

# ממשקים בין אדם למערכת

ההערכה הרווחת היום היא, שהשקעת משאבים בתחום ממשקי האדם והמערכת, תוך יצירת תנאי עבודה נכונים, חשובה וכדאית מאוד, והיא זו שתניב תשואה גבוהה על-ידי שיפור האפקטיביות של המערכת.

קיימת תופעה של יתר מידע ("התפוצצות האינפורמציה"), והיא כבר נותנת את אותותיה ופוגמת בתפקוד של מפעילי מערכות מתוחכמות וביעילותם של מפקדים בצבא. היכולת להעביר באופן מבוקר את המידע הנחוץ בעיתוי מדויק, ובלי לגרום בלבול והצפה, טמונה בתכנון נכון של המערכת, ובמיוחד בטכנולוגיות של הממשקים. פיתוח הטכנולוגיות האלה יסייע גם בנושאים חשובים אחרים, כמו מיון ובחירה של כוודאדם למשימות, וכן בתכנון ובביצוע האימונים.

ניתן להגדיר שלושה תחומים עיקריים של הטכנולוגיות:

## אמצעי עבודה למפעיל, עמדות צוות

אלה הן טכנולוגיות הקשורות לצגים, לבקרים ולתקשורת ולפיקוד קוליים (עם המערכת). אליהן נוספות טכנולוגיות חדישות של תצוגות קסדה, מציאות מדומה וממשקים ביראדפטיביים.

התנאים שבהם האדם פועל ורמת הנוחות והבטיחות המוקנית לו מהווים גם הם מרכיב חשוב במכלול. לכן יש לתכנן את עמדות העבודה, בעיקר בפלטפורמות לוחמות (טנק, מטוס, אונייה), תוך הקפדה על יעילות, בטיחות וקיום תנאי סביבה נאותים, הכוללים מיגון אישי וסביבתי.

## טכנולוגיות לניהול מידע

אלה הן טכנולוגיות הקשורות בפיתוח עזרים לארגון ולעיבוד מידע ולסיוע ולייעוץ בקבלת החלטות. להלן כמה אמצעים שונים: "מערכת מומחה" ובינה מלאכותית, אוטומציה, הצגת מידע חזותי ומולטימדיה, ממשקים של האדם למחשבים ואמצעים לשיפור תפקוד הצוות.

## אמצעי עזר לתכנון המערכת ולתחזוקתה

אלה הן טכנולוגיות להקמה, להפעלה ולתחזוקה של

עידן המערכות האוטונומיות לחלוטין עודנו רחוק, ולמעשה כל המכונות והמערכות שאנו מכירים היום מתופעלות, במידה מלאה, או חלקית, על-ידי האדם. לכן יש חשיבות רבה לממשקים, שהם חוליית הקשר בין המפעיל האנושי ובין המערכת המתופעלת. בין אם מכנים זאת "הנדסת אנוש", ממשק אדם-מכונה, או ממשק אדם-מערכת, הכוונה היא לאותם אמצעים, היוצרים את הקשר ומאפשרים את האינטגרציה של האדם והמכונה למכלול אחד. במרבית המערכות החדישות של אמצעי-הלחימה, זהו, למעשה, המפתח העיקרי להישגים וליעילות מבצעית. בעבר עסקו בכך ברמת הרכיבים, כמו צגים,

בקרים, או עמדות עבודה, שיצרו יחד את מכלול החומרה. התפיסה החדשה חורגת מעבר לכך. היא שמה את הדגש על המערכת השלמה, שכוללת בתוכה את האדם כחוליה קריטית. האופטימיזציה של הביצועים מושגת כאשר האדם נמצא בתוך החוג, והגישה של המתכנן חייבת להיות רב-דיסציפלינרית. יש להתחשב בנתונים הפיזיולוגיים והפסיכולוגיים של האדם ובמקביל לנתונים הטכניים-הנדסיים של הציוד, לחישובי חקר הביצועים ולהנדסת המערכת.

## אל"ם (מיל') יעקב צור

המערכות יהיו רבות יותר. תשתפר הערנות והמודעות של המפעילים לתמונת המצב המרחבית. הסיכויים לטעות אנוש יצטמצמו באופן משמעותי. המשימות השגרתיות יוסבו לביצוע אוטומטי. תשתפר היכולת של המפקד לקבל החלטות טקטיות, ותגדל ערנותו האישית למתרחש סביבו, וכך גם הערנות הכוללת של הצוות. התופעות האלה, בשילוב עם עזרים חדשניים כמו ראייה ממוחשבת ומציאות מדומה, יאפשרו בעתיד לקצץ באופן ניכר את היקף החומרה ואת כמות המפעילים בצוות ובהיבט גם להפחית את עומס העבודה של המפעיל הבודד. מפעיל אחד יוכל לטפל בשליטה ובבקרה של כמה מערכות במקביל.

לאמצעים שיפותחו תהיה השלכה גם על תהליכי התכנון של המערכות בכלל וממשקי אדם-מערכת בפרט. צפוי, כי הזמן והעלות של התכנון יירדו כדי מחצית כתוצאה מתהליכי סימולציה, המדמים את המפעיל בחוג, וכתוצאה מבדיקה מקוצרת ויעילה של היתכנות באמצעות מציאות מדומה. יהיה קל יותר לגבש חלופות, המבוססות על ידע אמפירי, תוך שימוש רחב ביכולת סימולציה ותכנון מחשב. תהיה מעורבות עמוקה יותר של המשתמש בתהליך התכנון.

### אמצעי הפעלה ועמדות עבודה

כאמור לעיל, המגמה היא להגדיל מאוד את "רוחב הסרט" של התקשורת בין המפעיל והמערכת. הציוד המקובל כיום מחייב את המפעיל להשתמש בידיות, בלחיצים ובמגעים מסורבלים, ובצגים חזותיים וקוליים. כל אלה יוצרים צוואר בקבוק כאשר הוא מחויב לבצע במוחו פעולות רבות של אינטגרציה וטרנספורמציה של מידע. ההתפתחות הטכנולוגית תאפשר יצירת צגים שטוחים גדולים, צגים תלת-ממדיים ותצוגות קסדה, שירחיבו באופן משמעותי את הערוץ החזותי, ויתאימו יותר ליכולת החושית האופיינית של המפעיל האנושי. הדבר ישפר את המודעות והערנות המבצעית, החשובה מאוד בעת הפעלת אמצעי לחימה.

בסיסי נתונים גדולים, שיכילו מידע בנושאים הבאים:

- היכולת והמגבלות של האדם (חושים, תפיסה, למידה, אנתרופומטריה, פסיכולוגיה קוגניטיבית ועוד).
- השפעת מצבי לחץ מבצעיים על ביצועי האדם.
- השפעת עומס העבודה והעומס הנפשי על ההתנהגות.
- מודעות וערנות למצב, יכולת קבלת החלטות.
- מודלים מחשביים, סימולציות, כלים וטכניקות לניסויים ראשוניים להערכה.
- תוכניות מחשב לתכנון משופר של ממשקים.
- אמצעי סימולציה של מפעילים.
- אמצעים לאנליזה של ההיבט התחזוקתי-לוגיסטי, הקשור במפעיל.

## תחזיות להישגים בעשור הבא

בתחום הנדסת אנוש קיים קושי לכמת הישגים. למרות זאת ניתן לחזות, כי תוך כעשר שנים ניתן להגיע ליכולות חדשות, שאינן קיימות היום, אשר יושגו באמצעות השקעת מאמצי מחקר נאותים, בדרך האבולוציה ובאמצעות קפיצות ומהפכים. מערכות חדשות, מתוכננות היטב, המבוססות על טכנולוגיות מתקדמות, יתרמו להישגים, שיבואו לידי ביטוי בשיפור תפקודו של המפעיל הבודד ובהיבט בשיפור תפקודו של הצוות. ישתפרו היכולות של החישה, של עיבוד וקליטת מידע, העמידה בעומס ולחץ, הגמישות והזריזות בקבלת החלטות ויכולת הבקרה והשליטה במצב. הציוד והתוכנה יסתגלו ויותאמו למשתמש, לתפקידו, למומחיות שלו ולהעדפותיו האישיות. כל אלה יחדיו ישליכו על רמת הביצוע של המשימה הקרבית.

### הערכות

ישתפרו מאוד אמצעי התפעול והממשקים בעמדות העבודה, ובסוף התקופה ייעשה שימוש בבקרים ובצגים מסתגלים (אדפטיביים). "רוחב הסרט" של זרימת המידע והבקרה יגדל מאוד, הגמישות והזריזות הפעולה של

## אמצעים לניהול המידע

הצורך לטפל בכמויות גדולות של מידע מעמיד אתגר גדול בפני מתכנני הממשקים שבין המפעיל ומערכות המידע. המפעיל העתידי יהיה חייב לעבוד בסביבה עתירת מידע, בין אם הוא קצין גבוה ובין אם הוא חייל פשוט. צריך לפתח לו ממשקים נכונים וקלים לתפעול, כדי לחבר אותו כנדרש למערכות האוטומטיות, למערכות המבוססות על מחשבים ולכלל בסיסי הנתונים. עליו להיות בעל הבנה באמצעי העזר האינטליגנטיים שיועמדו לרשותו ולתת בהם אמון, שאם לא כך לא יצלם כראוי ואף יעשה יותר טעויות. האמצעים המסייעים לקבלת החלטות יבטיחו שיפור באיכות בקצב קבלתן, בהפחתת עומס העבודה האישי, וביכולת להקטין את הצוות הדרוש למשימה.

הממשקים עם המחשבים יאפשרו למפעיל להתרכז בעבודה ישירה על המשימה בלי שייצטרך לתת את דעתו לתוכנה שתהיה "שקופה" למפעיל. למפעיל תהיה יכולת להכללה, להבנה ולניצול נכון של בסיסי הנתונים. הוא יוכל לנווט בין סוגי המידע השונים: שרטוטי מחשב, ציורים, תמונות חוזי חי (וידאו). קולות אמיתיים וסינתטיים ישלימו את המידע החזותי, ופורמטים רבים של טקסט יעמדו לרשותו.

צרכן של מידע בצורת מפה יוכל לעבור בחופשיות בין סוגי המפות ואף לשלב (סופרפוזיציה) בין מידע אמיתי, מידע סימבולי ומידע סימולטיבי. אמצעי העזר, המבוססים על מחשב, ישפרו את פריון העבודה של הצוות כחידת פעולה, את טיב תהליך ההחלטות ואת היצירתיות של האנשים. במערכת יהיו כלולים מודלים מסתגלים של התנהגות המפעיל ואופן פעולתו.

במהלך העשור הבא, ובעיקר לקראת סופו, צפויים ההישגים הבאים (הישגים החזויים בסביבות שנת 2005 מסומנים בכוכבית):

### א. אמצעי סיוע בקבלת החלטות

- אמצעי עזר לגיבוש החלטה ברמה הטקטית.
- מיזוג מידע מחישנים שונים.
- עיבוד מידע אינטגרטיבי.
- ניווט ממוחשב.
- יכולת חלקית של ATR (הכרת מטרות אוטומטית).
- \* אמצעי עזר אינטליגנטיים, המבוססים על בינה מלאכותית.
- \* ייעוץ וסיוע להגברת המודעות לתמונת המצב.
- \* יכולת מלאה של ATR.
- \* אמצעים ממוחשבים לניהול קרב.

### ב. ממשקי אדם-מחשב

- הזנה על-ידי שימוש בקול, בעין ובתנועות ראש או יד.
- שימוש בשפות טבעיות לתקשורת עם המחשב.
- בסיסי נתונים מבוזרים "שקופים".
- \* ממשקים מסתגלים אינטליגנטיים.

בעתיד הרחוק יותר ייעשה שימוש בטכנולוגיות מציאות מדומה, והדבר יאפשר התאמה גמישה של התפעול ליכולתו האישית ולמצבו של המפעיל מבחינות גופנית ונפשית. תפוחת יכולת לאופטימיזציה של עומס העבודה על מפעיל, העוסק בשליטה על כמה מערכות ברזמנית. אזורי העבודה יבטיחו רמה גבוהה של מיגון, בטיחות ותנאי סביבה, כך שהאדם יוכל להתפנות ולהתרכז מבחינה קוגניטיבית בעת ביצוע משימתו. במהלך עשר השנים הבאות צפויים ההישגים העיקריים המפורטים להלן (ההישגים הצפויים רק בסביבות שנת 2005 מסומנים בכוכבית).

### א. צגים ובקרים

- תצוגות פנורמיות מלאות.
- מפות טקטיות, המעודכנות בזמן אמת.
- צגי גרפיקה מהירים ביותר.
- בקרים עם משוב.
- \* צגים אינטראקטיביים מלאים.
- \* תצוגות תלת-ממדיות.
- \* תצוגות המאפשרות "ראייה סינתטית".
- \* אפשרות תקשורת והזנת פקודות למערכת על-ידי תנועות גוף (עיניים, פנים) ותגובות פיזיולוגיות (הסמנטיקה בהכרח מוגבלת יחסית לשפה).

### ב. תקשורת קולית לפיקוד ומידע

- אמצעים קלים ויעילים להפחתת רעש אקטיבית.
- שימוש באודיו דיגיטלי ומודולרי.
- \* מערכות קוליות, אינטראקטיביות באופן מלא, לפיקוד קולי ולהזנת מחשבים.

### ג. מערכות ראש

- תצוגות קסדה בצבעים.
- אופטיקות ממוזערות וקלות.
- צגים בינוקולריים בקסדה.
- יכולת ראיית לילה בקסדה.
- \* קסדה הכוללת יכולת מציאות מדומה בחוזי ובקול (stereo head-up display).

### ד. תפיסות מתקדמות

- עמדות צוות אינטגרטיביות לגמרי.
- שילוב של קסדת תצוגה עם קסדת מגן.
- \* עמדות צוות מסתגלות.
- \* מערכות בקרה נזירפזיולוגיות.
- \* מערכות של מציאות מדומה רבת-חומית.

### ה. תנאי סביבה (דוגמאות)

- לטייסים: הגנה מלאה מפני G.
- ללוחמים בשדה:
- מערכות "חכמות" למיגון אישי.
- \* מקורות כוח אישיים, נישאים.
- \* מערכות אישיות ליצירת תנאי סביבה מבוקרים.



מערכת שליטה ובקרה אווירית

\* ממשקים בירוקיברנטיים.

ג. חוזי

- ממשקי מולטימדיה, היפרמדיה.
- חוזי תלת-ממדי בשילוב עם אודיו.
- אנימציה תלת-ממדית.
- סימולציה דינמית.

- \* גישה קלה לבסיסי מידע של מציאות מדומה.
- \* מיזוג של סביבה סינתטית עם סביבה אמיתית.

ד. עבודה בצוות

- יכולת שיתוף הדדי ואחידות בקריאת המידע שבבסיסי נתונים.
- קבלת החלטות מבוזרות.
- \* שיתוף-פעולה מולטי-דיסציפלינרי בין האנשים.
- \* שיתוף-פעולה ב"רוחב סרט" רחב ביותר בין האנשים.

תכנון מערכות ותמיכה בהן

בשנים האלה יפותחו כלים מתקדמים, ותתגבש תשתית לתכנון טוב יותר של מערכות המשלבות אדם ומכונה. יוקם בסיס להערכה נכונה של גורמי ההתנהגות של מפעיל המערכת ואמינותו, ויילמדו ההשלכות של הגורמים האלה על ביצועי מערכות אמצעי-לחימה. בסיסי מידע אמפירי ימוסדו, ויפותחו מודלים ממוחשבים לניצולם.

מודלים הנוגעים ל"מידע אנושי" יבוטאו במונחים, שיהיו ישימים למערכת המתוכננת.

בתהליך התכנון של מערכת נשק מתוחכמת ופיתוחה יש להתחשב בגורם האנושי מייד בתחילת התהליך ולא כפי שהיה בעבר. לשם כך דרוש מידע ומודלים טובים על

דרכי התפיסה וההבנה של האדם, המודעות והערנות שלו לנעשה בסביבתו, האופן שבו הוא מקבל החלטות ויכולתו לתפקד תחת עומס. המידע חייב להיות זמין לשימוש בתחנות עבודה מסוג CAD/CAE, שאם לא כן לא ישתמשו בו בעת התכנון. כלים חדשים כאלה יאפשרו להבין באופן עמוק את מהותו של הממשק האנושי במערכת.

במהלך העשור הבא, ובעיקר לקראת סופו, צפויים ההישגים העיקריים המפורטים להלן (הישגים הצפויים בסביבות 2005 מסומנים בכוכבית):

- שימוש רחב באמצעי CAD/CAE לתכנון ממוחשב ותלת-ממדי של הממשקים.
- יכולת תכנון סטנדרטי של עמדות עבודה.
- שימוש רחב בסימולציות.
- שימוש במציאות מדומה בשלבי עיצוב אב-טיפוס.
- \* תכנון "וירטואלי" משולב.
- \* שימוש בעזרים "אינטליגנטיים" (AI).

מקורות

STAR 21, Strategic Technologies for the Army of 21st Century, National Academy Press, 1992.

DOD Key Technologies Plan, USA, Director of Defense Research & Engineering, 1992.

