



עיבוד נתונים אוטומטי

אל"מ עמיקם רייכמן



מערכת לחישוב ולעיבוד נתונים במרכז נאסא ביוסטון, טקסס.

המחשב האלקטרוני הראשון, המכונה „אניאק“, נבנה בשלהי מלחמת-העולם השנייה, על-ידי אוניברסיטת פנסילבניה, עבור מעבדות המחקר הבליסטיות של חיל-החימוש בצבא ארה״ב. מחשב זה, בעל 18,000 מגורות רדיו, הופעל לראשונה בשנת 1946. הוא היה מסוגל לבצע 5,000 פעולות חיבור בשניה ונועד לחישוב לוחות טווחים ומסלולים בליסטיים. בישראל הופעל מחשב אלקטרוני ראשון („וויצק“) במכון וייצמן למדע בשנת 1955. צה״ל הפעיל את המחשב האלקטרוני השני בישראל („פילקו“ 2000/211) בשנת 1961.

כיום מותקנים בעולם כולו כ-15,000 מחשבים ובישראל — כ-300. במשך שנת 1971 הוציא המשק הישראלי סכום של 272 מיליון ל״י בקירוב לעיבוד נתונים אוטומטי ולשימוש במחשבים למטרות מחקר.

נידול מדהים זה מעיד, ללא ספק, על שינוי לוב נמרץ ביותר של המחשב בכל תחומי המנהל, המחקר והמשק. אין לתאר כיום כמעט אף אחד מתחומי חיינו ללא המחשב; אך יש לזכור תמיד כי מידת התרועועות שגיתן להפיק מהמחשב עומדת ביחס ישר לשיעור הידע והתבונה של המפעיל. לים.

האדם נופל מן המחשב בשתי תכונות — דייקנות ומהירות; אך המחשב מסוגל לענות רק על שאלות הניתנות לפורמליזציה, בעוד שתפקידי ההערכה וההכרעה נשארו בידי האדם. המחשב אינו פוטר את האדם מההכרח לקבל החלטה. הוא משמש כלי-עזר בלבד, הוא מסייע לאדם בהספקת מידע ובעריכת-נתונים מושכ-לת; אך ההכרעה עצמה דורשת כושר שיפוט, שאינו ניתן לפורמליזציה. המחשב פוטר, על-כן, את האדם מהחישוב ולא מהחשיבה ובכך תרומתו לריבוי החלטות נבונות יותר. בשילוב מושכל של אדם-מחשב טמון הסיכוי להשיג החלטות טובות יותר.

לשם קבלת החלטה נכונה, בזמן הנכון, יש להביא בחשבון את כל הגורמים המשפיעים במערכת הנדונה והמשפיעים עליה, לנתחם במהירות ולהסיק מהם את המסקנות הדרושות.

עם הגידול העצום בכמות הגורמים קשה יותר לעכל את כמות הנתונים, לעבדם ולנתחם כדי לקבל את המידע הדרוש לשם מתן החלטות.

המחשב האלקטרוני הביא לתמורה המיוחלת, קידם את הגיהול המדעי והטכני ועזר להשיג יותר יעילות, תכנון, פיקוח ובקרה בשטחים רבים ומגוונים, כגון:

ניהול מערכות הספקה ופיקוח על המלאי, רישום כוח-אדם ותשלומים, ניהול חשבונות כספיים, הכנת מערכות תחזוקה, פיקוח על תהליכים תעשייתיים ועיבוד נתונים סטטיסטיים שונים. מערכות המחשב בים תופשות בהדרגה מקום מרכזי במגוון רחב של תחומים: מחקרים מדעיים, חקר ביצועים, חיזוי מזג-אוויר, משחקי מלחמה והערכות טקטיות, מעקב אחר לוויינים וכיוצא באלה.

מפנה המחשב

מחשב הוא מכשיר המסוגל לעבד נתונים לפי תכנית מוכתבת מראש ולספק תוצאות, לאחר שנמסר לו המידע הדרוש.

המחשב האלקטרוני בנוי מחמש יחידות: א. קלט (INPUT) — יחידת המחשב המאפשרת הכנסת נתונים ומתן הוראות למחשב.

ב. זיכרון (MEMORY) — יחידת המחשב שבה מאוחסנים הנתונים וההוראות הדרושים לצורך ביצוע עבודת המחשב. קיימות גם יחידות אחסנה חיצוניות — סרטים מגנטיים וכדומה — המשמשות לאחסון מאגרי נתונים הדרושים בעת העיבוד.

ג. יחידת עיבוד מרכזית (CENTRAL PROCESSING UNIT)

— יחידת המחשב שבה נעשות פעולות אריתמטיות ולוגיות לפי הוראות.

ד. פלט (OUTPUT) — יחידת המחשב לפליטת תוצאות החישובים, לאחר עיבוד הנתונים וההוראות שהוכנסו למחשב. הפלט מתקבל בשתי צורות עיקריות: פלט לשימוש של הצרכן — מתקבל בהדפסה, במיקרופילם, בכרטיסים מנוקבים וכדומה; פלט לשימוש חוזר במחשב כקלט — מתקבל על-ידי סרטים מגנטיים, תקליטים מגנטיים, כרטיסים מנוקבים וכיוצא באלה.

ה. בקרה (CONTROL UNIT) — יחידת המחשב המקבלת באמצעות הקלט את ההוראות, מעבירה אותן ליחידות האחרות של המחשב ומווסתת אותן.

המחשב הרווח בשימוש מנהלי ומסחרי, ולשימושים מדעיים רבים, הוא המחשב הספרתי. בעת הגשת הבעיה ובעת הטיפול בה על-ידי המחשב הספרתי מובעים כל הגדלים המשתתפים בספרות, בדומה למכונת-סיכום משרדית. יתרונו הגדול של מחשב כזה בכך, שמידת הדיוק שלו כמעט אינה מוגבלת, ותלויה רק במספר הספרות, שאנו מוכנים להקצות לכל אחד ממרכיבי הבעיה.

במחשב הספרתי יש להציג מראש הן את הבעיה והן את הדרך לפתרונה. בראשונה „מזינים“ את דרך הפתרון, הנקראת „תכנית“, אותה הוא שומר ב„זכרונו“; לאחר מכן מקבל המחשב את נתוני הבעיה. בתום ההזנה מתחיל המחשב בפעולה, הנעשית על-ידי ספרות (שהן בדרך-כלל הספרות הבינאריות 0 ו-1).

המחשב הרווח בשימוש טקטי, כשהוא צמוד לכלי כלשהו ומשרת אותו בלבד, הוא המחשב האנאלוגי. במחשב האנאלוגי נפתרת הבעיה על-ידי יצירת מצב, הוזה מבחינה מתימטית למצב הנחקר. כאן משולבים מתחים חשמליים, שהיחסים המתימטיים ביניהם זהים ליחסים המתמטיים שבין גורמי הבעיה. נמחיש זאת בדוגמה הבאה:

טיל משוגר בכיוון מסוים. הטיל מצויד במחשב, שתפקידו למנוע סטיות בכיוון. כדי לחוש בסטיות כלשהן מן המסלול, נעזר המחשב בגירוסקופים הקבועים בטיל, וכדי לתקן אותן הוא מפעיל מנועי-הדף הפועלים לצדדים ומשנים את כיוון הטיל. כאשר הטיל סוטה ממסלולו, נוצרת זווית בין כיוונו של גוף הטיל ובין כיוון הציר של הגירוסקופ. זווית זו מתורגמת

למתח חשמלי הנמסר למחשב. כתוצאה מכך מפיק המחשב מתחים חשמליים אחרים, הנמסרים למנועי ההדף המתאימים ומפעילים אותם. הודות לפעולתם קטנה זווית-הסטיה של הטיל עד לאפס, ואז מפסיק המחשב את פעולת המנועים.

לעתים טס הטיל, זמן מסוים, בכיוון בלתי-נכון ולא ניתן לאפס את זווית הסטייה, אלא יש צורך לתת לטיל כיוון-סטייה חדש. במקרה כזה על המחשב לפתור משוואה דיפרנציאלית מסובכת למדי, שבה מופיעים גורמים כגון זווית הסטייה, המרחק שעבר הטיל, מהירותו, התאוצה שתמסר לו על-ידי סילונו הצידוד ועוד. הגורמים הללו הם ברובם פונקציות של הזמן. במחשב מתורגמים כל הגדלים למתחים חשמליים, שהקשר המתימטי ביניהם הוא כקשר בין אותם הגדלים במשוואה עצמה. תוך כדי הפעלת סילונו הצידוד משתנים הגדלים במשוואה, וכאשר היא מראה על תיקון תוצאת הסטייה, נפסקת הפעלת הסילונים. מחשב אנאלוגי אינו צריך לאחסן בתוכו „תכנית“, ולכן אינו זקוק ל„זיכרון“.

מערכת הנחיה לטיל HARPON של הצי האמריקני. המערכת מסוגלת להנחות טיל זה בשיגור ארוך, ימי או תת-ימי כלפי מטרות שטח ימיות.

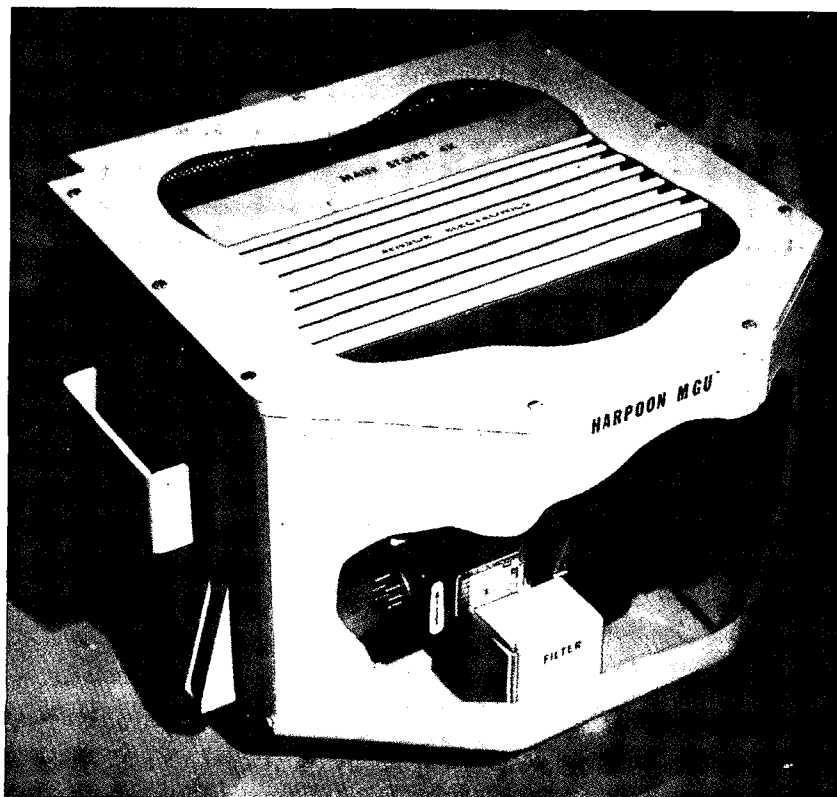
שימושי המחשב

יש להבחין בין עיבוד נתונים מנהלי לבין עיבוד נתונים מדעי. בעיבוד נתונים מדעי, מנוצל המחשב לחישובים מתימטיים מסובכים. מאפיין את אופן העיבוד המדעי — מיעוט נתונים כחומר גלם למחשב, עבודה רבה בתוך הזיכרון ומיעוט החומר היוצא במוצא סופי.

עיבוד הנתונים המנהלי מצטיין בעבודה רבה בקליטת נתונים כחומר גלם לעבודה במחשב, במיעוט עבודה בזיכרון ובריבוי עבודה בפליטת דוחות שונים כמוצר סופי. עיבוד הנתונים המנהלי במחשב מאפשר למפקד להחליט על-סמך נתונים מהימנים ועדכניים. אם הנתונים אינם מעודכנים או שאינם מדויקים, ההחלטה שתתפול תהא תלושה מן המציאות. אחת המטרות הראשיות בעיבוד הנתונים המנהלי היא להציג בפני המנהל המחליט אותם הנתונים, שיעזרו לו בתיאור המצב הקיים. כן מנוצל המחשב לביצוע שגרות מנהליות, כגון: הכנת משכורות לעובדים ותמחיר עבודות.

נמחיש את שימושי המחשב בשתי דוגמות:

סימולציה. נניח שמדובר בטיל העו-



קב אחר מטרה נעה כדי להשמידה; חשוב לדעת מראש מה יהיו סיכויי הפגיעה שלו בנסיבות שונות, ומהם התנאים הגבוליים (מרחק המטרה, כיוון תנועתה, מהירותה) שבהם עדיין יש סיכוי סביר לפגוע בה. כדי לענות על שאלה זו יש צורך, לכאורה, לערוך מספר גדול מאוד של ניסויים, תוך שיגור טילים למטרות נעות בכל צירי רופי-הנסיבות האפשריים. במקום זה מוזנים למחשב נתונים, המתאימים לצירופים השונים של מהירויות, מרחקים וכיוונים. במילים אחרות: יוצרים במחשב סימולציה (דימוי) של צירוף נסיבות מסוים. בתגובה עלי-כך משנה המחשב, כביכול, את מהירות הטיל או את כיוונו, ויוצר צירוף חדש של נסיבות. החוקרים, העוקבים אחר הנתונים שהמחשב פולט ברציפות, יכולים לקבוע אם באותם תנאים מקוריים יפגע הטיל, בסופו של דבר, במטרה אם לאו. פעולה כזו יכולה להיעשות לגבי מספר רב של תנאים התחלתיים ואת המסקנות הנובעות מכך ניתן לבקר עלי-די דגימה, תוך ביצוע כמה ניסויים בטיל ובמטרה ממשיים.

ניהול מלאי. ניתן להבחין בסוגי-מלאי שונים, כגון: מלאי חומר-גלם של מפעל יצרני, מלאי חומר-גלם בתהליך, מלאי של מוצרי ביניים, מלאי של מוצרים מוגמרים למכירה, מלאי חומרי-עזר ומלאי בטחוני.

קיימת תמיד מגבלה של אמצעים, שמאלצת להתחזק כמות מלאי פחות ככל שניתן. נוצרת, איפוא, התנגשות אינטרסים: הארגון רוצה להחזיק מלאי גדול, כדי למנוע הפתעות בלתי-צפויות; אולם, אחזקת מלאי עולה כסף. ההוצאות על המלאי הן עלות הזמנה, ריבית על ההון המושקע, ביטוח המלאי, עלות אחסנה, התבלות פריטים, התיישנות ועוד. המטרה העיקרית בניהול מערכת מלאי היא הספקת הצרכים של הארגון במינימום הוצאות.

נתאר שלבים בפתרון בעיית המלאי בעזרת המחשב:

- בשלב ראשון — המחשב קולט את רישומי התנועות של המלאי, פועל לגיפוי שגיאות ומוציא דוחות לתיאור מצב המלאי של כל הפריטים בכל המחסנים.
- בשלב שני — המחשב משתמש בנתונים שהצטברו אצלו מתקופה קודמת, עורך חישובים סטטיסטיים וממליץ על תקנים לרמת ההזמנה, כמות ההזמנה,

מלאי מינימום, מלאי מקסימום, מועדי הזמנה וכדומה. התשובות לשאלות הללו מונחות בפתרון מודלים מתימטיים, שנבנו לצרכים אלה. המחשב מאפשר את השימוש באותם מודלים מתימטיים, שמביאים את המלאי למצב אופטימלי.

• בשלב שלישי — המחשב פולט באורח אוטומטי שוברי ניפוק ליחידות השונות; וכל זאת עלי-די מערכת מסובכת של חוקים ושיקולים סטטיסטיים. המחשב מוציא גם הוראות רכישה של מלאי מחוץ לארגון הנדון.

שלבים בהפצת נוצה למחשב

הגדרת הנושא וניסוח מטרותיו. כל נושא הכולל עיבוד נתונים, ידני או ממוכן, משרת מטרה מסוימת. בדרך-כלל ישנם צרכנים רבים הנהנים מעיבודים הכלולים בנושא. הסבתו של הנושא מעיבוד ידני לעיבוד ממוכן משמשת הזדמנות לנסח מחדש את מטרותיו לאור המציאות המשתנה, לבחון את אופן ניהולו ולהתירשם מהתועלת שמפיקים ממנו צרכניו.

ניסוח המטרה יכול את כל מרכיביה, תוך אבחנה בין המטרות העיקריות שעבורן מנוהל הנושא, לבין אלה המושגות כתוצר-לואי.

לימוד המצב הקיים. יש ללמוד ביסודיות את כל הנהלים המגדירים את אופן פעולת הנושא בהווה, ואת דרך ביצועו השוטף של הנושא. שלב זה יכול גם פגישות עם צרכני הנושא וקבלת סקירות על כל ההיבטים של.

ביצוע הנושא כולל לרוב מערכת של דיווחים מסוגים רבים. יש לבדוק אם אמנם קיים צורך בכולם, או שישנם כאלה אשר אינם נחוצים כלל והפקתם נעשית רק בדרך שגרה.

הנושא נחלק בדרך כלל למספר מהלכים, שכל אחד מהם מהווה שלמות נפרדת. לעתים ניתן לאחד מספר מהלכים בעת מיכון הנושא. יש לאסוף גם נתונים כמו-תיים על כל הפעולות המתבצעות בנושא, על ה"תנועות" המטופלות בו ועל הרישומים הנעשים בהן.

הצעת שיטות ראשוניות. קיימות מספר חלופות יסודיות ל"תקיפת" הנושא, הן מבחינת ארגון כלל המערכת והן מבחינת סוגי הציוד והתוכנה למיכון הנושא. בשלב זה יש להתחשב בכל ההשלכות שתהיינה למיכון הנושא ובכל הבעיות שהן תעוררנה: בעיות של הנדסת-אנוש,

שלבי המעבר מעיבוד ידני לעיבוד ממוכן, האמצעים הדרושים למיכון הנושא (כוח-אדם לסוגיו השונים, אמצעי מחשב, הקמת מאגרי הנתונים הבסיסיים וכדומה).

בכל חלופה יש לפרט את השלבים במיכון הנושא. קיימת אפשרות להעמיק את המיכון ככל האפשר כבר בשלב ראשוני; לעומת זאת יש הדוגלים במיכון הדרגתי תוך הצבת מטרות ביניים. בדרך האחרונה ייתכנו משימות הדרושות לשלבי הביניים, שאינן דרושות למיכון בצורתו הסופית. יש בכך חסרון, הואיל וחלק מהעבודה שתיעשה יהיה מיותר. מאידך-גיסא מאפשרת שיטה זו להרגיל את המערכת למיכון ללא זעזועים ולהפיק ממנו תועלת בשלבים מוקדמים למדי. בשיטה הראשונה — של מיכון מושלם ללא יעדי ביניים — לא נעשית עבודה מיותרת, אולם לוח-הזמנים יהיה ארוך מאוד וכן יתארך השלב של לימוד המערכת עלי-די הצרכנים. עדיף, לפיכך, לבצע מיכון בשלבים.

כל הצעה לאופן מיכון הנושא תכלול גם הערכות לעלות ביצועה.

בחירת השיטה. בחירת השיטה לא תיעשה עלי-די הדרג העוסק ישירות במיכון. בכך תובטח ראייה כוללת של המערכת בעת ההחלטה. הדבר גם ימנע את החשש, שהשיקולים לבחירת השיטה יושפעו עלי-די הקשיים המקצועיים-תכנוניים ולא מטובת הנושא עצמו. מטבע הדברים יש להנחית, שאנשי המיכון יהיו "משוחזרים" ויעדיפו, אפילו באופן בלתי-מועד, שיטה שתהיה נוחה מבחינת המחשב, הגם שתערים קשיים על כלל המערכת.

בבחירת השיטה יש גם מקום לקביעת אותן מטרות ביניים המתחייבות ממנה, כולל לוח-זמנים משוער להשגתן.

בחירה מפורטת. מטרת שלב זה היא הוצאת תיק בחינה, שיתארו בו כל הפרטים המרכיבים את הנושא: מאגרי הנתונים הדרושים, מבני הרשומות, מהלכי העדכון. בדיקות הסבירות והתקינות שתתבצענה לגבי כל נתון, מהלכי הפקת הדוחות, התפוצה של כל דוח, תחומי אחיזת ריחוק, קשרי-הגומלין בין אנשי המיכון לצרכנים וכיוצא באלה. תיק הבחינה יכלול דוגמות לכל הטפסים שישולבו בנושא ויפרט את תהליך זרימתם. כן יכלול דוגמות הדוחות שיופקו בו ופירוט המידע שייכלל בכל אחד מהם.

תיק הבחינה חייב לכלול את הפרטים ה-

באים לכל מהלך: הקלט של המהלך, הפלט שלו והאופן בו יתקבל הפלט מה-קלט (הפלט אינו רק דוחות מודפסים אלא גם קבצים הנוצרים על-ידי המהלך). תיק הבחינה ישמש מסמך מנחה לתכנית-נים וחייב לענות לכל השאלות שתתעוררנה בעת התכנות.

תכנות וניפוי. בשלב זה נעשית כבר עבודה מעשית במיכון הנושא. יתכן, כמובן, שמהלכים שונים ייכתבו בשפות-תכנות שונות. יש להרכיב מספר קבוצות-תכנות שתפעלנה בעת ובעונה אחת, ויש להבטיח את התיאום ביניהן. שלב זה מעסיק בדרך-כלל מספר רב של אנשים, והעבודה נעשית במקביל.

אין הבדל ברור בין שלב התכנות לשלב הניפוי. רצוי מאוד לנפות כל קטע תכנית בנפרד ולמוג את הקטעים לתכנית רק לאחר שברור שכל קטע פועל כהלכה. לשיטת עבודה זו יתרון נוסף: טבעי הוא, שבעת הניפוי יהיו מרווחי זמן רבים, שבהם מחכה התכנית לסיום הריצה וקבלת הדפסות. זמנים אלה ינוצלו להתקדמות בכתובת אותם קטעי תכנית שטרם נכתבו. התחלת הניפוי רק בתום כתיבת התכנית תמנע עבודה במקביל, ותביא לאבטלה מאונס של כוח-אדם מעולה ויקר. ניסוי. לאחר שנסתיים ניפוי של כל התכניות, יש לאחד אותן למערך הכולל ולעבור לשלב הניסוי.

כל תכנית מיועדת לפעול במגוון רב של נתונים. יש לבדוק אם התכנית הולמת כל הרכב של נתונים. לשם כך יש להרכיב „נתוני-ניסיון“, שתוצאותיהם ידועות מראש, ולהריץ את התכנית עבורם. הרכבת „נתוני הניסיון“ מהווה מרכיב חשוב ביותר. אם לא ייכללו בהם כל המקרים האפשריים, יתכן שלא ייבדקו מעברים מסוימים בתכנית, ושגיאות יתגלו רק בעת הפעלתה המעשית של התכנית. במערכים מורכבים נהוג לקבוע פרק זמן (של מספר חודשים), שבו יופעל המערך הממוכן במקביל להפעלת המערך הידני. בתקופה זו תתבצע השוואה מלאה בין שני המערכים, ויש להניח שתתגלינה שגיאות, שלא נמצאו בריצות הניסוי. אין כל ביטחון שבשלב הניסוי, ויהיו יסודיים ככל שיהיו, תתגלינה כל השגיאות במערך. יש, לפיכך, לצפות לגילוי שגיאות בעת הפעלת המערך, באותם המקרים שמסיבה כלשהי לא נבדקו בעת הניסוי.

הפעלת המערך ואחזקתו. כתום הניסוי וההפעלה במקביל, יוחל בהפעלתו הסדירה של המערך הממוכן. לקראת שלב זה יש לבצע הכנות ארגוניות הכוללות, בין היתר, את הדרכת הצרכנים. אין המערך הממוכן „נחתם“ עם השלמתו. מסיבות רבות יש צורך בהכנסת שינויים מתמידים אף במערך המושלם ביותר. דבר זה נובע, בין השאר, מההיזון החוזר-המתקבל מהצרכנים. לכן, יש להקים לכל מערך צוות, שיהיה אחראי לאחזקתו-השוטפת ולהכנסת השינויים המתבקשים. קיים מחזור-חיים בכל מערך, ולאחר מספר שנות הפעלה מתברר שיש צורך לבנות אותו מחדש. מובן, שבעת הבניה החוזרת בא לידי ביטוי כל הניסיון שהצטבר הן בבניית המערך הקודם, הן בהפעלתו והן במידת התאמתו לדרישות-הצרכנים.

פעילות פיישוב מערכי מחשב

תגובת הסביבה הארגונית. לכל מערכת נטיה לשמרנות, וכל רצון להכניס בה שינוי נתקל בהתנגדות. תכונה זו באה לידי ביטוי מובהק בהסבת מערכת ידנית למערכת ממוכנת. לגבי העוסקים בנושא זוהי מהפכה של ממש; לכן יש צורך בפעולות ממושכות של הכשרת הקרקע לביצועה.

אחת הבעיות המרכזיות במיכון נושא הוא הזמן הממושך הנחוץ להשלמת הפרויקט. במשך זמן זה חייבים אנשי המחשב להטריד באופן ניכר את העוסקים בנושא ולקבל תשובות מדויקות לשאלות מפורטות; כל זאת, בלי שאנשי המחשב יוכלו להצביע על הישגים מיידיים בבניית המערכת. בניגוד לפרויקטים מסוגים אחרים (כגון בינוי), אין אפשרות לעקוב באורח חזונית אחר ההתקדמות בעת הביצוע, והאפשרות היחידה היא לקבל את דיווחיהם של אנשי המחשב. לעתים קרובות יקרה, שהאנשים שעסקו בנושא בעת מיכונם וטרחו בכך רבות (מרצונם או בעל-כורחם), לא יהנו מפרותיו בעת הפעלת המערכת הממוכנת. קשה לאנשים, שאינם מעורים בתחום-המחשבים, להשלים עם כל הבעיות שנמנו לעיל, והדבר מהווה גורם נכבד בהימנעות ממיכון נושאים, אשר מטבעם מתאימים לכך.

הפעלת מערך ממוכן מנטרלת דרגי-בניניים, הואיל והדרג המחליט יכול לשאוב מידע ישירות ממאגרי הנתונים. יש למצוא

פתרון גם לבעיה זו, המהווה אחת הבעיות שבתחום הנדסת-אנוש המתעוררות בעת הבאת נושא למחשב.

קיים יחס דו-משמעי כלפי המחשב. מחד-גיסא, קיים חשש מפני „השתלטות“ המחשב, ומאידך-גיסא — קיים אי-אמון מסוים בנתונים המאוחסנים בו; רבים מעוניינים, לכן, להחזיק ברשותם אותם נתונים בשלמות, ואינם מסתפקים בדוחות נבחרים שיכילו חריגים בלבד. לקראת הפעלת המיכון יש לבצע פעילות הדרכה והסברה ענפה, שבה יובהר לצרכנים כי גם במערך הממוכן מהווה הגורם האנושי את המרכיב העיקרי. רק הזנתו המדויקת של המחשב בנתונים, תוך בקרה מתמדת על איכותם וביקורת מתמדת על הדוחות המופקים במערך, תבטיח את יציאותיו. עם זאת יש להתייחס לנתונים במחשב כאילו היו ברשותו של כל אחד מהצרכנים, הואיל וניתן להוציא בעת-הצורך כל נתון בפני עצמו וכן להפיק דוחות סטטיסטיים מגוונים.

עלות ההפעלה. אין מקום לדעה כי מיכון נושא יחסוך כוח-אדם או כספים. נהפוך הוא, לנושא יידרש כוח-אדם מעולה ויקר יותר, וגם אמצעי המחשב אינם זולים כלל ועיקר. המעלות העיקריות עליהן ניתן להצביע הן האמינות שבה ינוהל הנושא, וזמן התגובה הקצר לקבלת המידע. בשום אופן אין לצפות לחיסכון כספי, שיושג על-ידי מיכון.

יש להעריך את העלות בשלב מוקדם למדי, בו אין עדיין מידע מלא על היקף הנושא ומכלול ההשלכות שתהיינה למי-כנו. לכן יש לעדכן את הערכת העלות מדי פעם, ככל שקרבים להשלמתו של המיכון.

עלות ההפעלה השוטפת מושפעת ישירות מכמות התנועות בהן מטפל הנושא. כמות זו עולה ככל שהנושא מתרחב. יש להעריך עליה זו ולחשב בעקבותיה את עלות הנושא והאמצעים שיידרשו עבורו, עם חלוף השנים.

יש להעריך בנפרד את עלות הקמת-המערכת, בהתבסס על ממצאים נוספים שיתגלו מעת לעת.

מיומנות מקצועית. אין לנתק את הצרכנים ממערכת המחשב. כדי לזכות באמונם ובשיתוף-פעולה מצדם, יש צורך לקרבם לנושא המחשב על-ידי השתלמויות, ימי-עיון וכדומה. כדי שהמערכת

המשך בעמ' 42

קיים חוסר-איוון בכוחות קונבנציונאליים בין ברית וארשה לבין נאט"ו. הנחיתות של נאט"ו נובעת מדוקטרינה מיושנת. לנאט"ו עדיפות על ברית וארשה באוכלוסיה (54%), בתוצר לאומי גלמי (167%), בתקציבי הגנה (120%) ובכוח-אדם. אחרי מלחמת ויאטנם (25%) — ובכל זאת, לברית וארשה עדיפות צבאית קונבנציונאלית.

מטרות נאט"ו הן — הרתעה והגנה, אך נאט"ו (ובמיוחד ארה"ב) מקיימת כוחות רבת-תכליתיים בעלי אופי התקפי, נייד מאוד, שאינם מרתיעים ביותר משום שכוחות אלה אינם חזקים בשלב ההתחלי של עימות צבאי, והם מצוידיים בנשק גרעיני טאקטי הפוגם ביציבות. כוחות ברית וארשה חזקים מאוד בעין, בנשק קונבנציונאלי, ובמיוחד בארטילריה ושריון.

הדוקטרינה הסובייטית גורסת מתקפת-בזק, וכוחות היבשה של ברית וארשה מותאמים לזה. לנאט"ו עדיפות פוטנציאלית בכמות ובאיכות — אך ברית זו זקוקה לזמן כדי לפתח כוחות אלה. הדוקטרינה שלה שמה דגש על הרתעה גרעינית, על חשבון ההגנה הקונבנציונאלית. בזמנו היה איוון בין ההרתעה הגרעינית של נאט"ו ובין ההרתעה הקונבנציונאלית של הגוש המזרחי. כאשר חדל העולם להאמין באפשרות של שימוש בנשק גרעיני (מחשש הסלמה למלחמה גרעינית טוטאלית), עבר היתרון לצד הסובייטי, וזאת שעה שהגיעה ברה"מ לשוויון עם ארה"ב במישור הגרעיני-אסטרטגי.

כדי לקיים מאזן-כוחות צבאי צריך כל צד לקיים כוחות שקו-לים בכל שלושת המישורים: קונבנציונאלי, גרעיני טאקטי וגרעיני אסטרטגי, או לפחות ביתרון במישור אחד על נחיתות במישור אחר.

אבד הכלח על אסטרטגיה של גמול גמיש ומודרג. גישה זו עלולה לפתות יריב למבצע-בזק, שיסתיים במו"מ אשר יגרום להתפוררות נאט"ו. באשר לאפשרות המעבר מנשק גרעיני טאקטי לנשק גרעיני אסטרטגי, ולאפשרות של פיתוח נשק גרעיני קטן ונקי, זהה דעתו של קנבי עם דעת „אקונומיסט". יתרה מזו, האירופים סולדים מהגנה קונבנציונאלית מחשש, שהיא תדחה את מימוש ההרתעה הגרעינית-אסטרטגית — שעה שהלחימה תהיה נטושה על אדמתם. קנבי חולק על דעה זו. לדעתו, יש לחזק את הכוח הקונבנציונאלי של נאט"ו, כדי לאפשר לחימה קונבנציונאלית בלבד — שלא תימשך זמן רב, משום שיופעל „הקו החם" כדי למנוע שואה גרעינית.

לחימה קונבנציונאלית קצרה לא תביא הרס נרחב באירופה (להבדיל ממלחמת-העולם השנייה, שגרמה הרס רב משום שהיתה ממושכת).

לדעת קנבי אפשר להזייל את ההגנה הקונבנציונאלית של נאט"ו על-ידי יעול ושכלול ופריסה מחדש של כוחות. יש לעבות את הגנת אירופה המערבית — במקום לדאוג כל-כך לאגפים. אם תתמוטט אירופה המערבית, לא יהיה טעם בכל הכוחות שבימים ובאגפים.

ועוד: ההוצאות הגבוהות על לחמה נגד-צוללות (15% מהוצאת ההגנה של ארה"ב ו-13% מהוצאות נאט"ו) אינן תואמות את צרכיה האסטרטגיים של נאט"ו. המוקד הוא ביבשה, באי-רופה המערבית, ושם חייבת לבוא ההכרעה במבצע מהיר וקצר. הכוח הגרעיני הפרוס באוניות ארה"ב ביס-התיכון — פגיע למדי לכוח הימי הסובייטי המוגבל המשייט בים זה.

ארה"ב מוציאה יותר ממחצית הוצאותיה על נאט"ו — לקיום יכולת לחימה ממושכת. רבע מההוצאות מושקע בהגנת האגפים. פחות מ-30% מושקעים ישירות ביכולת לנהל מלחמה קצרה באיזור המרכזי, המכריע. אין קנבי מציע לבטל את הסעיפים האחרים, אך הוא ממליץ להשקיע יותר — במרכז, ובכוחות קונבנציונאליים תכליתיים.

כוח התקפי, מסביר קנבי, זקוק לסנקים רבים ויקרים. כוח הגנתי יכול להמיר סנקים בנשק נ"ט (ולהשתמש באגרופי-סנקים להתקפות-נגד). כוח התקפי זקוק למערך תחזוקה גדול ויקר. כוח הגנתי יכול להישען על מערכים אזוריים ומצבורים מוכנים מראש. עימות קצר אינו כרוך באחזקה רבה.

הבדל חשוב אחר, שעליו מצביע קנבי בהשוואת נאט"ו עם ברית וארשה, קשור אף הוא בהבדל הגישה — בין עימות קצר לבין מלחמה ממושכת. ברית וארשה גורסת החלפת יחידות שלמות, אחרי עמידה נמרצת בקריאה וספיגת אבדות ניכרות. בנאט"ו גורסים תחלופות של בודדים. החלפת יחידות שלמות תואמת לחמת-בזק, קונבנציונאלית או גרעינית. היא מאפשרת גם את ארגון העתודות ביחידות שלמות.

ביקורתו של קנבי נועדה להיות חומר למחשבה, ואחד הלקחים העיקריים שאפשר להפיק ממנה הוא — שכל מערכת ביטחון חייבת לבחון מחדש את הנסיבות, כפעם בפעם, ולסגל עצמה להן, שאם לא כן יאבד עליה הכלח והיא תהיה בזבונית ובלתי-תכליתית.

(המשך מעמ' 37)

הסתגלות לשינויים. כאמור לעיל, אין בנמצא מערכת „סופית", שתופעל במשך שנים ללא שינוי. במערכת יוכנסו שינויים ותוספות באופן מתמיד, הן כתר-צאה מדרישות נוספות של הצרכנים, והן

ביוזמת אנשי המחשב, הנובעת ממוצרי ציוד או תוכנה חדשים, שהשימוש בהם יהיה לטובת המערכת. יש למערך ממוכן חוקיות-חיים משלו, ובהתאם לה נדרשים כל אלה שיש להם זיקה אליו להיות נכונים לקבל כל רעיון חדש, ולבחון את התועלת שביישומו ב-

הכרת האופי של עבודת מחשב ומיכון תקל על כל העוסקים בכך במילוי תפקידם במערכת ותאפשר קליטתה ללא זע-זועים.

הממוכנת תפעל כשורה, יש צורך בכוח-אדם בעל ידע בנושא המחשב גם בקרב הצרכנים.

מובן שהאתראים להפעלת הנושא ביחידת המחשב יהיו אנשי מקצוע מיומנים בכל מקצועות המחשב: תכנות, הפעלה, אח-זקה וכדומה. כמו-כן יידרש כוח-אדם ל-טיפול בקלט ובפלט, שיהיה סמוך ליחידת המחשב וימלא תפקידים של סימול, ביקורת, הפצה וכיוצא באלה.