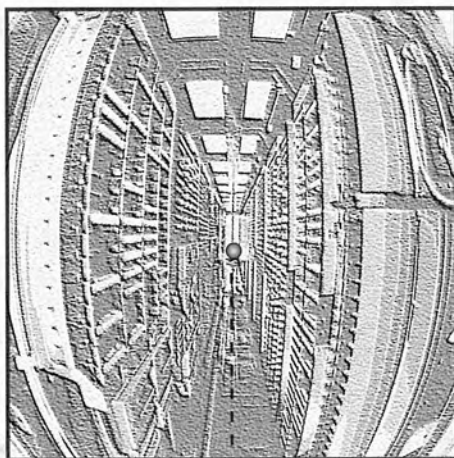




פרק ד'

מהפכות במחשוב

אין ביכולתי לומר מהי העוצמה הזאת.
כל שאני יודע, שהיא קיימת וכי היא
נעשית זמינה רק כאשר האדם מתחבר
אל אותו המקום. שבו הוא יודע בדיוק
מה שהוא רוצה.

אלכסנדר גרהם בל



אור הפילקו

מהפכת המחשוב, שהחלה בשנות ה-50 של המאה ה-20, היתה קפיצת-מדרגה בהתפתחות הטכנולוגיה בארץ ובעולם וניתן לומר, כי היא שקולה בעוצמתה להתפתחות שהושגה עד אז בתחום הזה. בעוד שבעבר התחלף דור טכנולוגי אחת לעשרות שנים הרי שמאז שנים התקצרו שנות הדור. חלוצי ענף המחשבים במערכת הביטחון ובצה"ל, יוזמי המהפך, פעלו כמעט ללא ידע. הראשונות שבמעשיהם וההעזה היו ייחודיות והעידו על ראייה ארוכת טווח. איש מהם לא יכול היה לצפות את קצב ההתקדמות העתידי. מספר המחשבים היה מועט, חברות ספורות עסקו בתחום הזה, וצרכני המחשב היו מעטים אף הם. החיפוש אחר טכנולוגיה מתאימה לצורכי המערכת נתקל בקשיים רבים.

המעבר מטכנולוגיה של מיכון אלקטרו-מכני למיכון אלקטרוני ממוחשב - "מוח אלקטרוני" - היה קשה לתפיסה אצל רוב האנשים. היו שחשבו, כי המחשב יהפוך "לארכיון של אינפורמציה", ואחרים סברו, כי המעבר לטכנולוגיה חדשה אינו כרוך "בשום שינוי תפיסה", כאשר המגמה היתה "לארגן את זרימת האינפורמציה המינהלית בצה"ל". השימוש במחשב בתחום המבצעי נתפס כרחוק מן המציאות. בתחילת הדרך סברו, כי בצד המחשב יהיה צורך להיעזר בציוד אלקטרו-מכני ובכרטיסים מנוקבים, כדי להכין את המידע לעיבוד במחשב. קשה היה לדמיין, כי עד מהרה יהיו הכרטיסים המנוקבים נחלת העבר וכי כל עבודת המחשוב תיעשה ישירות מול מסוף, בצורה מקוונת שתיקלט מיידית.

המחשבים הראשונים היו גלמים ענקיים, שמילאו אולמות גדולים. המידע נאגר על דיסק בגודל של מקרר ענק, ועוצמת העיבוד היתה פחותה מזו של מחשב אישי של שנות ה-80. המזעור צימצם את ממדי המחשבים והציוד הנלווה להם עד כדי כך, שיש הצופים, כי בעשור הראשון של המאה ה-21 יהיה גודלו של מחשב כזה כגודל קוביית סוכר. אולם המחשב, שנקרא "בית הזכוכית" יתכווץ לממדים של כלוב הציפור, וביצועיו של המחשב יעלו על אלה של מחשבי העל של סוף המאה ה-20.² כחמישים שנים מאוחר יותר קשה להבין כיצד בוצעו עבודות מחשוב מדעיות

המחשבים הראשונים בממר"ם, שכונת גללים



"We put more computing power at the fingertips of 9-year-old kid than NASA used to put a man on the moon"

Source: Business Week May 13, 1996

"ונצח קטן נחשט בט..."
יצחק 7.11

"And a little child shall lead them"

בידי ילד קטן יש כיום עוצמת מחשב גדולה יותר מזו ששיגרה אדם לירח

ועיבודי נתונים בהיקפים גדולים, בעוצמת מחשב כה קטנה, ובהקשר זה כבר נאמר כי: "כיום מסוגל ילד בן 9 להפעיל עוצמת מחשב גבוהה יותר מזו שנאס"א (סוכנות החלל האמריקנית) השתמשה בה כדי לשגר אדם לירח."³

ממר"ם לא שקט מעולם על שמריו בתחום הקדמה הטכנולוגית, והקפיד לבחון אפשרויות למעבר לארכיטקטורות ולפלטפורמות מחשב חדשות, לשם שיפור תפקודו והשגת יתרונות כלכליים. היחידה התחדשה באופן מתמיד ובדרכים מגוונות, ובכלל זה באמצעות לימוד מספרות מקצועית, חיפוש במאגרי מידע, השתתפות בימי עיון ובסדנאות וקיום קשרים הדוקים עם גורמי מחשב בכירים בארץ ובעולם. ממר"ם הקים, לפי הצורך, צוותי

משימה, שבהם השתתפו מפקדי יחידות המחשב ומומחים מתחום תעשיית המחשב והאקדמיה בארץ, לשם בדיקתן של טכנולוגיות חדשות והתאמתן לצרכים צבאיים. לכן עומד ממר"ם בשורה הראשונה של גורמי המחשב בצה"ל ובארץ ביישום ובהטמעת התפתחויות טכנולוגיות מתקדמות.

לפני הקמת ממר"ם פעל בצה"ל מרכז מיכון וסטטיסטיקה (ממ"ס), שבו נעשתה מלאכת עיבוד הנתונים. עיקרה היה עיבוד נתונים אפסנאיים, דיווח על מצבת ציוד וכוח-אדם וסיוע בביצוע תשלום משכורות. לממ"ס לא היתה כל נגיעה לעיבודים מדעיים, ואלה נעשו במכון ויצמן. הממ"ס נעזר במכונות אלקטרו-מכניות מתוצרת יבמ ונשיונל, ציוד טרום המחשבים. המכונות היו מנקבות, ממיינות, מפענחות, מלווחות והן פעלו בקצב איטי למדי. מכונת ניקוב ניקבה כ-400 כרטיסים ליום, בהתאם לרמת מיומנותה של הנקבנית ולמורכבות החומר המנוקב. ממיינת מיינה כ-650 כרטיסים בדקה ומפענחת קראה כ-60 כרטיסים בדקה. הדיוק היה בעירבון מוגבל והיה תלוי במיומנות כוח-האדם ובביקורת הידנית.⁴ ההחלטה על רכישת מחשב לצה"ל והקמת ממר"ם סימנה את תחילת העידן החדש ואת קץ דרכו של מרכז המיכון האלקטרו-מכני הישן.

עידן המחשבים המרכזיים בצה"ל ובמערכת הביטחון החל ב-18 ביולי 1961 עם הגעת מחשב פילקו, פאר הטכנולוגיה והמתקדם מסוגו באותה תקופה, לממר"ם. מחשבי הפילקו נחשבו מחשבי הדור השני, לאחר מחשבי הענק כמו מארק I, אניאק, אדוואק ויוניבאק, שפותחו בסוף המחצית הראשונה של המאה ה-20, בעיקר בארצות-הברית וכן באירופה. מחשב פילקו 211, מדגם טרנוק 2000, היה מבוסס על טרנויסטורים, בעל זיכרון של 16K, עם מערכת סרטי נייר מנוקבים, שעבדו בקצב של 900 שורות לדקה, מהירות קריאה של 500-1,000 סימני דפוס בשנייה ומהירות ניקוב של 60 סימנים בשנייה. מדפסת הפילקו הדפיסה 120-160 סימני דפוס בשורה. למחשב היתה מערכת לקריאת כרטיסים מנוקבים, שיכלה לקרוא 2,000 כרטיסים בדקה ולנקב 100 כרטיסים בדקה.⁵ המחשב עבד בשיטת האצווה (batch), שמשמעותה עיבוד במכלולים, אגירת נתונים ועיבודם במועד מאוחר יותר, בדרך-כלל כלילה. זמינותו, MTBF (Mean Time Between Failures) היתה טובה - 85%.⁶

טכנאים מטפלים בכונן הסרטים של מחשב הפילקו



אנשי ממר"ם היו מעורבים בתהליך בניית המחשב במפעל החברה בפילדלפיה והצליחו לשכללו, תוך הכנסת שיפורים שונים. בדרך הזאת שודרג דגם 210 שנרכש לדגם 211 משופר. אגב, כיום לא היתה עולה על הדעת דרישה למעורבות מעין זו שהיתה אז. הומנים היו אחרים, והמעורבות התאפשרה בשל ראשוניות הנושא, חוסר הידע ורצונה של חברת פילקו, הצעירה בתחום המחשבים, למצוא קונים למחשביה. למחשב היו יחידת עיבוד מרכזית (CPU), מערכת הפעלה (OS) וזיכרון. המידע אוחסן על מערכת נייר מחזור ומערכת כרטיסי ניקוב. למחשב קושרו מדפסת, יחידת סרטים מגנטיים, יחידת בקרה של המדפסת, שתפקידה היה להעביר את האינפורמציה מכרטיסים מנוקבים לסרט המגנטי ומעבד קלט-פלט.⁷



קלט הכרטיסים המנוקבים

לקראת הגעת המחשב לארץ נרכשו מחברת יבמ ישראל שלושה מיליון כרטיסי ניקוב, שענו הן על המפרט של מחשב הפילקו והן על זה של המכונות האלקטרו-מכניות. בחו"ל נרכש נייר מחזור למדפסות, שהתאים מלבד למכונות הנשיונל והטלפרינטרים, גם למחשב הפילקו. נייר למדפסת נקנה מחברת 'אניה' הישראלית, יצרנית נייר רציף, ששלחה לחברת פילקו נייר לבדיקות התאמה.⁸

בעת רכישת המחשב הוקדשה תשומת הלב בעיקר לחומרה, שכן תוכנות מן המוכן לא היו, והיה צורך בפיתוח עצמי. למעשה, נושא התוכנה היה אז רק

בחיתוליו. התוכנה שפותחה עבור פילקו נקראה TAC 2000 (Transac Assembler Compiler), והיא הפכה את הפקודות שנכתבו להוראות מחשב, בשפה בינרית, של אפס ואחד. למחשב הפילקו היו מספר מועט של פקודות, כמו: TMA (Transfer Memory to register A), והפקודה ההפוכה (Shift Left register A), שמשמעותה: הזז שמאלה את התוכן במקום אחד. נוסף על כך היו פקודות חיבור, חיסור, כפל וחילוק. לאחר זמן-מה החלו לעשות שימוש בשפות תכנות עיליות כמו פורטרן ואלטאק (Fortran Altac) ומאוחר יותר גם בשפת קובול (Cobol).

סביב מחשב הפילקו התפתחה בתנופה עבודת עיבוד הנתונים המדעית והמינהלית במערכת הביטחון בכלל, ובצה"ל בפרט. עד הגעת המחשב כבר הוכנו בממר"ם תוכניות כתובות, והצוותים החלו במלאכת הניפוי, או כפי שאנשי ממר"ם קראו לה, "הדיבוג", מלה שמקורה באנגלית (debug), ניפוי ותיקון תקלות מה"באגים" שבתוכנה. הבעיות היו רבות, ולא פעם "נזרקו" התוכניות החוצה. אחת הבעיות הראשונות היתה כיצד להעלות חמישה חילות ואגפים למחשב והאם ניתן להפעילם באותה תוכנית. המסקנה היתה, שיש לדבוק בשיטה אחידה שהרי אין הבדל, אם התוכנית תעסוק בחומרי רפואה עבור חיל רפואה, או בצידוד הנדסי עבור חיל החימוש. סוגיה נוספת היתה כיצד

לנהל את הרישומים – האם לפי מספר קטלוגי (מק"ט), או לפי יחידות. לאחר לבטים הוחלט לנהל לפי מק"ט, ובתוכו לפי יחידות. למרות הכול, בתחילה לא האמינו הצרכנים במחשב והמשיכו בעבודה מקבילה בצידוד קונוונציונלי וערכו השוואות, שלא תמיד התמיינו למחשב. בבסיסים וביחידות טענו, כי דו"חות המחשב אינם אמינים, ורק לאחר הפעלת לחצים וקבלת החלטות אמיצות של ראשי האגפים במטכ"ל, הוכרו, בהדרגה, דו"חות המחשב כמחייבים, והרישומים הכפולים על גבי מכונות הנשיונל ומכונות יבמ בוטלו.⁹ התהליך למיסוד המחשב כמקור הסמכות העיקרי וככלי רישום יחיד לעיבוד מידע הגיע לסיומו רק בשלהי 1964.¹⁰

במאי 1962, פחות משנה לאחר הגעת מחשב הפילקו 211 לממר"ם, נערכה פגישה אישית בין סגן הרמטכ"ל, האלוף יצחק רבין, לבין ראש ממר"ם, מרדכי קיקיון. בפגישה סוכם, כי למערכת הביטחון יש עניין בהבאת מחשב נוסף ארצה מאותו סוג.¹¹ ההחלטה התקבלה בעיקר כתוצאה מדרישות גוברות והולכות של צרכנים, אך גם בשל הצורך לפתור את בעיית סדר העדיפויות, שהלכה והתחדדה כשכל הגורמים ניהלו מאבק למי תינתן עדיפות בהצעת תוכניותיו על המחשב. לכן הוחלט, כי בשלב הראשון יירכש ציוד מחשבי נוסף, ברמה נמוכה יותר, שאליו ינותבו עבודות הקלט-פלט, הצורכות זיכרון מוגבל ומינימום כונני סרטים ומדפסות. בדרך הזאת ישתחרר המחשב הגדול מעבודות קלט-פלט ויתפנה לקליטת עבודות תכנות.¹² לנוכח העלייה הזאת בצרכים ולנוכח ההתיישנות המהירה של הציוד ההיקפי, כמו מדפסת הפילקו, שלא ענתה עוד על הדרישות, בדק משרד הביטחון ב-1963 את הכדאיות של רכישת מחשב נוסף לממר"ם. החלופה המועדפת היתה לרכוש מחשב פילקו 1000 וציוד קלט-פלט שכלל מדפסת, שיעבוד בצורה מקוונת. ההערכה היתה, שהציוד הזה ישלים את דרישות היתר של מדפסת הפילקו וכן יטפל במשימות עיבוד של הממ"ס. גם התחשיבים הכספיים של משרד הביטחון תמכו ברכישת פילקו 1000, ובכלל זה הובאה בחשבון ההנחה בשיעור של 25%, שהובטחה בזמנו עם חתימת החוזה הראשון עם חברת פילקו, על כל ציוד שיירכש מהחברה עד 1964. המחשב נועד לבצע עבודות חדשות עבור חיל הים ומשרד הביטחון, שישתלמו כלכלית לממר"ם וכן עבודות עבור אג"א, אכ"א, מת"ש (מינהל התשלומים) וממר"ם, ובכך לפנות שעות עבודה במחשב הפילקו הגדול. עלות מחשב פילקו 1000 היתה 1.3 מיליון ל"י (340 אלף דולר). הכנסת מחשב פילקו 1000 לשירות איפשרה גם את צמצומו של הממ"ס, מטרה שהוצבה כיעד עם הקמת ממר"ם, וציוד קונוונציונלי מיושן, כמו מכונות ניקוב, שהושכר מיבמ, הוחזר לחברה. החזרת הציוד הביאה לחיסכון כספי ולצמצום בכוח-האדם.¹³

באוגוסט 1964 כבר עבד מחשב פילקו 1000 בממר"ם, וזמן קצר לאחר מכן הגיעו המחשב השני והמחשב השלישי מאותו הדגם. עבור המחשבים האלה הוקם בממר"ם מדור הפעלת מחשב פילקו 1000, בראשותו של זלמן שינרברג.¹⁴ כמו כן פותחה עבורו תוכנה תשתיתית בסיסית על-ידי צוות תכנות, בראשותו של סם זילכה ובהשתתפות איתמר ויסברם ושלמה סרי.

בפגישה שהתקיימה בין סגן הרמטכ"ל, האלוף יצחק רבין, לבין סגן שר הביטחון, שמעון פרס, בדצמבר 1963 בנושא המחשוב התברר, כי הדרישות של צה"ל ומערכת הביטחון במחשב גבוהות בכ-40% לעומת הערכת המצב הראשונית. ב-1963 ניצלו צרכני המחשב 2,003 שעות מחשב בשנה,

בפגישה שהתקיימה בין סגן הרמטכ"ל האלוף יצחק רבין, לבין סגן שר הביטחון שמעון פרס, בדצמבר 1963 התברר, כי הדרישות של צה"ל ומערכת הביטחון במחשב גבוהות בכ-40% לעומת הערכת המצב הראשונית.

ואילו הצפי של דרישות הצרכנים ל־1964 היה 2,810 שעות מחשב, היינו, גידול של 807 שעות. בתום הפגישה סוכם: "חייבים לגשת בהקדם האפשרי לבדיקה יסודית, כדי לקבוע את היקף צורכי צה"ל לעתיד הקרוב (שנתיים-שלוש) ובהתאם להמליץ על פתרון."¹⁵ משרד הביטחון בדק את נושא העומסים על המחשב וכן את השיקולים הכלכליים, והמליץ להוסיף מחשב נוסף של חברת פילקו מדגם 212, שעמד לצאת אז לשוק.

באפריל 1964 נערך דיון מקיף בהשתתפות נציגי צה"ל, הפיקוח המשקי של משרד הביטחון ואגפי המטכ"ל, ובו הועלו ההתלבטויות לגבי עתיד המחשוב בצה"ל. מטרת הדיון היתה לסכם את עמדת צה"ל ביחס לאפשרות של רכישת מחשב פילקו 212 וביחס לאפשרות של מעבר למחשבי יבמ, שנבנו בטכנולוגיה ובארכיטקטורה שונה לחלוטין מזו של הפילקו. ברקע הדיון היו ידיעות, שהחלו להתפשט בעולם ועוררו את דמיונם של המשתתפים, ביחס להופעתו של דור שלישי של מחשבים, שיהווה מפנה חד בשיטות עיבוד הנתונים. בכל מקרה, טרם היה אז מידע מבוסס על הטכנולוגיה המתקדמת וההנחה היתה, כי אם יירכש הציוד החדש, יעברו לפחות שנתיים-שלוש עד שיופעל ותיעשה ההסבה. פרק-זמן כזה נתפס כארוך מדי בשל הצורך במתן מענה מיידי לצרכים.

ההצעה לרכוש מחשב פילקו 212 נראתה קוסמת בשל האפשרות לקבלו מיידית, ובכך לענות על הצורך הדחוף בשעות מחשב לצה"ל בשנת העבודה 1964/1965. המחשב יכול היה לשמש גם כגיבוי למחשב הפילקו הראשון, סוגיה שעד אז לא באה על פתרונה, שכן להצים שהופעלו על גורמים ממשלתיים לרכוש עבורם מחשבי פילקו, לא צלחו. הלחץ על מקבלי ההחלטות להשגת סיכום חיובי נבע גם מכך, שהאופציה לקבל את ההנחה של 25% עמדה לפקוע ב־12 באפריל 1964. שוויה היה כ־250 אלף דולר, סכום מכובד, והפיקוח המשקי במשרד הביטחון דרש שלא להחמיצה. עוד הוסיף הפיקוח המשקי הזהרה, כי אם יפסידו את ההנחה, יישאו הצרכנים בכיסוי ההפסד. סיבה משמעותית נוספת לרכישת מחשב פילקו 212 היו הסרטים המגנטיים של הפילקו, שרוחבם היה אינץ', שלא תאמו את רוחב סרטי המחשבים האחרים, שרוחבם היה 0.5 אינץ', עובדה שהיתה מחייבת תהליך הסבה רציני וארוך.¹⁶

צרכני המחשב הגדולים בצה"ל היו חלוקים בדעותיהם. אג"א התנגד לרכישת מחשב פילקו נוסף בטענה, ששיטת עיבוד הנתונים שלו היא פרימיטיבית והינה בעצם רק שיטת רישום משוכללת, ותמך במעבר לשיטות ולציוד חדשים. מפקד יחידת אכ"א למחשב תמך ברכישת פילקו 212, אך הוסיף, שבמקביל לרכישה, יש לתכנן רכישת ציוד חדש ולעבור לשיטות מתקדמות. תהליך בדיקה כזה יימשך ממילא כארבע שנים, ואז יוכלו לעבור לפלטפורמות אחרות.¹⁷ ראש אג"ם סיכם את המחלוקת בקבלו החלטה להצטייד במחשב פילקו 212, שיאפשר מתן מענה לצרכים המידיים, ובמקביל להתחיל לבדוק באופן יסודי את האפשרות של שינוי התפיסה ומעבר לציוד שונה, בהתאם. הנימוק להחלטתו היה, שבשנים הקרובות יהיו האגפים זקוקים למחשב פילקו מתקדם לעבודתם, וממילא, תוך זמן כה קצר, עד אפריל 1964, לא ניתן יהיה להגיע להחלטה עקרונית על שינוי התפיסה, או על מעבר למחשבים אחרים. הסיכום אושר על-ידי הרמטכ"ל, רא"ל יצחק רבין.¹⁸

מחשב פילקו 212 הגיע לממר"ם ב־12 באוקטובר 1964, ועוד באותו החודש הוחל בהפעלתו. תהליך הסבת העבודה ממחשב פילקו 211 לפילקו 212 עבר ללא

אג"א התנגד לרכישת מחשב פילקו נוסף בטענה ששיטת עיבוד הנתונים שלו היא פרימיטיבית



מימין: הפילקו הוותיק מועבר לשיפוץ, טרם העברתו למוזיאון בתי האוסף, 2001
משמאל: מחשב פילקו 212, 1964



זעזועים והביא לשיפור העבודה. בנובמבר נערכה בממר"ם מסיבת קבלת פנים להגעתו, ודובר צה"ל אירגן אף הוא מערכת הסברה בנושא. גם בעיתונות נכתב על הגעתו.¹⁹ זמן קצר לאחר הפעלתו פורק מחשב הפילקו הראשון, 211, נארו ונשלח, על כונניו, לשיפוץ בארצות הברית. הפילקו הישן הוטס במטוס תובלה נורד לאירופה, ומשם לארצות הברית. הוא לווה על ידי שני אנשי ממר"ם: סא"ל דוד שעיה ומנחם רוזנסל. לאחר כשלושה חודשים, עם תום השיפוץ, הוחזר לממר"ם ושב לפעילות שוטפת.²⁰ למרות השיפוץ ירדה קרנו של הפילקו הראשון, והצרכנים דרשו להריץ את תוכניותיהם על מחשב הפילקו החדש, המהיר והמשוכלל יותר. בהדרגה פחת השימוש בו וב־1 באפריל 1970, לאחר תשע שנות פעילות, הופסקה עבודתו. הפילקו פורק ואוחסן. שלושים שנים מאוחר יותר, בינואר 2001, הועבר שלד הפילקו הוותיק לשיפוץ במרכז שיקום ואחזקה – מש"א 7300, במטרה להציג, ולו חלק קטן, מהמחשב הענק הזה, בפנית מורשת ממר"ם ומערך המחשבים בביתן חיל הקשר, האלקטרוניקה והמחשבים, הממוקם בבתי האוסף, מוזיאון צה"ל ביפו.

חשוב לציין, כי הפילקו 211 שימש בעיקר לעיבוד נתונים מינהליים. מחשב הפילקו 212, שעוצמת המחשוב שלו היתה גדולה פי ארבעה מזו של קודמו, התאים יותר לעיבוד מדעי. מחשב פילקו 1000 שימש לעיבוד נתונים מינהליים, ושני מחשבי הפילקו 1000 האחרים, שעבדו כצמד, שימשו כציוד קלט-פלט למחשבי פילקו 211 ו־212. להלן טבלה השוואתית בין מחשבי הפילקו.²¹

טבלה 1

מחשבי הפילקו – יכולות וביצועים

סוג מחשב	זיכרון	כונני סרטים	אורך מלה	זמן חיבור	זמן כפל
פילקו 211	16K	10 ברוחב 1"	48 סביות*	3.3 מיקרו-שניות	42.5 מיקרו-שניות
פילקו 212	32K	10 ברוחב 1"	48 סביות	0.6 מיקרו-שניות	6.6 מיקרו-שניות
פילקו 1000	16K	5 ברוחב 1"	6 סביות	27.7 מיקרו-שניות	84.5 מיקרו-שניות
צמד פילקו 1000	2x8K	5 ברוחב 1"	6 סביות	27.7 מיקרו-שניות	84.5 מיקרו-שניות

*סבית - ספרה בינרית.

מחשבי הפילקו המשיכו לפעול גם לאחר כניסתם של מחשבי יבמ לממר"ם, החל מ-1967. מאז הוקצו להם עבודות פחות מורכבות, או כאלה שטרם עברו הסבה ושלא היו דחופות. במקביל ירד גם תעריף הפעלתם. למשל, תעריף שעת פילקו 212 לצרכני מערכת הביטחון היה ב-1972 310 ל"י, לעומת 810 ל"י קודם לכן. תעריף שעת מחשב 1000 היה 60 ל"י, ותעריף שעת מדפסת פילקו היה 40 ל"י.²² בהדרגה סיימו מחשבי הפילקו את שירותם והוצאו ל"גימלאות". צמד מחשבי הפילקו 1000 סיימו את שירותם באפריל 1972, ומחשב פילקו 1000 העצמאי ביולי 1973. מחשב הפילקו 212 סיים את פעילותו ב-6 באפריל 1973, בטקס הפרידה ממנו, השתתפו מפקדי יחידות צה"ל למחשב, ראשי ענפים בממר"ם ומפעילי המחשב. לאחר ניסיונות רבים, ללא הצלחה, למכור את מחשבי הפילקו הישנים לגורמים בארץ ובחו"ל, נמצאה בארץ חברת IPE, שקנתה אותם, כנראה, כגרוטאות נחושת, ב-40 אלף ל"י.²³ חברת פילקו עצמה התפתחה במשך השנים לכיוונים אחרים, ובהם חקר החלל, מכונות כביסה ומקררים והפסיקה לייצר מחשבים.

ממר"ם מצא את עתידו הטכנולוגי
בחקיקה החם של חברת יבמ

ממר"ם מצא את עתידו הטכנולוגי בחיקה החם של חברת יבמ. עם תום עידן הפילקו, תמה תקופת החלוציות והראשונות בממר"ם. במהלך השנים עלתה מדי פעם השאלה, האם נכון היה באותה עת ללכת על מחשבי הפילקו, או שעדיף היה ללכת בדרך הדרגתית ולבחור במחשבים קטנים יותר מתוצרת יבמ. במבט לאחור, סבורים מרבית ותיקי ממר"ם, כי רכישת הפילקו היוותה קפיצת-מדרגה, שיתרונותיה בצידה. הצעד הזה הכניס את ישראל לטכנולוגיית המחשבים המרכזיים, חייב את הנוגעים בדבר להתאמן, להתעמק ברכישת ידע וללמוד את החומרה והתוכנה על בוריין, להמציא ולשפר. כל זה העניק לרכישת מחשב הפילקו משמעויות נרחבות בהרבה מעבר לעצם העבודה במחשב. על כך אמר, במבט לאחור, אחרי שלושים שנים, סא"ל (מיל') חיים קדים (ליס), ראש חוליית אכ"א הראשון:

היתה זו תקופה רבת אתגר ותסכול [...] וזאת משום שלמדנו בדרך קשה מאוד מה צריך לעשות, כאשר בעולם לא היו אנשים שידעו יותר ולא ניתנה לנו הודמנות נאותה ללמוד מהעולם.²⁴



יבמ

יבמ IBM ומעבר ליבמ ולתואמיו

עידן יבמ בארץ החל ב־1949, כאשר נציג החברה, הנרי פולק, הגיע לארץ ומכר, בין היתר, לאנשי המודיעין בצה"ל, מכונות אלקטרו־מכניות מתוצרת יבמ.²⁵ שנה מאוחר יותר פתחה החברה משרד ברחוב אלנבי בתל־אביב ונרשמה כחברה בעירבון מוגבל. עם לקוחותיה הראשונים של חברת יבמ בארץ נמנו מערכת הביטחון, חברת החשמל ונמל חיפה. בסוף שנות ה־50 ובתחילת שנות ה־60, עת שימש אלק רטהאוז כמנכ"ל חברת יבמ בארץ, עשתה החברה מאמצים רבים, שלא צלחו, לשכנע את מערכת הביטחון וצה"ל לרכוש מחשב מתוצרתה. בתקופה שבה רכש ממר"ם את מחשב הפילקו הראשון שלו, מכרה חברת יבמ מחשב יבמ 1401 למל"ם בירושלים, ותוך זמן קצר עוד כמה מחשבים לגורמים ולמוסדות אחרים בארץ. עם זאת, לא חדלו נציגי החברה בישראל מחיזוריהם אחר מערכת הביטחון וצה"ל משום שייחסו חשיבות רבה לאימוצם כלקוח עתידי מרכזי בישראל, שבעקבותיו ילכו ארגונים ומוסדות אחרים. בשלהי 1967 נרכש מחשב יבמ הראשון לממר"ם, ומאז לא פסק הקשר בין יבמ לצה"ל, גם אם היו בו עליות ומורדות. הקשר המיוחד הלך והתחזק במהלך השנים עם הצטיידות ממר"ם ומערך המחשבים בצה"ל במחשבי החברה, מדיניות שנבעה בין היתר משיקולי שימוש במטבע החוץ של הסיוע האמריקני לישראל. בין יבמ לממר"ם היו יחסים הדוקים. רבים מאנשי היחידה לשעבר עברו לשורות חברת יבמ. הבולטים שבהם הם שניים שהגיעו לתפקיד הרם של מנכ"ל יבמ ישראל: דוד כהן ויהושע מאור.

במסגרת מאמציה של חברת יבמ לשכנע את צה"ל לרכוש ציוד מחשבים מתוצרתה, יצאו קצינים בצה"ל לביקורים באירופה ובארצות־הברית. הביקורים כללו השתלמויות

ספריית הסרטים המגנטים



בסמינרים של יבמ, שנערכו במרכז ההדרכה באירופה, וביקורים במתקני החברה, במעבדות, בבתי חרושת, במטה חיל האוויר בשוודיה ובחברות שהשתמשו בציוד יבמ. ב־1964 הוצג בפני המבקרים דגם של מחשב יבמ 360/40, שעליו נאמר, כי הוא המלה האחרונה בתחום עיבוד הנתונים, ואשר אמור היה לצאת לשוק תוך שנתיים. המבקרים התרשמו מאוד לחיוב מהחברה, מחוסנה, מיחסה ללקוחות, ממערך ההדרכה שלה ומשיטותיה.²⁶ מסעות קידום המכירות של יבמ נשאו פרי, ותרמו, בסופו של דבר, להחלטה שהתקבלה ב־1967 להתקשר עם החברה. ב־1966 נסעו לחו"ל ראש ממר"ם, מרדכי



טקס ראשון של החלפת פיקוד בממ"ם.
מרדכי קיקיון (משמאל) מסיים תפקידו
כראש ממ"ם. ובמרכז) אלוף רחבעם
זאבי (מימין) סא"ל מנחם דישון. ראש
ממ"ם הנכנס. 1967

ראש אג"א הציג את פלד
ראה בממ"ם פנחס אהרן
ומזה זמן רב ביקש לעסוק
את ממ"ם הציג א

המעבר למחשוב יבמ
לא שינה את התפיסה הבסיסית
של מרכזו ומחשוב בממ"ם

קיקיון, ראש מרכז נתונים, סא"ל דן רותם
וסא"ל קלמן אלקד, איש אג"א, שמונה ליו"ר
ועדת בחינת המחשבים, לבחור את הדור הבא
של המחשבים. השלושה ביקרו במתקנים של
כמה מיצרניות המחשבים הגדולות בעולם
ובהן: יבמ, קונטרול דאטה ו-NCR. המלצתו
של סא"ל אלקד, בתמיכתו של מאיר שפירא,
איש חולית המודיעין, היתה לעבור למחשבי
יבמ. בהצעה הזאת תמכו האלופים: ראש אג"ם,
עוזר ויצמן ועוזרו, רחבעם זאבי (גנדי), ראש
אמ"ן, אהרן יריב, וראש אג"א, מתי פלד.
לעומתם, התנגדו לרכישה אנשי ממ"ם,
מרדכי קיקיון ויהושע מאור, אז ראש ענף

תכנות והדרכה. החלופה היתה מחשב מתוצרת קונטרול דאטה (CDC), שנרכש
בסופו של דבר לתעשייה ביטחונית אחרת – רפא"ל.²⁷

ההחלטה הסופית על הרכישה, שהיתה למעשה החלטה אסטרטגית על עתיד המחשוב
בצה"ל, נפלה רק באוגוסט 1967, לאחר מלחמת ששת הימים. ימי ההמתנה לפני
פרוץ המלחמה, ביוני 1967, היו ימים גדולים לממ"ם, שבהם בלטו חיוניותו
וחשיבותו. כך, לדוגמה, הכינו תוך יומיים שלושה תוכניות של ניתוח קיבולת בטני
טנקים לחלוקה מטבית של התחמושת. בתוך הלחץ הכבד והעבודה הקשה שבק
מחשב הפילקו 212 לארבעים ושמונה שעות. הכשל הזה היווה זרו לרכישת מחשב
חדש ונתן משנה תוקף לדחיפות של החלפת דור המחשבים. ייתכן שהתקלה הזאת
שימשה כמאפיין גם לסיום תפקידו של מרדכי קיקיון כראש ממ"ם הראשון (ראו
נספח ג' עליו). צה"ל, שביקש להחליף את הדומיננטיות של משרד הביטחון בשליטה
ברורה יותר שלו בממ"ם, מצא את אירוע השבתת המחשב כהזדמנות מתאימה,
ומינה תחתיו קצין, סא"ל ד"ר מנחם דישון. האחריות לקבלת החלטות על רכישת
מחשבים חדשים עברה מממ"ם לאג"א. ראש אג"א, האלוף מתי פלד, ראה בממ"ם
נכס אסטרטגי, ומוזה זמן רב ביקש לספח את ממ"ם לאג"א. הוא ניצל את ההזדמנות
ומינה ועדה של ארבעה אנשי אג"א, שבראשה עמד גם הפעם סא"ל קלמן אלקד,
שהיה מפקד יענ"א, יחידת המחשב של אג"א, שאליו הצטרפו עובדי היחידה, רס"ן
משה נדיר, סרן אביאל שץ ואיש חיל האוויר, מאיר כהן. ארבעת חברי הוועדה טסו
לאירופה וביקרו בשלוש החברות המובילות: יבמ, NCR וקונטרול דאטה, ולבסוף
הם בחרו במחשב יבמ, בעיקר בשל דיסק 2314, שאותו ייצרה החברה במפעלה
בגרמניה. היה זה דיסק ענק, בעל יכולת אחסון מידע אדירה במונחי אותם הימים.
סיבות נוספות לבחירתו היו היכולת של המחשב לעבוד באופן מקוון, בזמן אמת
ושיטת הגישה האקראית (ראו להלן) לפיה פעל.²⁸

המעבר למחשבי יבמ לא שינה את התפיסה הבסיסית של מרכזו המחשוב בממ"ם.
מחשבי יבמ היו מחשבים מרכזיים, כמו מחשבי הפילקו ונחשבו למחשבי הדור השלישי,
מתקדמים מסוגם. הם זכו למוניטין רבים והגישה היתה, ש"אם אתה קובע שאתה
רוצה יבמ אף פעם אי אפשר יהיה להאשים אותך, "שכן המחשב שלהם נחשב כטוב
ביותר.²⁹ מחשבי יבמ האלה התאימו לכל מטרה: הן לעיבוד מדעי והן לעיבוד נתונים.

מחשב יבמ הראשון שהגיע לממר"ם, בספטמבר 1967, היה מדגם 360/50, היה מהיר פי שישה מהפילקו 212 עם זיכרון של 64K. במחצית שנת 1969 הוגדל הזיכרון ל-256K, וב-1972 ל-384K ומחירו היה 1.8 מיליון דולר.³⁰ אופן פעולתו של מחשב יבמ היה שונה לחלוטין מזה של מחשבי הפילקו. ייחודו היה בארכיטקטורה שלו ובשיטת הגישה האקראית, שמשמעותה היתה אפשרות לגישה ישירה לקובץ ולנתון המבוקש, שליפת רשומות, הוספת/ביטול רשומות ועדכון, ללא הזדקקות לאינדקס. זאת בניגוד לגישה הסדרתית, שבה פעל הפילקו, אשר חייבה לקרוא את כל הנתונים עד הגעה לנתון המבוקש. הגישה האקראית הביאה לחיסכון במקום ובזמן גישה; הקלט נשלח בצורה אקראית, דבר שחסך מיון ראשוני. היה זה המחשב הראשון בארץ שהיה מצויד בתקליטים מגנטיים ככלי אחסון ועבד בשיטה מקוונת.³¹

מחשב יבמ 360/50 נוצל בעיקר לצורכי אג"א ומודיעין. החל מפברואר 1969 הוא תוחזק על-ידי ענף אחזקה בממר"ם. עד אז תוחזק, על-פי תנאי הרכש, למשך כמה חודשים, על-ידי חברת יבמ. בכך היה ממר"ם לאחד ממתקני המחשבים הבודדים בעולם, המבצע בעצמו אחזקה של מחשבים מתוצרת יבמ, תוך השגת חיסכון כספי ניכר, שירות יעיל לצרכנים במשך כל שעות היממה ואי-תלות בחברה זרה.³²

עם הגעת מחשב יבמ 360/50 הוחל בתהליך הסבת הסרטים המגנטיים של מחשבי הפילקו, שהיו ברוחב של 1 אינץ', לאלה ברוחב 0.5 אינץ' של מחשבי יבמ. לשם כך פותח בממר"ם כונן הסבה מיוחד,³³ שנקרא כונן 270 והוא הסב את סרטי הפילקו לסרטים במבנה של יבמ. היה זה כונן פרימיטיבי למדי וכאשר היו בו מעצורים,

כונן 270 היה כונן פרימיטיבי למדי
וכאשר היו בו מעצורים
טופלה הבעיה באופן ידני



מחשב יבמ
1969, 360/50

ראש אג"א לחץ על משה נדיר
לסיים את ההסבה בהקדם -
נדיר הבטיח שני כרטיסי קולנוע
למי שיעשה מאמצים לסיים
את ההסבה בזמן

טופלה הבעיה באופן ידני.³⁴ ההסבה גרמה כאבי ראש גדולים, ארכה זמן רב והיתה כרוכה בבעיות רבות. ביענ"א, למשל, התארכה ההסבה מאוד וסיומה לא נראה באופק. ראש אג"א, האלוף מתי פלד, לחץ על משה נדיר, לימים מפקד ממר"ם הרביעי, לסיים את ההסבה בהקדם, וקבע את 1 באפריל 1968 כמועד הסופי להשלמתה. נדיר הבטיח שני כרטיסי קולנוע למי שיעשה מאמצים כדי לסיים את ההסבה בזמן, ואכן היה מי שזכה בכרטיסים.³⁵ הסבת כל גורמי צה"ל לעבודה במחשבי יבמ הסתיימה רק בשנת העבודה 1970/1971, אם כי מחשבי הפילקו הוותיקים הוסיפו במשך זמן-מה לעבד נתונים, שלא היתה כדאיות להעבירם למחשבי יבמ. בשל הצורך להרחיב ולקדם את מערך המחשבים בממר"ם התקבלה ב-1968 החלטה להמשיך בהתקשרות עם חברת יבמ ולרכוש מחשבים מתקדמים יותר מתוצרתה. מקבלי ההחלטות התלבטו האם כדאי יהיה לרכוש מחשב יבמ מדגם 360/65, או מדגם 360/75. מפקד ממר"ם, אל"ם דישון, המליץ על מחשב 360/75, שכן, לדבריו, הוא התאים יותר לחישובים מדעיים, נושא שהיה קרוב לליבו, נוסף על יכולותיו בעיבודי נתונים. מהירות החישובים שלו היתה גבוהה יותר מזו של דגם 360/65 ומחירו, 3 מיליון דולר, היה גבוה בחצי מיליון דולר מזה של מתחרהו.³⁶ ראש מרכז נתונים, אל"ם דן רותם, התנגד לדעתו של דישון, וצידד ברכישת מחשב יבמ 360/65. בסוף ינואר 1968 הכריע ראש אג"א, האלוף עוזר ויצמן, במחלוקת והנחה לרכוש מחשב יבמ דגם 360/65.³⁷

מחשב יבמ 360/65, שהיה חזק, אמין ויעיל, הגיע לממר"ם ב-18 בינואר 1969, בטיסה מיוחדת מארצות הברית. מבחני הקבלה היו בפברואר, ולאחר מכן שולבה עבודתו עם זו של מחשב 360/50, שהוצב לצידו באולם המחשבים החדש. תוך חצי שנה מאז הגעתו תוחזק גם המחשב הזה בממר"ם. למחשב 360/50 היתה יחידת עיבוד מרכזית 2050 וקיבולת של 262,144 בתים, לעומת מחשב 360/65 שהיתה לו יחידת עיבוד מרכזית 2065 ושתי יחידות זיכרון 2365 בקיבולת כוללת של 524,288 בתים. לשניהם היה שולחן פיקוד 1052, קורא ומנקב כרטיסים 2540, מדפסות, סוללות תקליטים מגנטיים וכונני סרטים מגנטיים.³⁸ מחשב יבמ 360/65 עבד בשיטת ריבוב תוכניות (multiprogramming) ושיתוף זמנים (time sharing), היינו, שתי תוכניות או יותר, הפועלות במחשב בעת ובעונה אחת. מערכת ההפעלה היא שמפקחת על ריבוב התוכניות, טוענת אותן לזיכרון ועוקבת אחריהן בעת פעולתן.³⁹ תאמו, שכונה בממר"ם 360/66, רק כדי להבדיל בין השניים, הגיע לממר"ם באפריל 1971. ב-1972 הוכפל הזיכרון שלו ל-1,024K.

על אף ההתקדמות בתחום המחשוב, עדיין היה צורך בניקוב כרטיסים, ועשרות מכונות ניקוב קונוונציונליות הופעלו בממר"ם. ב-1968 נרכשו עבור היחידה מכונות ניקוב חדשות וציוד מתוצרת חברת מוהאק, שהיו מכונות לרישום ישיר על סרטים מגנטיים במקום ניקוב כרטיסים. ארבע יחידות ציוד מתוצרת חברת מוהאק נרכשו מחברת בני משה קרסו בע"מ. במאי 1969 נשקלה רכישת יחידת ציוד נוספת כזאת, שכן חברת בני משה קרסו עמדה להפסיק לייצג את חברת MDS, שיצרה ושיווקה את ציוד המוהאק וניתן היה להשיג ציוד כזה במחיר מוזל. בעיקרם שימשו המוהאקים לרישומים עבור יענ"א.⁴⁰ אחזקת ציוד המוהאק והספקת שירותים הקשורים בו, חלקי חילוף, ייעוץ טכני וספרות טכנית, עברו לחברת י.א. מיטווח ובניו בע"מ,



התקנות באולם המחשבים

שהחלה באוגוסט 1969 לייצג את חברת MDS בארץ. המוהאקים וכן מסכי יבמ 2260, שנועדו לרישום נתונים ישיר במחשבי יבמ 360, היוו את תחילת הדרך לביטול הצורך בכרטיסים מנוקבים כשיטה לאחסון מידע ולהעברתו למחשב וממנו, תהליך שהסתיים סופית רק בשנות ה-90 של המאה ה-20. ציוד המכונות הישן, חסר הערך, הועבר למחסני משרד הביטחון והוצע למכירה. בארץ לא נמצאו לו קונים, אך נעשה ניסיון לעניין חברה אמריקנית, שקנתה ציוד משומש. לא ברור אם המכונות נמכרו לה בשל עלות האריוה והמשלוח לחו"ל.

לנוכח מרכזיותה של חברת יבמ בתחום המחשוב בארץ, הוקם באוקטובר 1969 איגוד משתמשים בציוד יבמ בישראל – אמצ"י. מטרתו היתה לקיים דו-שיח קבוע של הלקוחות עם חברת יבמ בעניין מחירי ציוד, חווי שכירות, סיוע והדרכה. אהרן גרץ, יועץ שר האוצר לאוטומציה, היה זה שהמליץ על הקמת האיגוד, בעיקר עקב הנהגת מדיניות מחירים חדשה על-ידי חברת יבמ. העובדה הזאת יצרה הכרח לאחד כוחות לשם יצירת לחץ על החברה, ששינוי המחירים ייעשה תוך משא-ומתן עם המשתמשים.⁴¹ חשיבותו של ממר"ם כצרכן מוביל של חברת יבמ הביאה לבחירת ראש ממר"ם, אל"ם ד"ר מנחם דישון, ליו"ר הנהלת אמצ"י, תופעה ייחודית בנוף הצה"לי, לפיה איש צבא עומד בראש איגוד אזרחי. דישון עמד בראש הנהלת אמצ"י במשך שלוש תקופות כהונה רצופות, עד 1976, גם לאחר שסיים את תפקידו בממר"ם.

למרות מעורבותו של דישון בארגון אמצ"י, הרי שכראש ממר"ם הוא לא חדל לחפש חלופות וזלות יותר לציוד העזר היקר מאוד של יבמ. גישתו הושפעה ממדיניות הממשל האמריקני, שהנחה גופים ממשלתיים בארצות-הברית לרכוש ציוד חלופי וול יותר,⁴² והיתה אחד מסימני ההיכר המאפיינים ביותר של כניסת יבמ לתחום המחשבים בצה"ל. מנכ"ל יבמ ישראל, איש ממר"ם לשעבר, דוד כהן, הפעיל לחצים על מנכ"ל משרד הביטחון, כדי למנוע רכישת ציוד שאינו מתוצרת החברה, אך ללא הועיל. ממר"ם החל להצטייד בציוד היקפי, שהתברר כי ביצועיו היו אף טובים יותר מאלה של יבמ, וזאת במחירים זולים עד כ-25% מאלה של החברה. פעילות זו של דישון שימשה דוגמה לממשיכי הדרך, שהקפידו לבדוק חלופות איכותיות תוך חיסכון כספי ניכר למערכת הביטחון והזולת תעריפי השימוש במערכות מחשבי יבמ. יש לציין, כי קליטת רכיבי ציוד תואם יבמ ושילובם במערכות מחשבי יבמ בממר"ם, התאפשרה בעיקר הודות לכך, שכל אחזקת ציוד המחשבים נעשתה באופן

חשיבותו של ממר"ם כצרכן מוביל של חברת יבמ הביאה לבחירת ראש ממר"ם, אל"ם ד"ר מנחם דישון, ליו"ר הנהלת אמצ"י

עצמאי ולא על-ידי יצרן מערכות המחשבים, כפי שנהוג היה ברוב המתקנים האחרים של חברת יבמ בארץ ובעולם.⁴³

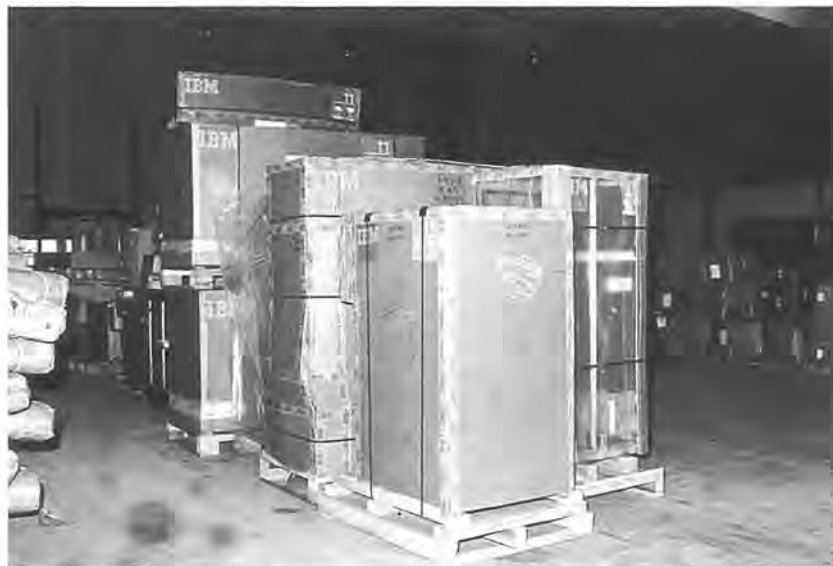
לצורך רכישת ציוד תואם יבמ יצר דישון ב־1972 קשר עם חברת IPE (International Peripheral Equipment) הישראלית, שבראשה עמד בנימין יוחננוף, שהציעה ציוד עזר תואם יבמ במחירים נמוכים הרבה יותר מאלה של יבמ. ראש ממר"ם התנה את רכישת הציוד מיוחננוף בכך, שיעמוד בתנאי ממר"ם, לפיהם יושאל הציוד ליחידה, חינם אין כסף, לבדיקת אמינותו בעבודה מעשית במשך תקופה מסוימת.⁴⁴ יוחננוף עמד בכל התנאים שהוצבו לו, והיה לספק הראשי של ציוד תואם יבמ, מתוצרת יצרנים שונים, לממר"ם. כך, לדוגמה, הותקן בממר"ם ציוד תקליטים מגנטיים 3660 מתוצרת חברת ממורקס, נרכשו זיכרונות חדשים למחשבים מחברת AMS (Advanced Memory Systems) האמריקנית, שהיו גדולים יותר בנפחם ומהירים יותר מאלה של חברת יבמ ועם זאת זולים בכ־80% ממחירי יבמ, וכונני סרטים מגנטיים מחברת פוטר. תוספת הציוד הגדילה את פוטנציאל ממר"ם, ותפוקת מחשבי יבמ מסדרת 360 עלתה מעל ומעבר לציפיות ולתכנון הפיתוח של מערך המחשבים ובחיסכון של כ־9 מיליון ל"י – סכום נכבד מאוד בשנים 1971-1972. המצב נראה כה טוב עד כדי כך שראש ממר"ם פנה לסגן הרמטכ"ל בבקשה לדחות בשנה את רכישת מערכת מחשב יבמ 370/158, שאמורה היתה להגיע ליחידה בתחילת 1974.⁴⁵

במקביל לפתיחת אפיק לרכש ציוד תואם יבמ, ניהל ממר"ם משאומתן גם עם חברת יבמ בנוגע למחירי הציוד שלה. החברה טענה, כי מחיריה קבועים ואחידים, אך דישון גילה, כי לחברה מחירים שונים במדינות השונות בארצות-הברית. כמו כן למד, כי צבא ארצות-הברית קונה מחשבים בצורה מרוכזת, ובכך קובע בעצמו את מחיריהם. מצויד במידע הזה הצליח דישון להוריד את מחירי המוצרים. נוסף על כך דרש מחברת יבמ לזכות כספית את ממר"ם וגורמים ממשלתיים ואחרים בגין תקלות והשבתה של ציוד ניקוב שהושכר על-ידי החברה, כפי שהיה מקובל ביחס לממשל בארצות-הברית.⁴⁶

האפשרות למעבר למחשבי יבמ מתקדמים יותר, מסדרת 370, הועלתה בצה"ל כבר ב־1971. המחשבים האלה היו בעלי תפוקה ומהירות גבוהים הרבה יותר מאשר מחשבי סדרת 360, והיחס בין עלותם לביצועיהם היה טוב יותר. אולם חברת יבמ הנהיגה לגביהם מדיניות מחירים שונה: נוסף על מחיר הציוד עצמו נדרש הקונה לשלם גם עבור התוכנה, ההדרכה, האחזקה, והסיוע בתכנון ובתכנות, זאת בניגוד לשנים עברו, שבהן נכללו השירותים האלה במחיר הציוד שנרכש.⁴⁷ מפקד יענ"א, סא"ל קלמן אלקד, האיץ במערכת הביטחון לרכוש

דישון למד, כי צבא ארצות-הברית
קונה מחשבים בצורה מרוכזת
ובכך קובע בעצמו את מחיריהם
מצויד במידע הזה הצליח דישון
להוריד את מחירי המוצרים

מחשב יבמ 370/168 מגיע לממר"ם, 1976



את המחשבים האלה, שנרכשו כבר על-ידי ארגונים ומוסדות מובילים אחרים, כמו מכון ויצמן, מל"ם, בנק לאומי ומינהל הכנסות המדינה. אלקד חשש לבכירותו ולמעמדו של ממר"ם בתחום המחשבים בארץ ולפגיעה באיכות כוח-האדם ביחידה.⁴⁸ גם עמיתו, ראש יחידת אכ"א למחשב, סא"ל יצחק גל (גלקין), תמך בגישה הזאת. היה זה ערב קבלת מחשב 360/65 החדש, והשניים הציעו להמיר את חוזה הקנייה לשכירות לשנה, שתסתיים עם הגעת המחשב הראשון 370/155.⁴⁹ ראש ממר"ם הסתייג מדרישות השניים ולא תמך בהם. דישון הסתמך בהסתייגותו על מאמרו של פיליפ דורן, חבר הנהלת איגוד משתמשי מחשבים מתוצרת יבמ (Share), בארצות-הברית, שטען:

קיימים ספקות לגבי התכונה בהעברה פזיזה מדי ממערכות מחשב קיימות מסדרת יבמ 360 למערכות מחשב מסדרת 370, שטרם הוכיחו את עצמן מבחינה תפעולית ומשקית.⁵⁰

למרות האמור לעיל החל משרד הביטחון במהלך 1972 לנהל משא-ומתן עם חברת יבמ לשכירת מחשב יבמ 370/155. המחשב הושכר לשנה אחת, ובסיומה נשקלה האפשרות להחליף את המחשב בדגם מתקדם יותר, יבמ 370/165. הצעתו של דישון, שסיים בינתיים את תפקידו כראש ממר"ם, לדחות את הגעתו של מחשב 370/158 לא נענתה. במלחמת יום הכיפורים גדלה מאוד צריכת שעות המחשב לעומת התכנון. היקף הפעילות של יחידות המחשב בצה"ל גדל מאוד במהלך המלחמה, וחודשים רבים לאחריה ופוטנציאל המחשוב בממר"ם לא עמד בדרישות.⁵¹

בתחילת 1974, בתקופת כהונתו של אל"ם רוממיה הלוי-סגל כראש ממר"ם השלישי, הותקן בממר"ם מחשב יבמ 370/158, ומחשבי יבמ 360/65 הועברו לאולם המחשבים הישן. עוד לפני שהסתיימה התקנתו התברר, כי יהיה צורך להגדיל עוד את יכולת המחשוב של ממר"ם. ב-1976 הותקן מחשב יבמ 370/168, ושנה לאחר מכן הוצא מחשב 360/50 משירות פעיל. בשנת 1979 הותקן מחשב יבמ 370/3033 וב-1981 הוכפלה עוצמת המחשוב שלו, ומחשבי יבמ מדגם 360/65 הוצאו מהשירות.⁵² המחשבים החדשים שהגיעו לממר"ם נחשבו כבר למחשבי הדור הרביעי ונוסף עליהם

נרכשו מדפסות ליזר, מערכות להפקת מיקרופיש וציוד עזר מתקדם נוסף.

באמצע שנות ה-80 היו בממר"ם כמה מחשבי יבמ 3081/K ו-3084/1 מסדרת 370, שהיו מחשבים בעלי ארכיטקטורה מתקדמת, עם נפח זיכרון של 32 מגה בייט וארבעה מעבדים; מחשב יבמ 3033/AP, ומחשב 4381, שהיה מחשב קטן יותר, אף הוא ממשפחת ה-370, שהיה מקורר אוויר ולא מקורר מים כפי שהיו קודמיו. כמו כן היו כונני תקליטים מתוצרת

במלחמת יום הכיפורים גדלה מאוד צריכת שעות המחשב ופוטנציאל המחשוב בממר"ם לא עמד בדרישות.

תקלידיים בממר"ם. הדור השני של מכונת הניקוב





אולם מחשב בממ"ם, 2001

חברת ממורקס בעלי קיבולת גדולה, מדפסות יבמ ועדיין היה ציוד ניקוב, שכלל תקלידיות ומכונות ניקוב, כולן תוצרת יבמ. באותה תקופה החל המעבר לשימוש בקלטות ככלי אחסון, במקום סרטים. הקלטות היו מוצר אמין ומהיר יותר והקיבולת שלהן היתה גדולה יותר. הן נתנו יתרון של חיסכון בשטח רצפה, וכונן אחד יכול היה להכיל מחסנית של כמה קלטות.⁵³

בסוף שנות ה-80 ובתחילת שנות ה-90 נכנסו לממ"ם מחשבי יבמ 3090 ואחריהם מחשבי יבמ 9021 ו-9121, שעבדו בארכיטקטורה של XA-370, על פיה יש במחשב מרחב כתובות גדול יותר, של 2 ג'יגה בייט. המחשבים האלה פתחו את העידן של שימוש בויכרון מורחב. מאוחר יותר הורחבה הארכיטקטורה במחשבים האלה ל-MVS/ESA, שנתנה מרחבי כתובות גדולים עוד יותר, 32 ביט במקום 24, ואיפשרה קישורים לוגיים וגיבוי בין מחשבים. מערכת הפעלה ESA איפשרה ביצועים טובים יותר ותפוקה גבוהה בכמה תחומים: צמצום זמן תגובה, ניהול יעיל

של אמצעי האחסון, אמינות וזמינות. גם המדפסות היו מתוצרת יבמ, 3800/1 ומדפסות הקשה 3203, שהדפיסו באותן שנים עשרות מיליוני דפים בשנה. מאוחר יותר נכנסה תפיסת ניהול פלטים, שאיפשרה דפדוף ועיון בקבצים במקום הדפסתם, והדבר הביא לחיסכון ולצמצום בהדפסות.⁵⁴ דור מחשבי יבמ הבא היה מסדרת 390 עם מעבדי CMOS. המחשבים היו מקוררי אוויר, היו קטנים וקומפקטיים ועם זאת בעלי עוצמה גבוהה מקודמיהם.

פוטנציאל המחשוב בממ"ם התפתח באופן מואץ. ב-1974, למשל, היתה עוצמת המחשוב 2.3 מיליוני פקודות מחשב בשנייה (MIPS) לעומת 70 MIPS ב-1985. עוצמת המחשוב ב-1981, למשל, במונחים של ביצוע מיליוני פקודות מחשב בשנייה היתה: מחשב AP 370/158 - 1.7, מחשב 370/168 - 3.0, מחשב 3033 - 5.0 ומאוחר יותר אף הוגדלה עוצמתו.⁵⁵ במרוצת השנים ירדה עלות MIPS

באופן חד, ולעומת זאת עלתה עוצמת המחשוב (ראו טבלה).⁵⁶ ההשקעה הישירה במערכות ממוחשבות גדלה משנה לשנה על אף הירידה במחירי המחשוב, זאת בד בבד עם הגידול בעוצמת המחשוב ובנפח הזיכרון. מרכיב החומרה, שהיה היקר ביותר, ירד, ואילו מרכיב התוכנה ואחזקתה האמיר עד שהגיע בסוף שנות ה-90 לכ-40% מתקציב ממ"ם. לדוגמה, מחשב יבמ 360/50 הראשון, שהגיע לממ"ם ב-1967, עלה 1.8 מיליון דולר והזיכרון שלו היה רבע מגה בייט, ואילו ב-1978 עלה מחשב יבמ 3033, עם זיכרון של 6 מגה בייט, רק פי 2 לעומת קודמו, אך הזיכרון שלו היה פי 24 ועוצמתו פי 20 עד 40 משל קודמו.⁵⁷ ממ"ם נשאר נאמן לארכיטקטורות יבמ, כאשר בתחום המחשבים הגדולים שלטו המחשבים המרכזיים של יבמ, לעומת מחשבים בינוניים וקטנים שנרכשו, בשנות ה-80 וה-90 ממגוון חברות אחרות.

טבלה 2

עלות מחשב בשנים 1970-1999

שנה	MIPS / אלפי דולר	מעבד מודל
1970	2000	370/158
1980	400	3033/3081
1990	100	9021/720
1995	20	9121/740
1999	3	CMOS



עידן התקשורת

"ישנו דבר אחד החזק מכל הצבאות והוא רעיון שהגיע זמנו."

ויקטור הוגו 1870

תקשורת בין מחשבים ותקשורת נתונים הפכו תוך עשור או שניים מאז תחילת המחשוב בארץ ליסוד מרכזי בניהול ארגונים. התקשורת כיום הינה משאב קריטי לקיום הארגון ולהפעלתו על-פי קריטריונים מתקדמים. טכנולוגיית התקשורת התפתחה וממשיכה להתפתח בקצב מואץ כדי לתת מענה לדרישות המנהלים והצרכנים, וההוצאות הכספיות בעטייה גדלו בקצב מסחרר.

בעת הקמת ממר"ם ולקראת הגעת מחשב הפילקו הראשון הכירו רק מעטים בזיקה ההדדית שבין עיבוד נתונים לבין תקשורת. רבים סברו, כי מדובר בשני תחומים נפרדים. הצורך בחיבור בין השניים, מחשוב ותקשורת, נוצר עם חדירת עיבוד הנתונים האלקטרוני לתחומים חדשים, ובעיקר עם ביזור מערכות המחשוב והקדמה הטכנולוגית. רשת התקשורת הפכה לתנאי הכרחי לפעולתו התקינה של עיבוד הנתונים הממוחשב.

קצין קשר ראשי, אל"ם ישעיהו לביא, היה מבין הראשונים שראה, עוד ב-1959, את הקשר שבין השניים ותבע לספח את ממר"ם לחיל הקשר. לדעתו, מחשב אלקטרוני, ככלי שנועד לטפל בכל סוגי המידע עבור גופים שונים, מהווה חלק

אינטגרלי ממערכות קשר.⁵⁵ כאמצעי להעברת הנתונים בין המחשב לבין הגורמים שיעשו בו שימוש, הציע חיל הקשר להעביר את הנתונים באמצעות רשת טלפרינטר, כך שיתאפשר שידור נתונים למחשב וקבלת תוצאות. הבעיה בשיטה הזאת היתה התאמת ציוד הטלפרינטר, שהיה קיים אז, לדרישות המחשב.⁵⁹ הצעה נוספת היתה לנצל את הפוטנציאל של עורקי תקשורת, כמו מערכות כבלים תת-קרקעיים, רדיו וטלפון שהיו קיימים.⁶⁰ בעקבות פניותיו של הקשר"ר הורה ראש מת"ם, אל"ם מתתיהו פלד, כי כל נושאי הקשר אל המחשב וממנו לצורכי העברת מידע ונתונים יהיו באחריותו של הקשר"ר, והנחה אותו לתאם את הנושא עם ראש ממר"ם.⁶¹ למרות ההחלטה הזאת עשה ראש ממר"ם הראשון, מרדכי קיקיון, ככל יכולתו כדי להרחיק את חיל הקשר מהיחידה, ובלחצו התקבלה החלטה, שלחיל הקשר לא תהיה כל סמכות בנושא המחשב, אף לא בתחום האחזקה.⁶²

משו"ב ממר"ם, 2001



כאשר מחשב הפילקו 211 היה המחשב היחיד במערכת, לא היה עדיין צורך בתקשורת בין מחשבים. הצרכנים נמצאו בחלקם בקרבת מקום והתקשורת איתם נעשתה באמצעות העברה ידנית של תוכניות וקבלת התוצאות לאחר ההרצה. צרכנים אחרים, שנמצאו במרחקים גדולים יותר מהיחידה, כמו רפא"ל ומוסדות ממשלתיים אחרים, שלחו בכלי רכב תוכניות להרצה לפנות ערב, שגם החזירו את התוצאות כבוקר המחרת. השגרה הזאת כונתה בממר "Tender processing", על שם כלי הרכב שהביא אותן – הטנדר. יחידות צבאיות מרוחקות כמו חיל האוויר וחיל המודיעין העבירו את מסמכי הקלט-פלט באמצעות סבבי הדואר הצבאי, ולחלופין באמצעות כלי רכב צבאיים שיועדו לכך. שיטה נוספת להעברת נתונים היתה באמצעות סרטים מחוררים, שהועברו מממר"ם ליחידות ולבסיסים, שם היו מכונות שפיענחו את הסרטים.

ב-1960 הובן המונח תקשורת כהגדלת מרכזות טלפונים, קישור מרכזיות טלפון ומתן קווים אורחיים לממר"ם ליצירת קשר ישיר עם צרכנים מחוץ לצה"ל. ועדת הקבע לארגון ממר"ם דנה במערכות קשר סטטיות, פנימיות וחיצוניות לממר"ם. במסגרת הזאת תוכננה הנחת רשת כבלים תת-קרקעית ופנימית במחנה השלישות ובמבני ממר"ם, באופן שניתן יהיה להרחיבה בעתיד, ונרכש ציוד בעל 12 ערוצים לטלפרינטרים.⁶³ התקשורת הזאת בוצעה באמצעות דואר ישראל, לימים בוק, והתבססה על תשתיותיו. רק באמצע שנות ה-70 השכיל צה"ל לפתח תשתיות תקשורת עצמאיות, שבאו לתת מענה לצרכים של מהירות, גיבוי, הצפנה וניידות, שאותם בוק לא יכול היה לספק.

הטלקס הראשון, שהיה קשור עם מרכזיית דואר ישראל לטיפול בקלט-פלט ביחידה, הופעל בסוף אוקטובר 1965. מכשיר הטלקס שולב עם מכשירי הקלט-פלט של מחשב הפילקו 212 ונועד להקל על טיפול מהיר ויעיל בחומרים שהגיעו מצרכנים מרוחקים. מערכת הטלקס שימשה אמצעי תקשורת והעבירה מידע מטלקס הצרכן לטלקס ממר"ם ובחזרה.⁶⁴ צרכנים השתמשו בסרטי טלפרינטר, לבנים או צהובים, שאותם העבירו להרצה בממר"ם וקיבלו בחזרה את התוצאות באמצעות הטלקס.⁶⁵ רק בסוף 1966 קיבל גושא התקשורת מעמד כלשהו בממר"ם, והראיה לכך היתה מינוי ראש ענף תכנות והדרכה, יהושע דו"נצ'לסקי לאחראי על ריכוז הנושא.⁶⁶ בעקבות מלחמת ששת הימים והיערכות יחידות צה"ל בשטחי יהודה, שומרון ועזה, התרחב המינהל בצה"ל וגדלה מאוד כמות הדיווחים למחשב. היה צורך בעדכונים יומיים ומידיים. אגף האפסנאות דרש דו"ח מצב תחמושת מעודכן, ציוד ומערכות קשר. הניפוק האוטומטי התבצע ללא עדכון יומי של המלאי והדבר גרם לכפילויות ולטעויות. אגף כוח-אדם דרש עדכון יומי תכופ של הצורך בתכנון, בעדכון ובמעקב אחר ביצוע של גיוסים ותגבורות וכן שליטה בשעת חירום ורגיעה. כל זה השתנה עם הפעלת מערך התקשורת, שאיפשר לצרכנים לקבל תשובות מיידיות לשאלות ואשר צימצם את מספר הדו"חות וגודלם.⁶⁷ כמה שנים לאחר מכן הוקמו בממר"ם מדור תקשורת בענף תוכנה בסיסית, וכן מדור תקשורת בענף הפעלה, שמאוחר יותר שונה שמו למדור טכנולוגיות. בתחילת שנות ה-90 הוקם בממר"ם תחום לתקשורת נתונים – תקנ"ם, העוסק בהקמת תשתיות תקשורת הן בממר"ם והן בכלל צה"ל.

רק באמצע שנות ה-70
השכיל צה"ל לפתח
תשתיות תקשורת עצמאיות

עוזר שר הביטחון, רא"ל (מיל') צבי צור, מינה בספטמבר 1967 ועדה לתיאום נושאי המחשבים במערכת הביטחון, שאותה ריכו מדרכי קיקיון, שכבר פרש מתפקידו כראש ממר"ם. בינואר 1968 אמר צור, כי העברת מידע מעורכן בשיטות שהיו קיימות אז במשרדי הממשלה, היתה בעיה קשה, וכמעט שלא ניתנה לביצוע. אחת המכשלות העיקריות היתה מהירות העברת המידע בזמן חירום. לדוגמה הביא את חשיבות המידע בתחום הלוגיסטי, שהוכיחה את עצמה במלחמת ששת הימים, כאשר תמונת המצב הלוגיסטית של מערכת הביטחון היתה מעורכנת ועמדה לרשות הפיקוד, וקרא ללמוד מהמקרה הזה על חשיבות התקשורת. באותה עת טיפלה הוועדה בבדיקת דרכים סטנדרטיות לפתרון בעיות טכניות באתר מחשבים קטן, באמצעות מרכז המחשבים ובדרכים להפעלת ציוד היקפי במרכז מחשבים אחד עבור האחר. הנושאים האלה היו אז בשלבי לימוד תיאורטיים, ולא היה לגביהם לוח זמנים לפעולה.⁶⁶ באותה שנה כבר החלו בממר"ם לתכנן באופן מעשי את נושא התקשורת, ומפקדי יחידות המחשב התבקשו להציע דרכים להסבת משימותיהם לשיטת עבודה בתקשורת. בסוף 1967 החליט ראש אג"ם, האלוף עוזר ויצמן, כי ראש ממר"ם, סא"ל דישון, יגיש המלצות בתחום התקשורת לשלוש-ארבע השנים הבאות, זאת בתיאום עם הקשר"ר.⁶⁷ המניעים להחלטה היו מגוונים, ראשית, היתה זו מלחמת ששת הימים שחידדה את הצורך באמצעי תקשורת מהירים וישירים. סיבה מרכזית נוספת היתה רצון יענ"א, יחידת המחשב של אג"א, להיפרד מממר"ם ולרכוש לעצמה מחשב עצמאי. בדיון עם ראש אג"ם בנושא הסביר סא"ל דישון, כי יענ"א אינה זקוקה למחשב עצמאי משלה, אלא לתקשורת ולגישה נוחה יותר למחשב המרכזי בממר"ם. ויצמן תמך בגישה הזאת. אג"א לא קיבל מחשב עצמאי, ומערך התקשורת החל להתפתח באופן משמעותי.⁶⁸ נוסף על כך, עם התפתחות הטכנולוגיה, ביקשו יחידות נוספות בצה"ל, בעיקר יחידות השדה, להיות מקושרות לממר"ם, או ליחידות המחשב בחיל שלהן ובכך להגדירן כיחידות קצה ולציידן במכשור מתאים. הצרכנים רצו לקבל את החומר שהופק מהמחשב במהירות וביעילות מרביים. בשיטת "הטנדר" התעכבה קבלת החומר ומסירתו בשעות רבות.

רשת התקשורת בממר"ם נבנתה בשיתוף עם חיל הקשר. המסופים ביחידות הקצה היו קשורים במודם לקו נל"ן (נקודה לנקודה), שהוביל לממר"ם. קו הנל"ן הותקן על-ידי משרד הדואר, שהצמיד אותו לקו טלפון אזרחי. הקו היה גלוי והנל"ן היה חשוף להאזנה. לפיכך ובשל הצורך להבטיח העברת תקשורת חסויה, שקדו אנשי חיל הקשר על פיתוח ציוד הצפנה לתקשורת מחשבים והצפנת קווי תקשורת. אנשי חיל הקשר הסתגרו בחדרון קטן באולם המחשבים וערכו ניסויים שונים עם מסוף יבמ 2740 ופיתחו ציוד הצפנה בין מסוף התקשורת למודם. הניסויים האלה מומנו על-ידי ממר"ם. עד אז הוטלו מגבלות ביטחון שדה על סיווג המידע שמותר היה להעביר בתקשורת הלא מוצפנת. בכל מקרה, מספרם של הקווים המוצפנים היה מצומצם.⁶⁹ פיתוח מכשיר ההצפנה החל ב-1969, אך הצרכנים נמנעו מלהשתתף בניסוי מכיוון שלא רצו לשמש שפני ניסיונות. ב-1972 היתה כבר בממר"ם מערכת תקשורת, שחולקה לשתי תוכניות: פיקוח ועיבוד. תפקידי המערכת היו לקלוט תשדורות ממסופים ולשלוח תשובות, לערוך בדיקות תקינות, לנהל קבצים לתשדורות, להפעיל תוכניות עיבוד של הצרכנים וכדומה.⁷⁰ ב-1973 טענו מפקדי

פיתוח מכשיר ההצפנה החל ב-1969. אך הצרכנים נמנעו מלהשתתף בניסוי מכיוון שלא רצו לשמש שפני ניסיונות.

יחידות המחשב, כי המידע הסודי המועבר בתקשורת הינו מועט למדי, ואין כדאיות כלכלית להתקנת מכשירי ההצפנה, שעלותם תיכלל בתעריפי השימוש בתקשורת, במסגרת המשק הסגור של ממר"ם. בשלב מאוחר יותר הועלתה האפשרות, כי במקום הצפנת כל תחנה בנפרד תוקם רשת מוצפנת, אך ההצעה נפלה באותה עת משיקולי עלות.

תכנון מערך תקשורת מחשבים בצה"ל החל בסוף 1967 והתקדם במהירות. הטכנולוגיה שבה עשו שימוש היתה של חברת יבמ, שעסקה בניהול התקשורת (Queued Telecommunication Access Method) QTAM, שיטה שלפיה בוצע ניהול התקשורת מול היישומים בשיטת התורים. באמצע 1969 התחיל שלב הניסוי, שבו הופעלו שלוש תחנות תקשורת בצה"ל, ובמשך הזמן התרחב המערך לשלושים. התחנות היו מתוצרת חברת יבמ 2740, תחנה משולבת יבמ 1050 ומסך יבמ 2260, שמוקמו בבסיסי צה"ל השונים. התחנות היו מסופים, או טלפרינטרים, מעין מכונת כתיבה ומקלדת. רק זמן־מה לאחר מכן הגיעו מסופים עם צגים, ששינו מאוד את אופי העבודה – מעבודה עם פלטי נייר לעבודה מול מסך, שלאחר הקריאה בו נמחק המידע שהיה עליו. בתחילה היתה מהירות העברת התקשורת בקווים 135 סביות לשנייה. לשם השוואה, מהירותו של מודם ביתי ממוצע בשנות האלפיים היא 33,600 סביות לשנייה. מערך התקשורת הופעל על מחשב יבמ 360/50, שהזיכרון שלו הורחב, ב־1972 ל־384K באמצעות הוספת יחידת זיכרון מוגדליטי של חברת AMS. כגיבוי שימש מחשב יבמ 360/65, שאליו ניתן היה לחבר את ציוד הבקרה של תחנות התקשורת באמצעות מתג מיוחד, שפותח על־ידי ענף אחזקה בממר"ם.⁷³ בתחילה השתמש ממר"ם בציוד יבמ בלבד, אולם תוך זמן קצר ניסה והשתמש בציוד מתוצרת חברות אחרות, כמו בורוז, קונטרול דאטה, חברת דאטה ג'נרל, אוליבטי, תדיראן ודאטה פוינט, שהיה זול יותר.

בשנותיה הראשונות שימשה תקשורת המחשבים, שפעלה במסגרת ניסיונית בלבד, לצורכי שאילתות בלבד. על אף שלא הורשו לכך, החלו הצרכנים בהדרגה לעדכן באמצעותה את מאגרי הנתונים בטענה, שאין הבדל בין העברת שאילתות ובין עדכונים.⁷⁴ תחנות התקשורת בממר"ם היו מקושרות למפקדות, לבסיסים ולמתקנים של האגפים והחילות, שהיו צרכני התקשורת של ממר"ם. יחידת אכ"א למחשב התקינה תחנת תקשורת בלשכת הגיוס לבדיקת שאילתות על נתונים אישיים של מועמדים לגיוס. יענ"א ניצלה את התקשורת לבדיקת רמות מלאי אפסנאי, ויחידת חיל אוויר למחשב בדקה רמות מלאי חלקי חילוף במחסני החיל. כמו כן הותקנו תחנות תקשורת בחיל הים ובחיל הקשר. מערך התקשורת הופעל תחילה בשעות 16:00-8:00 בלבד, שבמהלכן הועברו דרכו כ־10,000 שאילתות ביום.

נשיא המדינה, זלמן שז"ר (במרכז). מבקר בביתן ממר"ם, ביריד המזרח, 1968. (מימין) הרמטכ"ל רב־אלוף חיים בר־לב



אחד השימושים הראשונים למערך תקשורת המחשבים נעשה באוקטובר 1969, במסגרת הבחירות לכנסת השביעית. שני מכשירי תקשורת מחשבים וקווי טלפון נל"ן הותקנו בוועדת הבחירות המרכזית בכנסת. אלה חוברו לממר"ם ואיפשרו בירור מידי של פרטים אישיים של חיילים, שהצביעו לפי מספר אישי בלבד.⁷⁵ עוד ב־1968 הוצגה תקשורת הנתונים במסגרת תערוכה במלאות עשרים שנים למדינת ישראל. בביתן ממר"ם ביריד המזרח הוצבו שני מסופים, אשר חוברו למחשב, שלהם נכתבה תוכנה מיוחדת, וכל איש מילואים שביקר שם יכול היה להקיש את מספרו האישי ולקבל פלט עם נתוניו האישיים. כמו כן יכול היה איש המילואים לתקן נתונים שגויים. האפשרות הזאת נתפסה כפלא ממש, והפכה את ביתן ממר"ם לפופולרי במיוחד.⁷⁶

רשת התקשורת התרחבה, ובמקביל שונתה שיטת העבודה לאצווה (Batch). השאלות לא עברו ישירות ליחידת הקצה, אלא נאגרו בקובץ שאוחסן על גבי תקליטים ושוגר, בבת אחת, במועד מאוחר יותר. שיטת QTAM לא פעלה במסופי האצווה. שני אנשי ממר"ם, מנחם שלגי ומיכה רוטר, פיתחו מערכת לניהול תקשורת, H2tele, שתמכה בסוגי מחשבים שונים, גם בשיטת עיבוד אצווה וגם בשיטה אינטראקטיבית. ממר"ם מצא לנכון לעסוק בפיתוח עצמי של מוצרי תוכנה והתקנים, הן בשל דרישות מורכבות של הצרכנים והן משיקולים כלכליים ומשיקולי ביטחון שדה, אך בעיקר מכיוון שמוצרי המדף לא היו זמינים במידה מספקת. כך עסק ממר"ם בהרחבת הפיתוח של מודל מתימטי וסימולציות של מערך תקשורת המחשבים. עבודה בנושא נכתבה על-ידי סרן רוני עטר וסגן אורי פלד, שבנו מודל סימולציה לקו תקשורת, שהופעל בשיטת מולטידרופ (Multidrop), לפיה כמה התקנים שותפים לערוץ תקשורת כאשר רק אחד יכול לשדר. בשיטה הזאת ניתן היה לחסוך בקווי תקשורת, מכיוון שכמה מסופים חוברו לאותו קו. העבודה הוצגה ב־1972 בכנס בין-לאומי על סימולציות באמצעות מחשבים בעיר גטבורג בשוודיה.⁷⁷

ביוני 1973 קיים איל"א (ארגון ישראלי לעיבוד אינפורמציה) דיון על משק המחשבים בישראל. אחת הנקודות שהודגשו היתה ההתפתחות המהירה של המחשוב שלוותה בשימוש גדל והולך בשיטות תקשורת. ההתפתחות הזאת באה לידי ביטוי בגידול במספרם של מסופים ומחשבים קטנים. השימוש בתקשורת, לדעת מומחי איל"א, היה חיובי והיווה אמצעי יעיל ביותר בפיתוח עיבוד נתונים בארץ, מבחינת טיב, עומק היישומים, יעילות הארגון וההוצאה הכספית. משרד התקשורת עצמו נכנס לתחום וערך מחקר לגבי פיתוח רשת תקשורת לעיבוד נתונים בישראל. באותה עת פעל בארץ למעלה משלוש-מאות מסופי תקשורת, והצפי לעשור הבא עמד על 10,000 מסופים. המגמה הזאת תאמה את המגמות בעולם, ובאיל"א סברו, כי יש

איל"א – הכנס הארצי השביעי לעיבוד נתונים



להיערך לקראתה מבחינת כוח-אדם, ארגון, ציוד ותשתיות.⁷⁸ תחום תקשורת המחשבים בצה"ל העסיק את הגופים בסביבת ממר"ם. שאלה מעניינת שהעלה אז ראש מרכז נתונים באג"ם, שהיה אחראי על תיאום ממר"ם, היתה: "האם יש לתת לנושא התקשורת להתפתח באופן טבעי או להתערב ולכוון את אופן צמיחתו?"⁷⁹ נראה כי מלחמת יום הכיפורים יצרה תנאים שחייבו התפתחות מואצת של מערך התקשורת בממר"ם ובצה"ל כולו, ובכך ניתנה תשובה חיובית לשאלה הזאת.

מלחמת יום הכיפורים תרמה רבות לפיתוח התקשורת בממר"ם. התקשורת, שלפני המלחמה פעלה שמונה שעות ביממה, עבדה במהלך המלחמה ואחריה ברציפות, סביב השעון, בלחץ ובעומס כבדים. במהלך המלחמה הותקנו עשרים תחנות תקשורת נוספות, נקלט ציוד תקשורת חדש ומערך התקשורת, שפעל ממחשב יבמ 360/50, הועבר לשני מחשבי יבמ 360/65, תוך ביצוע שינויים, שתרמו להפעלת המערכת. אחזקת כל המערך נעשתה על-ידי ממר"ם בתגבור אנשי מילואים. שירותי התקשורת של ממר"ם זכו בעת המלחמה להערכה גבוהה של הצרכנים על תפקודם היעיל ותרומתם למערך המלחמתי בחילות השונים.⁸⁰ המלחמה הגיעה למתן עדיפות לפיתוח מערך תקשורת המחשבים בצה"ל, שבאה לידי ביטוי בהפניית מיטב כוח-האדם המקצועי לתכנון בתחום הזה, בהקצאת כמות מוגדלת של מחיצות מחשב לנושא ובמתן עדיפות בזמינות הציוד.⁸¹

ב־1974, לנוכח תקלות בהפעלת התקשורת וגידול בדרישות הצרכנים, הוחלט בממר"ם לתת עדיפות מוחלטת לטיפול בתקשורת, הן בחומרה והן בתוכנה. ממר"ם הציע נוהל ניסוי גירסאות חדשות, שכלל למשל, עריכת ניסויים רק בשעות הלילה, או הפעלת כל גירסה חדשה רק לאחר אישורים של ראש ענף תכנות והדרכה בממר"ם ואישור מפקד היחידה הנוגעת בדבר. במסגרת הפעלת הנוהל הוחלט להקצות לכל צרכן מחיצה נפרדת, להקצות מחשב עצמאי לתקשורת וכן לתת גיבוי במקרה של תקלות.⁸²

במסגרת המשק הסגור, שעל-פיו פועל ממר"ם, חושבו גם תעריפי התקשורת לצרכנים. בחישוב התעריף הובאו בחשבון פרמטרים, כמו עלות קו תקשורת, מחיר מודם, מחיר שכירת הציוד או קנייתו. העיקרון היה, שהתקשורת מנצלת שליש מעוצמת היע"ם (יחידת עיבוד מרכזית) לתקשורת של מחשב יבמ 370/168. עלות שעת יע"ם ב־1977 היתה 1,350 ל"י. שעת תקשורת כללה עלות יע"ם, זיכרון ותקליטים. עלות מערך תקשורת המחשבים ב־1972 היתה 3.5 מיליון ל"י.

באמצע שנות ה־70 נכנס ממר"ם לארכיטקטורת תקשורת חדשה של חברת יבמ, (System Network Architecture). החידוש בה היה שיתוף משאבי התקשורת מול היישומים. ארכיטקטורת SNA איפשרה למסוף לפעול מול כמה יישומים בה בעת, קישרה יישומים זה עם זה ואיפשרה למסוף שהיה מחובר למחשב מסוים לגשת ליישומים במחשבים

סגן מיטל ביטון ליד ארון תקשורת בממר"ם,
2001



אחרים, בשיטה הזאת הושגו חיסכון בתשתיות ויעילות. המסוף הראשון שעבד בשיטה הזאת בממר"ם היה מסוף יבמ 3767, שהיה מסוף עם מדפסת, אם כי מרבית המסופים באותה עת היו מדגם 3270. מכיוון שמערכת H2tele הגיעה לקצה יכולתה ולא יכלה לתת שירותים נוספים, נעשתה השקעה גדולה בשילוב SNA עם H2tele, פיתוח שנעשה אף הוא על ידי שני אנשי ממר"ם, זוסייה שביב (שוויטלו) ויעקב אונגר.⁸³

באמצע שנות ה-80 נכנסה לממר"ם התפיסה של TeleProcessing (TPM) Information Management (IMS), שבאה לידי ביטוי במערכות (System Customer Information Control System) CICS. מהותה היתה שילוב מרכיב התקשורת עם מרכיב מאגרי המידע וטיפול בו-בזמן בשאלות ובעדכוני מאגרי המידע. המערכות האלה היו מוצרי מדף ומינים מתוצרת יבמ, שלא הצריכו השקעה בפיתוח עצמי.

באותן שנים הוקמו רשתות תקשורת בטכנולוגיה של חברת דיגיטל, ששירתו היטב את המגמה של עיבוד נתונים מבזר שהתרחבה אז. הם ענו לדרישה לניהול מערכות מחשוב מבזרות ממרכז המחשבים של ממר"ם. רשת דיגיטל נקראה DecNet, והיתה בעלת ארכיטקטורת תקשורת, שאיפשרה לתקשר בין מחשבים, בעיקר מחשבי Vax, במטה ובשטה, ברשת תקשורת אחת. עם כניסת דיגיטל לממר"ם, שהובילה באותה תקופה עם מחשבים מסוג S/38, S/34 ומסופי 8100 ו-5280, נפתחה תחרות קשה בתחום המחשבים הבינוניים-מחלקתיים, בין החברות יבמ ודיגיטל.⁸⁴ במסגרת ניהול מערכות מידע מבזרות, עשה ממר"ם שימוש בתכונות ארכיטקטורת SNA לניהול מערכות שליטה ובקרה, שבאמצעותה הצליח להיכנס למחשבים מרוחקים, באוגדות ובפיקודים, לאיתור תקלות והפצת תוכנה.

חברת דיגיטל הביאה גם את שיטת LAN (Local Area Network), רשת תקשורת מקומית (רת"ם), שהתבססה על רשת תקשורת שנועדה לקשר מחשבים ומסופים, במהירויות גבוהות אך למרחקים קטנים, לעומת רשתות תקשורת הנתונים, WAN (Wide Area Network), שנועדו לקישור מסופים ומחשבים למרחקים גדולים, אך במהירויות איטיות יותר. הצורך ביישום ה-LAN היה דרוש עם העלייה במספרם של המחשבים האישיים ולנוכח הצורך לתת מענה זול יחסית לפריסה של תשתיות תקשורת ולמהירויות גבוהות. בתחילה הגיעה מהירות ה-LAN ל-2 מגה ביט לשנייה, והיא הלכה וגדלה עד שבתחילת שנות האלפיים היא הגיעה לסדרי גודל של ג'יגה ביט לשנייה.

מלחמת שלום הגליל, שפרצה ביוני 1982, תרמה אף היא להתפתחות התקשורת בממר"ם. עקב תקלות תקשורת בתחילת המלחמה, הקצה ממר"ם מחשב יבמ 3033 ייעודי לתקשורת. ההחלטה הזאת הוכיחה את עצמה, ובהמשך המלחמה לא היתה ולו נפילת תקשורת אחת במחשב הזה.⁸⁵

בסוף שנות ה-80 הוחל בניסוי תקשורת מקומית, שהיה מבוסס על token ring, רשת תקשורת טבעית, של חברת יבמ. במעבדה של ענף תוכנה בסיסית נבנה מודל תקשורת כזה שנוסה בהצלחה. בעקבות זאת הוזמן קצין צעיר ממדור תקשורת בענף, סג"ם אבישי שרלין, לכנס בין-לאומי של חברת יבמ בצרפת, שבו הרצה על המודל שפותח בממר"ם. ב-1989 התעורר הצורך בשדרוג המחשב המרכזי (MF)

יבמ 4381 בבקו"ם. בשל העלות הגבוהה של שדרוגו, עלה רעיון לקשר בתקשורת מהירה את משתמשי הבקו"ם למחשב המרכזי של ממר"ם, ובכך לחסוך את השדרוג. מודל התקשורת נבנה על-ידי ראש מדור תקשורת בענף ת"ב, סרן אבי כוכבא, בסיועו של רס"ן (מיל") שמעון אגסי, איש ממר"ם לשעבר, שעבר לעבוד בחברת יבמ ואשר שלח את המודל למרכז יבמ בצרפת לבדיקת היתכנותו. המודל, שנתן מענה תיאורטי לדרישה, יושם בתחילת שנות ה-90 בבקו"ם והוא חובר בקווי תקשורת מהירים לממר"ם.

מודל התקשורת נבנה על-ידי סרן אבי כוכבא ויושם בתחילת שנות ה-90 בבקו"ם. הפעולה הזאת החלה את עידן הקונסולידציה, ההתכנסות של מרכזי המחשבים המרכזיים בצה"ל בחזרה לממר"ם.

הפעולה הזאת החלה את עידן הקונסולידציה, ההתכנסות, של מרכזי המחשבים המרכזיים בצה"ל בחזרה לממר"ם, כאשר משתמשי הבקו"ם וצרכנים אחרים קיבלו את שירותי המחשוב מהמחשב המרכזי של ממר"ם.⁸⁶

עם השנים גדל מספר תחנות הקצה לאלפים והתברר, כי תקשורת תקינה היא תנאי קיומי למערך מחשבים, שכן, זמינות המידע בכל רגע נתון מאפשרת להציג תמונת מצב אמינה. זמן התגובה צריך להיות בסדר גודל של שנייה, המערכת צריכה להיות ידידותית ולשמור על ביטחון שדה. ההבנה הזאת הביאה לחשיבה תכנונית, כך שבעת בניית מבנים חדשים בצה"ל הונחו בהם כבלים לתקשורת מקומית ולמסופים עתידיים.

בשנות ה-90 החלה התייחסות חדשה לנושא התקשורת. חשיבותה, מהירותה ואמינותה מהוות מרכיב חשוב בכל ארגון, ובפרט בארגון צבאי. המוצרים והשירותים התפתחו במהירות רבה ומושגים חדשים נכנסו: ניהול רשתות; הגדלת רוחב הפס (bandwidth) המגדיר את קיבולת הנתונים אשר ניתן להעביר בתוואי תקשורת כלשהו; הכנסת שירותי directory למערכות ארגוניות; אמצעי אבטחה חדשים; איחוד ערוצי תקשורת (convergence); הכנסת מערכות בקרה לרשתות כמו Netview; והמעבר לתקשורת אלחוטית (wireless). ממר"ם נכנס לעולם תקשורת הנתונים ברשתות דיגיטליות ועסק בנושא איחוד ערוצי התקשורת השונים עם ציוד הקצה והיישומים, כאשר כל סוגי המידע, שיחות הטלפון, הנתונים והאינטרנט מועברים באותה דרך. ממר"ם פעל רבות גם לאבטחת המידע ברשת. ממר"ם נקבע כמספק שירותי הורדת קבצים עבור כל משתמשי האינטרנט בצה"ל, בהתבסס על תשתית הצה"לנט.⁸⁷ באותה עת היה ממר"ם מרכז מחשבים גדול, שפעל כלשכת שירות, סיפק שירותי עיבוד נתונים כבדים, המבוססים על מסדי נתונים גדולים וכן כמרכז ניהול ובקרת רשתות תקשורת ורשתות מחשבים, תוך שימוש ברשתות תקשורת נרחבות, שקישרו בין שלושת הרבדים העיקריים במחשוב: המרכזי, המחלקתי והאישי.



ביזור טכנולוגי

בשנות ה־80 נדמה היה, כי עולם המחשבים המרכזיים, אותו ייצגו בממר"ם מחשבי הפילקו ומחשבי יבמ הגדולים, הולך ונעלם. מתחרים קטנים יותר, מחשבי המיני ומחשבים בינוניים, שהיו מהירים ויעילים ובעיקר זולים יותר, נכנסו לממר"ם והביאו לשינוי מהותי בתפיסה הטכנולוגית. הביזור הטכנולוגי היווה המשך לביזור הארגוני שעבר על ממר"ם עם היפרדותן של יחידות המחשב, שהיו חלק בלתי נפרד ממנו, והקמת מרכזי מחשבים עצמאיים בצה"ל. הביזור היה תוצאה של הקדמה וההווללה בתחום המחשבים ובתקשורת ושל הצורך לתת מענה לדרישות השטח כמו הזרועות, הפיקודים, האוגדות ומרכזי אפסנאות וכוח־אדם גדולים, ששאפו לעצמאות. עם זאת, עידן המחשבים המרכזיים לא תם. בתקופה שבה ישנם בסיסי נתונים מרכזיים גדולים ושבה נדרשת שליטה על רשתות תקשורת, בקרה ומעקב אחר תקלות והאינטרנט מושל בכיפה, לא נס לחו של המחשב המרכזי. ניסיון ראשון לביזור טכנולוגי בממר"ם נעשה בסוף שנות ה־60, עת ייצרה חברת אלביט מחשב שנקרא אלביט 100 או ולידאטה. היה זה מיני מחשב חדשני בעולם, בעל זיכרון של 4K, שפותח במקביל למיני מחשב (PDP) של חברת דיגיטל. חברת אלביט לא הצליחה להפוך למוצר בין־לאומי וגם צה"ל לא העריך את הייחודיות שלו. בכל זאת נרכש מחשב אחד מהסוג הזה לממר"ם והותקנה בו יחידת תיאום למערכות מחשבי יבמ מסדרת 360. אלביט 100 שימש בעיקר להזנת נתונים וכציוד עזר לתקשורת למחשבי יבמ 360, אך לא מעבר לכך.⁸⁶

בסוף שנות ה־80 ובתחילת שנות ה־90, התפתחה מגמה שכונתה "שידוד כלפי מטה" (downsizing). המגמה הזאת התאפשרה, בין היתר, הודות להתקדמות טכנולוגיה של הקטנת רכיב המחשבים ולהווללה מחיריהם. בעקבות זאת הוחל בייצור מחשבים זולים, בעלי כוח חישוב גדול, הניתנים להצבה ולהפעלה כמעט בכל אתר, ללא צורך בתשתיות פיזיות יקרות, והיא זו שאיפשרה את הביזור. גם לתקשורת היה תפקיד מרכזי בהאצת הביזור, שכן יצרה חיבור מהיר ואמין בין מרכזי המחשבים בממר"ם למרכזי מחשבים אחרים ולמשתמשי הקצה. המחשבים הבינוניים הראשונים שנכנסו לממר"ם, עוד בסוף שנות ה־70, היו מחשבי הווקס מתוצרת חברת דיגיטל, עם מערכת הפעלה מסוג VMS, שלהם חוברו מסופים, שנתנו מענה לצורכי ההדרכה ולצרכים אחרים בממר"ם. על בסיס מחשבי הווקס הוקמו בממר"ם מדורים למיני מחשבים, או למחשבים זעירים והם נתנו תנופה לפיתוח יישומים אינטראקטיביים, כמו מערכות שליטה ובקרה, מערכות קשר ותקשורת ומערכת מומחה.⁸⁷

למרבה הפלא, לא צימצמה מגמת הביזור את היקף המחשוב המרכזי, ועוצמתו אף גדלה. הדרישה למחשבים מרכזיים בבסיסים קטנים יותר הביאה לתופעה של ביזור מחשבים מרכזיים וליצירת איי מחשוב מחוץ לממר"ם. כך

הביזור היה תוצאה של הקדמה וההווללה בתחום המחשבים ובתקשורת ועל הצורך לתת מענה לדרישות השטח

מגמת הביזור לא צימצמה את היקף המחשוב המרכזי, ועוצמתו אף גדלה



עידן הביזור – מחשב בק"ם

קרה בבק"ם, במרכז הובלה ובמש"אות (מרכזי שיקום ואחזקה), שבהם הוצבו מחשבים מרכזיים מתוצרת יבמ. היו אלה דגמים קטנים יותר, עם תשתיות מצומצמות, זולים וגמישים יותר ממחשבי הענק. הם קושרו ליחידה בתקשורת SNA, לצורכי עדכון ומשיכת נתונים. ארכיטקטורת SNA של יבמ איפשרה שיתוף משאבי תקשורת מול יישומים, כך שמסוף יכול היה לתקשר בו-בזמן עם כמה יישומים.⁹⁰ עם התפתחות עיבוד הנתונים המבוזר וכניסת רשתות תקשורת מקומיות (LAN), החל השימוש במערכת ההפעלה יוניקס (Unix) למחשבים בינוניים. אז התפתחו בהדרגה סטנדרטים תעשייתיים ומערכות פתוחות, שאיפשרו מעבר בין פלטפורמות של ספקים שונים. מערכות היוניקס, שהיו מערכות פתוחות, פעלו על ציוד חברות כמו דיגיטל, HP ו-Sun, והיתה בכך שבירת ההגמוניה של יבמ בממ"ם. בפיקודים, באוגדות ובורועות הותקנו מערכות יוניקס על מיני מחשבים מתוצרת יבמ, דיגיטל, HP, Sun, SGI ואחרים, ואילו בתחום המחשבים האישיים שלטה חברת יבמ, אם כי נעשה שימוש גם בציוד של יצרנים אחרים. המחשבים המבוזרים ותחנות העבודה עשו שימוש, בין היתר, בארכיטקטורת RISC (Reduced Instruction Set Computer), שפותחה על-ידי יבמ ואשר צימצמה את מערך פקודות המחשב ברמת החומרה ובכך הוזילה את המוצר. במערכות הפעלה יוניקס ו-NT (New Technology) נעשה שימוש בארכיטקטורת שרת-לקוח, שתכליתה העברת העיבוד ו/או הנתונים לשרת, כאשר על מחשב הלקוח נותרה התצוגה והמנשק הידידותי. כדי לחסוך בהוצאות תקשורת מוקמו השרתים באתרים מרוחקים ולא במרכז. בסביבת היוניקס ובסביבת דיגיטל, המקושרות ברשת מקומית למחשבי וקס, פעלו גם תחנות עבודה, שהיו קטנות יותר ממחשבי המיני אך חזקות יותר מהמחשבים האישיים שבאו אחריהן.

עידן ה-PC



במקביל להתרחבות מערכות חומרת המחשבים המרכזיים, התרחש גם המעבר ממערכות הפעלה Multi MFT (Multi tasking with Fixed number of Tasks) של יבמ, שבהן היתה חלוקה קשיחה של מחיצות במחשב ומספר משימות קבוע, לשיטת MVS (Multi Virtual Storage), המאפשרת מספר רב של מרחבי כתובות וירטואליים, שאיפשרה מספר בלתי-מוגבל של עבודות. כן החל המעבר למסדי נתונים (data base) במערכות עיבוד נתונים מינהליים ומודיעיניים. שנות ה-80 התאפיינו בהופעת

המחשבים האישיים, שתרמו לתופעת הביזור ולגישה פשוטה וקלה לאמצעי המחשוב. להפעלת המחשבים האישיים נדרשו רשתות תקשורת מקומיות, שנתנו פתרון לפריסה, זולה יחסית, של תשתיות תקשורת ולמהירויות גדולות. המונחים והתפיסות עברו מהפך, כך התבצע מעבר מתפיסה צרה לתפיסה רחבה, מעבר מתפיסה של מיכון לתפיסה של טכנולוגיית המידע (Information Technology) שמשמעותה, מכלול הכלים והאמצעים בתחום החומרה והתוכנה, המאפשרים עיבוד נתונים והעברתם. שפות התכנות היו מהדור הרביעי של מחוללי יישומים. כמו כן נעשה שימוש בתשתית תקשורת מתקדמת, ובכלל זה רשתות תקשורת נתונים.

תופעת הביזור באה לידי ביטוי גם בתחום ציוד העזר למחשבים. התפיסה המסורתית בתחום ההדפסה בממרים דגלה בקיום מדפסות מרכזיות, שמוקמו באולם המחשבים. יתרון היה בקצב הדפסה מהיר מאוד ובנפחים גדולים. בסוף שנות ה-70 רכש ממר"ם מדפסות יבמ 3800, שהתאימו לתפיסה הזאת. בתחילת שנות ה-90 בא הביזור לידי ביטוי בהצבת מדפסות לייזר קטנות בסביבת העבודה של המשתמש. ההדפסה התקבלה אצל המשתמש מהר יותר, והעומס על המדפסת המרכזית פחת. חברת יבמ שילבה את התפיסה הזאת במדפסות שלה, שאיפשרו הדפסה איכותית ברזולוציה גבוהה, עם יכולת לשילוב גרפיקה ותמונות במסמך, וכן ניתן היה להדפיס בהן על נייר בדיד ולא דווקא רציף. ממר"ם רכש מדפסות יבמ חדשות מדגם 6138, שהיו מדפסות מחלקתיות, ששימשו קומה או ענפים כמו תוכנה בסיסית, הפעלה ויחידת ההדרכה.¹⁹ בעקבות התפשטות המחשוב האישי ובשל מחירן המוזל של המדפסות הקטנות, תפסו אלה את מקומן של המדפסות המחלקתיות, שהוצבו בלשכות, במזכירות ובחדרי צוותים, קרוב יותר לצרכן. במקביל המשיכו לפעול מדפסות לייזר גדולות, יבמ 3900, שנועדו לביצוע עבודות בהיקף גדול.

שטחי האחסון בסוף שנות ה-70 ובתחילת שנות ה-80 עברו גם הם מהפכה, והיו מבוססים על דיסקים מגנטיים נתיקים, בקיבולת של 100MB ו-200MB, שאותם היה נושא המפעיל על גבו ומרכיב על כונני תקליטים, שנראו כמו מכונת כביסה עם פתח עליון. עבודת מפעיל המחשב היתה בעלת השפעה רבה על עבודת המחשב, ובעיקר על קצב הרצת עבודות האצווה בלילה. באותם ימים נהוג היה לומר, כי מפעיל המחשב הוא זה שקובע האם יסתיימו עבודות הלילה עד שעות הבוקר אם לאו. מפעילי המחשב, שרובם היו בעלי פרופיל רפואי נמוך, התעלמו מבעיותיהם הרפואיות ונשאו את הדיסקים הנתיקים הכבדים, כדי לשמור לעצמם את התפקיד.²⁰ בהדרגה גברה המודעות לצורך בניהול שטחי האחסון. כבלי הנחושת הוחלפו בערוצים אופטיים, והוכנסו בקרי דיסקים מתקדמים, שלהם היה זיכרון מטמון (cache) יקר אך מהיר, שהתאפיינו בפונקציות רבות של שרידות וביצועים.²¹ הוכנסו דיסקים קבועים של יבמ, היטאצ'י ו-EMC.

באמצע שנות ה-90 הוכנס חידוש מעניין לממר"ם – אם כי הטכנולוגיה שלו יצאה לשוק עוד בסוף שנות ה-70 – כניסת הרובוטיקה לתחום האחסון. בממר"ם נרכשה ספרייה אוטומטית של חברת יבמ, שהכילה ספריית קלטות, רובוט שביצע הרכבת קלטות ומנגנון VTS, שניהל את תהליך אחסון המידע והקלטות. הרובוט תפס את מקומם של המפעילים, בעשותו את עבודתם הפיזית. הוא איפשר מהירות עבודה גבוהה, מניעת טעויות אנוש וניצול מרבי של שטחי האחסון בקלטות. גם

מפעיל המחשב שרובם היו בעלי פרופיל רפואי נמוך התעלמו מבעיותיהם הרפואיות ונשאו את הדיסקים הנתיקים הכבדים כדי לשמור לעצמם את התפקיד



רובוט הקלטות בממ"ם, 2000

הכוננים הוחלפו בכוננים בעלי צפיפות כפולה ויכולת האחסון שלהם הוכפלה.⁹⁴ הרובוטיקה סימלה את כניסת האוטומציה להפעלה ואיפשרה את החשכת אולמות המחשב, שבהם הפך התפעול לאוטומטי.

בתחום ההפעלה הוחלפה באמצע שנות ה-80 מערכת JES2 (Job Entry Subsystem), שתיקשרה עם המפעילים, במערכת מתקדמת יותר - JES3, ממר"ם היה המוביל בארץ בטכנולוגיית JES3, שיושמה, מלבדו, רק בתעשייה האווירית והיה בין הראשונים בעולם כולו שיישם אותה. JES3 היה שיא טכנולוגי, מהפכני, שעיקרו היה שיתוף פעולה בין מחשבים מרכזיים הפועלים כאילו הם אחד. המעבר לטכנולוגיה החדשה נבע מהצורך לאפשר הרצת עבודות אצווה על קומפלקס של מחשבים, דבר שנתמך אז ב-JES3 בלבד. סיבה נוספת למעבר היתה ריבוי הקוד הביתי, היינו, תוספות ושינויים שפיתחו אנשי ה-system, מערכות הפעלה, בממ"ם באופן עצמאי, בלי לעדכן את חברת יבמ בשינויים שהוסיפו ל-JES2.

מאוחר יותר הדבר מנע מעבר לגירסה מתקדמת וגרם לקשיי תחזוקה. המעבר לא התבצע בקלות, נמשך זמן רב וגרם למשבר קשה בממ"ם. כתוצאה ממנו נפלטו מפעילי מחשב ותיקים, שלא השכילו להתמודד עם שינוי פקודות המפעיל החדשות.⁹⁵ עם זאת הוקלה עבודת המפעיל. כונני התקליטים היו קבועים, כונני הקלטות היו בעלי תכולה גבוהה יותר והמדפסות מהירות יותר. הניהול והתפעול של המתקנים שופר עם השימוש במחשב ככלי לניהול עצמי של המתקנים, שהביא ליישום כלים ושיטות להפעלה אוטומטית שלהם.⁹⁶

משו"ב ממ"ם בענף הפעלה, 2001



בתחילת שנות ה-80 הוקם בענף הפעלה בממ"ם מרכז שליטה ובקרה (משו"ב),

ראשון, שפיקח באופן מרכזי על פעילות המחשבים ונתן שירות ללקוחות התקשורת. באמצע שנות ה-80 הוסב אולם הניקוב למרכז המשו"ב. הגידול במשתמשי התקשורת גרר פניות רבות לטיפול בבעיות שנוצרו. באמצע שנות ה-90 התאים עצמו המשו"ב למתן שירותי שליטה ובקרה על הרשתות המקומיות שקמו בצה"ל, על שרתי היוניקס וה-NT המבוזרים ולמתן מענה לפניות הרבות לממ"ם לקבלת שירות. לצורכי המשו"ב והתפתחות תפיסת SPOC (Single Point Of Contact), נרכשו מוצרי חברת Tivoli, כפלטפורמה לשליטה ובקרה על הרשתות, השרתים והמערכות המבוזרות.

המגמות העיקריות שבאו לידי ביטוי בשנות ה-90 היו המשך שילוב טכנולוגיית התקשורת עם

האינטרנט ופיתוח מערכות בתפישת
רשת המחשבים (WEB) התקדמו במהירות והביאו
במהירות והביאו לקונסולידציה
להתכנסות חזרה למחשבים מרכזיים

המפולריות של טכנולוגיית האינטרנט
הביאה באמצע שנות ה-90
לפיתוח הצה"לנט, שהוא
רשת הפנימית האינטראנט הצה"ל

מרכזי מחשבים בארגון כאשר הדגשים היו על קישוריות ואינטגרציה. האינטרנט ופיתוח מערכות בתפישת רשת המחשבים (WEB) התקדמו במהירות והביאו לקונסולידציה, להתכנסות חזרה למחשבים מרכזיים, אשר שיפרו לאין ערוך את ממשק המשתמש והביאו לחיסכון כלכלי. עם המעבר לפיתוח בטכנולוגיית האינטרנט, החל צמצום מערכות הווקס והופסק פיתוח בארכיטקטורת שרת-לקוח. באמצע שנות ה-90 הוקמה בממר"ם חוות שרתים, שריכזה את כל השרתים ששימשו יחידות ומחלקות שונות בתחומי היישומים המחלקתיים, המשרד הממוחשב ואחסון הקבצים. חוות השרתים איגדה את כל אותם שרתים וסיפקה להם במרכז שירותי חשמל, מיוזג אוויר, אחזקה, תכנון, בקרה, ניטור, גיבוי ושחזור. כמו כן מיזערה אותם, ובכך חסכה מקום רב וצימצמה את מגוון סוגיהם. הפופולריות של טכנולוגיית האינטרנט הביאה באמצע שנות ה-90 לפיתוח הצה"לנט, שהוא הרשת הפנימית, האינטראנט הצה"ל, המבוסס בעיקר על תקנים, הגדרות והרשאות. האינטראנט פיתח עבודה באמצעות הדפדפן (browser) ומנועי חיפוש, שיושמו בצה"לנט כתשתית לזרימת מידע מגוון בממר"ם ובכלל צה"ל.

ממר"ם, כמרכז מחשבים גדולים, ממשיך לפעול יחד עם המחשוב המחלקתי והאישי כלשכת שירות ומנהל המחשוב המבוזר. לנוכח חדירת המחשוב לכל תחומי הצבא, גדלו הדרישות למידע זמין ואמין ולמחשוב, בד בבד עם גידול היקף המשתמשים בכל הדרגים. בעוצמות המחשבים ניכר גידול, וגבר הצורך להצטייד בויכרונות גדולים יותר ולפתח, כל הזמן, יישומים חדשים. בממר"ם יש מגוון עצום של מוצרי חומרה ותוכנה, שנועדו לתת מענה לצרכים מבוזרים ולדרישות השונות של הצרכנים. המצב הזה מחייב התמודדות בתחומים רבים ודורש משאבים רבים וכישורים מגוונים. ממר"ם, שהחל את דרכו כלשכת שירות למערכות גיהוליות, עבר מאז שנות ה-90 ממסגרת צרה של לקוחות מסורתיים לתמיכה בשטח בדרגי השדה. ממר"ם פרס רשתות תקשורת נתונים לדרג הנפרס ונתן שירותי ניטור ובקרה נרחבים. ממר"ם הוכיח לאורך זמן יכולת להשתנות ולהתאים עצמו להתפתחויות ולשינויים הטכנולוגיים.