חשוב להסתכל על המציאות נכוחה ולהתמודד עם האתגרים, כדי שנוכל למצות את הפוטנציאל האנושי המדהים שטמון במדינת ישראל”. השר עדכן בדיון כי בימים אלו מתנהל המשא והמתן לכניסתה של ישראל לתכנית המסגרת השמינית למחקר ולחדשנות באירופה ואמר: “להבנת קיימת נכונות מהצד האירופי למציאת פתרון בסוגיות הפוליטיות, שיאפשר את הצטרפותה של מדינת ישראל לתכנית המסגרת החשובה כל כך למחקר הישראלי וליחסים של חוקרים ומוסדות מחקר עם מקביליהם באירופה” □

פרק מיוחד בדוח מוקדש להמלצות, ובראשן הצורך הדחוף בהגדלת ההשקעה הציבורית במחקר מדעי ובמיוחד בצידוד, במעבדות ובתקציבי מחקר. “שינוי כיוון זה הוא כורח המציאות”, מדגישים מחברי הדוח.

הוועדה מפרטת עשר פעולות מרכזיות הדרושות להחזרת ישראל למסלול הרצוי:

■ **הגדלת ההשקעה הציבורית במחקר מדעי:**

“יש לבסס את היקף תקציבי המחקר האוניברסיטאי בישראל על השוואות למדינות המתקדמות. כלומר, להגדיל את תקציבי המחקר האוניברסיטאי המדעי לפחות לפי שיעורם הממוצע במדינות ה־OECD” (שהוא 23% מכלל תקציב המו”פ).

■ **אי-פגיעה בתקציבי מערכת ההשכלה הגבוהה.**

■ **הבטחת עתיד המחקר וההייטק הישראלי –**

לתגבר הוראת מדעים בבתי הספר התיכוניים:

קרן ייעודית שתוקם מתמלוגי הגז והנפט. הוא הדגיש כי בעיית “בריחת המוחות” הורגשה לאחרונה בבירור כשישראלים לשעבר זכו בפרסי נובל. עוד אמר כי הוועדה עוסקת בימים אלו גם בבעיות אקטואליות, ובתוך כך תדון גם בהשלכות של רעידות אדמה שעתידות להתרחש בארצנו. הוא ציין כי הוועדה תקיים דיוני עומק בפרקיו השונים של הדוח.

ךו”ר הכנסת **יואל יולי אדלשטיין** התייחס אף

הוא לתופעת בריחת המוחות ואמר כי “חובה עלינו לתקצב את המחקר המדעי בצורה נכונה ולאפשר לכל חוקר צעיר להישאר בארץ. אסור שחוקר יעזוב בגלל מחסור בתקציבים”. יו”ר הכנסת התייחס גם לבעיה הפוליטית המעכבת את הצטרפות מדינת ישראל לתכנית המסגרת השמינית למחקר של האיחוד האירופי ואמר כי דיבר עם עמיתים רבים באירופה, והם תהו יחד אם השתתפותה של מדינת ישראל בתכנית המחקר

ב עקבות ישיבה מיוחדת של מליאת האקדמיה הלאומית למדעים (ביום י"א במרחשוון תשע"ד/15.10.2013) פרסמה האקדמיה גילוי דעת ובו קריאה נחרצת לממשלת ישראל: "לעשות כל מאמץ להגיע להסכם עם האיחוד האירופי בעניין Horizon 2020, הסכם חיוני מאין כמותו לעתיד המדע בישראל. אי-הגעה להסכם תהיה מחדל לא הפיך והרה אסון למדע הישראלי בפרט ולמדינה בכלל".

במכתב מיוחד מפצירה נשיאת האקדמיה פרופ' רות ארנון בראש הממשלה בנימין נתניהו לעשות כל מאמץ כדי לחתום לאלתר על ההסכם, ומתריעה על הסכנות הכרוכות באי-חתימת ההסכם. המכתב וגילוי הדעת הוצגו לפני שר המדע, הטכנולוגיה והחלל ח"כ יעקב פרי ויו"ר ועדת המדע והטכנולוגיה ח"כ גפני - בישיבה חגיגית שכונסה בכנסת להגשת דוח מצב המדע בישראל.

מתוך מכתב הנשיאה לראש הממשלה, מר בנימין נתניהו:

כנשיאת האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, ובמסגרת תפקידי האקדמיה על פי חוק – "לייעץ לממשלה ולכנסת בכל נושא הקשור למדע וטכנולוגיה" – **הנני רואה חובה לעצמי לפנות אליך על מנת למנוע צעדים אשר עלולים לפגוע אנושות וללא תקנה בשיתוף הפעולה המדעי של ישראל עם האיחוד האירופי.**

כידוע לך בוודאי, ישראל שותפה במערך המדעי של האיחוד האירופי למעלה מחמש-עשרה שנה. ההצטרפות למערך זה, בסוף שנות התשעים, הייתה כרוכה בקשיים לא מעטים. כיום ישראל היא שותפה מלאה ושוות זכויות – המדינה היחידה מחוץ לאירופה שזכאית להשתתף כחברה שוות זכויות בפרויקט. אם ישראל לא תחתום על ההסכם להמשך שיתוף הפעולה המדעי Horizon 2020 יהיה זה צעד בלתי הפיך, שיפגע ביכולת המדעית שלנו בעתיד הנראה לעין. אני חוששת שלא תינתן לנו הזדמנות שנייה להתקבל במעמד דומה.

השתתפות ישראל במערך המדעי של האיחוד כרוכה בתשלום נכבד, אך נתוני העבר מראים שהתקבולים המגיעים לישראל גבוהים בכ-50% מהתשלום שהיא משלמת. אולם ברצוני להדגיש שאין מדובר בנושא הכספי בלבד. לכסף ניתן למצוא תחליף, אך אין תחליף לתועלת הנובעת משיתוף הפעולה המדעי עם האיחוד האירופי, הן של מוסדות המחקר והן של התעשייה עתירת הידע בארץ. החשיפה ההדדית של המערך המדעי והתעשייה בארץ למערך האירופי מביאה ערך מוסף אשר לא יסולא בפז.

שיתוף הפעולה המדעי והטכנולוגי מתבטא בעיקר בהקמת תאגידים (consortia) המורכבים משותפים ממספר ארצות (בדרך כלל בין 4 ל-10) העוסקים בפרויקט אחד. גם תעשיות משתתפות בפרויקטים אלה, ובאמצעותם נחשפים מדעני ישראל והתעשיות שלה לכל מה שמרחש באירופה. כמו כן המדע והתעשייה הישראליים זוכים להכרה במערכת האירופית בכללותה, ומעבר לכך ההיכרויות והקשרים הנוצרים מביאים לשיתופי פעולה שאין להם תחליף.



בשנים האחרונות נפתח ערוץ נוסף באיחוד האירופי, עם הקמת "מועצת המחקר האירופי European - Research Council (ERC) – התומך בפרויקטים של מדענים פרטניים על בסיס של מצוינות בלבד. קיימים שני סוגי מענקים – למדענים מבוססים (advanced) ולמדענים בתחילת דרכם (starting). אלה האחרונים מזכים את המדען הזוכה במענק של מיליון וחצי אירו לתקופה של חמש שנים, ובכך מאפשרים לו לבנות קריירה מדעית עצמאית. מובן שמענקים אלה הם נחשקים ביותר.

לאחרונה התפרסמו התוצאות של השנה הנוכחית: בסה"כ הוגשו ל-ERC למעלה מ-3,000 הצעות מחקר, ומתוכן אושרו 289, כלומר רמת זכייה של כ-9% בממוצע. מתוך 289 המענקים שאושרו, 32 הם של מדענים צעירים בישראל, דהיינו 12%! אנו במקום שלישי אבסולוטית, לאחר בריטניה (60) וגרמניה (46). ארצות כצרפת, שווייץ, איטליה, הולנד וכל ארצות סקנדינביה – כולן מאחורינו. בהשוואה למספר התושבים אנו במקום הראשון! שיעור הזכייה הממוצע של ישראל הוא כ-60%, ונע בין 40% ל-70% במוסדות המחקר השונים (בהשוואה ל-9% שהוא הממוצע האירופי).

זהו הישג יוצא דופן ותעודת כבוד מרשימה למדעני ישראל הצעירים, שהם גם תקוותנו לעתיד. הם זוכים להכרה ולהערכה בקרב עמיתיהם באירופה, ולזה אין תחליף!

אדוני ראש הממשלה, אין מדובר כאן בכסף בלבד אלא ב"תחרות על האליפות", ואי אפשר לעשות זאת ללא השתתפותנו במערך האירופי. יתר על כן, הסיכוי לזכייה במענקים אלה הוא גורם מדרבן למדענים ישראלים מצוינים לשוב ארצה, וכך מעודד "החזרת מוחות".

בעידן הנוכחי של "כלכלת הידע" ההצלחה הישראלית במסגרת האיחוד האירופי היא שתבטיח את הישגי המדע והטכנולוגיה הישראליים בעתיד, וגם את התעצמותה הכלכלית.

ישראל חייבת לחתום על הסכם Horizon 2020 כדי להישאר במשחק!

בשם הקהילה המדעית בארץ אני מפצירה בך, אדוני ראש הממשלה, ובממשלה לעשות זאת.

דברים על פילון האלכסנדרוני בישראל

מאת פרופ' מארן ניהוף

בכ"ה בטבת תשע"ג (7 בינואר 2013) התקיים בבית האקדמיה ערב עיון לרגל צאתו לאור של כרך חדש בסדרה הוותיקה של כתבי פילון האלכסנדרוני בתרגום לעברית, סדרה היוצאת לאור במוסד ביאליק בשיתוף עם האקדמיה. הכרך החדש, בעריכתם של יהושע עמיר ז"ל ומארן ניהוף, הוא החלק הראשון של הספר החמישי בסדרה, ובו פירוש אלגורי לבראשית יב-מא.

הדברים המובאים כאן מבוססים על דברי הפתיחה שנשאה פרופ' ניהוף בערב העיון.

במקור העברי. פילון פירש את הטקסט המקראי על פי תורת האידיאות של אפלטון והעדיף על פני הפשט את המישור האלגורי, המספר לדעתו על התרוממות הנפש. יתרה מזו, פילון היה בן בית בתרבות ההלניסטית, אהב את התאטרון (בניגוד ליוספוס שראה בו סמל של התייוונות), צפה בתחרויות הספורט וקרא את הספרות הקלאסית, ובכללה לא רק כתבי אפלטון ואריסטו אלא גם כתביהם של פילוסופים ידועים פחות והטרגדיות הגדולות. מבחינה פוליטית פילון מייצג את גאוות התפוצות, והוא לא חלם להתיישב בארץ ישראל כפי שעשה למשל יהודה הלוי.

בהיותו נטוע עמוק בתרבות היהודית ההלניסטית של אלכסנדריה עורר פילון תמיד תגובות מעורבות בקרב עמו. חז"ל אינם מזכירים אותו כלל, שעה שאבות הכנסייה שמרו את כתביו ושילבו את האלגוריות שלו בפירושי התורה שלהם. עזריה מן האדומים, תלמיד חכם והיסטוריון איטלקי שחי בתקופת הרנסנס, היה הראשון שניסה להחזיר את פילון לשיח היהודי. עזריה ביסס את גישתו על הטענה המעניינת כי פילון אמנם שונה מהיהדות הרבנית, אבל הוא הולם את הזרם של הקבלה כי תורת האצלה והלוגוס שלו דומה להפליא למערכת הספירות אצל המקובלים. בעת החדשה התעורר בגרמניה עניין חדש בדמותו

כ בר דוד בן-גוריון, ראש הממשלה הראשון של ישראל, הציג לתרגם את כתבי פילון האלכסנדרוני לעברית על מנת שיוכלו להעשיר את התרבות במדינה הצעירה. בן-גוריון היה בן בית בתרבות הקלאסית, שגם אותה הציג לתרגם לעברית, וחשב שלהוגה היהודי מן המאה הראשונה שכתב על התורה ביוונית מגיע מקום נכבד בארון הספרים הלאומי. כיצד קרה שמפעל התרגום של כתבי פילון עדיין לא הושלם ואנחנו חוגגים כעת את ההוצאה לאור של כרך חדש ומככים לפרסום של כרכים נוספים? איחור זה בולט במיוחד לאור העובדה שכתבי יוספוס, ההיסטוריון היהודי, גם הוא מהמאה הראשונה וגם לשון כתיבתו יוונית, תורגמו מזמן ובמלואם. לחיבור של יוספוס הנקרא "תולדות מלחמת היהודים ברומאים" כבר יש אפילו תרגום שני (מאת לזיה אולמן), שנמכר בהצלחה רבה בקרב הציבור הישראלי. הצלחתו של יוספוס נובעת בלי ספק מהיותו היסטוריון המתאר את ארץ ישראל בצורה כה מדויקת עד שאפשר לטייל אתו כמורה דרך.

מעמדו של פילון האלכסנדרוני מסובך הרבה יותר. פילון חי ופעל במטרופולין הגדולה ביותר של התרבות ההלניסטית בתקופתו והוא מגלם באופן מהותי את השילוב של התרבות היוונית והיהדות. הוא השקיע את רוב חייו בפירוש התורה, אך להבדיל מיוספוס קרא אותה כנראה רק ביוונית ולא

אור על תולדות עם ישראל ומתארים עימות אלים בין יהודי אלכסנדרייה לבין האוכלוסייה המקומית שהביא את פילון למעורבות פוליטית ואף להנהגת המשלחת היהודית לקיסר הרומי גאיוס קליגולה. ההוצאה לאור של הכרך החדש של כתבי פילון היא אירוע חשוב. הכרך שיצא עתה חושף את הציבור הישראלי הרחב לפני נוספות של הפרשנות האלגורית של פילון לספר בראשית. השתתפו בכרך זה מתרגמים שונים ובהם חוקר פילון הדגול יהושע עמיר ז"ל, שעלה אף הוא מגרמניה ונפטר בינתיים. הקורא

העברי יכול עתה להכיר מקרוב את הפירוש של פילון להגירת אברהם מאור כשדים לארץ ישראל, שמשמלת לדעתו את הגירת הנפש מהגוף אל האמת השמימית, ולהשוות פירוש זה לאגדות חז"ל על גילוי אמונת הייחוד בידי אברהם. הקורא העברי גם מוזמן לעיין בפירוש הפילוני לזיווגי אברהם עם שרה והגר, המסמלים בעיניו את זיווגי נפש הלומד עם סוגי חכמה שונים: שעה ששרה מייצגת את החכמה האלוהית, הגר מסמלת את החכמה

המעשית הנחוצה בדרך אל ההבנה המושלמת. העיסוק של פילון ב"ארוס" מעניין במיוחד לאור מחקריו של יהודה ליבס על הארוס בקבלה.

אסיים באנקדוטה שמעוררת בי הרבה תקווה: תלמיד שלי, שגדל בשכונה חרדית, סיפר לי שפגש באקראי בחנות ספרים ברחביה את כתבי פילון בעברית. הוא קרא את הכתבים בלהט והבין שנפתח בפניו עולם חדש של פרשנות התורה. רושם זה נחרט בלבו והיה לאחד הגורמים שהביאו אותו למדעי הרוח באוניברסיטה העברית. אני מקווה שגם הכרך החדש יעשה את דרכו בחברה הישראלית ויאיר את עיניהם של קוראים עבריים רבים.

ובהגותו של פילון הן בקרב הנוצרים והן בקרב היהודים. במחלקות לתאולוגיה פרוטסטנטית קראו את כתביו עם כתבי "חכמת ישראל" והספרות שיצאה מבתי המדרש הרפורמיים. היינריך גרץ, למשל, ייחד מקום נכבד למדנות של פילון וראה בו נציג של אקדמיה יהודית עוד מלפני שקמו בתי המדרש הגדולים בבבל. המהדורה המדעית של כתבי פילון המקובלת עד היום נוצרה בהקשר תרבותי זה וכתוצאה של שיתוף פעולה נפלא בין חוקר יהודי, לאופולד כהן, לבין חוקר נוצרי, פאול ונדלנד. אז גם חדר פילון



"Philon juif", André Thevet, *Les vrais portraits et vies des hommes illustres grecz, latins et payens recueilliz de leurs tableaux, livres, médailles antiques et modernes*, II, Paris 1584, no. 84

לתודעה היהודית הרחבה יותר מכיוון שנגע בעניין קריטי של הקיום היהודי בגרמניה, כלומר החיבור המוצלח בין התרבות הכללית לבין היהדות. פילון נעשה מעין סמל של הנאורות היהודית וההשכלה. במיוחד הפלגים הליברליים אימצו אותו עד שהיה מקובל לתת את כתביו כמתנת בר מצווה (כפי שהיום נהוג בחוגים מסוימים לתת את "תולדות מלחמת היהודים ברומאים" של יוספוס כמתנת בר מצווה). רבים דיברו על משה מנדלסון כעל "פילון הגרמני".

המחקר בישראל יצא מתוך הנחה הפוכה, כלומר משלילת התפוצות ושלילת ההשתלבות של היהודים בתרבות הכללית. גרשם שלום התבטא בחריפות באסופת כתביו "דברים בגו" וביקש לפתוח דף חדש בחקר היהדות ולנטוש אחת ולתמיד את העמדה האפולוגטית לדבריו שאפינה את הגישה של "חכמת ישראל" בגרמניה. הדגש הועבר מעתה לחקר היהדות ה"אותנטית" בעברית שלא התבוללה ולא התחברה לתרבות הכללית. בנסיבות אלו התקשה פילון למצוא את מקומו ושנים רבות לא זכה לתשומת הלב הראויה לו. לא מקרה הוא שמפעל התרגום של כתביו לעברית החל דווקא בתרגום הכתבים ההיסטוריים, השופכים



בשנה האחרונה יצאו לאור בהוצאת האקדמיה שלושה ספרים, שלושתם פרי פעילות האקדמיה, אחד בהדפסה שנייה. כמו כן יצאו לאור חמש חוברות.

מעקרונות מופשטים ועד סיפור סיפורים

עיונים בבלשנות שמית מוגשים לגדעון גולדנברג בהגיעו לגבורות
בעריכת יוחנן פרידמן

פרופ' גדעון גולדנברג ז"ל היה פרופסור לבלשנות ולשפות שמיות באוניברסיטה העברית בירושלים, חבר האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים מאז שנת תשנ"ו (1996), חתן פרס ישראל בחקר הלשון העברית והבלשנות הכללית לשנת תשנ"ג (1993), חבר האקדמיה ללשון העברית משנת תשל"ג (1973) וחבר נלווה של האקדמיה הבריטית משנת תשנ"ט (1999).

המאמרים בקובץ שלפנינו הם גרסאות מורחבות ומעובדות של ההרצאות שנישאו ביום העיון שנערך לכבודו באקדמיה בהגיעו לגבורות. כל המחברים הם תלמידי מחקר של גולדנברג ונושאי מאמריהם משקפים את רוחב פעילותו המדעית: לשונות אתיופיה, סורית וניבי הארמית החדשה, העברית והערבית על רובדיהן וכן תאוריות בלשניות הנשענות על לשונות רבות נוספות לשם עיצובן. כל המאמרים הם פרי מחקר נרחב בטקסטים של הלשונות השונות, מהם טקסטים כתובים ומהם טקסטים עממיים מדוברים שהוקלטו והועלו על הכתב.

המשתתפים: ערן כהן, יער חָבֵר, מיכל מרמורשטיין ורוני הנקין.

תשע"ג. ח + 95 + iv עמודים. 16 x 24 ס"מ. כריכת בד.

Exchange and Transmission across Cultural Boundaries: Philosophy, Mysticism and Science in the Mediterranean World

Proceedings of an International Workshop Held in Memory of Professor Shlomo Pines at The Institute for Advanced Studies, The Hebrew University of Jerusalem, 28 February – 2 March 2005

בעריכת חגי בן־שמאי, שאול שקד ושרה סטרומזה

הסדנה שקובץ זה הוא פרייה נערכה בשנת 2005 לציון חמש־עשרה שנה לפטירתו של שלמה פינס ז"ל (1908–1990). ביסוד הסדנה עמדה השאיפה לשקף במידת האפשר את התחומים המגוונים שעסק בהם ואת גאונותן של התובנות שהגיע אליהן במחקריו. אולם גם בכינוס קבוצה רחבה יחסית של חוקרים

לא היה אפשר להקיף את מלוא שדה פועלו המחקרי של פינס. נושא הסדנה, שהוא גם כותרתו של הקובץ שלפנינו, כוון להדגשת החוט המקשר בין ההרצאות השונות: הצגת דוגמאות מובהקות של קשרים בין תרבויות בעת העתיקה ובימי הביניים. נושא זה מדגיש את כישרונו המיוחד של פינס לגלות נקודות מפגש סמויות בין ביטויים ספרותיים ותרבותיים הנבדלים זה מזה. המאמרים בקובץ מציעים מבט אל התובנות הרבות והמפליאות שניתן להעלות בעיון ביחסי הגומלין בין מסורות דתיות ואסכולות שונות. המשתתפים, שחלקם תלמידיו לשעבר של פינס וכולם פעילים בחקר החיבורים בין תרבויות, ביקשו לבחון נקודות שבהן התרחשו מעברים של תוכן ספרותי ועיוני בין גבולותיהן של דתות ותרבויות. המשתתפים: חגי בן-שמאי, פטרישה קרוֹנָה, גד פרוידנטל, שמואל הרוי, זאב הרוי, יצחק צבי לנגרמן, יהודה ליבס, ג'וזף פויג מונטָדה, ג'יימס רובינסון, שאול שקד ושרה סטרומזה.

2013. x + 295 + ב עמודים. 15 x 24 ס"מ. כריכת בד.



דוד בן-גוריון והתפתחות המדע בישראל

יום עיון במלאת מאה שנה להולדת דוד בן-גוריון

הספר, שיצא לאור בשנת תשמ"ט (1989),

יצא עתה בהדפסה שנייה.

המשתתפים: יהושע יורטנר, שמואל סמבורסקי, דוד מושין,

צבי תבור, אפרים קציר, אריה דבורצקי, ישראל דוסטרובסקי,

יגאל תלמי, יהושע יורטנר, יהואש ועדיה, שמעון פרס, יואב

גלבר, זאב בן-חיים, אפרים א' אורבך ונתן רומנשטרייך.

תשמ"ט. ii + 97 עמודים. 15 x 24 ס"מ. כריכה קשה.

H.M. Daleski – In Memoriam

בעריכת רות נבו

תוכן העניינים

Ruth Nevo – H.M. (Bill) Daleski; Shuli Barzilai – Ways of Seeing Pieter Bruegel's *Hunters in the Snow: From the Art of Epiphany to Ekphrastic Expression*; Leona Toker – Literary Pragmatics: The Addressivity of W.H. Auden's "Spain"; Shlomith Rimmon-Kenan – Between Discipline and Interdisciplinarity, or: Is Interdisciplinarity Possible?

2013. 46 + ב עמודים. 14 x 21 ס"מ. חוברת.

אימה ועונג

היסטוריה, תרבות ומודרניות במאה התשע־עשרה הארוכה מאת בילי מלמן

דברי האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, כרך תשיעי, חוברת 8 (תשע"ג. 29 עמודים)

המאמר עוסק בתרבות היסטוריה חדשה שנולדה והתגבשה במאה המכונה "מודרנית" – "המאה התשע־עשרה הארוכה" שבין התלקחות המהפכה הצרפתית לפרוץ מלחמת העולם הראשונה. הוא בוחן את הגילוי מחדש של העבר, את המשא ומתן עמו ואת העיסוק המתמיד והכפייתי בו בחברות הראשונות שחוו את המודרניזציה. נידונים כאן ייצוגי ההיסטוריה בחברות אלו, תנועתם של הייצוגים הללו בתוך תרבות פופולרית עשירה ומגוון של שימושים בעבר. מאמר זה הוא תיקון להיסטוריוגרפיה של התפתחות ההיסטוריה ושל גילוי העבר בעידן המודרני. הוא קורא תיגר על ההנחה הרווחת שפרשנות העבר השלטת במערב אירופה, ובמיוחד בבריטניה ובצרפת, שמה דגש בקדמה, הייתה אופטימית וטווחה סיפור־על ליברלי של המשכיות בין עבר לעתיד באמצעות הווה בטוח המגשר ביניהם. המחברת משחזרת כאן ייצוגים של העבר כמרחב שרירותי ומאיים המערער את תפיסת הקדמה. השחזור נסמך על ניתוח השימוש במונח "אימים" בתרבות ההיסטוריה החדשה. עלייתה והתגבשותה של תרבות זו הן ביטוי של מודרניות המוגדרת כאן "מודרניות מעורבת", שבה התקיים הישן בצד שינויים מפליגים. הדיון בתרבות ההיסטוריה מאפשר אפוא לא רק לשחזר ולפרש תרבות זו אלא אף להגדיר מחדש את המודרניות.

A Philosophy of Dialogue

By Jürgen Habermas

Proceedings of the Israel Academy of Sciences and Humanities, vol. VIII, no. 6 (2013. 15 pp.)
The Martin Buber Memorial Lectures

בשנת תשע"ב (2012) השיקה האקדמיה סדרת הרצאות יוקרתית במדעי הרוח על שם פרופ' מרטין בובר, נשיאה הראשון. את ההרצאה הראשונה בסדרה נשא פרופ' יורגן הברמס, מחשובי הפילוסופים בימינו. מאמר זה מבוסס על הרצאתו.

במרכז עבודתו של מרטין בובר עמד ועדיין עומד היחס אני-אתה, שסביבו התגבשה הגותו הפילוסופית. המאמר שלפנינו נדרש אל הגותו של בובר משלושה היבטים. קודם כול הוא ממקם את המושג אני-אתה בתולדות הפילוסופיה. מכאן הוא עובר לבירור משמעותו השיטתית של מושג יסוד זה באמצעות רמיזה להשלכותיה האפשריות של גישתו של בובר, בנפרד מכוונותיו שלו. הוא מסיים בבחינת הישגיהם האופייניים של הוגים דתיים בתפקידם כמתרגמים מתחום אחד לתחום אחר. במקרה של בובר ניתן להבין את היסודות ההומניסטיים של ציונותו במונחים של תרגום אינטואיציות דתיות פרטיקולריות למושגים פילוסופיים כלליים.

On an Armenian Magical Manuscript

New York, Jewish Theological Seminary, Ms 10558

By James R. Russell

Proceedings of the Israel Academy of Sciences and Humanities, vol. VIII, no. 7 (2013. 191 pp.)
המאמר בוחן כמה מאפיינים לא שגרתיים של כתב יד מאגי ארמני מסוף המאה התשע־עשרה. בעליו של כתב היד, יהודי ספרדי, הוסיף בו את הערותיו וכן תרגם כמה מונחים לעברית ותעתקם בכתב עברי. דבר זה יוצא דופן, משום שבארמניה אין קהילה יהודית מקומית ומשום שתכופות היו הארמנים באימפריה העות'מאנית עוינים כלפי היהודים. הבעלים גם רשם בראש כתב היד לחש עתיק הידוע מספרות המאגיה הערבית, והמחבר מתחקה אחר השימוש בו ועומד על משמעותו. בכתב היד מובאים מגוון לחשים, רשימות, ריבועי קסם, אותיות קסם ומילות כישוף עם טקסטים בארמנית קלאסית, בארמנית מערבית מודרנית ובטורקית־ארמנית. מקצת מאלה מובאים במאמר בתרגום לאנגלית בליווי הערות. התפילות המיסטיות הלקוחות מה"נאֶקֶק", חיבור ארמני מהמאה העשירית, מובאות במלואן בנספח; הן מדגימות שילוב של מושגים קנוניים ומושגים דתיים עממיים. כתב היד מכיל גם גרסה של "ספר הששת אלפים" – כותרת נפוצה המשמשת לציון טקסטים מאגיים ארמניים, שלעתים הם שונים מאוד זה מזה. בנספח האחרון נידונות סיבות אחדות לחשיבותו האינטלקטואלית של ספר הששת אלפים המקורי, טבלה מתמטית, בארמניה הנוצרית המוקדמת.

מתודולוגיה ואידאולוגיה

אתגרים בחקר ההיסטוריה של המגדר

מאת תמר הרציג

דברי פורום צעירי מדעי הרוח והחברה של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, חוברת 1 (תשע"ג. 21 עמודים)
ההיסטוריה של המגדר היא אחד מענפי "ההיסטוריה החדשה" שבאו לכלל גיבוש במחצית השנייה של המאה העשרים. מאמר זה מבקש להציג את האתגרים המתודולוגיים הכרוכים בחקר ההיסטוריה של המגדר, ובייחוד את אלה הניצבים בפני היסטוריונים החוקרים את העידן הקדם־מודרני. החלק הראשון של המאמר סוקר את הרקע האידאולוגי של התבססות התחום האקדמי העוסק בהיסטוריה של נשים, בביקורת המרכזית שנמתחה עליו ובקשר שבין ביקורת זו לבין התפתחות תחום ההיסטוריה של המגדר בשנות השמונים של המאה העשרים. בהמשך מוצגים הממצאים של מחקר העוסק בהיבטים המגדריים של תנועת תיקון דתית מראשית העת החדשה במטרה להמחיש את התרומה המתודולוגית של חקר המגדר להבנת תופעות דתיות מרכזיות בהיסטוריה האירופית. החלק האחרון של המאמר דן בהשפעותיה של ההתמקדות ביחסי מגדר על שינוי פני המחקר ההיסטורי בעשורים האחרונים.



ספרים חדשים

מאת חברי האקדמיה

ירון בן־נאה, **משה אידל**, ג'רמי כהן ו**יוסף קפלן** (עורכים), **אסופה ליוסף: קובץ מחקרים שי ליוסף הקר**, ירושלים: מרכז זלמן שזר, תשע"ד.

יצחק אנגלרד, פיצויים לנפגעי תאונות דרכים, מהדורה רביעית, ירושלים: יהלום, תשע"ג.

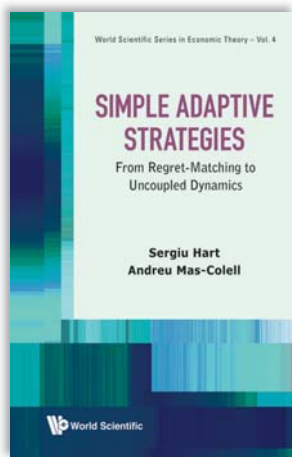
יהודה באואר, העם המחוצף, בנימינה: נהר ספרים, 2013.

דניאל פרידמן, הארנק והחרב: המהפכה המשפטית ושבירה, תל־אביב: ידיעות אחרונות, ספרי חמד, 2013.

מרדכי עקיבא פרידמן, חלפון ויהודה הלוי: לקורותיהם של סוחר משכיל ומשורר דגול על פי תעודות גניזת קהיר (ספר הודו, ד (א)), ירושלים: מכון בן־צבי לחקר קהילות ישראל במזרח וקרן הרב דוד משה ועמליה רוזן, תשע"ג.

שלמה דב גויטיין ז"ל ו**מרדכי עקיבא פרידמן** בסיועו של אמיר אשור, חלפון הסוחר המשכיל והנוסע הגדול: תעודות מגניזת קהיר (ספר הודו, ד (ב)), ירושלים: מכון בן־צבי לחקר קהילות ישראל במזרח וקרן הרב דוד משה ועמליה רוזן, תשע"ג.

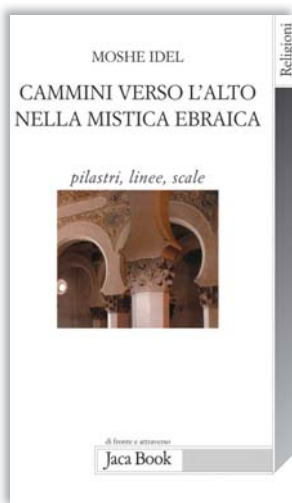




Sergiu Hart and Andreu Mas-Colell, *Simple Adaptive Strategies: From Regret-Matching to Uncoupled Dynamics*, Singapore: World Scientific Publishing, 2013.

Moshe Idel, *Cammini verso l'alto nella mistica ebraica: Pilastr, linee, scale*, transl. from the English G. Regalzi, Milano: Jaca Book, 2013.

Moshe Idel, *Lumi vechi, oglinzi noi*, transl. from the English A. Carac, Bucarest: Hasefer, 2013.



Moshe Idel, *Evreii lui Saturn: Despre sabbatul vrâjtoarelor și șabatianism*, transl. from the Italian C. Dumitru, Iasi: Polirom, 2013

רשימת חברי האקדמיה תשע"ד

החטיבה למדעי הטבע

דב פרוהמן	רשף טנא	עמירם גרינולד	רות ארנון, נשיאה
אהרן צ'חנובר	עדה יונת	גדעון דגן	איתמר וילנר, יו"ר החטיבה
דוד קשדן	יהושע יורטנר	מרדכי הייבלום	עודד אברמסקי
מיכאל רבין	יוסף ירדן	דוד הראל	שמואל אגמון
מישל רבל	יוסי לוויה	אהוד הרושובסקי	יקיר אהרונוב
אהרון רזין	רפאל דוד לוי	חיים הררי	אמנון אהרוני
מרדכי שגב	אלכסנדר לויצקי	אברהם הרשקו	שמעון אולמן
יחזקאל שפיין	אילון לינדנשטראוס	מאיר וילצ'יק	משה אורן
יצחק צבי שטיינברג	צבי ליפקין	דניאל ויס	נוגה אלון
יוסף שילה	דוד מילשפיין	יעקב זיו	יוסף אמרי
דן שכטמן	רפאל משולם	ירון זילברברג	צבי בן-אברהם
שהרן שלח	אברהם ניצן	משה זכאי	יעקב בקנשפיין
שלמה שמאי (שיץ)	חיים סידר	אורי זליגסון	יוסף ברנשפיין
עדי שמיר	מיכאל סלע	ליא זקס	יורם גרונו
זאב תדמור	הלל פורספנברג	אילן חת	
יגאל תלמי			

החטיבה למדעי הרוח

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



האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

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

www.academy.ac.il