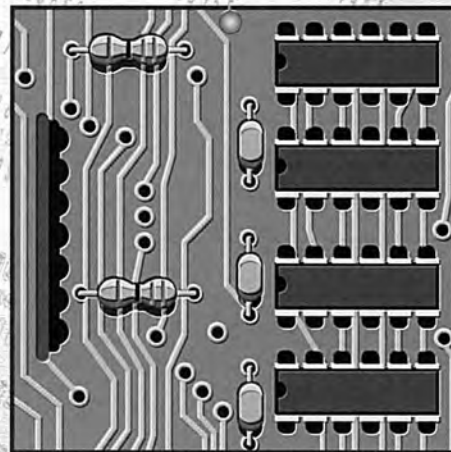
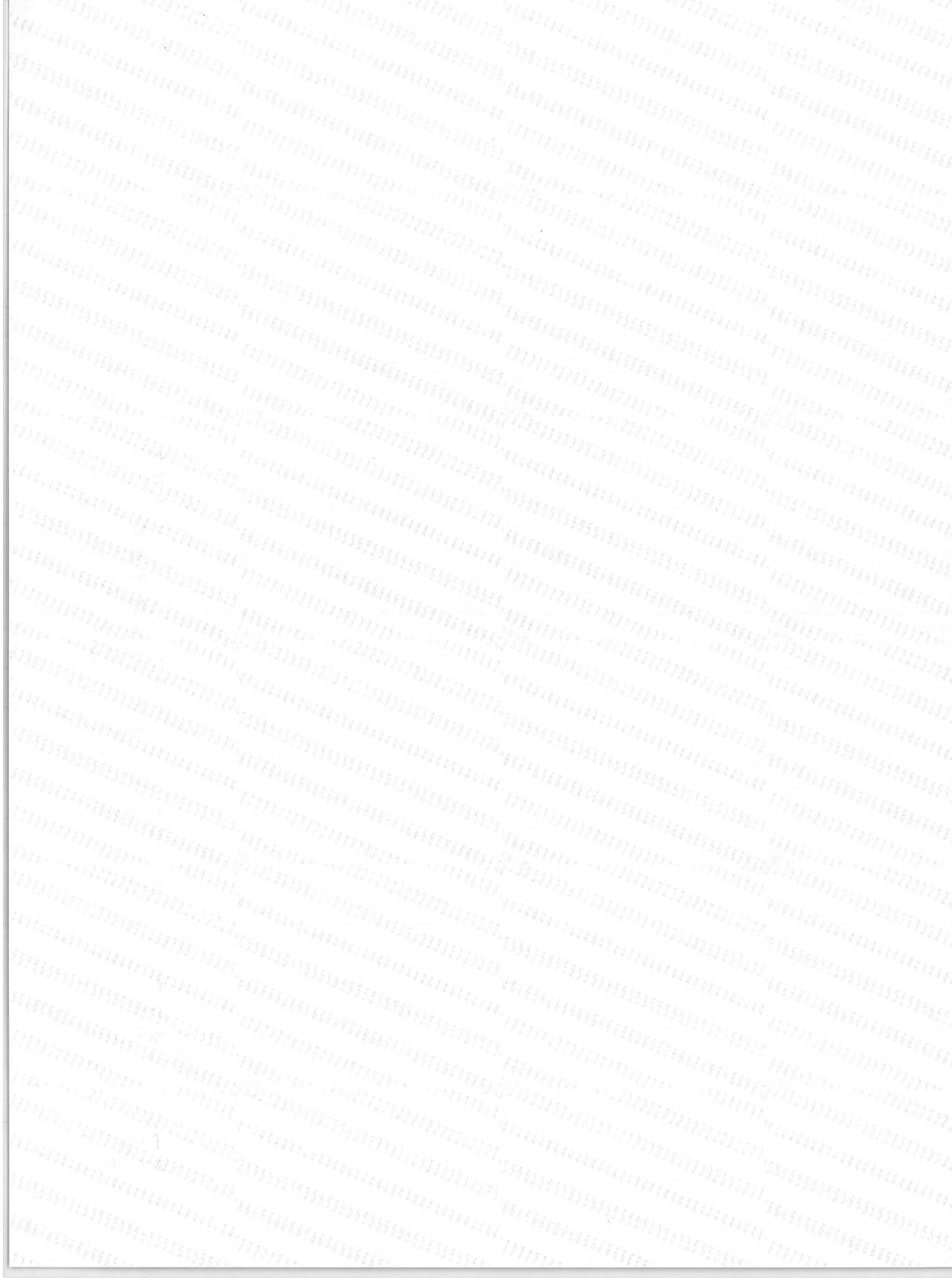




מבוא

המחשב - מרעיון למציאות





חזון המחשב מן האדם?



"האומנם נמנה המחשב עם מנגנונים, כדוגמת השעון או הגלגל, או שמא תורם המחשב משהו חדש וייחודי לתפיסה העצמית של האדם ולרובד האידיאולוגי של התרבות האנושית?" שאל ד"ר אילן עמית בשיחתו עם אורי חנני.¹ עמית סבר, כי העולמות החדשים

שפתח המחשב בפני האדם ניתנים להדגמה גם בתחומים שאינם קשורים לטכנולוגיית המחשוב עצמה. לדבריו, את המעבר מפסיכולוגיה התנהגותית לפסיכולוגיה הכרתית, באמצע המאה ה-20, ניתן לייחס, במידה לא מבוטלת, למפגש עם המחשב. למחשב יש יכולת של מתן משמעות לייצוגים, שכן הוא מסוגל לפרש אותם כהלכה. המחשב הינו כלי בעל משמעות ביצועית, אולם משמעותו המהותית אינה קיימת בו, בדומה לשעון. כקביעתו של הפילוסוף לודוויג ויטגנשטיין, עוד לפני עידן המחשב, כי משמעות העולם אינה חלק ממנו, אלא נמצאת כביכול מחוצה לו.

המחשב מפרש את מצב הזיכרון שלו ברמה בסיסית, כדי שיוכל לקרוא ולרשום בצורה נכונה. התוכנית מפרשת את מצבי המחשב ברמה גבוהה יותר, בהתאם לאלגוריתמים שנקבעו בה על ידי התוכניתן, והיא מהווה חלק ממערכת שבה מקבלים הדברים משמעות רחבה ושלמה יותר. בדרך כלל אנחנו מגדירים את המחשב כבעל יכולת לבצע חישובים, שיחות, בקרה וכדומה. אנחנו מייחסים לו אפוא יכולות חשיבה לא מעטות, והדבר מעורר אצלנו דווקא באשר למשמעותה של המודעות ובאשר לשאלה עד כמה היכולת הזאת ייחודית לאדם.

בהמשך לרעיון הזה, העלה אשר יובל, מראשוני קהילת המחשוב בארץ, את החשש, שנתפוס את המחשב כמשקף את המציאות, או אפילו כיוצר מציאות חדשה.² לדעתו, מערכת מידע בעלת רמת שקיפות גבוהה משקפת את המציאות בצורה אמיתית ואמינה, ולעיתים נדמה, כי היא עצמה העולם האמיתי. דוגמה לכך הם משחקי מחשב וסימולטורים שונים, המדמים את המציאות, ומכאן החשש, כי עם המעבר למציאות האמיתית נמשך וננהג כאילו אנחנו עדיין בהדמיה.

לא רק פילוסופים נתנו דעתם לתופעת המחשב ולהשפעתה על ההיסטוריה האנושית – גם המשוררים התייחסו אליה. היו שחרדו מהתופעה והשלכותיה, והיו שקימו אותה בברכה. היה מי שמצא,³ כי כבר המלך שלמה עשה שימוש במלה "מחשב" וזאת לאו דווקא בהקשר חיובי: "מחשב להרע לו בעל מזמות יקראו" (משלי כ"ד: ח').

רק בסוף שנות ה-60 ובראשית שנות ה-70 החלה השירה העברית להתייחס למחשב, כאילו חששו המשוררים וחשו עצמם נבוכים אל מול התופעה החדשה. הראשון שבהם, יצחק זילברשלג, משורר עברי, שחי וכתב באמצע המאה ה-20 בארצות הברית, נדרש למהפכת המחשוב שעמדה אז בפתח. זילברשלג ראה במחשב כמייצג

נסיגה וסירוס תכונות האדם. הוא ראה בו מכשיר המעקר חשיבה, יצירה ופעילות ומגביר את הבדידות והשעמום, וכגורם שעתידי לגרום לביוון המערכות התפקודיות של האדם. הוא גם התריע כנגד הגישה המשיחית כלפי המחשב, שראתה בו כמביא גאולה ומזור לכל תחלואי הדור.



אלהותה של המכונה

יבוא היום: יהבל אדם
לפני מכונה אשר תעתיק
הכלי דבריו לשבעים לשון.

יבוא היום: יהגה אדם
ליד מכונה אשר תזרים
מי הגיוניו ללשון משמל.

יבוא היום: ידמה אדם
למקצב מכונה במקצבו
ולאדישותה באדישותו.

ואולי יכרע בוטור-דמותו
ויעילותו לפני מכונה.
לפני רוממות אלהותה.

⁴ 'אגרות אל דורות אחרים'

לעומתו, ביטא גם המשורר דוד אבירן, בתחילת שנות ה-80, אהדה להופעת המחשב, לימד סניגוריה על הישגי הטכנולוגיה, וקרא להסתייעות במחשבים לשם הגברת התחכום של הפעילות האנושית. אבירן סבר, כי מחשבים מסוגלים להיות יותר "אנושיים", בני-אדם מסוגלים להיות יותר "מחשביים", וכי צעידת האדם לקראת המכונה, המהווה את המשך גופו ומערכת עצביו, הופכת אותו למוכשר יותר להיות בעולם של מחר:



לחשוב בצורה ממחשבת

לחשוב בצורה ממחשבת זה ענין חשוב,
בג'ונגל, במדבר, הרחק ממקום-ישוב,
במקום נדח או בלא-מקום או בכלל
ולא לחשוב מחשבה ביולוגית בכלל.
[...]

לחשוב בצורה אחרת זה ענין אחר.
חשוב להתחיל בזה מיד ולא לאחר.
אפשר להטיל על חשיבה כזאת משימות –
מציאות חדשות, אפשרויות שונות, קלומות.

רק אי-אפשר לקחת ממנה את אחרותה,
להשאיר צמוד אליה, להשאיר אתה,
לקחת אתה עד קצה גבול האפשרויות
ושם לפתח חדשות, בלתי חזויות.

⁵ 'הפסיכיאטר האלקטרוני שלי'

שנים מאוחר יותר, עם התרחבות השימוש במחשב במוסדות, במשרדים ובבתים, כתב העיתונאי גדעון רייכר על השפעת המחשב על חייו של האיש הקטן:

הסודות הקטנים של חיינו



משחק חדש בא למדינה - המחשב. [...] בקשר חשאי השתלטו המחשבים על מוחותיהם וליבם של מאות אלפי עובדי מדינה וציבור. הדקונים האימתניים מגרגרים בחדווה, פולטים ומשחקים כמי שדעתם מתוכנתת: יש לשבש ולסכסך את דעתם של בני האדם כפעולת ריכוך לקראת היעד הסופי: שלטון המחשב על האדם: ויהיה זה גולת הכותרת של הציונות הדיגיטלית [...]

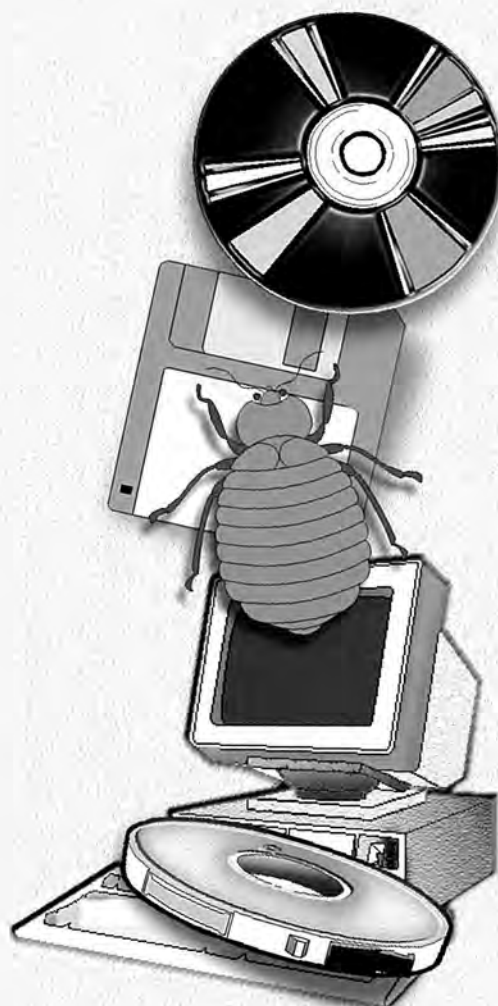
עכשיו הפקידים אוכלים במזנונים משוכללים, לוחצים על מקשים, מציצים בצגים ומאכילים את צבא המחשבים במיליוני נתונים אודות הגובה, המין, הצורה, צבע השיער ותאריך הלידה של בני העם הזה [...] אין מי שיעמוד נגדם: דעתן של מפלצות הפלסטיק נתבלעה עליהן ואין מי שישלוף את התקע מהשקע וישים קץ לחייהן. כבודנו היה למרמס, כל סודותינו מתגוללים בראש חוצות. כל לוחץ מקשים פולש לבתינו ביד רמה ומצווה [...]

מותר האדם מן המחשב אין.

השיבו לנו את כתב היד המעוגל של פקידינו, את המבט האישי, היד על השכס, הקול הרך ואפילו הנויפה הגוערת, אבל הסירו מעלינו את המפלצות המכרסמות ובולעו את חרותנו ואת נפשותינו ללא מעצור וללא אבחנה. השיבו לנו את בני האדם.⁶

נראה כי המחשב הוא חלום שהתגשם. עם זאת, רבים מאיתנו עדיין מקנים לו מימד של פנטזיה המהולה בחששות. אלהותה של המכונה? הפנטזיה באה לידי ביטוי בסרטים הוליוודיים כמו 'מלחמת הכוכבים', 'סופרמן', 'מטריקס' 'משחקי מלחמה' וגיבורים ממוחשבים אחרים, התורמים לטשטוש ההבחנה בין טכנולוגיה ודמיון. מראשית המהפכה התעשייתית חששו בני-אדם ממכונות שיתפסו את מקומם. גם כיום קיימים חששות מהשתלטות המחשבים על מקומות העבודה שלנו ומאייכולת להתמודד עם המכונות המסובכות הללו.⁷

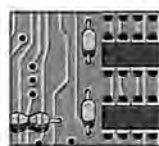
חששות נוספים הם ביחס לחירויות הפרט. האם נהיה חשופים לסכנה של שקיפות חיינו הפרטיים בפני גורמים שונים, ובעיקר בפני המדינה שתוכל להגדיל את שליטתה על נתיניה, בבחינת העין הפקוחה של האח הגדול? פרופ' אסא כשר, בוגר ממר"ם, טען, שהמחשבים והתוכנות שלהם הם כמו כל מכשיר אחר: אינם טובים ואינם רעים, אלא מכשירים! השאלה היא איזה שימוש נעשה בהם. האם הם מיועדים לרווחת הכלל בדרך שאינה פוגעת בחירויות הבסיסיות של הפרט, או שנעשה בהם שימוש כמו מעקב, כך שאנשים מסוימים יכולים לדעת על אחרים דברים שמן הראוי שלא ידעו. השימוש במכשיר הזה צריך להיעשות תוך הקפדה מלאה על שמירת החירויות הבסיסיות, גם במחיר היעילות, תוך הצבת מחסומים, בקרה והשגחה,



זאת באמצעות חקיקה מפורטת, שתמנע מכל אחד, שיחפוץ בכך, להגיע אל המידע.⁸ אין ספק, כי המחשב שינה את פני העולם, חולל תמורות ומהפכות בחיינו, חדר לכל פינה והפך את המקום שבו אנחנו חיים למשהו שלא הכרנו קודם. לצורך הדימוי ניתן לומר, כי אם בעבר די היה בכך שנדליק את הפנס עם רדת החשיכה ונכבה אותו עם עלות השחר, הרי שהיום, כדי לעמוד בקצב ההתפתחות המוכתב לנו על ידי פיתוח טכנולוגיות חדשות, עלינו להדליק ולכבות את הפנס כל דקה. עלינו לזנוח את חיינו הנינוחים, להשתנות בהתאם ולשמור על קצב מואץ בהרבה ממה שהכרנו בעבר. דומה הדבר למה שסיפר מדליק הפנסים לנסיך הקטן שבא לבקר בכוכב שלו:

נוהג הייתי לכבות את הפנס עם בוקר ולהדליק בין הערביים.
היה לי פנאי לנוח בשעות היום ולישון בשעות הלילה [...]. מהירות סיבובו של הכוכב גדלה והלכה משנה לשנה [...]
כעת עושה הכוכב סיבוב שלם בדקה,
ואין לי פנאי להינפש ולהחליף כוח אפילו כדי שנייה אחת.
אני מדליק את הפנס ומכבה אותו אחת לדקה!

אנטואן דה סנט-אכזופר, הנסיך הקטן⁹



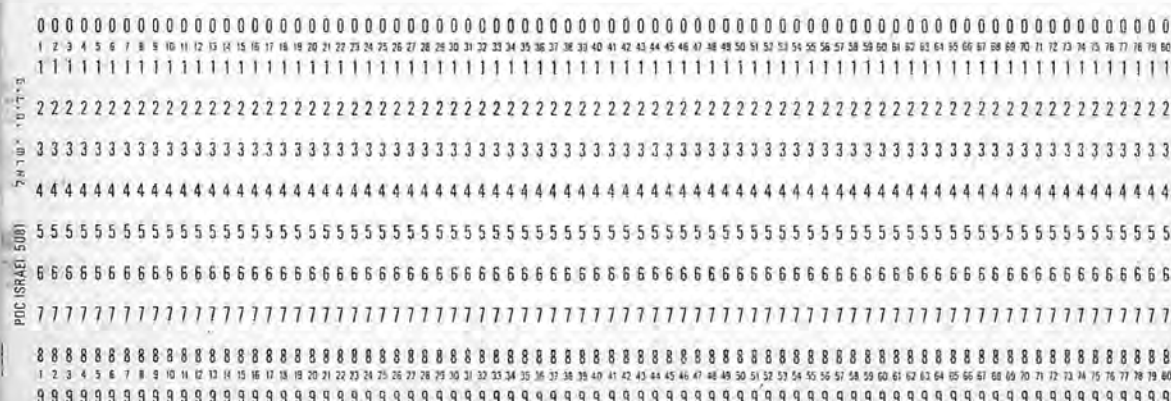
מהחשבונייה אל השלב

נוטים לראות בחשבונייה (abacus) את מכונת החישוב הראשונה שבה השתמשו אבותינו. ואולי היו אלה דווקא אצבעות הידיים, ששימשו את קודמינו בחישובים הראשונים של שקילת גרעיני החיטה וספירת בעלי החיים שלהם. במאה ה־6 לפנה"ס השתמשו הסינים בגירסה מוקדמת לחשבונייה, שבה שני מיתרים וחרוזים, אשר הועברו מצד לצד וסייעו בחישובים. היא הובאה לאגן הים התיכון במאה ה־1 לפנה"ס. החשבונייה שירתה את האנושות במשך מאות בשנים, ועד היום נעזרים בה ילדי סין בוריוות מפליאה. באמצעות חרוזים בודדים ניתן היה לבצע פעולות חשבוניות. לחשבונייה היה גם "זיכרון" שכן, אם לא שונה סדר החרוזים נשמרה התוצאה האחרונה שבוצעה באמצעותה.

יש הרואים בתחילת המחשוב את המכונה האנלוגית, שהמציא המדען הגרמני וילהלם שיקרד ב־1623. המכונה עשתה שימוש בגלגלי שיניים, שיכלו לבצע פעולות חיבור, ובאמצעות לוחות לוגיקה גם להכפיל ולחלק.¹⁰ עם זאת, רואים מרבית החוקרים את בלייז פסקל, מתימטיקאי ופילוסוף צרפתי, כממציא הראשון, עשרים שנים מאוחר יותר, של הטרום־מחשב הראשון. היתה זו מכונת חישוב לפעולות חיבור וחיסור, שאותה בנה כעזרה לאביו, גובה המיסים, וממנה ייצרו חמישים עותקים. פסקל "מיחשב" למעשה את החשבונייה ובנה מנגנון מכני, המבוסס על גלגלי שיניים וידית, שעם סיבובה הופיעו הספרות בתוך חלון קטן מעליה.¹¹ כחמישים שנים לאחר מכן – ב־1694 – בנה וילהלם פון לייבניץ, מתימטיקאי ופילוסוף גרמני, מכונת חישוב, שיכלה לבצע גם פעולות כפל וחילוק, זאת באמצעות ביצוע פעולות חוזרות ונשנות של חיבור וחיסור. בהמצאתו עשה לייבניץ שימוש במנגנוני החיבור־חיסור של פסקל, אך הרחיב אותם לפעולות הכפל והחילוק.¹² המניע להמצאתו זו של לייבניץ מוסבר באמרתו: "אין זה הולם שאנשים מחוננים יאבדו שעות כעבדים במלאכת החישוב, שאותה אפשר היה להעביר בנקל לכל אחד ואחד, המשתמש במכונה."¹³

בתחילת המאה ה־19, התקדם נושא המחשוב כמעט במקביל בצרפת ובאנגליה. ב־1820 שיכלל הצרפתי שרל קסוויר תומס את מנגנון מכונת החישוב של לייבניץ,¹⁴ וב־1812 שקד צוות באוניברסיטת קיימברידג', אנגליה, בראשותו של פרופ' צ'רלס בֶּבג', מדען ומתימטיקאי, על פרויקט ליצירת "מכונת הפרשים" (difference engine) לחישוב ולהדפסה אוטומטית של טבלאות אסטרונומיות, לצורכי חישובים מתימטיים מורכבים למטרות ניווט ימי.¹⁵ ב־1833 החל בֶּבג' בתכנון מכונה נוספת, אנליטית, שכללה גם יחידת חישוב ויחידות זיכרון ובקרה, וזו הופעלה בעזרת קיטור. הפרויקט נמשך עשרות שנים ולא הושלם, אך עם זאת נחשב, מבחינת

מרבית החוקרים רואים את בלייז פסקל כממציא הראשון, עשרים שנים מאוחר יותר, של הטרום־מחשב הראשון.



כרטיס ניקוב, הקלט/פלט למחשב

תפיסתו המכנית, יכולתו לאחסן הוראות והשימוש שנעשה בו בכרטיסים מנוקבים, לאבי המחשבים המודרניים.¹⁶

הרעיון של פבג' להפעיל את המכונה הזאת באמצעות כרטיסים מנוקבים הסתמך על המצאתו של ג'וזף-מרי ז'קרד, יצרן נולים צרפתי, שהגה את הרעיון של שימוש בלוחות קרטון מנוקבים ליצירת דוגמאות אריגה שונות. על רעיונו זה זכה ז'קרד בעיטור כבוד מנפוליאון, אך בסופו של דבר נאלץ לברוח מעירו ליון, בשל חששו מן האורגים אשר רדפוהו. האורגים חששו, כי המצאתו תגוול מהם את פרנסתם, אך למרות זאת, פעלו בליון עד מותו יותר מ-30 אלף נולים כאלה.¹⁷ ההמצאה הזאת של כרטיסים מנוקבים יושמה והיתה נפוצה מאוד, מאה שנים מאוחר יותר, במחשבים המודרניים.

ב-1890 נערך בארצות-הברית מפקד אוכלוסין, כנהוג אחת לעשר שנים. לקראתו תיכנן ד"ר הרמן הולרית, אחד ממארגני המפקד, שימוש במכונת חישוב אוטומטית. המכונה הזאת שילבה שימוש בכרטיסים מנוקבים, יחד עם מכשיר שיצר וקרא, באופן אלקטרו-מכני, את הכרטיסים. מטרתו של הולרית, שהושגה במלואה, היתה לקצר עד כמה שניתן את תהליך עיבוד תוצאות המפקד.¹⁸

ב-1937 החלה חברת יבמ, בשיתוף עם הוורד ה' אייקן מאוניברסיטת הרוורד, אשר לראשונה בנה תוכנית ללימוד מדעי המחשב באוניברסיטת הרוורד, לבנות מחשב ענק. המחשב, שנקרא ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator), או בקיצור מארק I, היה מכונת חישוב ספרתית אוטומטית, אלקטרו-מכנית, שבה עשו שימוש בטכניקת הכרטיסים המנוקבים של פבג'. המכונה ידעה להכפיל שני מספרים בעלי 23 ספרות כל אחד תוך 3 שניות, והתוצאה התקבלה על פלט נייר או במכונת כתיבה. המחשב הזה היה מורכב מ-765,299 חלקים, משקלו היה קרוב ל-2 טונות ושימש בעיקר לחישוב נתונים בליסטיים. המחשב החל לעבוד ב-7 באוגוסט 1944, כשנה לפני תום מלחמת-העולם השנייה. בהיותו מכונה אלקטרו-מכנית היה המחשב הזה מיושן מבחינה טכנולוגית מרגע השלמתו.¹⁹

באותה תקופה העלה המתמטיקאי הבריטי אלן טורינג רעיון לעיבוד משוואות

המכונה ידעה להכפיל
שני מספרים בעלי 23 ספרות
כל אחד תוך 3 שניות



מתוך מעשה חושב יוני 1986, סיון תשמ"ו
(עמ' 39)

ג'ון פון נוימן: ליצור במחשב
מאגר זיכרון נפרד שבו
יאוחסנו התוכנית והוראות ההפעלה

באופן אוטומטי, תוך שימוש בסמלים במקום באותיות. כוונתו היתה, שההמצאה תשמש מעין מכונה אוניברסלית, שבאמצעותה יתאפשר לשפר את הביצוע של כל מכונות החישוב שהומצאו לפניו. בזכות המצאתו זו ראוי טורנינג להיקרא אבי תיאוריית המחשבים הדיגיטליים.²⁰

מלחמת העולם השנייה וצורכי הביטחון האמריקניים הביאו להאצת תהליכים, ונתנו דחיפה עצומה לפיתוח יכולות וטכנולוגיות מתקדמות בתחום מכונות המחשוב. אלה נועדו לאפשר עשיית חישובים מסובכים בכלי נשק חדישים וכן למחשב כמויות רבות של נתונים צבאיים. עם זאת, תומס ווטסון, יו"ר יבמ דאז, אמר ב-1943, כי הוא סבור שיש בעולם מקום לתריסר מחשבים.²¹ בסוף מלחמת העולם השנייה נעשתה בארצות הברית הערכת צרכים חישוביים, אשר קבעה, כי שמונה מחשבים אלקטרוניים יספקו את דרישות החישוב של ארצות הברית.²² ב-1951 היו בכל העולם כולו, כנראה, תריסר מחשבים והמומחים סברו, כי אין מקום לסדרות מחשבים.²³

עם זאת החל גל של פיתוחי מחשבים. במעבדות חברת בל פיתח ג'ורג' ר' סטיביץ', בתחילת שנות ה-40, מחשב, שהכיל רכיבי טלפון וטייפ, מתגים, מנקב נייר וקוראי ניקוב. המחשב הזה, יכול היה לאחסן 20 מספרים של שבע ספרות. לראשונה, נעשה שימוש בזיכרון של מספרים כפונקציה נפרדת. בינתיים נבנה על-ידי אייקן המחשב מארק II, שהושלם ב-1947.²⁴

ב-1943 פיתחו שני מדענים מאוניברסיטת פנסילבניה את מה שנחשב למחשב האלקטרוני-דיגיטלי הראשון. השניים, ד"ר פרוספר אקרט וד"ר ג'ון מאושלי, בנו את מחשב ה'אניאק' (Electronic Numerical Integrator and Calculator) ENIAC, שחישב לוחות טווחים, שחיוניותם היתה רבה במהלך

מלחמת העולם השנייה, עבור צבא ארצות הברית. השניים השתמשו במעגלים אלקטרוניים, שהופעלו על-ידי 18,000 שפופרות ריק, שהפיקו חום רב. מדי חודש נאלצו להחליף כאלפיים מהן. מחשב ה'אניאק' ידע לכפול מספרים בני 10 ספרות בקצב של 3,000 פעולות בשנייה ו-5,000 פעולות חיבור בשנייה. מהירות פעולותיו היתה פי 1,000 מזו של מארק I, והמידע שהופק ממנו נאגר על גבי כרטיסים מנוקבים. היה זה מחשב ענק - אורכו כ-30 מטרים, גובהו 3 מטרים ורוחבו מטר אחד; משקלו היה 27 טון.²⁵

במהלך פיתוח ה'אניאק', קיבלו שני המדענים שפיתחוהו, עצה מהמתימטיקאי היהודי-אמריקני, ג'ון פון נוימן, ממפתחי הפצצה הגרעינית, ליצור במחשב מאגר זיכרון נפרד, שבו יאוחסנו התוכנית והוראות ההפעלה של המחשב. את עצתו הם לא הספיקו ליישם במחשב ה'אניאק', אלא רק במחשבים מאוחרים יותר.²⁶ הכנת המחשב לפעולה, שנעשתה ידנית, גזלה זמן יקר, שלא צומצם עם הגדלת מהירות החישוב. אחסון ההוראות באותו זיכרון שבו אוחסנו הקבוצים והמשתנים של התוכנית, הביא לכך, שכל שיפור במהירות הפעולה של מרכיבי המחשב גרם לשיפור של כלל המערכת. התוכנית שאוחסנה בזיכרון איפשרה למחשב לשנות בעצמו את תוכניתו, וביטלה את הצורך לתכנת מחדש את המחשב לפני כל משימה חדשה.

הרעיון הזה של פון נוימן, שהגדיר למעשה את מושג התכנות המודרני, גרם לקפיצת-מדרגה משמעותית בפיתוח המחשב, והוא היה לאבן פינה בפיתוח המחשבים

העתידיים. ב־1946 פירסם פון נוימן את רעיונותיו במאמר שדן בתכנון הלוגי של מכשיר חישוב אלקטרוני, ובכך נתן פומבי לאותם רעיונות שהפכו לנחלת הכלל.²⁷ פון נוימן וצוות ה'אניאק' בנו ב־1945 במכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס MIT (Massachusetts Institute of Technology), את המחשב 'אדווק' (EDVAC, Electronic Discrete Variable Computer), וב־1949 בנה מוריס ו' וילקס באוניברסיטת קיימברידג' באנגליה את המחשב 'אדסק' (EDSAC, Electronic Delay Storage Automatic Calculator), שיישם אף הוא את המצאתו של פון נוימן. המחשבים האלה פעלו באוניברסיטאות, בעיקר לצרכים מדעיים, ורק בתחילת שנות ה־50 החלו לייצר אותם גם לשימושים עסקיים.²⁸

אולם רק לאחר מלחמת העולם השנייה פעל לראשונה המחשב האלקטרוני־דיגיטלי הראשון. בוועדה לאנרגיה אטומית (Atomic Energy Commission) AEC בלוס אלמוס אשר בניו מקסיקו, השתמשו המדענים במחשב כדי לייצר פצצת מימן. מעבדות האטום בלוס אלמוס ובלורנס ליוורמור בקליפורניה היו חלוצי המחשב האלקטרוני־דיגיטלי.²⁹

חברת יבמ פיתחה אף היא ב־1946 מכונה אלקטרונית, שהופעלה באמצעות שפופרות ריק ואשר ידעה לכפול מספרים במהירות רבה. למעשה, עיבדה המכונה נתונים שהוזנו מכרטיסים מנוקבים. כדי לא לפגור אחרי ה'אניאק', מיהרה החברה ופיתחה כופל אלקטרוני תחת השם יבמ 603. לאחר מכן פיתחה יבמ את מכונת החישוב האלקטרוני יבמ 604, שיכלה לעשות גם פעולות חילוק.³⁰ אקרט ומאושלי, ממציאי ה'אניאק', פרשו ב־1947 מאוניברסיטת פנסילבניה והקימו חברה משלהם בפילדלפיה. השניים החלו בבניית מחשב חדש 'בינאק' (Binary Automatic Computer). בשל קשיי מימון מכרו שני הממציאים, ב־1949, את חברתם לחברת רמינגטון ראנד, שם הושלם פיתוח המחשב 'יוניבאק' (UNIVAC I, Universal Automatic Computer). המחשב התאפיין ביחידת זיכרון, שאיפשרה את אחסון המידע ואחזורו על גבי סרט מגנטי, ולא על כרטיסים מנוקבים. משקלו של המחשב היה כ־8 טון, הכיל 5,000 שפופרות ריק והיה מסוגל לחשב כאלף חישובים בשנייה.³¹

ב־1951 הותקן ה'יוניבאק I' בלשכת רישום האוכלוסין של ארצות־הברית.³² בעת הבחירות לנשיאות ב־1952 השתמשה בו רשת הטלוויזיה CBS, והמדגם שנעשה באמצעות המחשב "חזה" את ניצחונו של דווייט אייזנהאואר על עדלי סטיוונסון.³³ עד 1952 יוצרו 46 מחשבי 'יוניבאק', והראשון שבהם מוצג כיום לראווה במוזיאון סמיתסוניאן בושינגטון.

כמענה למחשב ה'יוניבאק' יצאה חברת יבמ בסוף 1952 עם מחשב ראשון מסדרת ה־700. הסדרה הזאת התאפיינה במחשבים אלקטרוניים ענקיים, יקרים, בעלי זיכרון, שיכלו לבצע פעולות חישוב במהירות רבה, ואשר השתמשו בסרט מגנטי ובשפופרות ריק אלקטרוסטטיות.³⁴

באמצע שנות ה־50 של המאה ה־20 כבר היתה המלה "מחשב" שגורה בפיהם של מנהלי חברות גדולות, והיא הילכה קסם עליהם. הם ראו בו את מכשיר העתיד, שבאמצעותו ינוהלו חברות, ורצו לרכוש מכשיר כזה על אף שלא היה להם ברור לחלוטין מה יהיה השימוש בו.³⁵ בעקבות זאת החלו חברות אמריקניות רבות – בהן

רשומה לאנרגיה אטומית
השתמשו המדענים במחשב
כדי לייצר פצצת מימן

A Linguistic Sampler (entries in red are more widely used)

NAME	DEVELOPED	PRIMARY USE	COMMENTS
ADA	1959-63	General apps	Used by DOD
Algol	1958	Scientific	
APL	1960s	Scientific	Uses cryptic symbolic matrix operations
Basic	1963	Education	Microsoft's first product: a Basic interpreter
C	1972	Systems	Original Unix language, with low-level access, high-level operators
C++	1982	Systems	Primary systems, app development programming language
Cobol	1960	Business apps	Very verbose
Eftal	1997	General apps	
Fortran	1959	General apps	Stack-oriented, threaded language
Fortran	1954	Scientific	
HyperTalk	1986	Hypermedia collection	Powered on Apple II
Java	1994	Web	
JavaScript	1994	Web	
Lisp	1956	Computer science, artificial intelligence	(Statements use many parentheses)
Lego	1967	Education	
Pascal	1968	Education	
Perl	1986	Web	Powerful scripting language for text docs
PL/I	1964	General apps	
PostScript	1982	Document desc	Stack-oriented, threaded language
Prolog	1979	Computer science, artificial intelligence	
RPG	1965	Business reports	Cyclical report generation
Smalltalk	1972	Computer science, artificial intelligence	First object-oriented language
Snobol	1962	Text analysis	Optimized for string processing
Tcl	1990	Web	
TeX	1978	Document prep	
Visual Basic	1990	General apps	
Visual Basic Script	1995	Markup	

טבלת שמות תכנות שמותחנן במרוצת השנים
המקור: Computerworld, July 17, 2000, p. 64

יבמ, ספרי ראנד (לשעבר רמינגטון ראנד), בורוז, תאגיד הרדיו של אמריקה, קונטרול דאטה, ג'נרל אלקטריק, פילקו והניוול - לבנות מחשבים, לצרכים מסחריים, שהיו מבוססים על זיכרון מגנטי.

ב־1948 פותח במעבדות 'בל' הטרנזיסטור שיצא לשוק ב־1956. המצאתו היוותה קפיצת־מדרגה נוספת בפיתוח המחשבים, שלוותה בשימוש במעגלים מודפסים וטכניקות אחרות, שהביאו למזעור גודלו ונפחו של המחשב.³⁶ הטרנזיסטור פעל כמתג חשמלי ומילא את אותן הפונקציות שמילאו שפופרות הריק, אך במהירות ובאמינות גבוהות יותר ובפליטת חום מופחתת. הטרנזיסטורים היו קטנים באופן משמעותי מן השפופרות, והדבר איפשר להקטין את נפח המחשבים ולהגביר את מהירות החישוב, שהגיעה ל־10,000 פעולות חישוב בשנייה. עם החברות שהחלו להשתמש בהמצאה הזאת ניתן למנות את RCA, הניוול, NCR, יבמ, בורוז, קונטרול דאטה ופילקו, אשר ייצרה את מחשב פילקו 2000, שהיה לימים המחשב הראשון של ממר"ם.

נושא התכנות היווה צוואר בקבוק בשימוש במחשבים. השפה הראשונה שפותחה היתה שפת אסמבלי, שהיתה שפה "נמוכה" והוראות שלה היו סדרות של קודים מופשטים. אחריה פותחו שפות "עיליות", שהפקודות שלהן דמו לשפת אנוש טבעית, כמו שפת פורטרן (FORTRAN Formula Translation), שפותחה ב־1956 על־ידי ג'ון בקוס מיבמ.³⁷ ב־1958 פותחה שפת אלגול (ALGOL Algorithmic Language) שפת תכנות, שיועדה להיות שפה בין־לאומית, מעין אספרנטו, שנועדה לצרכים מדעיים ואשר לא נקלטה בשל עליונותה של הפורטרן, שהיתה שפת התכנות של יבמ.³⁸

ב־1957 פיתחה קצינת חיל הים האמריקני, גרייס מרי הופר את השפה המסחרית הראשונה, שנקראה פלומטיק. אגב, הופר היא שטבעה את המושג "באג" (Bug - חרק באנגלית), כדי לציין שיבוש בעבודת המחשב, כאשר גילתה ב־1945, כי עש שחדר למחשב יבמ 'מארק II' שיבש את פעולתו.³⁹ ב־1960 פותחה שפת קובול - COBOL (Common Business Oriented Language), לצורכי עיבוד נתונים מסחריים והיתה לשפת תכנות חשובה ביותר בתחום עיבוד הנתונים.⁴⁰

בתחילת שנות ה־60 חברו אנשי יבמ עם מהנדסי לוס אלמוס ופיתחו מחשב לצורכי נשק גרעיני - הסטרץ'.⁴¹ ארכיטקטורת המחשבים האלה כללה החלפת הטרנזיסטורים בשבבים ושילוב שיטות כימיות ואופטיות, שסייעו למזעור המחשב ולהגדלת הזיכרון הפנימי שלו. מעתה יכול היה המחשב להריץ כמה תוכניות בה־בעת, זאת במקביל להכנסת שיטות עיבוד חדשות של עיבודים מקוונים (on line) באמצעות מסופים. כך החלה יבמ בייצור מחשבים מסדרת System/360. המספר, המציין את היקפו המלא של המעגל (360 מעלות), סימל את שאיפתה של החברה להקיף את כל צורכי המשתמשים במסחר ובמדע.⁴² סדרת המחשבים הזאת היתה לאבן פינה במחשוב האזרחי והיוותה את הדור השני במחשבי ממר"ם, שהחליפו את מחשבי הפילקו.

בשנים האלה פותחה שפת האסקי (American National Standard Ascii Code for Information Interchange), שאיפשרה תקשורת נתונים בין מחשבים שונים, וב־1964 פיתחו ג'ון קמי ותומס קורץ את שפת הבייסיק. היתה זו שפה קלה

סדרת מחשבים זו היתה לאבן פינה במחשוב האזרחי והיוותה את הדור השני במחשבי ממר"ם

יחסית ללימוד, ידידותית ופופולרית. שפות עיליות נוספות הנמצאות בשימוש הן שפת C, שפת Ada, הנקראת על שמה של עדה ביירון (1815-1851), בתו של המשורר האנגלי הנודע, לורד ביירון, מתימטיקאית ותלמידתו של פבג', אשר העלתה על הכתב את רעיונותיו של פבג' בזכות המכונה האנליטית. שפות חשובות נוספות הן שפת פסקל, על שמו של בלייז פסקל והשפות LISP, Prolog ו-Java.⁴³ בסוף שנות ה-60 פותח שבב הצורן (סיליקון), שהכיל מעגלים משולבים, טרנזיסטורים ועירים ורכיבים אחרים והחליף את הטרנזיסטור הבודד במחשב. בעשור שלאחר מכן הוכנסו טכנולוגיות מתקדמות למחשבים, יחידות הקלט והפלט הופרדו מיחידת העיבוד המרכזית, נוספו מאגרי זיכרון גדולים, נעשה שימוש במעגלים משולבים ממוזערים, שאיפשרו למזער את הרכיבים הנוספים, ששולבו בכל מעגל כזה, ועל-ידי כך להגדיל את הזיכרון ואת מהירות הביצוע. שיפור הטכנולוגיה של המעגלים המשולבים הביא לפיתוח המיקרופרוססור, המעבד הזעיר, שהכיל אז אלפי טרנזיסטורים.

במקביל, בוזר המחשוב, הורחבה קשת השימושים במחשבים ואלו החלו חודרים לכל תחומי החיים. המהפכה הבולטת ביותר באותה תקופה, היתה המצאת המחשב האישי, אשר באמצעות הטכנולוגיה החדשה ניתן היה להקטינו, להויל ולחפכו למשיר בתי.

ב-1971 הכריזה חברת יבמ על דיסקט ה-8 אינץ' וחברת אינטל הכריזה על מעבד 4004 המבצע 60 אלף פעולות בשנייה, ושנה לאחר מכן על מעבד 8008.⁴⁴ ב-1975 פיתחו ביל גייטס ופול אלן את המחשב האישי אלטייר 8800, שעשה שימוש במעבד אינטל 8008 והיה לו 256 בייט של זיכרון RAM (Random Access Memory),⁴⁵ שהוא זיכרון מהיר, שבו שומר המחשב את המידע הנחוץ לתוכנות שרצות בזמן מסוים והוא נשמר רק כל עוד המחשב דולק. במחשב הזה השתמשו בתוכנה שנקראה בייסיק 24, שפותחה באותה שנה על-ידי השניים.⁴⁶

באותה תקופה הקים משרד ההגנה האמריקני את רשת ארפנט, שקישרה, באמצעות תקשורת נתונים, ארבע אוניברסיטאות כרשת תקשורת. ב-1985 התחברו חמש אוניברסיטאות בארצות-הברית כרשת תקשורת נספנט,⁴⁷ שבה עשו בשנות ה-90 שימוש גולשי האינטרנט באמצעות המארג הכלל עולמי של רשתות מחשבים WWW (World Wide Web).⁴⁸

בשנות ה-80 פותחו הכונן הקשיח, מערכת ההפעלה DOS (Disk Operating System), ולאחר מכן מערכת ההפעלה OS/2, הגיליון האלקטרוני לוטוס 123, מעבדים מתקדמים כמו הדגמים של חברת אינטל 286, 386, 486 ושפת התכנות ++C, מוכוונת עצמים (Object Oriented). השיפורים במחשב האישי כללו הכנסת רכיבי זיכרון אמינים יותר ויחידת עיבוד מרכזית בעלת יכולות מורכבות יותר. חברת זירוקס האמריקנית יצרה יכולות גרפיות, שהוכנסו לשימוש על-ידי חברת אפל במחשבי המקינטוש.⁴⁹

בשנות ה-90 התבסס עידן המערכות הפתוחות, מערכת הפעלה חלונות, מעבדי פנטיום, גיליונות אלקטרוניים מתקדמים לחישוב נתונים, יכולות חישוב של מיליארדי חישובים בשנייה, טכנולוגיות רשת, ובעיקר האינטרנט. האינטרנט הביא את העולם הביתה, איפשר תקשורת קלה ונוחה בין משתמשי ברחבי תבל, הביא

המהפכה הבולטת ביותר
כאותה תקופה היתה המצאת
המחשב האישי

רשת ארפנט קישרה
באמצעות תקשורת נתונים
ארבע אוניברסיטאות
כרשת תקשורת

Moore's Law & Gilder's Law

Almost from their birth in 1971, microprocessors have lived in the realm of inverted pricing. Now, telecommunications is about to experience the same kind of plunges that microprocessor chips take - **halving in price, or doubling in power, every 18 months** - but even more drastically. The chip's pricing flip was called **Moore's Law**. The net's flip is called **Gilder's Law**, for George Gilder, who forecasts that for the foreseeable future (the next 25 years), **the total bandwidth of communication systems will triple every 12 months**.

Source: "New Rules for the New Economy" by Kevin Kelly, 1993-1997 Wired Group Inc. [51/moore's law](#)

חוק מור: כמות הטרנזיסטורים על גבי שבב תוכפל אחת ל-18 חודשים
המקור: מאמרו של קווין קלי, "New Rules for the New Economy" Wired Magazine, Sep. 1997

לשיתוף במידע באמצעות היפר-קישורים והיה למעשה, לעסק מסחרי ענק, שבאמצעותו ניתן להחליף, לקנות ולמכור שירותים, מידע ומוצרים.

הקדמה והסביבה של טכנולוגיה משתנה, בשילוב עם הרחבת השימוש בסחר אלקטרוני באמצעות האינטרנט, משמשות בשנים האחרונות זרז לתופעה של החדרת וירוסים הרסניים למחשבים ולפעילות עוינת של האקרים. תופעת ההאקרים אינה חדשה והחלה כבר בשנות ה-60, אך בשנות ה-90 התרחבה התופעה.⁵⁰ התופעה מהווה איום משמעותי על ארגונים ממשלתיים, ציבוריים ופרטיים, והביאה להגברת המודעות לאבטחת המידע.

והעתיד? ב-1965 צפה גורדון מור, ממייסדי חברת אינטל, כי כמות הטרנזיסטורים על גבי שבב תוכפל

אחת לשמונה-עשר חודשים. העיקרון הזה נודע בשם "חוק מור". נראה, כי הנחתו היתה מדויקת למדי. מספר הטרנזיסטורים על שבב אחד ומהירות המחשוב של המעבדים מוכפלים כל שנה וחצי.⁵¹ המערכות ממשיכות להתכווץ בגודלן, הופכות למהירות יותר, זולות יותר ורבות שימושים. בתחילת שנת 2000 נחשבה תקופה של שלושה חודשים בעולם הווירטואלי כמקבילה לשנה שלמה בעולם האמיתי.⁵²

עם תחילת המילניום השלישי נראה, כי השמים הם הגבול. ב-1996 ניצח המחשב 'כחול עמוק' את אלוף העולם בשחמט, גרי קספרוב.⁵³ שנתיים מאוחר יותר שיחק שוב קספרוב, והפעם מול 'כחול עמוק מאוד', והפסיד. בסוף 1999 הכריזה IBM על מחשב חדש, המסוגל לקישוריות של למעלה ממיליון מחשבים, וכן על מחשב SP RS/6000, המסוגל לבצע טריליון (10^9) פעולות חישוב בשנייה, ובמילים אחרות, שניית חישוב אחת במחשב הזה שקולה ל- 10^9 מיליון שנות עבודה במחשבון ידני.⁵⁴





חלוצי המחשוב בארץ

"מציבי הדלתות ובוני הטפחות"
"כירו מי ירה האבן הראשה -"

"מקראי ציון" חיים נחמן ביאליק

יסודות המיכון

בסוף שנות ה-50 של המאה ה-20 התרחשו תהליכים, שהובילו להתגבשות ההכרה בצורך ברכישת מחשב לצה"ל ולמערכת הביטחון. התהליכים המרכזיים היו הקמת המחלקה למתימטיקה שימושית במכון וזו ברחובות ופיתוח תחום המיכון, שבו החלו הבריטים. אלה העלו את מדינת ישראל, כבר בשנותיה הראשונות, על מפת המדינות חלוצות המחשוב בעולם. יש האומרים, כי בכך ניתן מענה איכותי לבעיית החסר הכמותי, שאיפיון את ישראל באותן שנים.

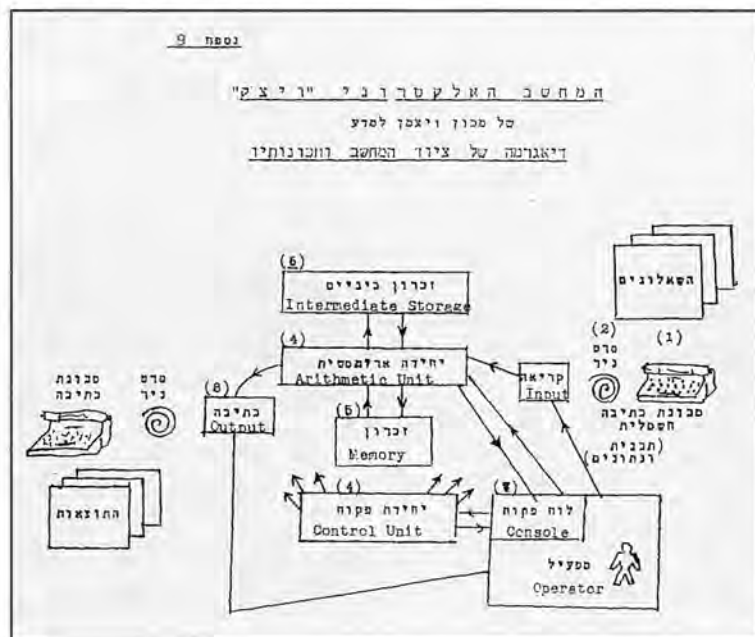
ב-1945 נפגש בניו יורק ד"ר חיים ויצמן, לימים נשיאה הראשון של מדינת ישראל, עם ד"ר חיים פקריס, שעמד אז בראש המחלקה לפיזיקה מתימטית באוניברסיטת קולומביה. היתה זו פגישה מכרעת באשר להתפתחות המחשוב בארץ. ויצמן הפציר בפקריס להקים במכון וזו ברחובות מחלקה למתימטיקה שימושית. היה זה לאחר שהוועדה המייעצת של המחלקה, שעם חבריה נמנו אלברט איינשטיין וג'ון פון נוימן, המליצה, ב-1947, שהמכון יבנה מחשב אלקטרוני-דיגיטלי.

פקריס נענה לבקשתו של ויצמן, עלה ב-1948 לארץ והקים את המחלקה למתימטיקה שימושית במכון (לאחר מותו של ויצמן, ב-1952, נקרא המכון על

רישום הציוד והתכונות של "ויצאק". המחשב האלקטרוני הראשון של מכון ויצמן למדע

שמו). הוא קיבל תקציב של 50 אלף דולר, ובסיוע צוות של מהנדסים, מדענים וטכנאים, ובראשם ד"ר ג'רלד אסתרין, בנה ב-1954 את המחשב האלקטרוני הראשון בארץ - ה"ויצאק". המחשב היה פיתוח של אב-טיפוס של מחשב אמריקני, שנבנה באוניברסיטת פרינסטון על-ידי ג'ון פון נוימן ב-1953, ונוספו לו טכנולוגיות חדשות.

מחשב ה"ויצאק" (WEIZAC) (WEIZmann Automatic Calculator) היה מחשב ענק. הוא יועד לפתרון בעיות מדעיות סבוכות שבהן עסק פקריס בתחומים הבאים: ספקטרוסקופיה אטומית, ספקטרום של כדור הארץ, חישוב הגאות והשפל של האוקיינוסים, סיסמולוגיה תיאורטית, בעיות הידרודינמיות וגיאופיזיות. הויכרון שלו היה בנוי מתוף מגנטי, בשונה מן המחשב של פון נוימן, שהיה בנוי משפופרות.



כשנה וחצי לאחר הפעלתו הוחלף התוף המגנטי לזיכרון טבעות מגנטי, שהכיל 4,096 מילים, 4K, ובעקבות זאת גדלה מהירות החישובים פי 500.⁵⁵ המחשב הוזן בסרט נייר; בכל שורה של סרט ניתן היה לנקב עד חמישה נקבים וכך נוצרו שלושים ושניים צירופים אפשריים.⁵⁶ את הפלט ניתן היה לקבל על סרט נייר מנוקב, או על סרט מגנטי.

מחשב ה'ויצאק' פעל במשך תשע שנים, עד סוף 1963. הוא הוחלף על ידי מחשב DC 1604A, שנרכש בכספי מענק, שהתקבל מקבוצה שהקימה יד זיכרון לאדמונד ולגיימס דה רוטשילד, והחל לפעול ב־26 בפברואר 1963.⁵⁷ כמו כן הוחלף ה'ויצאק' על ידי שני מחשבים נוספים, שפותחו לאחר מכן במכון ונקראו 'גולם 1' ו'גולם 2', על שם ה'גולם', שיצר עלי פי האגדה המהר"ל מפראג בן המאה ה־16.

ה'גולם', היה מהיר פי 100 מה'ויצאק', והוא נבנה על פי אבטיפוס של המחשב 'איליאק 2', שנבנה באוניברסיטת אילינוי בארצות הברית. במחשב הזה עשו שימוש בכרטיסים מנוקבים ובסרטים מגנטיים והוא היה דומה מבחינה טכנולוגית למחשב פילקן 212, שהיה המחשב השני שנרכש עבור ממר"ס, או למחשב יבמ 7094, או CDC 3600, אלא שהמחשבים האלה נועדו ליישומים מסחריים, ומחירם היה גבוה פי שלושה מזה של ה'גולם'.⁵⁸

פקרים זכה ב־1980 בפרס ישראל בפיוזיקה על תרומתו לחקר הפיוזיקה של כדור הארץ ופיוזיקה אטומית. חבר השופטים, שחלק לו שבחים על עבודתו המדעית ציין, בין היתר, את תרומתו המכרעת לנושא המחשוב בארץ:

ביוזמתו של פקרים נבנה במחלקתו המחשב האלקטרוני הראשון בארץ. מחשב זה פעל שנים רבות ועליו התחנכו דורות של מפעילים ומתכנתים, שעברו אחר כך לעבוד במחשבים אחרים ברחבי הארץ. בפעולה זו הגיח פרופ' פקרים את התשתית לעידן המחשבים בישראל.⁵⁹

המנדט הבריטי הותיר אף הוא תשתית בתחום המחשוב. כבר בשנות ה־30 הותקנו במחלקה לסטטיסטיקה של שלטון המנדט בארץ מכונות מיכון ובהן ממיינת (sorter) ומלווחת (tabulating machine) להעברת תוכן הכרטיסים המנוקבים אל הנייר, מתוצרת חברת Powers Samas; אלה פעלו באמצעות כרטיסים מנוקבים. לאחר הקמת המדינה פורקה מערכת המיכון הזאת והועברה לקריה בתל־אביב, שם שימשה כבסיס להקמת הממ"ס (מרכז מיכון וסטטיסטיקה) של צה"ל. ב־1939 רכשה חברת החשמל בנהריים מכונות מהסוג הזה לשם גיהול חשבוניות צרכני החשמל, אשר שימשו כבסיס למרשם האוכלוסין הראשון של מדינת ישראל. הסוכנות היהודית, רכבת ישראל ומשרד הטלפונים רכשו מאוחר יותר מכונות מיכון מתוצרת החברה הזאת. גם בחברת האשלג בסדום נעשה שימוש במכונות חישוב ממוכנות, שהיו מכונות מכניות, שפעלו על בסיס דומה לזה של מכונות הניקוב. בנק אנגלו־פלשתינה (כיום בנק לאומי) היה המוסד הבנקאי הראשון בארץ שהתקין ב־1936 מכונות לניהול חשבוניות מתוצרת חברת NCR (National Cash Register) האמריקנית, באמצעות חברת י.א. מיטווק, סוכנת נשיונל בארץ־ישראל, סוריה ולבנון. ב־1938 התקין בנק ברקליס מכונות דומות במתקניו.⁶⁰

אחד מעמודי התווך בהחדרת המיכון לארץ היתה החברה של משפחת מיטווק, נציגת חברת NCR בארץ מאז 1933. סב המשפחה, י.א. מיטווק, שהיה זכיין החברה

ה'גולם' היה מהיר פי 100 מה'ויצאק'

בברלין, נמלט מגרמניה לארץ-ישראל בשל רדיפות הנאצים, והתמנה לנציג החברה. הוא הפיץ בעיקר קופות רושמות, ולאחר מכן מכוונות אלקטרו-מכוניות לעיבוד נתונים של חברת נשיונל.⁶¹ מכוונות דומות מתוצרת חברת יבמ, שפעלו בשיטת הכרטיסים המנוקבים, הופעלו אף הן בארץ, וזאת על בסיס שכירות חודשית. בשנים הראשונות לאחר קום המדינה היו המכוונות האלקטרו-מכוניות בשימוש אצל גורמים ממשלתיים ופרטיים ובהם:

- מל"ם - המרכז למיכון משרדי בירושלים, שנתן שירותי מיכון למשרדי הממשלה.
- ממ"ם - מרכז מיכון וסטטיסטיקה בצה"ל, שנתן שירותי מיכון ומחשוב למערכת הביטחון.
- חברות פרטיות וממשלתיות - כמו חברת החשמל, אתא, תנובה, המשביר המרכזי, בנק לאומי.

אמ"ן השתמש בתשתית הממוכנת שהותיר המנדט הבריטי לצרכיו

אמ"ן (אגף המודיעין של צה"ל) השתמש בתשתית הממוכנת שהותיר המנדט הבריטי לצרכיו. במסגרת המאמצים לקדם את עבודת המודיעין, שהצריכה חישובים מסובכים, יצרו אנשי אמ"ן קשר עם הנרי פולק מארצות-הברית, יהודי ממוצא צ'כי, שהיה איש יבמ, אשר ביקר בארץ. בעקבות הקשר הגיעו לאמ"ן ב-1949 מכוונות החישוב הראשונות של חברת יבמ. מאוחר יותר התמנה פולק למנכ"ל חברת יבמ בארץ, והחליף בתפקיד הזה את אלק רטהאוז, יהודי, בעל ניסיון במיכון, שעלה לארץ ב-1948 מדרום אפריקה. פולק עזב את הארץ עם פרוץ מלחמת ששת הימים, ובמקומו מונה דוד כהן, מראשוני ממר"ם, למנכ"ל יבמ.⁶²

מכון ויצמן לא העניק עדיפות גבוהה לעבודת אמ"ן ורפא"ל (הרשות לפיתוח אמצעי-לחימה). הם חזרו ונדחו משום שפקריס נתן עדיפות בשימוש במחשב לעבודותיו המדעיות. המכון הקצה להם רק את שעות הלילה המאוחרות ואת שעות הבוקר המוקדמות, וגם זאת לא בחפץ לב. השעות האלה היו לא נוחות, ולא רק מבחינת שעות הערות והשינה של העושים במלאכה, אלא, גם מכיוון שהמחשב עבד במשך כל היום, והיה חשש, כי בלילה יתקלקל והם לא יספיקו להריץ את התוכניות. השיטה הזאת, שבה יצא כל לילה טנדר עם תוכניות להרצה במחשב ושב עם בוקר, נקראה "Tender Processing", מונח שהשתרש בצה"ל גם בשנים שלאחר מכן,

שיטת ה-Tender Processing



כאשר אנשי רפא"ל הביאו את החומר להרצת לילה בממר"ם ולקחו אותו עם בוקר.⁶³ ראש ממר"ם הראשון, מרדכי קיקיון, סיפר לימים:

אמ"ן ורפא"ל רצו להתקדם בנושאים והיה הכרח לתת להם שירותי מחשב [היינו] לקבל זמן של מחשב 'ויצאק'. דבר זה היה בעייתי, היות ופרופ' פקריס ראה את עבודתו בדרגת החשיבות הגבוהה ביותר והאפשרויות שנתן לניצול זמנים גמיש לא ענו על הצפיות של הגופים הנ"ל. ואז נקבע ההסדר הבא: גופים אלה שצרכו זמן מחשב פנו אל שר הבטחון דאז, דוד בן גוריון, והוא כתב מספר מלים למאיר ויסגל [מנהל מכון ויצמן], ויסגל פנה

לפקדים והשתדל להשיג זמן. הזמן שקיבלו היה עדיין פחות בהרבה מהדרוש והשעות היו שעות לילה מאוחרות. המשמעות לגבי רפא"ל ואמ"ן היתה להכין את החומר ולנסוע אחר כך לרחובות, למכון ויצמן ולהמתין, עם כל הבעייתיות הכרוכה בכך.⁶⁴

משגברה המודעות בארץ לנושא המחשוב, החל דוד בן-גוריון להתעניין במשמעות המחשב, והחליט להקדיש לנושא יום שלם. הוא נסע למכון ויצמן, שבו התארח אצל מאיר ויסגל. השאלה העיקרית שהטרידה אותו היתה, האם המחשב יוכל בעתיד לרשת את מקומו של האדם. לאחר שהוסבר לו, כי המחשב חסר בינה והוא פועל לפי הנחיותיו של האדם, נרגע בן-גוריון.

ב-1957 החלו לדון בארץ באפשרות של רכישת מחשב נוסף על זה שפעל במכון ויצמן. לשם כך הוזמן ד"ר יוסף דיילי, מומחה מטעם הלשכה לסיוע טכני של האו"ם ואיש מכון התקנים האמריקני, לערוך סקר לבדיקת צורכי העתיד של מדינת ישראל בתחום המחשבים. מסקנות הדו"ח היו, כי תוך שנתיים-שלוש תגיע ישראל למצב, שבו תוכל להשתמש במחשב לעיבוד נתונים ביעילות ובהיקף גדול. התרשמותו של דיילי היתה, שכבר באותה תקופה היקף העבודה הסטטיסטית וניהול הרשימות המינהליות שימוש כמעט מלא במחשב. הוא סבר, כי משמרת אחת תספיק לעיבוד הנתונים של משרדי הממשלה, ואת יתר הזמן יעמידו לרשות מוסדות המדע.⁶⁵ דיילי הציע לרכוש מחשב יבמ 705, או 'יוניבאק' משומש, או להוסיף התקנים ל'יוניבאק' של מכון ויצמן, כדי להתאימו לעיבוד נתונים רחב יותר, ובמקביל, לסייע למכון לבנות מחשב מדעי חדש. מסקנות הסקר שערך דיילי, בדומה לתוצאות עבודתו של הוועדות השונות שהוקמו בצה"ל ובמערכת הבטחון, היו, כי יש לעבור בהקדם לעולם המחשבים.

בשנת 1960 הקימה הממשלה ועדת מחשבים ראשונה בראשות פרופ' ישראל דוסטובסקי ממכון ויצמן, שקבעה, כי שני מחשבי פילקן מהדגם של זה שכבר נרכש עבור ממר"ם, ימלאו את כל צורכי המחשוב של ישראל לאותו עשור.⁶⁶ על המהפך שהתרחש בתחום המחשוב עוד לפני הגעת מחשב הפילקן לממר"ם, ניתן ללמוד מפנייתם של אנשי מכון ויצמן אל מרדכי קיקיון, ראש ממר"ם אז, בבקשה לשכור מאה שעות עבודה בשנה במחשב ממר"ם. השכרת שעות המחשב אושרה בהתאם לנוהל השכרת שעות מחשב לגורמים שמחוץ למערכת הביטחון, שגובש בצה"ל על-ידי ועדת הקבע להכוונה ולפיתוח ממר"ם. במרס 1961 סוכם עם מכון ויצמן על מכירת שעות שימוש במחשב בסך של 412 אלף דולר במהלך שנתיים. בתוכנית העבודה של ממר"ם לשנת 1962 כבר הוקצו למכון ויצמן 480 שעות עבודה על מחשב ממר"ם, והוא היה אחד הצרכנים הגדולים ביותר של ממר"ם בשנותיו הראשונות. אגב, התשלום עבור שעות עבודה למחשב ב-1963 היה 810 ל"י⁶⁷ (בערך פי שניים מהשכר החודשי הממוצע של שכיר במשק).

ראשית המחשוב במדינת ישראל

מל"ם היווה את הבסיס להתפתחות המחשוב במגזר האזרחי, ובעיקר במשרדי הממשלה, בתחילת שנות ה-50. מל"ם הוקם ב-1954 על-ידי אהרן גרין כיחידת סמך במשרד האוצר.⁶⁸ לאחר מכן הפך לחברה ממשלתית, שהופרטה ב-1994,⁶⁹ ובשנת

ד"ר יוסף דיילי: תוך שנתיים-שלוש תגיע ישראל למצב, שבו תוכל להשתמש במחשב לעיבוד נתונים ביעילות ובהיקף גדול

2000 נקראת מלם מערכות בע"מ מקבוצת גד זאבי. גרין עמד בראש מל"ם עד 1964, זמן פרישתו, ואז החליפו דב חביון, שעמד בראש המרכז במשך שנים רבות. מל"ם העניק שירותי עיבוד נתונים לכל משרדי הממשלה, להוציא את משרד הביטחון, בעיקר בהכנת שכר עובדי המדינה. בין היתר נתן שירותים לגופים הבאים: למשרד הפנים בנושא מרשם התושבים, לאגף המכס, לוועדת הבחירות, לסוכנות היהודית, למס הכנסה וללשכה המרכזית לסטטיסטיקה. ניתן לומר, כי למעשה, מל"ם שימש לשכת שירות, שנתנה שירותים, ומכרה למוסדות הממשלה שעות עבודה על מכונות חישוב ממוכנות, ולאחר מכן על מחשב, וכן עסקה בפיתוח מערכות.

מל"ם השתמש במערכות המיכון מתוצרת חברת יבמ. בתחילה היה זה ציוד קונוונציונלי, אשר כלל מכונות ניקוב, שעבדו עם סרטי נייר מנוקבים, ממיינות, מפענחות, מלוחות להפקת דו"חות, קוראות סרטים וכדומה. לאחר שנרכש מחשב פילקו לממר"ם, הגיעו במל"ם למסקנה, כי יש להם צורך במחשב דומה, ולאחר כמה חודשים, בסוף נובמבר 1961, רכשו אף הם מחשב, אם כי מתוצרת יבמ, Card 1401 Oriented ב-150 אלף דולר. היה זה מחשב לעיבוד נתונים, ברמה נמוכה יחסית, שעבד בשיטת הכרטיסים המנוקבים; מחירו היה פחות מעשירית מזה של מחשב הפילקו, והוא ביצע את העבודה במהירות גבוהה יותר.⁷⁰

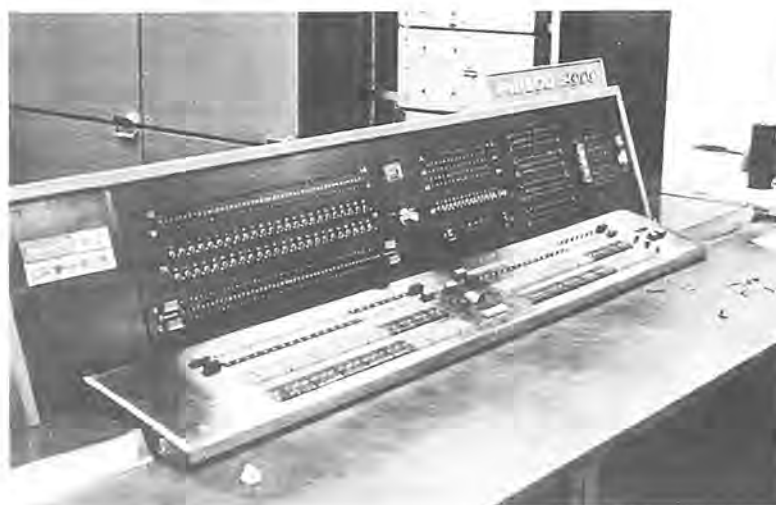
על רקע רכישת מחשב הפילקו 211 עבור ממר"ם, פרץ ב-1959 ויכוח קשה בין מל"ם לממר"ם. אהרן גרין, ראש מל"ם אז, טען, כי למדינת ישראל ולצה"ל לא היה צורך במחשב ענק מהסוג שנרכש על ידי ממר"ם, ולהוכחת צדקת דבריו נעזר באימרתו של פון נוימן, כמה שנים קודם לכן, כי עשרה מחשבים יוכלו לתת מענה לצורכי המחשב של העולם כולו. הוא טען, כי ניתן להסתפק במחשב יבמ 1401, מכיוון שניתן היה לבצע בו את מגוון העבודות בתחום עיבוד הנתונים של צה"ל, משרד הביטחון ויתר משרדי הממשלה.⁷¹

קיקיון, בתמיכת משרד הביטחון, חלק נמרצות על דעתו של גרין. היריבות והתחרות, ששררו בין מל"ם לממר"ם על מידת ההשפעה לקביעת הדרך והאמצעים, באו לידי ביטוי ביריבות אישית בין שני ראשי הגופים. שיקולי יוקרה ובכירות היו בבסיס מאבקי הכוח בין השניים, וייתכן שגם הרצון לנגוס זה בנחלתו של האחר. מל"ם התרעם על כך, שמשרד הביטחון אינו נמנה עם לקוחותיו, כמו יתר משרדי הממשלה, ועל כך שהעדיף להיות לקוח של ממר"ם,⁷² ואילו ממר"ם רצה להשפיע על מל"ם בבחירת טכנולוגיית המחשוב ובבכירות בענף, והוא נהג בו בשמן של זלזול.⁷³

לשם מציאת פתרון לוויכוח בין מל"ם לממר"ם, מינה לוי אשכול, שר האוצר, ועדה, שבראשה עמד ד"ר משה כץ מחברת החשמל, אשר הוחלף בשלב כלשהו על ידי משה זנבר, ובה היו חברים ממשרד האוצר, מממר"ם וממל"ם. הוועדה קיימה דיונים רבים, אך לא הגיעה לכלל סיכום בנושא, הן בשל חילוקי הדעות בין הגורמים, אך גם ובעיקר בשל חוסר הניסיון בארץ בנושא המחשוב והעדר הנתונים הנחוצים לבחירה הטובה ביותר.⁷⁴



מחשב יבמ, שנרכש על ידי המרכז למיכון משרד בי"ב 1961



לוח הפיקוד של מחשב הפילקו הראשון

בסיכומו של דבר רכש כל גוף מחשב אחר: ממר"ם רכש מחשב פילקו ומל"ם רכש מחשב יבמ. יש לציין, שלאחר מלחמת ששת הימים עבר גם ממר"ם למחשבי יבמ. ב־1970 נחתם הסכם בין ממר"ם למל"ם לשימוש במתקן מל"ם כמתקן גיבוי לממר"ם בשעת חירום. הכוונה היתה, שבמקרה של פגיעה, אשר תמנע אפשרות הפעלת המחשבים של מערכת הביטחון, ניתן יהיה להמשיך בעיבוד נושאים חיוניים על מחשבים במקומות אחרים, ומל"ם היה אז אחד הגופים הבודדים בארץ, שהשתמש במחשבי יבמ דומים לאלה שהיו בממר"ם.⁷⁵

מחשוב מס הכנסה

שע"ם (שירות עיבודים ממוכנים) הוא יחידת המחשב במשרד האוצר, המספקת שירותי מחשוב למינהל הכנסות המדינה ובעיקר למס ההכנסה. יחידה זו שהוקמה ב־1 בינואר 1960, היתה מבין הגורמים הראשונים במדינת ישראל שהכניסו לשירותם מחשב לצורך עיבוד נתונים. באותה עת היה שע"ם אחראי על הנפקת שומות מס הכנסה, תחזוקה ועדכון של כרטסת נישומי מס הכנסה וכרטסת מס רכוש, חישוב והדפסת חשבוניות מס רכוש ועיבודים שוטפים מיוחדים. הוא קיבל שירותי מחשוב בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ולאחר מכן במל"ם.

שירותי המחשוב אז נעשו באמצעות תוכניות ומיכון קונוונציונלי, היינו, כרטיסי יבמ מנוקבים. לשע"ם היו מכונות ניקוב של יבמ, מכונות ממיינות, מזווגות, מפענחת, מעתיקה, מחשבת ומדפסת. אנשי שע"ם היו לא מרוצים מאיכות העבודה שקיבלו במל"ם. בחישוב שומות מס ההכנסה נפלו טעויות רבות, והם סבלו מבעיות של מתן תורים וסדר עדיפויות, שגרמו לפיגור בעבודתם.⁷⁶ הבעיה הזאת היתה דומה לזו שהתעוררה בזמנו בקשרים של אמ"ן ורפא"ל עם מכון ויצמן, ומאוחר יותר בממר"ם עצמו מול צרכניו, ואשר האיצה תהליכי ביזור והשתחררות מתלות בגוף מחשוב מרכזי אחד.

על רקע העימותים שהיו בין מל"ם למשרד האוצר על מעמד וריכוזיות, העלה, בסוף שנות ה־50 ד"ר עמנואל שרון, סגן נציב מס הכנסה, רעיון לפתרון הבעיות. בסיסו היה הפרדת הפעילות החישובית של מס הכנסה ממל"ם, והעברת מיכון מס הכנסה לשע"ם תוך שימוש בצידוד קונוונציונלי של חברת יבמ, כפי שהיה למל"ם. ב־1961, בעת שממר"ם קיבל את המחשב הראשון שלו, החליטו בשע"ם לבדוק אפשרות לרכוש מחשב אלקטרוני משלהם, לצורכי מיכון שומות מס הכנסה. אריאל אריאלי, המשנה לממונה על הכנסות המדינה, אישר לשרון לבדוק את כדאיות רכישת המחשב ואת הגדרת ייעודו. שרון גסע לאירופה, בלוויית יצחק נעמן, שהתמנה לאחר מכן למנהל שע"ם הראשון, ולאחר שובם הגישו דו"ח על שימושי המחשב לצרכים מינהליים.⁷⁷

שירותי המחשוב אוצרי
באמצעות תוכניות ומיכון קונוונציונלי
היינו. כרטיסי יבמ מנוקבים

בשע"ם נעשתה עבודה נרחבת של אפיון צורכי המחשוב של מס ההכנסה ובהינתן הציפיות ממחשב כזה. הוצא מכרו, שהועבר לארבע חברות מובילות באותן שנים: יבמ, פילקו, NCR, ו-Powers Samas. קיקיון הציע לרכוש עבור שע"ם מחשב פילקו וזה לזה של ממר"ם, כדי שתהיה מערכת תמיכה הדדית בין שני הגופים, אך הרעיון שלו נפסל.

בסיכומו של דבר, הוחלט בשע"ם, באוקטובר 1961, לרכוש בגרמניה מחשב NCR 315, זאת בניגוד לפילקו של ממר"ם ולמחשב יבמ 1401 של מל"ם.⁷⁸ המחשב הגיע לשע"ם ב-1963, ולאחר קשיי קליטה לא מבוטלים החל לפעול. המטלות העיקריות שלו היו חישוב שומות מס הכנסה והדפסתן, טיפול בגבייה ובהנהלת חשבונות של עצמאים וחברות, חישוב חשבונות מס רכוש והדפסתם והדפסת איגרות מלווה קליטה. המחשב פעל בשע"ם עד 1972, שעבר אז כמו ממר"ם, לשימוש במחשבי יבמ.

מיכון ועיבוד נתונים בצה"ל לפני עידן המחשוב

ממ"ס (מרכז מיכון וסטטיסטיקה) - גוף צה"לי למיכון נתונים ולעיבודם - נוסד ב-1949 על בסיס מערכת המיכון, שנותרה מהמחלקה לסטטיסטיקה של שלטון המנדט הבריטי, והיה כפוף לשליש הראשי. מפקדיו מאז הקמתו היו: סא"ל יגיד, סא"ל אברהם אמיתי, סא"ל יצחק רונן וסא"ל יהורם בן שחר. הממ"ס הוקם כדי לענות על צורכי הרישום באכ"א (אגף כוח אדם). במשך הזמן התרחב

ממ"ס והחל לשרת גם את אג"א (אגף האפסנאות), את מת"ש (מרכז התשלומים), וחילות, כגון חיל הנדסה, במתן שירותי מיכון משרדי והנפקת נתונים בנושאים שונים.

ממ"ס סייע לאג"א בניהול מערכות ציוד אפסנאי, והפיק דו"חות על מצבת הציוד לגופים השונים, על-פי חתכים נדרשים. מרכז המיכון סייע לאכ"א בניהול מצבת כוח-האדם בצה"ל, סדיר ומילואים, ובמת"ש הוא סייע בביצוע תשלום משכורות לאנשי הקבע, לחיילי החובה ולאזרחים.

ברשות ממ"ס לא היה מחשב, והוא עבד על בסיס מערכת של כרטיסים מנוקבים (Unit record), באמצעות מכונות ניקוב וביקורת, מכונות מיון, מזווגות, מלווחות, מפענחות, מעתיקות ומחשבת. המכונות האלה, מתוצרת חברת יבמ, היו כולן בשכירות, עברה שילמו ב-1958 7,650 דולר לחודש.⁷⁹ בתחילת דרכו של ממ"ס שקלו בצה"ל להמשיך ולרכוש מכונות מתוצרת חברת Powers Samas, שהיוו את הבסיס הראשוני של ממ"ס. מכונות המיכון האלה, שפעלו באמצעות כרטיסים



ציוד קונונציונלי: מלווחות בממ"ס - מכונות המתרגמות את החירור בכרטיסים המנוקבים ומעבירות את תוכנם על גבי נייר

מנוקבים בני 21 טורים, נמצאו לא-מתאימות לצורכי ממ"ס, ולאחר בדיקה הוחלט על רכישת מכונות מיכון מתוצרת יבמ, שפעלו עם כרטיסים מנוקבים בני 80 טורים.

בסוף שנות ה-50 סיפק ממ"ס את מלאכת עיבוד הנתונים שנדרשה לצה"ל באותה תקופה, אך הוא סבל מעומס יתר ומחוסר עדכניות. הדיווחים לסוף חודש התקבלו על שולחן המפקדים ב-20 בחודש שאחר מכן, מה שגרע, כמובן, מחשיבותם.⁸⁰ נוסף על כך, רמת הדיוק של החישובים לקתה בחסר, ולא אחת היה צורך לחזור על עיבודים. קצב הדפסת הדיווחים היה גורם מגביל, מיון הנתונים נמשך זמן רב, ולא ניתן היה לעשות חישובים מורכבים באמצעות הציוד שהיה קיים אז.⁸¹

במשך הזמן, לנוכח הגידול בצרכים והדרישה לקיצור זמן העבודה, לא יכול היה הציוד של ממ"ס לעמוד עוד במשימות שהוגדרו לו. ב-1958 הוקמה ועדה, בראשות אל"ם רחבעם זאבי (גנדי), לשם קביעת עתידו של ממ"ס. הוועדה הגיעה למסקנה, כי הממ"ס "הוא יקר ומטיפוס ישן" ולא השאיר פתח להתרחבות. רכישת ציוד רגיל להרחבת תהווה פתרון יקר, שלא ייתן מענה לעיבודים המדעיים של אמ"ן ורפא"ל. לפיכך יש להחליפו במחשב אלקטרוני גדול.⁸²

סא"ל יצחק רונן, מפקד ממ"ס אז, הבין את החשיבות של הכנסת המחשב למערכת הביטחון. הוא היה חבר בוועדה שהוקמה לבחינת הנושא, והצטרף לקיקיון בנסיעותיו לחו"ל בחיפוש אחר מחשב מתאים. רונן קיווה, שיחידת המחשב החדשה תמשיך את דרכו של ממ"ס. לאחר שנכזבו ציפיותיו,⁸³ בעיקר עקב המלצת הוועדה לבחינת נושא המחשוב בצה"ל, שקראה להקים מרכז מחשבים חדש, במנותק מממ"ס, החלה להתעורר התנגדות. אנשי ממ"ס לא ראו בעין יפה את התארגנות צה"ל ומשרד הביטחון להקמת מרכז המחשבים. כאנשי מקצוע הם הבינו, שעם התקדמות נושא המחשב והצלחתו, ייעלם דור כרטיסי הניקוב, ואיתו גם כל יתר הפעילויות שבאחריותם.⁸⁴ עם הקמת ממר"ם התרחש בממ"ס משבר אמון, שניזון מיחסם המתנשא של אנשי ממר"ם כלפי אנשי הממ"ס, מהרחקתם מן ההסבה למחשב החדש ומניתוקם המוחלט מכל תהליך המחשוב. שיחות שהתנהלו עם קיקיון להפגת המתח ולפריסת "רשת ביטחון" לאנשי ממ"ס לא צלחו.⁸⁵

לדברי קיקיון, בתחילה נקטו אנשי ממ"ס טקטיקה של אי שיתוף מוחלט עם ממר"ם, על אף שאל"ם טיבי קידר, השליש הראשי אז, הבטיח לשלבם במערכת ממר"ם ולשמור על מעמדם בהייררכיה של היחידה. עם פרישת רונן מצה"ל ומינוי סא"ל יהורם בן שחר במקומו,⁸⁶ השתפרה האווירה בין הגופים.

ועדה בראשות אל"ם רחבעם זאבי
הגיעה למסקנה, כי הממ"ס
"הוא יקר ומטיפוס ישן"



כאנשי מקצוע הם הבינו שעם
התקדמות המחשב והצלחתו, ייעלם
דור כרטיסי הניקוב.



בן שחר ביקש לשלב את אנשי מ"ס במערכת החדשה ולהרגיע את חששותיהם לעתידם. שלושה מאנשי מ"ס נקלטו אז בממר"ם: אליעזר פרנקל, זלמן שינברג וסאל דוד שעיה. העברתו של סאל שעיה לממר"ם בתפקיד עוזר ראש ממר"ם, החלישה את חששות אנשי מ"ס, והחל שיתוף-פעולה בין הגופים. ביוני 1961 הוכפף מ"ס לראש ממר"ם,⁸⁷ ומפקדו החל להשתתף בישיבות הדרג הבכיר של ממר"ם ולהיות מעורב במידת-מה בענייני היחידה בכלל. הציוד ששכר מ"ס מיבמ הוחזר לחברה בהדרגה. יתר הציוד, ובכלל זה מכונות הניקוב והמפענחות, הועברו יחד עם מ"ס לממר"ם. בציוד הזה השתמשו לביצוע ניקוב נתונים, בעיקר של הקלט השוטף, ועבודות עיבוד נתונים שגרתיות, שבאותו שלב טרם הועלו על המחשב.⁸⁸ תוך שנים ספורות מקליטת המחשב והתרחבות השימוש בו, צומצמה עבודת מ"ס ופעילותו הסתיימה בהסבת כל מערכותיו למחשב.