חשון תשפ״ז
אוקטובר 2026

מרכז מיכון וסטטיסטיקה: עיבוד הנתונים האלקטרומכני בצה״ל טרום עידן המחשב

דוד עזריה*

מבוא

מאמר זה מציג את הצעדים הראשונים של צה״ל בתחום עיבוד המידע, נדבך חשוב בבניין כוחו של צה״ל.

טרם עידן המחשב האלקטרוני הספרתי נעשה עיבוד המידע בעולם ובצה״ל באמצעות כרטיסי נייר מנוקבים ומערכות אלקטרו־מכניות – מכונות מיון (Sorters), מכונות מיזוג (Collators), מכונות חישוב ומלווחות (Tabulators). מערכות אלו היוו את ׳רצפת הייצור׳ של המידע הצבאי עד ראשית שנות ה־60.

מאמר זה פותח צוהר אל תוך אותה רצפת ייצור ביחידת ממ״ס (מרכז מיכון וסטטיסטיקה): המדורים השונים, לוחות החיווט (Plugboards) שהיוו את ה׳תכנות׳ שלפני שפות התכנות, והאופן שבו התגברו המפעילים על אתגרי עיבוד המידע בתחומי כוח אדם, גיוס ולוגיסטיקה.

המיכון האלקטרומכני בצה״ל

לאחר מלחמת העצמאות החל צה״ל לארגן את פעילותו הניהולית, ולשם כך הוא נזקק למערכות מידע לשליטה בפעילויות השונות. לצורך זה הוקמה בשנת 1949 יחידת ממ״ס (מרכז מיכון וסטטיסטיקה), בכפיפות לשליש הראשי. היחידה שירתה בתחילה רק את אגף כוח האדם, אך עם הזמן התרחבו שירותיה לתחומי אגף האפסנאות, מרכז התשלומים וחילות שונים.

בתחילת דרכה התבססה היחידה על מערכות מיכון של מחלקת הסטטיסטיקה של שלטון המנדט הבריטי שהפכה למחלקת הסטטיסטיקה של מדינת ישראל, מתוצרת חברת Powers-Samas, שפעלו עם כרטיסים מנוקבים בני 21, 36 או 65 טורים.[1] בהמשך עברו להשתמש במערכות מיכון מתוצרת חברת IBM, שפעלו עם כרטיסים מנוקבים בני 80 טורים.[2]

---

* אחראי משמרת בממ״ס, 1959 – 1964.

1 מכונות כאלה פעלו אז בארץ גם בדואר, בחברת החשמל וברכבת. ארכיון צה״ל ומערכת הביטחון 453-1308/1950.

2 המכונות של Powers-Samas זיהו את הנקבים בכרטיסים באמצעות פינים אלקטרומכניים. המכונות של IBM עשו זאת באמצעות מגעים חשמליים.

מפקדי היחידה היו סא״ל יגיד, סא״ל אברהם אמיתי, סא״ל יצחק רונן וסא״ל יהורם בן־שחר. סא״ל יצחק רונן היה חבר בוועדה שקבעה שבצה״ל נדרש מחשב, ועבד בשיתוף פעולה הדוק עם מרדכי קיקיון, שהקים את ממר״ם והיה מפקדה הראשון.[3]

יחידה זו, חלוצת עיבוד המידע הממוכן בצה״ל, פעלה משך כל שנות ה־50 כגוף עיבוד המידע המרכזי בצה״ל, עד שפעילותה השתלבה במסגרת ענף הפעלה בממר״ם ביוני 1961.

יחידת ממ״ס הייתה בנויה כמפעל תעשייתי מובהק, שכן הליך עיבוד המידע היה 'תהליך ייצור', שונה מאוד מתהליך הזנת נתונים ועיבוד המידע בעידן המחשב.

יחידת ממ״ס, בה שירתו עשרות רבות של חיילים וקצינים,[4] פעלה ממבנה ייעודי במחנה השלישות הראשית ברמת־גן (מחנה מקלף).

היחידה כללה שלושה מדורים:

- **מדור תכנון ובקרה**: מדור זה כלל צוות שהסדיר את הדרכים להעברת המידע הראשוני (טפסי קלט) וסיכם את צורת הפלט הנדרש (דו״חות כרטיסים וכדומה), ביצע בקרה סופית של התוצרים (הצלבת הדרישות מול הדו״חות) ושינוע הפלט לדורשים, וצוות תכנון, שתפקידו היה תרגום הדרישות לשפת ביצוע והליך ייצור מובנה עד לקבלת הדוחות הסופיים.

  בשלב ראשון העביר המדור את טופסי הקלט למדור הניקוב תוך מתן הנחיות למדור הקלידה, על הדרך בה תבוצע ההקלדה מהטפסים לכרטיסי IBM מנוקבים. ניתנו הנחיות לגבי המבנה של הכרטיס המנוקב ומיקום המידע בתוך הכרטיס (הליך יצירת רשומת מידע). בשלב שני העביר המדור את הכרטיסים המנוקבים למדור ההפעלה תוך אספקת דף תרשים זרימה (flow chart), המבהיר כיצד צריך לעבד את רשומות המידע במכונות האלקטרומכניות השונות כדי לקבל את הפלט הנדרש.

- **מדור ניקוב (הקלדה ואימות):** במדור זה שירתו עשרות, ואולי מאות קלדניות, ואחראיות משמרת שעבדו בשתי משמרות, במבנה ייעודי בשלישות. המדור העלה כאמור, את טפסי הקלט על גבי מכונות הניקוב, בשני שלבים, ניקוב וביקורת הניקוב.

- **מדור תפעול (אולם המכונות והחיווט):** מדור זה היה ליבת העשייה בממ״ס, הוא מוקם במבנה נפרד, בסמוך למבנה בו יועד לפעול המחשב הראשון, ומנה עשרות רבות של מפעילי מכונות, בעלי הכשרה על מכונות שונות (מכונת ניקוב, מממיינת, מזווגת, מחשבת, מדפיסה־טבולטור), שעבדו בשתי משמרות. דרגות המשרתים נקבעו לפי שלבי ההכשרה במכונות השונות, מהממיינת ועד לטבולטור ולבסוף גם עד אחראי משמרת. המחבר שירת במדור בשנים 1962–1964 כאחראי משמרת, בדרגת רס״ר מקצועי.

  תפקיד המדור היה קבלת הכרטיסים המנוקבים, עיבודם התהליכי במכונות השונות בהתאם לתרשים הזרימה ולהנחיות שנתקבלו ממדור התכנון – עד ליצירת הפלט הסופי והעברת התוצרת המוגמרת ליחידת הבקרה במדור התכנון.

  המדור המה אנשים ופעילות לאורך כל היום, רעש המממיינות ופטישי המדפסות, ריח הכרטיסים, וההמולה היקשו על עבודת המפעיל. זאת ועוד, רוב העבודה מבוצעת בעמידה, בהפעלת הידיים, ללא

---

[3] עמירה שחר, **בחזית המחשוב**, משהב״ט – הוצאה לאור, התשס״ב –2002, עמודים 30 עד 32.
ראו: https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Amira_Shahar_At_the_Front_of_Computing.pdf

[4] בשנת 1962, מיד לאחר העברת ממ״ס תחת פיקוד ממר״ם, תקן היחידה היה 28 אנשי קבע ו־77 חיילי חובה. התקן גדל בשנת 1963 ל־32 אנשי קבע ו־121 חיילי חובה. הגידול היה בעיקר בכמות ה'נקבניות'. ארכיון צה״ל ומערכת הביטחון 2/1964-70.

מיזוג אויר. זה כלל לא השפיע על המפעילים, כי הגאווה לשרת בשירות ביחידה היוותה 'סמל מעמד', בדומה לממר"ם של היום. לא היו נעדרים בעבודה, להפך – תמיד תמצא מפעיל שיבוא להשלים את המלאכה בשעות הקטנות של הלילה. וכאשר מדובר בחיווט של לוחות מכונה מורכבים (תחליף לכתיבת תוכנה של היום), העדיף המפעיל את השעות הקטנות של הלילה או ימי המנוחה, כדי להתרכז בעבודה, ללא שאון המכונות וההמולה מסביב.

המשרתים ביחידה הרגישו שהם תורמים משמעותית לצבא, וזה בא לידי ביטוי ביחסים בין המפקד לפקוד. ביחידה שרתה אוירה של הערכה וכבוד הדדי בין המשרתים. חרף המשמעת הצבאית, כאשר נדונה סוגיה מקצועית, לעולם לא דחה מפקד הצעה נבונה שבאה מבעל הדרגה הנמוכה ביותר. הגיבוש והליכוד ביחידה ובפרט בין המשרתים באותו מדור, תמיד בלט ביחידה. הדבר ניכר גם בחיי היום יום של המשרתים.

היחידה הייתה יוזמת ופעילה מאד בפעילות חברתית, היא נטלה חלק משמעותי מבין כל המשרתים ביחידות מחנה מקלף באירועי תרבות, ספורט, נופש, קבלות פנים, וגם בהצגות. בערבים חגיגיים הייתה נוכחות בולטת של היחידה.



יום ספורט של ממ"ס באצטדיון רמת גן, 1963
בחזית: סא"ל דוד שעיה, רע"ן הפעלה בממר"ם, ורס"ר היחידה שמואל פנחסי, ברקע – חיילי היחידה



מדור ניקוב, 1963

עומדים, מימין לשמאל: ראש המדור מר זלמן, אחראית משמרת סמל לאה, רע"ן הפעלה סא"ל דוד שעיה



מדור ניקוב – קלדניות בכירות, 1963



משרתי קבע במדור תפעול, 1963





קבלת פנים לראש עיריית רמת גן מר אברהם קריניצי – יום העצמאות 1961
משרתי ממ״ס בקבלת הפנים

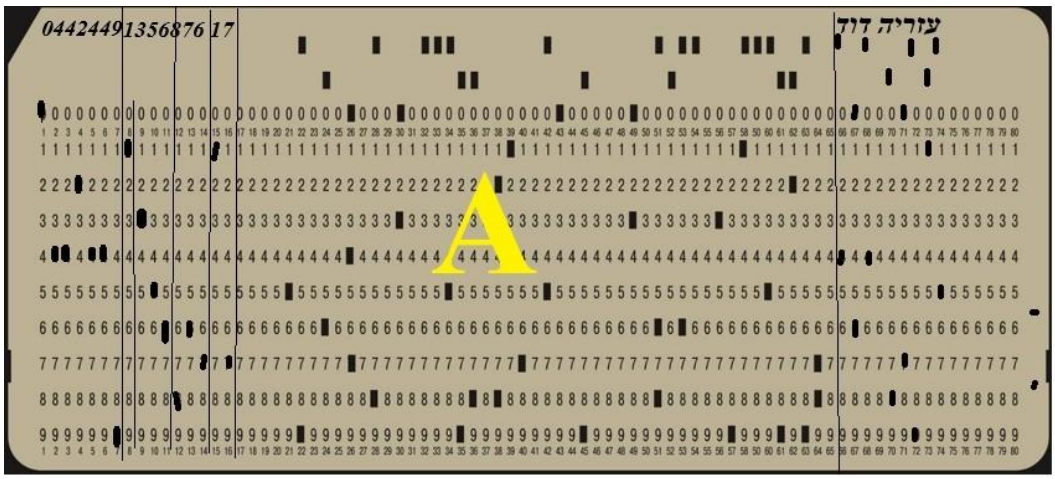
המחשת הטכנולוגיה והתפעול באמצעות מקרה בוחן (Case Study): הפקת פקודת גיוס

כדי להבין את הטכנולוגיה ואת התהליכים שבוצעו בממ"ס, נמחיש זאת בדרך של הצגת תהליך עיבוד מידע. התהליך שבחרתי להציג הוא תהליך בו אכ"א מבקש לקבל דו"ח של מצבת החיילים בצה"ל וסיווגם לפי יחידות ומקצועות צבאיים, כדי לצוות בצורה אופטימלית את החילות והיחידות לקראת הגיוס הבא. להלן תיאור הפעילויות בתחנות השונות של תהליך עיבוד הנתונים, מהצגת הדרישה עד לקבלת הדו"ח הייעודי.

השלב הראשון הוא תכנון והקלדת הכרטיסים הייעודיים:

- תכנון הכרטיס (Card Layout) ותרשים זרימה (Flowchart):
  - אכ"א פונה ליחידת התכנון בממ"ס בבקשה להכין דו"ח מצבת חיילים נכון, נניח למועד מוגדר.
  - מדור התכנון מתשאל את אכ"א מה הרישומים או הנתונים הנמצאים בידיו מתקופה קודמת.
  - נניח שאכ"א טוען שאין בידיו דוחות או כרטיסים קודמים, וכי זאת הפעם הראשונה שהוא מבקש דוח כזה.
  - אכ"א מציג טופס בו נמצאים פרטי החייל, ובמקביל את הרשימות של החילות השונים בצה"ל לפי יחידות ומקצועות צבאיים (מלא"ח – מקצועות צבאיים / מקצוע לחימה) ותקנים הדרושים בכל יחידה.
  - מדור התכנון מסכם עם אכ"א את הדרך והצורה בה יוגשו הנתונים לממ"ס ואת הצורה והסבר מפורט של הדוח הדרוש.
- הזנה ואימות: מכונות הניקוב והאימות (IBM 024, 026, 056):
  - המידע מהטפסים הוקלד כנקבים בכרטיסי נייר.
  - כרטיס הנייר המנוקב אחסן רשומת מידע. בכרטיס עצמו היו 80 טורים אנכיים (1 עד 80) ו־12 שורות אופקיות (שורות 0 עד 9, ושתי השורות העליונות שנקראו 11 ו־12 או X ו־Y). כל טור הכיל למעשה ספרה אחת (0 עד 9) או אות אחת שסומנה בעזרת ניקוב ספרה וניקוב עילי X או Y.
  - המתכנן מיקם את פריטי המידע במספר טורים קבועים מראש (שכונו בשם שדה).[5]

דוגמה לחלוקת שדות בכרטיס כוח אדם צבאי – כרטיס חייל/משרת A:



כרטיס חיל/משרת A

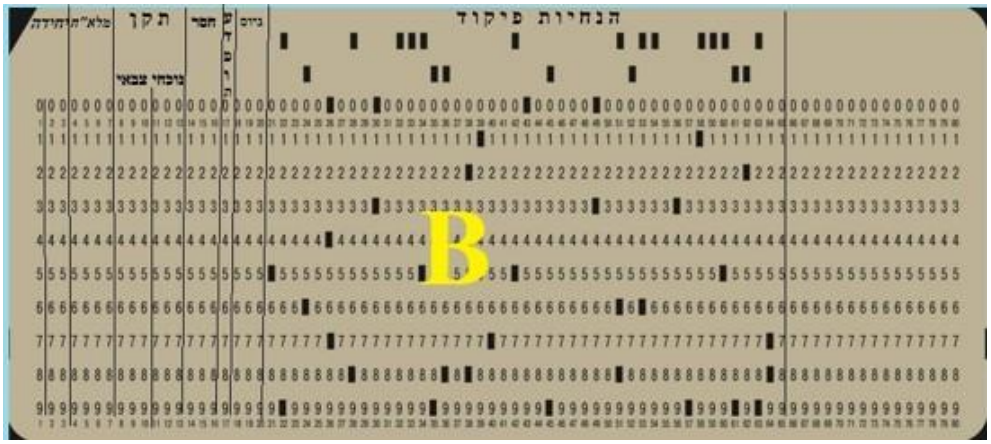
[5] להמחשת כרטיס הניקוב, ראו: https://youtu.be/0065zKzeCWI

מבנה הכרטיס הוא כדלקמן:

- טורים 1–7: מספר אישי (למשל: 0442449), כאשר כל טור ייצג ספרה אחת שנוקבה בשורה המתאימה.
- טור 8: סמל חיל (רגלי=1. אוויר=2, ים=3, צנחנים=4, וכו'...).
- טורים 9–11: קוד יחידה/גדוד.
- טורים 12–14: קוד מקצוע צבאי (מלא"ח).
- טורים 15–16: קוד דרגה צבאית.
- טורים 17–65: נתונים משניים (תאריך לידה, קבלה לשירות, סיום שירות, קוד שירות סדיר/קבע/אזרח, סיווג)
- טורים 66–80: שם משפחה ושם פרטי, שבו כל אות יוצגה על ידי שילוב של שני ניקובים באותו טור (שורה עליונה + ספרה). להלן (השורות שבהן יש לנקב חור אנכי) עבור כל אות בשם 'דוד עזריה':
- טור 66 – אות ד: ניקוב בשורה (12+4).
- טור 67 – אות ו: ניקוב בשורה (6+0).
- טור 68 – אות ד: ניקוב בשורה (12+4).
- טור 69 – ללא ניקוב בשורה (משאירים את הטור ריק).
- טור 70 – אות ע: ניקוב בשורה (11+8).
- טור 71 – אות ז: ניקוב בשורה (7+0).
- טור 72 – אות ר: ניקוב בשורה (12+9).
- טור 73 – אות י: ניקוב בשורה (11+1).
- טור 74 – אות ה: ניקוב בשורה (12+5).

טרם הקלדת הנתונים, מתכנני מערכות המידע במחלקת התכנון שרטטו את מבנה הכרטיס על גבי טפסים מיוחדים שנקראו Card Layout Form ("סרגל תכנון" או גריד פריסה), בהתאם למפרט. הטופס כלל משבצות התואמות את 80 הטורים ו־12 השורות של הכרטיס. המתכנן רשם בכל שדה את שם השדה (למשל: 'מספר אישי'), ציין את תחומי הטורים (מטור 1 עד 7), והגדיר את אופי הנתון (מספר או אות). טופס זה הנחה את הקלדניות באיזה טור להתחיל ובאיזה טור לסיים כל שדה, והנחה את תוף התוכנית (Program Drum) של מכונת הניקוב אילו שדות לדלג או לשכפל אוטומטית.

דוגמה לחלוקת שדות בכרטיס יחידה – כרטיס יחידת שירות B:



כרטיס יחידת שירות B

מבנה הכרטיס הוא כדלקמן:

- טור 1: סמל חיל (רגלי=1, אוויר=2, ים=3, צנחנים=4, וכו'...)
- טורים 2–4: קוד יחידה/גדוד.
- טורים 6–7: קוד מקצוע צבאי (מלא"ח).
- טורים 8–10: תקן.
- טורים 11–13: מספר המשרתים הנוכחי.
- טורים 14–16: חסר/עודף.
- טור 17: קוד עדיפות בגיוס.
- טורים 18–20: הוראה לגיוס.
- טורים 21–65: הנחיות פיקוד.

גם לכרטיס B ניתנו הנחיות והקצאת שדות בדומה לכרטיס הקודם והמפרט הרשום כאן.

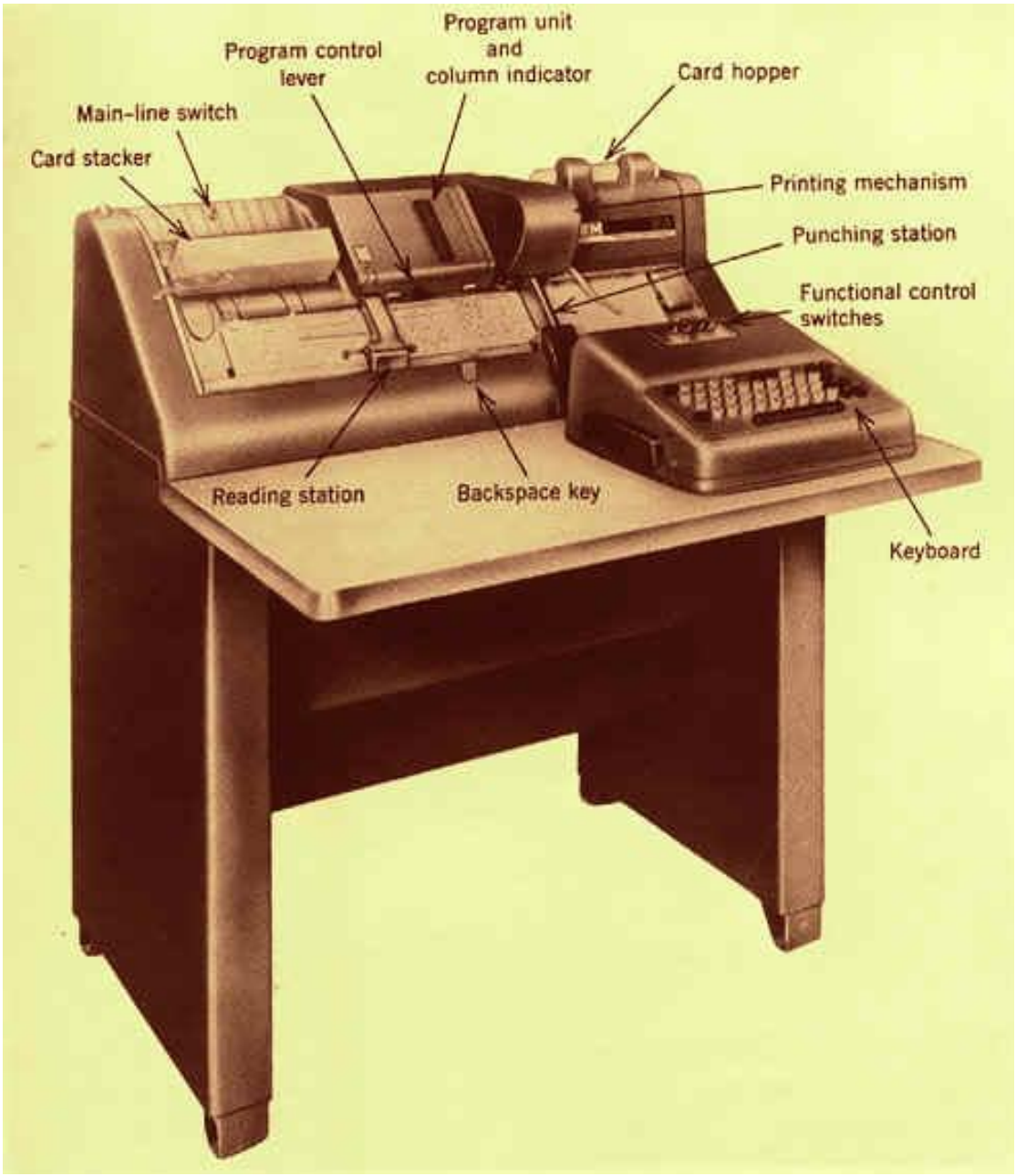
לעתים נדרשו מכונות הניקוב להדפיס בקצה העליון של הכרטיס המנוקב את הספרה או האות של השורה האנכית להקלת הקריאה (כמו בדוגמה של כרטיס A), ולעתים הכרטיס עצמו כלל תיאור מודפס של השדות, וזאת בהתאם לרצון המזמין.

יחד עם דפי ההנחיות של מדור התכנון, הועברו דפי הוראות הביצוע למדור ניקוב, שביצע למעשה שתי פעולות: הראשונה הייתה פעולת הניקוב עצמה – העברת דפי הנתונים לנקביות (קלדניות) והקלדתם במכונות ניקוב (IBM 024/026). הפעולה השנייה הייתה אימות הניקוב, באמצעות מכונות אימות (IBM 056). בגמר העבודה שונעו הכרטיסים המנוקבים למדור ההפעלה.

מכונות הניקוב (Keypunch), דגמי IBM 024 ו־IBM 026, שימשו להמרת נתונים מנוסחים על גבי טפסים פיזיים לתוך כרטיסי הניקוב באמצעות הקלדה אנושית, ופעלו בשילוב של מנגנונים מכניים, חשמליים ופנאומטיים. למכונה הייתה מקלדת הדומה למקלדת מכונת כתיבה. לחיצה על מקש הפעילה ממסר חשמלי ושחררה אנרגיה מכנית לביצוע הניקוב. כשהוקלד תו, סכיני ניקוב זעירים נקבו חורים מדויקים בכרטיס בהתאם ל'קוד הולרית' (Hollerith Code) שבו כל שילוב של חורים בטור מסוים ייצג אות, ספרה או סימן מיוחד. לאחר כל הקלדה, הכרטיס התקדם אוטומטית טור אחד שמאלה (מתוך 80 הטורים), בדומה למנגנון המרכבה במכונת כתיבה. תוף התוכנית (Program Drum) היה רכיב חיוני שהכיל 'כרטיס תוכנית' ייעודי ושלט בפעולות אוטומטיות כמו דילוג (Skip) על שדות ריקים או שכפול (Duplicate) נתונים קבועים מהכרטיס הקודם לכרטיס הבא, מה שחסך זמן רב לקלדנית.[6]

מכונת האימות (Verifier) התבססה על דגם IBM 056. קלדנית שנייה הקלידה שוב את אותם נתונים על כרטיס שכבר נוקב; אם ההקלדה השנייה לא תאמה את הנתונים המוקלדים, המכונה עצרה והתריעה על שגיאה.

[6] להמחשת פעולת מכונת ניקוב, ראו: https://youtu.be/Y0GurDnBK8E



מכונת ניקוב דגם IBM 026. באדיבות IBM

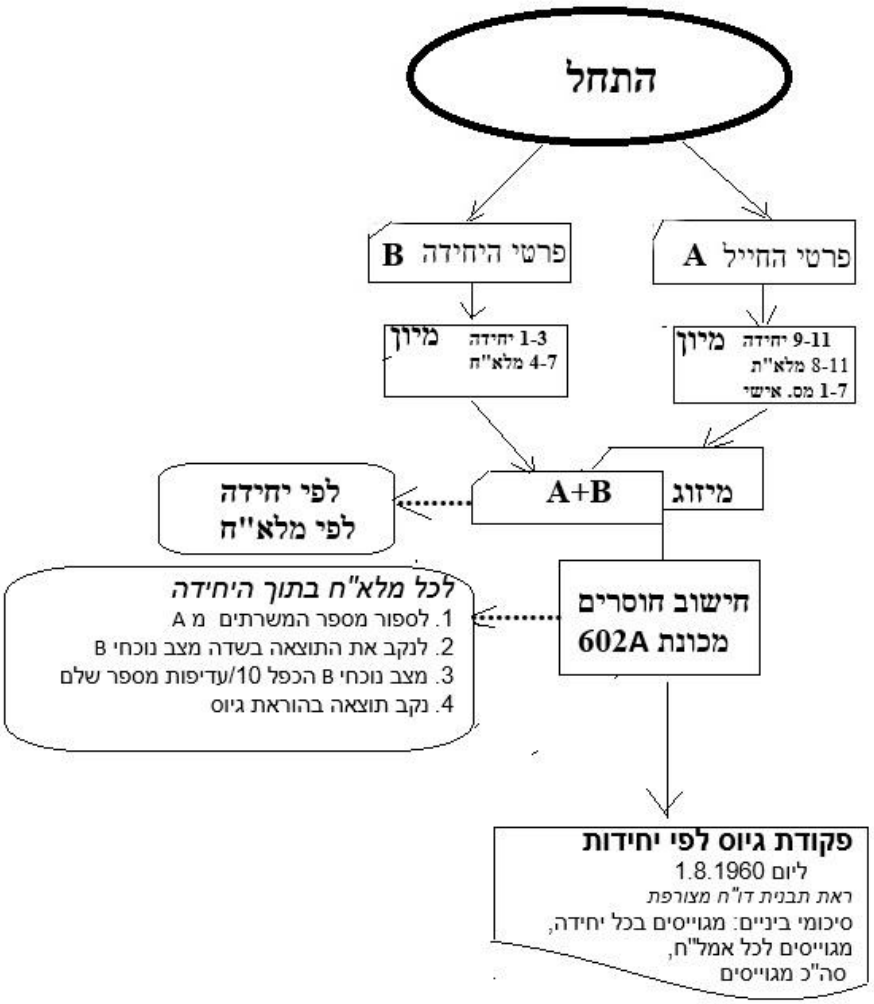
השלב השני היה מיון, שנעשה באמצעות ממיינת הכרטיסים (IBM 82 Sorter). זה שלב בו עוברים הכרטיסים המנוקבים (למעשה רשומת המידע) תהליך של עיבוד המידע עד להפקת הדו״ח המבוקש. בדוגמה שלנו נתבקשנו על ידי אכ״א להכין דו״ח לפקודת גיוס ליום ספציפי. הבקשה מועברת למדור התכנון בממ״ס אשר אנשיו היו מיומנים בהכנת הוראות תפעול ובעיצוב הדו״חות המבוקשים – הליך סדור הדומה להוראת יישום מתוכנת של ימינו. מדור התכנון ייצר דפי הוראות למדור תפעול, בהליך היראכי סדור (flow chart) תוך הנחיית עיבוד הנתונים במכונות השונות. לצורך זה השתמש המתכנן בסרגל תכנון עם סימנים מוסכמים המובנים לאנשי התפעול. הסרגל המקובל בממ״ס באותם ימים היה סרגל התכנון של IBM.



סרגל תכנון עם סימנים בסיסיים (BASIC Symbols)

הסימנים המוסכמים במרשם הזרימה כללו תהליך (Process), שצוין באמצעות מלבן (פונקציית עיבוד מוגדרת הגורמת לשינוי בערך, בצורה או במיקום של המידע); קלט/פלט (Input/Output) שצוין באמצעות מקבילית (ציון קלט – מידע זמין לעיבוד, או ציון פלט – רישום תוצאות העיבוד); קו מקוטע המתחבר לפעולה הרצויה סימן הערה; קטעי תרשים זרימה (באותו עמוד, או בעמוד אחר) צוינו ב'מחבר' עגול; צורת בית/מחומש ציינה מחבר לעמוד אחר – נקודת כניסה או יציאה מחוץ לעמוד הנוכחי של תרשים הזרימה; מעוין סימן החלטה (Decision), נקודה שבה התוכנית בוחרת נתיב אחד מתוך מספר נתיבים אפשריים בהתאם לתנאי מוגדר; משושה רחב סימן הכנה (Preparation) – שינוי או אתחול של הוראות בתוכנית (כגון הגדרת לולאה, שינוי ערך ברישום או אינדקס; מלבן עם קווים אנכיים צדדיים ציין שגרת משנה מוגדרת מראש (Predefined Process), שהוגדרה במקום אחר בתוכנית; קפסולה אליפטית סימנה נקודת עצירה, נקודת סיום או עיכוב/הפסקת פעולה בתרשים הזרימה (Terminal/Interrupt); חיצים וקווי זרימה (Arrows and Flowlines) ציינו את כיוון רצף הפעולות וזרימת הנתונים.

פקודת גיוס ליום 1.8.1960 flow chart



תרשים זרימה – דוגמה

מדור התכנון מוסר את הדף בו תבוצענה פעולות עיבוד הנתונים לאחראי משמרת במדור התפעול, אליו הועברו כל הכרטיסים המנוקבים (בדוגמה שלנו: A ו־B). מדור התפעול היה בניין נפרד, דומה למפעל תעשייתי – אולם מאורך ובו מספר רב של מכונות מיון, מכונה מפענחת, מכונת ניקוב, שתי מכונות זיווג (ממזגות), מכונות חישוב, ושתי מלווחות (טבולטורים).

באולם היה הרבה ציוד נלווה, קופסאות רבות של כרטיסים, פנלים של המכונות (לוחות מחוררים לחיווט), חוטי חשמל באורכים ובצבעים שונים לחיווט של לוחות המכונות למדור. למדור נכנסו קופסאות כרטיסים. ויצאו דוחות על נייר רציף, במשקל של מאות קילוגרמים מדי יום. הביקור באולם זה היה 'אטרקציה' לכל מבקר, שיצא מוקסם מה'פלא' הטכנולוגי של התקופה. אני אישית לוויתי בביקור במדור את הרמטכ"ל

רא״ל חיים לסקוב, את האלוף חיים בר־לב ואלופים נוספים. על עובדי המדור, מטירון ועד מפקד, הסתכלו בהערצה (בדומה למשרתים בממר״ם היום).

אחראי המשמרת הפעיל את התהליך המסומן במרשם הזרימה באמצעות לוח הפיקוד. בלוח נרשמו בכותרת האופקית שמות כל המכונות המצויות באולם התפעול, ובטור האנכי פירוט כל המכונות הדרושות לביצוע בהתאם לדף התזרים (flow chart) שנמסר לו. בדוגמה במרשם, הסדר הוא:

- מיון כרטיסי הניקוב A של פרטי המשרת.
- מיון כרטיסי הניקוב B של פרטי היחידות.
- מיזוג שני הקבצים לקובץ אחד.
- ביצוע חישובים וניקוב התוצאה.
- הדפסת הדו״ח ועריכת סיכומי ביניים (לעיתים, במקום הפקת דו״חות, הופקו כרטיסים מפוענחים לשימוש היחידה).
- העברת הדו״ח למדור תכנון לצורך בקרה.



מדור תפעול, אולם המכונות – דוד עזריה (המחבר), כאחראי משמרת, על לוח הפיקוד, מנתב את קופסאות הכרטיסים המנוקבים בין המכונות השונות באולם

הממיינת (punched card sorter) מדגמי IBM 80 או IBM 82 הייתה מכונה אלקטרומכנית מרכזית ששימשה לעיבוד כרטיסי ניקוב (Punched Cards). תפקידה היה למיין כרטיסים לפי נתונים שהיו מנוקבים בהם (כגון מספר אישי, מקצוע או סמל יחידה), כדי לארגן את הנתונים לקראת עיבוד נוסף בלוחיות או במחשבים הראשונים. מחסנית ההזנה (Hopper) של הממיינת הזינה כרטיסים בקצב של מאות כרטיסים בדקה. לפני תחילת העבודה, המפעיל כיוון את המכונה לטור הספציפי בכרטיס (מתוך 80 הטורים האפשריים) לפיו יש לבצע את המיון, באמצעות ידית או חוגה ייעודית.

כל כרטיס עבר במהירות מתחת למברשת מתכת דקיקה או פינים חשמליים, וברגע שהמחט פגשה חור בכרטיס, היא יצרה מגע ישיר עם גליל נחושת שמתחתיו וסגרה מעגל חשמלי. האות החשמלי הפעיל אלקטרומגנט שפתח שער (Gate) מכני בנתיב התנועה של הכרטיס. הכרטיס הוכוון בדיוק לתא המיון (Pocket) המתאים מתוך 13 תאים פיזיים בחזית המכונה: תאים עבור הספרות 0 עד 9, תאים עבור ניקובים מיוחדים (X ו-Y), ותא נוסף לכרטיסים ריקים או שגויים.[7]

מכיוון שהממיינת יכלה למיין לפי טור אחד בלבד בכל מעבר של הערימה, מיון של שדה רב־ספרתי (כמו מספר אישי בן 7 ספרות) דרש ביצוע של מספר מעברים עוקבים. המיון בוצע תמיד מהטור הימני ביותר (הספרה הפחות משמעותית) ועד לטור השמאלי ביותר, כאשר בין מעבר למעבר אספו את הכרטיסים מהתאים בסדר מדויק ושמרו עליהם לקראת השלב הבא.

נדגים זאת בצורה פשוטה יותר: נניח שבטורים 1–2 של קבוצת הכרטיסים מנוקבים המספרים בין 00 ועד 99 . ואנו מעוניינים לסדר את קבוצת הכרטיסים בסדר עולה – במקרה זה נמיין תחילה את הכרטיסים על טור 2 (טור היחידות), ונקבל חלוקה בתאים של 10 ערמות כרטיסים בתאים, לפי המספר המנוקב בטור היחידות. נאסוף את קבוצות הכרטיסים מהתאים ונניח אותן אחת על השנייה לפי סדר עולה (נתחיל בכרטיסי תא 0 ונסיים בכרטיסי תא 9). בשלב הבא נמיין שוב את כל הכרטיסים והפעם על טור 2 (טור העשרות). נאסוף שוב את הכרטיסים בתאים לפי סדר ונקבל כרטיסים ממוינים לפי סדר עולה מ 00 ועד 99.

כאשר יש לנו שבעה טורים (מספר אישי) יש להעביר את הכרטיסים שבע פעמים, פעולה המצריכה זמן רב. ברור שכאשר נרצה למיין לפי שתי רמות או יותר (נניח, לפי קוד היחידה בצבא ובתוכה מספר האישי) כדי לקבל את כל רשימת המשרתים ביחידה מסוימת, נדרש זמן רב יותר ושעות רבות של עבודת המכונה.

פשטות הפעלת הממיינת מאפשרת הדרכה קצרה ביותר כך שכל מפעיל חדש השתלב במפעל ויצר תפוקה ראויה תוך ימים בודדים מכניסתו לתפקיד.

היום, בעידן ההתקדמות והחדשנות המואצת, קשה להבין את התשומות הדרושות, בערכים כספיים ובכוח אדם, אל מול פקודה פשוטה הניתנת למחשב "מיין לפי רמה 1 + רמה 2" המתבצעת תוך שניות.

[7] להמחשת פעולת ממיינת, ראו: https://youtu.be/liXI4441j00



מכונת מיון IBM 80/82



המחבר מפעיל מכונת מיון

מכונת הזיווג והמיזוג (Collator), דגם IBM 077, הייתה אחת המכונות המורכבות ביותר. תפקידה היה ניהול, התאמה ומיזוג של שני קבצים נפרדים של כרטיסי ניקוב על בסיס שדות מפתח משותפים (למשל – הצלבת קובץ חיילים פעילים עם קובץ נתוני שכר יומי לפי מספר אישי). או, בדוגמה שלנו, מיזוג של כרטסת המשרתים A עם כרטסת פרטי היחידות B.

המכונה כללה שתי מחסניות הזנה (Feeds) – מחסנית ראשית (Primary) ומחסנית משנית (Secondary); המכונה קראה כרטיסים משתי המחסניות בו־זמנית; מערך של מברשות חשמליות (Comparison) השווה את הנתונים בשדות המפתח של הכרטיס הראשי מול הכרטיס המשני, והמכונה קבעה האם המפתח בכרטיס הראשי גדול יותר, קטן יותר או שווה למפתח בכרטיס המשני; בדומה ללוחות בקרה של מחשבים מוקדמים, המכונה נשלטה על ידי לוח חיווט חיצוני (Plugboard). המפעיל או המתכנן חיבר מגשרים כדי ׳לתכנת׳ את הלוגיקה של המכונה – להגדיר אילו פעולות תבצע בהתאם לתוצאות ההשוואה (האם למזג, לדחות או להפריד). למכונה היו ארבעה תאי מיון (Pockets), אליהם הוכוונו הכרטיסים בהתאם להחלטת הלוגיקה, לדוגמה: לשלוח לתא א׳ כרטיסים תואמים משתי המחסניות ממוזגים יחד לפי הסדר, לתא ב׳ כרטיסים שהופיעו במחסנית הראשית בלבד (ללא בן־זוג במחסנית המשנית), לתא ג׳ כרטיסים שהופיעו במחסנית המשנית בלבד ולתא ד׳ כרטיסים חריגים או כפילויות.

בדוגמה שלנו: הכנסנו את כרטיסי החיילים A למחסנית ההזנה הראשית ואת כרטיסי היחידות B למחסנית ההזנה המשנית. מיזגנו את שתי חבילות הכרטיסים כך שהכרטסת הכילה את כרטיסי המשרתים ביחידה מסוימת, ואחרי כרטסת זו הונח כרטיס של אותה יחידה בהתאם למקצועות החיילים (מלא״ח).



מכונת זיווג ומיזוג IBM 077



לוח חיווט עם מגשרים

המחשבת (Calculating Punch), דגם IBM 602, נכנסה לשימוש בשנות ה־50, והייתה פריצת דרך טכנולוגית חשובה, שאיפשרה לראשונה לבצע בתהליך עיבוד הכרטיסים פעולות כפל וחילוק.

למכונה הוזן כרטיס מנוקב בודד, והנתונים שעליו (כגון שעות עבודה ותעריף לשעה) נקראו באמצעות מברשות חשמליות ואוחסנו במערכת זיכרון מכנית. יחידת חישוב אלקטרומכנית ששילבה גלגלי שיניים וממסרים ביצעה פעולות חשבון – היא ביצעה חיבור וחיסור במהירות גבוהה, וניצלה זאת לביצוע כפל או חילוק. משהושלם החישוב, ניקבה המכונה את התוצאה הסופית (למשל, שכר נטו או יתרה לתשלום) ישירות לתוך אותו כרטיס מנוקב, בטורים הייעודיים שהוקצו לכך מראש, וזאת תוך כדי תנועת הכרטיס במכונה. בדומה ל־IBM 077, פעולת המכונה נשלטה באמצעות לוח חיווט נשלף. המתכנן חיבר בלוח מגשרים בצבעים ובאורכים שונים כדי לקבוע מה הנתון שייקרא, אילו פעולות חשבוניות יבוצעו עליו (למשל: כפול ב־X, הוסף את Y), ובאיזה טור בכרטיס יש לנקב את התוצאה. לוחות החיווט היו למעשה הִתְכְּנוּת, שלפני שפת התכנות: זה היה ה־Code של אותם ימים: גישור שגוי בלוח גרם לטאבולטור להדפיס נתון שגוי או לחשב חישוב מוטעה, וטכנאי/מפעיל מיומן נדרש ל'דיבאגינג' (Debugging) בתהליך ידני ממושך.

בדוגמה שלנו – הכנסנו את חבילת הכרטיסים שהכילה את כרטיסי המשרתים ביחידה מסוימת A ואחריה את כרטסת פרטי היחידה B, כאשר שתי החבילות ממוינות וממוזגות בסדר עולה, לפי קוד היחידה ומקצועות צבאיים (מלא"ח). מכונת החישוב ספרה את כל כרטיסי A השייכים לאותו המקצוע באותה היחידה וניקבה את התוצאה בכרטיס B בטורים של מספר המשרתים הנוכחי. לאחר מכן, ביצעה על אותו כרטיס B, את ההפרש בין התקן לבין מצבת נוכחית וניקבה את מספר המשרתים החסר. לאחר מכן הכפילה את קוד העדיפות, בקוד עצמו מחולק ב 10 וניקבה את התוצאה בשדה הוראת הגיוס.

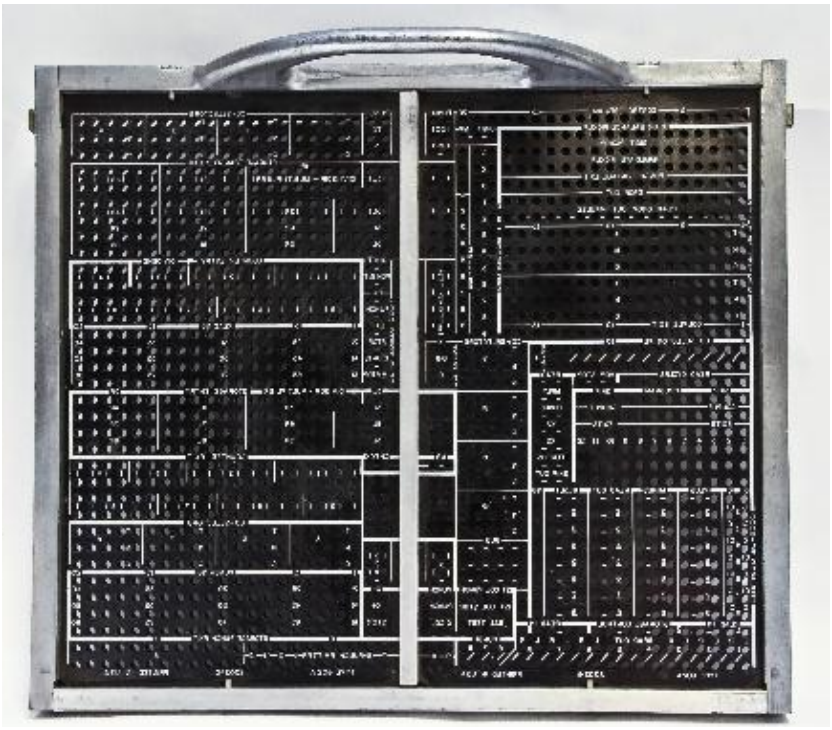
נמחיש זאת בדוגמה מספרית. נניח שאנו נמצאים בעיבוד הכרטיסים של יחידת גולני במקצוע רובאי, המכונה ביצעה את החישוב בסדר הבא:

- ספירת כרטיסי A – 135 כרטיסים.

- ניקוב התוצאה 135 ב־B בשדה מצבת נוכחית במקצוע מסוים.
- חיסור המספר 135 משדה התקן שבכרטיס B (נניח שהתקן 160) אז ההפרש 025 ינוקב בשדה לגיוס.
- את המספר 025 כופלים בקוד עדיפות (נניח קוד 7 שהוא מסמל 70%) ונקבל 017 (מתעלמים משבר).
- את המספר 17 מנקבים בשדה פקודת חובה לגייס.



מחשבת (Calculating Punch) דגם IBM 602



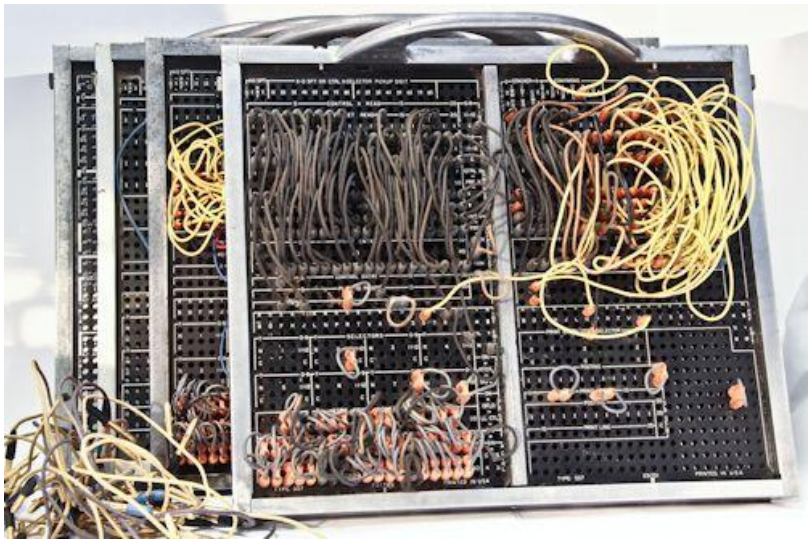
לוח חיווט

המכונה האחרונה בשרשרת הייתה טאבולטור/מדפסת נייר רציף, דגם IBM 407, מכונה שהתבססה על מנגנון ההדפסה של מכונת הכתיבה החשמלית של IBM הייתה הטאבולטור והמדפסת המרכזית בעולם עיבוד הנתונים האוטומטי של שנות ה־50 וה־60. תפקידה היה לקרוא את כרטיסי הניקוב הממוינים, לבצע סיכומים (סיכומי ביניים סיכומים סופיים), ולהדפיס את הדו״חות על נייר רציף.

כרטיסים מנוקבים הוזנו למכונה בקצב של כ־150 כרטיסים בדקה, והמידע בכרטיסים נקרא באמצעות מברשות חשמליות. שורות של גלגלי מניה מכניים איפשרו לסכם נתונים (למשל, לסכם את שעות העבודה של כל החיילים ביחידה). מנגנון הדפסה דומה למנגנון של טלפרינטרים (Type Bars/Type Wheels) הניע גלגלי הדפסה מכניים ופטיש זעיר הופעל באמצעות קפיץ ואלקטרומגנט, והיכה את סרט הדיו אל עבר הנייר הרציף (בדומה לפעולת הקשה של מכונת כתיבה חשמלית). המדפסת הדפיסה אותיות (A עד Z), ספרות (0 עד 9) ותווים מיוחדים בשורות של עד 120 תווים. בדומה ליתר המכונות – מבנה הדו״ח, שורות הסיכום, והמיקום שבו יודפס כל נתון על גבי הנייר נקבעו לחלוטין באמצעות חיווט מגשרים בלוח הבקרה של המכונה.



טאבולטור/מדפסת נייר רציף, דגם IBM 407



לוח חיווט

הפלט של התהליך, הדו״ח העונה לצרכי המשתמש, הוא כמובן התוצאה של תהליך עיבוד הנתונים. בדוגמה שלנו – המפקדים העריכו את כמות המתגייסים החדשים, אולם לא היו בטוחים שיקבלו בדיוק את כל החוסרים במצבת כוח האדם ביחידות, לכן הם קבעו רף מינימלי לתוספת למצבת כוח האדם לפי עדיפות, ולאחר מכן הם ניתבו את עודף המתגייסים ליחידות השונות בהתאם להחלטת הפיקוד.

פקודת גיוס ליום 1/8/1960

חיל	יחידה	מס. אישי	דרגה	שם	מלא"ח	תקן	איוש בפועל	חוסרים	עדיפות
רגלי	355	442487	סמל	עזריה דוד	רובאי				
		442600	סמל	שבתאי אפרים	רובאי				
		442632	רב"ט	שמש צבי	רובאי				
		442701	רב"ט	רעיף דורון	רובאי				
		442792	טוראי	דוד לפשיץ	רובאי				
		442904	טוראי	רון אלבז	רובאי				
המשך									
המשך									
רגלי	355			ס"ה אמל"ח גדוד 355	רובאי	160	135	25	7
רגלי	355	442487	סרן	יוסף כהן	מ"פ				
רגלי	355	442577	סרן	יצחק דגן	מ"פ				
רגלי	355	454065	סרן	אברהם מזר	מ"פ				
רגלי	355	463218	סרן	שמואל לוי	מ"פ				
רגלי	355	463218	סרן	שי אזולאי	מ"פ				
רגלי	355	ס"ה		ס"ח אמל"ח גדוד 355	מ"פ	6	5	1	1
רגלי	355	442487	סמל	לאה	חובש				
רגלי	355	443964	רב"ט	יצחק דגן	חובש				
רגלי	355	454065	רב"ט	אברהם מזר	חובש				
רגלי	355	ס"ה		ס"ח אמל"ח גדוד 355	חובש	5	3	1	6
					ס"ה יחידה	171	143	27	גיוס

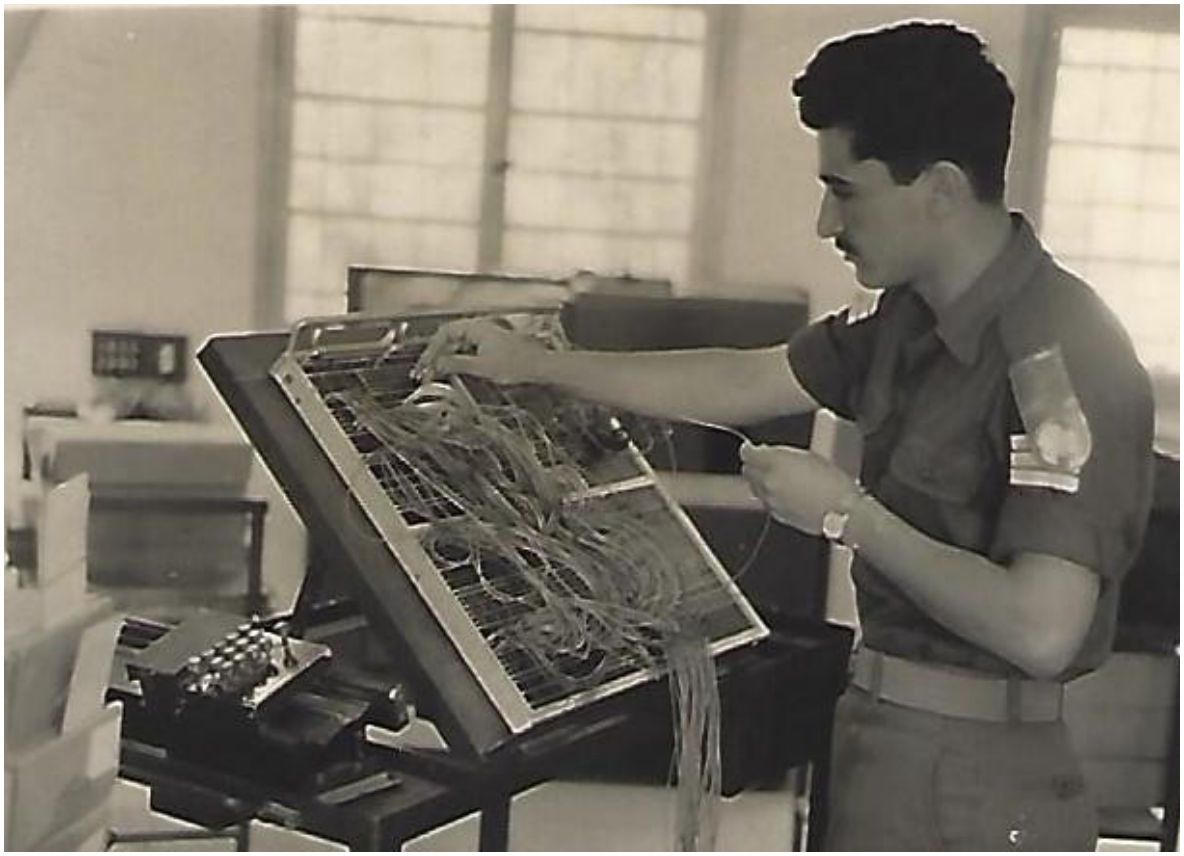
דו״ח מסכם (דוגמה להמחשה)



המחבר בוחן את הדו״ח הסופי במדפסת

חשוב להדגיש את חשיבות לוחות החיווט (Plugboards): שהיו האמצעי ל׳תכנות׳ והגדרת הפעולה של מכונות עיבוד הנתונים האלקטרומכניות, להגדיר ״יישום׳ לפי הנחיות המתכנן. בכל אחת מהמכונות – בממזגת, במחשבת או במדפסת – נדרש המפעיל להכיר ולהבין כל לוח פיקוד. ריבוי המגשרים היה קנה המידה בו נבחנו יכולותיו של המפעיל. לא פלא, שהמשרתים ביחידה העמיקו בלימוד ובשינון לוחות הפיקוד הללו והשקיעו שעות עבודה רבות כדי להתגבר על בעיה, ולנסות לפתור אותה באמצעות גישור נכון של הלוח ובדיקת התוצאה.

זכור לי מקרה בו עבדתי במשמרת בוקר ופגשתי במפעיל ותיק סמ״ר פולני (לא זכור לי שמו הפרטי) . פולני לא חש בטוב באותו יום, אולם הוא קיבל משימה להרכיב לוח פיקוד מורכב מאד למדפסת, הוא התחיל במשמרת הבוקר בה הייתי אחראי משמרת. בגמר המשמרת נסעתי לביתי, ושבתי למשמרת הבוקר של יום המחרת. להפתעתי פגשתי שוב את פולני, שהמשיך את עבודתו במשמרת ערב, בלילה, ובבוקר למחרת עת פגשתיו. בגלל מצבו הבריאותי הצטרפתי אליו למשימה שנמשכה עד הלילה. המורכבות של הלוח הייתה כה גדולה. הלוח היה עמוס במגשרים שפשוט קשה היה למצוא את החור המתאים לתקיעת המגשר. לא פרשנו עד שסיימנו את העבודה, וזאת ללא כל לחץ של המפקדים, פשוט ׳נגררנו פנימה׳ לפתור סוגיה מורכבת בלוח הפיקוד.



המחבר מרכיב מגשרים בלוח פיקוד (Plugboard) של מדפסת IBM 407

המעבר למחשב האלקטרוני (1959–1962)

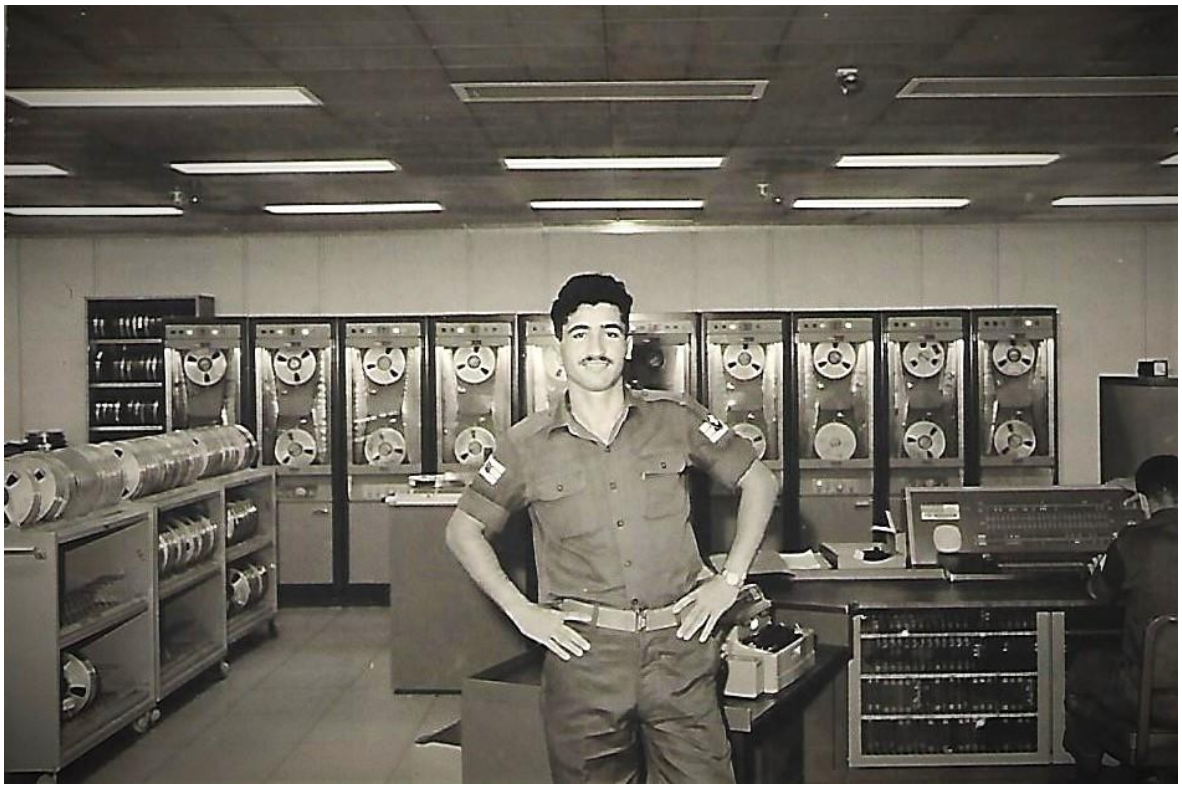
לקראת סוף שנות ה־50 הלכו וגברו דרישות המידע של צה״ל ומערכת הביטחון. מערך המיכון האלקטרומכני של ממ״ס, שהיה מבוסס כולו על כרטיסי ניקוב, הגיע לתקרת הקיבולת והיכולת הפיזית שלו. מאגרי הנתונים הצריכו מיליוני כרטיסים שאוחסנו במגירות ענק; כל עדכון, חיתוך נתונים או שאילתה מורכבת חייבו שינוע ידני של קופסאות כבדות, מעברי מיון חוזרים ונשנים בממיינות, וגישורים סבוכים של לוחות פיקוד. בכירי צה״ל ומשרד הביטחון הבינו כי צרכי הצבא מחייבים זינוק טכנולוגי אל עבר המחשב האלקטרוני הספרתי.

ביולי 1959 התקבלה ההחלטה האסטרטגית על הקמת ממר״ם (מרכז מחשבים ורשם ממוכן) בפיקודו של מרדכי קיקיון, ועל רכישת המחשב האלקטרוני הראשון לצה״ל – מחשב הפילקו, מחשב טרנזיסטורי מתקדם באותה עת. עבור ה׳אורח החדש׳ הוקם, בצמוד לבניין התפעול של ממ״ס, מבנה ייעודי ומפואר בסגנון מעבדה סטרילית: אולם ממוזג (דבר נדיר באותם ימים), קירות לבנים מבהיקים, ורצפה צפה שמתחתיה נמתחו מאות כבלי תקשורת וחשמל. המפעילים נדרשו לנעול ערדליים מיוחדות כדי למנוע חדירת גרגיר אבק למערכת הרגישה.

זכורה לי במיוחד אפיזודה מראשית העבודות: בעת שהייתי באולם המכונות של ממ״ס, הופיע במפתיע הרמטכ״ל לשעבר, רב־אלוף משה דיין, כשהוא בגפו. דיין פנה אליי וביקש שאלווה אותו אל בור החפירה העמוק שנפער עבור מרתף בניין המחשב החדש. סברתי לתומי כי דיין בא להתעניין בהיבטים המקצועיים

והטכנולוגיים של המחשוב העתידי, אך להפתעתי הרבה הוא שלף מעדר קטן, השתלשל בזריזות לקרקעית הבור, והחל לחטט בעפר כדי לבדוק האם החפירה חשפה ממצאים ארכיאולוגיים ועתיקות ...

המחשב האלקטרוני הותקן, החל בהרצה ביולי 1961, ונכנס לפעילות מבצעית מלאה במהלך 1962. המעבר לא נעשה בבת אחת: ממ"ס שימשה כמנוף העיקרי לקליטת המחשב. מדור הניקוב של ממ"ס עבר בשלמותו לממר"ם, כדי להעלות את מסדי הנתונים ממערכי הכרטיסים המנוקבים אל הסרטים המגנטיים של הפילקו. ממ"ס המשיכה לפעול עוד מספר שנים במקביל, עד שפעילותה נטמעה בהדרגה במערך המחשוב החדש. אנשי ממ"ס והתשתיות שלה היוו את המסד האנושי והמקצועי לא רק לממר"ם (ששימשה מרכז שירותי מחשוב תשתיתיים), אלא גם להקמת יחידות המחשוב הייעודיות של הזרועות והאגפים: יא"ל (יחידת אכ"א למחשב, לימים ממכ"א), ויענ"א (יחידת עיבוד נתונים אפסנאיים, לימים מענ"א). זהו קו היסטורי רציף ובלתי מנותק, המחבר את אולמות המיכון והחיווט של שנות ה־50 אל תשתית התקשוב, התוכנה והמידע של צה"ל בימינו .



ממר"ם, 1962 – המחבר באולם המחשב האלקטרוני פילקו 211, על רקע כונני הסרטים המגנטיים

נספח: עדות אישית – מהפעלת מיכון בצה"ל לראשית ההייטק הישראלי

שורשים וילדות: מבצרה שבעיראק, דרך הפרהוד ומבצע "עזרא ונחמיה", אל המעברות וגימנסיה 'הרצליה'

נולדתי בעיר בצרה שבעיראק בפתח תקופת מלחמת העולם השנייה (1939), בן לאבי עזריה ולאמי נעמי. שנות ילדותי המוקדמות בעיראק עמדו בצל אירועים היסטוריים מטלטלים, ובראשם אירועי ה'פרהוד' – פרעות קשות שכוונו נגד היהודים בבגדד בחג השבועות (יוני 1941), מהם סבלתי בעודי פעוט בן ימיו. למרות תקופת הילדות המורכבת והמאתגרת שחוותה המשפחה תחת מציאות משתנה בעיראק, שנאת היהודים שגאתה בעקבות מלחמת העצמאות בארץ, הגזרות וההגבלות שהוטלו על הקהילה היהודית ועד לנטישה ההמונית של היהודים ואבדן כל הרכוש שנצבר במאות שנות גלות, גדלתי בסביבה משפחתית חמה ומלוכדת לצד אחי ואחיותיי (מלכה, נעים, ואילנה), תוך שימור מסורת, תרבות וחיי קהילה עשירים.



1944 –בצרה עיראק: עזריה, נעמי, מלכה, נעים ודוד בפיקניק על גדות הנהר שאט־אל־ערב

בשנת 1951, במסגרת מבצע 'עזרא ונחמיה' להעלאת יהודי עיראק, עלתה משפחתי ארצה. כמו מרבית העולים באותה תקופה, עשתה המשפחה את צעדיה הראשונים בקשיי המעבר והקליטה במעברות הארץ: תחילה במעברת חירייה (היום אור יהודה), ובהמשך במעברת מחנה ישראל בקרבת מקום עבודתו של אבי בשדה התעופה. ובשנת 1954 לבית מגורים בנוה מונסון. למרות תנאי המחיה הקשים באוהלים ובפחונים בשנות הצנע, התבלטתי כתלמיד שקדן ומצטיין. לאחר סיום לימודי בבית הספר היסודי במעברה, המשכתי את לימודיו התיכוניים במוסד החינוכי היוקרתי הגימנסיה העברית 'הרצליה' בתל אביב (1955–1959), הישג שדרש ממני משמעת עצמית גבוהה ומאמץ יומיומי מפרך של התניידות בדרכים ממקום מגורי המרוחק לתל אביב.



1951 – העלייה לישראל, מבצע 'עזרא ונחמיה'



1959 – תמונת מחזור סיום לימודים בגימנסיה הרצליה

השירות בממ"ס: מאחראי משמרת ועד ההסבה לעידן המחשב

בספטמבר 1959, עם סיום לימודי בגימנסיה הרצליה, התגייסתי לצה"ל, ושירתתי במשך כארבע וחצי שנים בשירות חובה ובקבע. שובצתי ביחידת ממ"ס, שהיוותה את החלוצה והתשתית הטכנולוגית המוקדמת של עיבוד הנתונים בצה"ל.

נקלטתי במדור התפעול של היחידה והפכתי במהרה למפעיל מומחה ששלט ביד רמה בכל מגוון המכונות האלקטרומכניות של חברת IBM שפעלו באותה עת – החל ממכונות המיון (Sorting), דרך מכונות הניקוב, האימות והמיזוג (Collators), ועד למכונות החישוב והטאבולטורים (IBM 407). בשל יכולותי המקצועיות הגבוהות, תפקודי המרשים והאחריות שהפגנתי, התקדמתי במהירות עד לתפקיד אחראי משמרת במדור התפעול. על אף בקשות מפקדי שאצא לקורס קצינים, בחרתי לשלב במקביל לשירות הצבאי לימודים אקדמיים בשלוחה התל־אביבית של האוניברסיטה העברית, בה סיימתי לימודי תואר בסטטיסטיקה וסוציולוגיה.

במהלך שירותי פעלתי בצומת ההיסטורי שבו קלט צה"ל את מחשב הפילקו 211 והקים את ממר"ם, והייתי חוליה מקשרת מקצועית בין אנשי המיכון הישן לבין ראשית עידן המחשוב האלקטרוני. סיימתי את שירות הקבע במחצית שנת 1964 ופניתי למגזר האזרחי.

העולם האזרחי

יחד עם רעייתי איבון (לבית זמירה, אותה נשאתי לאישה ביולי 1967) בניתי משפחה לתפארת – שלושה ילדים (נעמה, עידית ורון) ונכדים רבים, והמשכתי להיות מעורב, פעיל ויזם בכל תחומי חיי.

עם שחרורי מצה״ל בשנת 1964 חברתי לעמיתים יוצאי צבא שהקימו קואופרטיב ראשוני שפתח עידן חדש במתן שירותי עיבוד נתונים למשק האזרחי. המייסדים כולם השתלבו, בהמשך דרכם, בצמרת חברות פרטיות שהפעילו יחידות מחשוב וחברות הזנק, ותרמו לקידום ענף הטכנולוגיה העילית בישראל.

פעילות זו התפתחה במרוצת השנים לחברת 'יענ״א' מחשבים, אשר יזמה שותפויות אסטרטגיות (בין היתר עם קונצרן 'כור'), הוסבה לחברה ציבורית הנסחרת בבורסה לני״ע בשנת 1983, ולימים נמכרה ב־1993 במהלך שזכור כאחד האקזיטים הפנים־ארציים הראשונים בענף. לימים, הפכה החברה לחברת ONE מחשבים, מהגדולות במשק בשירותי IT וטכנולוגיה בישראל .

לאורך קריירה עסקית וניהולית עשירה שנפרשה על פני למעלה מ־45 שנה במשק הישראלי, כיהנתי בשורה ארוכה של תפקידי מפתח בכירים, כנשיא חברה, מנכ״ל, יו״ר דירקטוריון, מנהל כספים ומנהל שיווק, תוך אחריות ישירה והובלה של פעילויות בהיקף של מאות עובדים; פעלתי רבות בייזום פרויקטים, בניית שותפויות אסטרטגיות, והסבת חברות פרטיות לחברות ציבוריות בבורסה, לצד מתן ייעוץ ניהולי, תפעולי וארגוני למוסדות ומפעלים מובילים. עסקתי בפיתוח מערכות מחשוב מתקדמות – ובפרט מערכות לוגיסטיות, שכר ומשאבי אנוש – כאשר הפלטים והרעיונות התכנוניים שפיתחתי היוו בסיס למערכות עכשוויות. כמו כן, הייתי פעיל ושותף בחברת הזנק חדשה בשם Idsphere, העוסקת בטכנולוגיה מתקדמת, (RFID - Radio Frequency Identification), באמצעות גלי רדיו. טכנולוגיה אלחוטית המאפשרת זיהוי אוטומטי, מעקב ואיתור של פריטים, מוצרים או אנשים באמצעות גלי רדיו. כיהנתי במשך תקופה ממושכת כחבר הנהלה באגף התוכנה והאלקטרוניקה בהתאחדות התעשיינים, באותה עת בה עדיין ניתנה לענף זה חשיבות משנית. במסגרת זו הובלתי מגעים מול משרד האוצר, המדען הראשי ומשרד המסחר והתעשייה, ופעלתי להכרה בענף המחשוב כענף יצרני לכל דבר המהווה את קטר הצמיחה של ההייטק בישראל. צברתי מומחיות וניסיון רב שנים כדירקטור פעיל המכיר לעומק את חובותיה של האחריות הדירקטוריאלית ודיני האסדרה במשק.

מלבד כהונתי כיו״ר דירקטוריון יענ״א מחשבים, כיהנתי כדירקטור בחברות ציבוריות מובילות, בהן טי.טי.אי. טלקום שנסחרה בנאסדק, מלם־תים מערכות, אומניטק, קומטק, ובמשך תשע שנים רצופות (עד לשנת 2016) כדירקטור בחברה הציבורית ״דורסל״, בה פעלתי כיו״ר ועדת ביקורת, יו״ר ועדת מאזן, יו״ר ועדת תגמולים ויו״ר ועדת השקעות. נכללתי ברשימת 'נבחרת הדירקטורים' ואני חבר באיגוד הדירקטורים, תוך השתתפות קבועה בסמינרים ובהשתלמויות מקצועיות של איגוד הדירקטורים, הבורסה לני״ע, פירמות רואי החשבון ומשרדי עורכי הדין המובילים בישראל. יזמתי והובלתי מיזמים בענף הנדל״ן, בהם הקמת 'בית יענא מחשבים' בתל אביב (כיום בניין חשבשבת), ומתחם מגורים בשכונת מלבו בנס ציונה, תוך צבירת ניסיון רב בבנייה וברכש בניינים להשכרה בחברות נדל״ן.