

על קליטת טכנולוגיות

הקדמה

טכנולוגיות חדשות בכלי רכב ובמערכות נשק, תקשורת, תצפית ומודיעין נקלטות בצה"ל בקצב הולך וגדל. מעל דפי העיתונים, בימי עיון, בהשתלמויות ובתרגילים נוצר תמיד הרושם, כי נשארה רק "קצת" עבודה, ואחריה יכריעו המערכות החדשות – ביחד ולחוד – את כל אויבינו. אבל בחדרי חדרים, כאשר יישאלו מפעילי המערכת החדשה כיצד היא מתפקדת, הם ישיבו: "רע" או לכל היותר "לא מספיק טוב". חוק מרפי הקובע, כי "אם משהו עלול להשתבש – הוא ישתבש ובזמן הגרוע ביותר", מכה בנו ללא הרף. המחקרים והספרות, הדנים בקליטת טכנולוגיות חדשות, מלמדים כי בעיות כאלה הן נורמה ולא חריג.

קליטתן של טכנולוגיות חדשות הכרחית להבטחת היתרון האיכותי של צה"ל. באביב 1991 התפרסם ברבעון בית הספר לניהול של המכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס מאמר בשם *Beating Murphy's Law* ("לנצח את חוק מרפי"), הן בייסורי הקליטה של טכנולוגיות חדשות. מאמר זה ינסה להציג גרסה "צבאית" לאופן החשיבה הניהולית-אזרחי, המובא במאמר האמור וכן במאמרים נוספים ובאקדמיה.

על מנת למדוד את תפקודה של מערכת טכנולוגית יש צורך להגדיר עבורה "רמת ביצועים אופיינית". לכל מערכת ניתן להגדיר מדד אחד או יותר המאפיין את הנדרש ממנה. מדד זה יכול להיות פגזים לדקה, אחווי פגיעה, טווח גילוי וכו'. אף שלכל מערכת יש מדדי ביצועים רבים, ניתן בדרך כלל לאתר מדד אחד שהוא לב המערכת. כך, למשל, מדד ההפרדה במשקפת אופטית חשוב יותר לתצפית ניחת מאשר גודלה או משקלה.

הצורך במערכת חדשה נובע מהרצון לשפר את רמת הביצועים האופיינית. אולם מפתחי המערכת החדשה מדברים על עלייה ברמת הביצועים האופיינית רק לאחר שלב ה"הטמעה" – פרק הזמן החולף בין הקליטה לתחילת העלייה בביצועים. העלייה הצפויה ברמת הביצועים היא המשיגה את המימון למאמצי הפיתוח, ולכן באופן טבעי

נוטים המפתחים לתת תחזית אופטימית מדי ביחס לזמן הדרוש לקליטת המערכת וביחס לעלייה הצפויה ברמת הביצועים. התמונה המצוירת צופה איפוא עלייה משמעותית ברמת הביצועים מייד לאחר הגעתה של המערכת החדשה. בפועל, מעט לפני קליטת המערכת החדשה מופיעה ירידה בביצועים, ולאחר פרק זמן לא קבוע, הנע בין מספר שבועות למספר שנים, מושגת חזרה (במקרה הטוב) לרמת הביצועים הקודמת. לאחר זמן רב הרבה יותר ולאחר סבבי שיפורים ושינויים (שרשיים), ניסיונות ארגוניים כאלה ואחרים והשקעה של הרבה מאמץ וכסף קורה אחד מהתרחישים הבאים:

- א. המערכת החדשה מתקרבת לרמת הביצועים שנצפו מראש.
 - ב. תשומת הלב הארגונית מופנית לכיוון אחר, והמערכת החדשה "צולעת".
 - ג. הפרויקט ננטש, ומוחזרת המערכת הישנה. השרטוטים בעמוד מדגימים תרחישים אלו:
- כאמור, מעט לפני הגעת המערכת החדשה מופיעה ירידה בביצועים המושגים באמצעות המערכת הישנה. תופעה זו מוסברת בתשומת הלב הארגונית המוקדשת למערכת החדשה, ואשר מוסרת מהמערכת הישנה (אי ביצוע אחזקה, צמצומים בכוח אדם וסתם הזנחה). עם הגעת המערכת החדשה מתחיל שלב "ייסורי הקליטה", היינו פרק הזמן שבו ביצועי המערכת החדשה נופלים מרמת הביצועים שאפיינה את המערכת הישנה. שלב זה מאופיין בתהליך בלתי פוסק של שיפורים ושל שינויים. הפער בין הציפיות מהמערכת לבין רמת ביצועיה בפועל וכן המשך והמחיר של "ייסורי הקליטה" מכתיבים איזה מהתרחישים שתוארו מעלה יקרה.

פער הידע

מה גורם ל"ייסורי קליטה" אלה? התשובה האוטומטית היא: "אנשים מתנגדים לשינוי", וזה בהחלט גורם חשוב ולעיתים אף מכריע. כך, למשל, מייחסים לשמרנותם של

חדשות

סא"ל ארז

הגוף הקולט את המערכת החדשה מניח כי בעייתו היא כה ייחודית, עד כי אין טעם לנסות ללמוד מניסיונם של אחרים.

ידע לא מספק על אודות תהליכים קיימים ביחידה עוד לפני אימוץ הטכנולוגיה החדשה הוא תוצאה של שלוש תופעות:

1. הפעלת צבא אינה מדע מדויק ב-100%, שכן יש בה מקום לאלמנטים לא מדעיים רבים, ובהם מזל, וכן משתנים לא ידועים או לא ניתנים לכימות כמו "תפיסת הקרב" של המפקד.

2. חוסר יכולתם של כותבי תר"ל, טכניקות קרביות ותרגולות לדעת בדיוק מה שמתרחש בשטח. ברוב היחידות קיימת, הן בידיעת המפקדים והן שלא בידיעתם, סטייה בין התר"ל והתרגולות לבין מה שמתבצע בפועל. הבדלים קיימים אפילו בין חייל לחייל. שינויים וסטיית אלו, אף שבמידה ידועה השפעתם על הארגון חיובית, מונעים ומפריעים למפקדים לחזות בדיוק את השפעתה של טכנולוגיה חדשה.

3. מחסור בשיטה מדעית בכל הקשור לפעילות הצבאית. אין הכוונה למחסור בניסויים מבצעיים, אם כי גם בכך איננו משופעים, אלא בכישלון לתעד וללמוד מהניסיון שהצטבר בקליטת טכנולוגיות ומערכות בעבר. בין אם ניסיונות אלו צלחו או כשלו, הם מהווים מקור עשיר למידע על הדרך שבה מגיב הארגון על ניסיונות הטמעה. למרבה הצער, אינפורמציה זו לרוב אינה מתועדת, ולכן גם נשכחת בסופו של דבר.

ידע לא מושלם זה הוא המאפשר את "השתוללותו" של מרפי: מה שאינך יודע יכול לפגוע בך – ועוד איך. הבעיה אינה טכנולוגיות לא טובות, תכנון לקוי או ארגונים כושלים, הבעיה היא בקשר שבין הארגון לטכנולוגיה.

הטמעה כתהליך מחקר ופיתוח

חוקרי טכנולוגיה מבחינים בין שלוש רמות של שינוי הנגרמות כתוצאה מקליטת מערכות חדשות.

אנשי חיל הפרשים את פרק הזמן הארוך שחלף בין המצאת הטנק לשילובו בקרב היבשה. אבל ייסורי קליטה מופיעים גם במערכות שנהנו מקונסנזוס רחב טרם קליטתן.

תהליך ההטמעה יכול היה להיות פשוט וקל, אלמלא נאלצה המערכת החדשה להשתלב בתוך ארגון קיים ופועל. החיכוך העיקרי בתהליך נובע מחוסר ההתאמה בין היכולת והדרישות של המערכת החדשה לבין דפוסי העבודה שגובשו עבור המערכת הישנה. ההטמעה מושגת רק לאחר שהמערכת החדשה מתאימה את עצמה לדפוסי שנוצרו עבור המערכת הישנה. אבל מערכות חדשות פועלות לעיתים נדירות כמתוכנן, ולרוב נדרש הליך של שינויים ושיפורים, הגורמים לגל זעזועים, המתפשט למחלקות ולמערכות אחרות. התגברות ושליטה על גל כזה הן הליכים ממושכים וסבוכים. יתר על כן, תהליכי התיקון והשליטה גורמים כשלעצמם לגלי הפרעה משניים. אם התהליך מתייצב, ניתן לממש את הפוטנציאל הטמון במערכת החדשה, כלומר הגענו לתרחיש א' – הצלחה. אם התהליך נמשך זמן רב מדי, מתרחש מיזוג בין המערכת הישנה לחדשה, והגענו לתרחיש ב' – צליעה. אם התהליך מתבדר, ישנה הרגשה של אובדן שליטה, המערכת הישנה מוחזרת, והגענו לתרחיש ג' – נטישה.

אילו ניתן היה ליצור מצב, שבו מפקדים ידעו בדיוק אילו בעיות צפויות לצוץ, ניתן היה להיערך לקראתן ולבצע את התיקון לפני קרות הנזק. אבל מפקדים אינם יכולים לחזות את הבעיה, כיוון שגם להם וגם לכפופים להם יש הבנה מוגבלת גם של הטכנולוגיה החדשה וגם של התהליכים הקיימים. לא ניתן לחזות מראש תקלות בשילובו של ציוד חדש באמצעות כוח אדם שאינו שולט בו. כאשר מנסים לעשות שימוש בציוד חדיש כזה בשדה קרב, מתעצמות הבעיות עוד יותר.

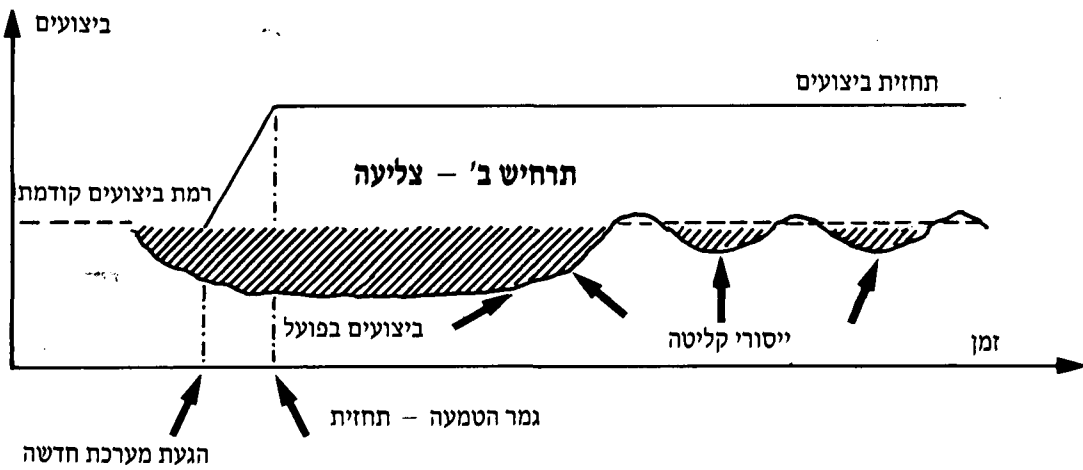
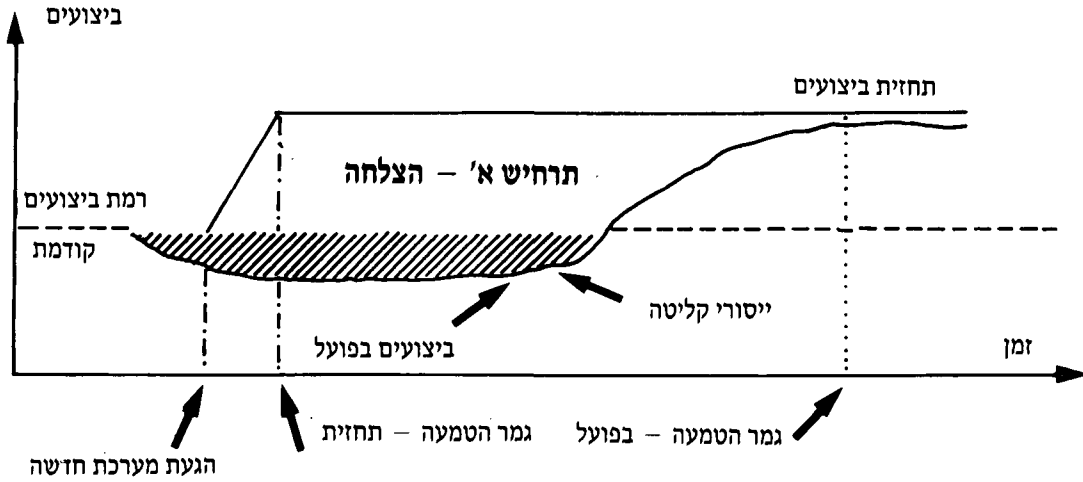
מחסור בידע על טכנולוגיה חדשה ועל אופן הטמעתה עלול לנבוע מיישום חדשני, שונה או בקנה מידה אחר משנעשה קודם לכן. במקרים רבים נצברו ידע וניסיון על מערכות ועל טכנולוגיות דומות ביחידות אחרות, אך

ה"פזומט" מאפשר איסוף מידע, שלא היה אפשרי קודם לכן, כגון סיוע באיתור רכב גנוב על סמך נקודת תדלוק אחרונה, או איתור גניבת דלק על בסיס תדלוק בשתי תחנות סמוכות.

רמה ג' - שינוי מהות: הטכנולוגיה החדשה משנה מהותית את תפקוד הארגון. למשל, חיבור תצפית אמצעות רשת תקשורת מהירה ליצרן אש הופך את התצפית ממקור מודיעיני לגורם מכוון אש.

רמה א' - ייעול תהליכים: הטכנולוגיה החדשה מייעלת את תהליך העבודה הקודם. למשל, סיכום מחיר בחנות בעזרת קופה רושמת יעיל יותר מאשר חישוב על פיסת נייר: שימוש במעבד תמלילים יעיל יותר מאשר שימוש במכונת כתיבה.

רמה ב' - הקשרים חדשים: הטכנולוגיה החדשה מאפשרת גילוי הקשרים חדשים בין פיסות מידע, שהיו קודם לכן מנותקות. למשל, התדלוק באמצעות מערכת



יכול ללמד על בעיות בקליטה. כך, למשל, ניתן להקיש מיישום אזרחי של מציאות מדומה (משחקי וידאו), ליישום צבאי – סימולטור.

לצורך כך, במקום להתמקד בביצועי הטכנולוגיה החדשה, יש לשאול "איך הצלחתם לגרום לזה לפעול? מה שיניתם? מה היה הכי קשה?" גופים ארגוניים מחפשים בדרך כלל מידע מבחוץ רק על מנת לסייע בגיבוש החלטת הציטיידות; כך מתבזבזת ההזדמנות ללמוד כיצד להימנע מלחווות את בעיותיו של מישהו אחר.

גם בארגון הצבאי קיימים מוקדי ידע שבהם ניתן להשתמש. כך, למשל, ניתן להשתמש בניסיון של חיל התותחנים בעת החלטה בדבר פיתוח תותח ימי. לראיה, הטנק פותח במקורו על-ידי מיניסטריון הימייה הבריטי על פי מודל משחתת ימית בשינויים מינימליים ההכרחיים מהמעבר מן המים ליבשה, ועד היום יש בעולם הטנקאות מונחים השואלים מעולם הימאות, כגון סיפון וצריח.

מחקרים מלמדים כי העברת ידע טכני קלה יותר מאשר העברת ידע ארגוני:

ראשית, פיתוח טכנולוגי מתבצע לרוב על-ידי אנשים טכניים, שלהם עניין אישי ומקצועי באיסוף מידע טכני. בעולם הטכני קיימים מוסדות ברורים להעברת ידע טכני, ובפיתוחים רבים מיושם ידע שנאגר בפיתוחים אחרים (למשל בתחום התוכנה).

שנית, תיעוד, שהוא בעיה בכל סוג של לימוד, קשה כפליים כאשר מדובר בלימוד ארגוני. קל יותר לתעד פתרונות טכניים מאשר פתרונות ארגוניים. ולבסוף, לכולנו יש הרגשה שבעיותינו בתחום כוח האדם שונות מבעיותיהם של מפקדים אחרים. אחרי הכול מדובר באנשים שונים!

לימוד ביותר מאשר דרך אחת

למדנו כי "גרם של מניעה שווה קילו של פתרון", אבל בחיי היומיום אנחנו מיישמים את העיקרון של "פרוטה שנחסכת היום חשובה יותר משקל שיבוזבז מחוץ". באופן עקרוני ניתן לדון בארבעה אופני לימוד:

"זקנו של השכך" – לימוד מניסיונם של אחרים.

דימוי – בניית מודלים מלאכותיים לטכנולוגיה החדשה – על פי רוב בעזרת מחשב.

דגם – בניית מודל מוקטן של הטכנולוגיה וניסויה בסביבה מבוקרת.

"תוך כדי תנועה" – התבוננות ולימוד במהלך תהליך הטמעתה של הטכנולוגיה.

בין ארבעת אופנים אלו קיימת היררכיה ברורה: ככל שיוורדים ברשימה, עולות העלויות. שינוי במערכת מדומה על מחשב לוקח זמן קצר ומתבצע בעלות זניחה. לעומת זאת, שינוי במערכת המוגמרת לוקח זמן רב, עלותו גבוהה והוא מניע תהליך של תיקונים ותיקונים חוזרים. למרות זאת, מעט מאמץ מוקדש בדרך כלל ללימוד מניסיונם של אחרים, לדימוי ולבניית דגמים. הסבר חלקי של תופעה זו נעוץ באמינות הלימוד: ככל שיוורדים

התהליך הסטנדרטי לאימוץ ציוד חדש כולל שלושה מטלות: החלטה אם הטכנולוגיה דרושה (אישור), החלטה מי בארגון אחראי לקליטת הטכנולוגיה וכיצד תתבצע קליטה זו (תכנון) והאימוץ עצמו (הטמעה). חלוקה זו עשויה לשמש את הארגון לצורך בקרה ושליטה, אך יש לדחות אותה בהקשר לקליטתה המוצלחת של טכנולוגיה, מכיוון שתהליך סטנדרטי זה אינו מכיר בפוטנציאל של הטכנולוגיה לשנות את הארגון. כך, למשל, פותחו, נרכשו והוצבו מכשירי ה"כספומט" הראשונים כשירות נוסף למשיכת כספים בשעות שהבנק סגור, וסניפי בנקים המשיכו להיות מתוכננים עם מספר רב של עמדות קופאי. רק בהמשך הדרך התברר, כי מכשירי ה"כספומט" וכרטיסי האשראי שינו למעשה את דרך העבודה של הארגון הבנקאי. עקב חוסר היכולת לצפות שינויים כאלו יש להתייחס אל תהליך הרכישה של טכנולוגיה חדשה כאל אירוע מתמשך של לימוד ושל איסוף מידע המתפתח עם הזמן.

ראשית יש להתרכז במידע טכני בדבר האפשרויות השונות למימוש הצורך המבצעי. לצורך זה יש לבצע מחקר לבידור המשמעות של בחירת טכנולוגיה זו או אחרת – בעיקר על סמך לימוד יישומים קיימים של טכנולוגיה זו. עם התפתחות הפרויקט נוצר רוב המידע "בבית", כלומר באינטראקציה בין המפתח למשתמש. לכל אורך התהליך המטרה חייבת להיות לימוד מירבי בכל נקודת זמן. קליטת טכנולוגיה חדשה היא איפוא פחות עניין פיננסי וטכני ויותר שאלה של תכנון מחקר. תכנון מחקר מוצלח מחייב מתן תשומת לב לסוג הניסויים שיש לערוך. הניסויים חייבים לכוון לנושאים ארגוניים וטכניים כאחד. מפקדים המבינים כי הם מנהלים שינוי ארגוני ולא רק שינוי טכני מתאימים יותר לניהול תהליך לימודי שכזה. עבודתם של "מנהלי הטכנולוגיה" צריכה לכלול: עבודה צמודה עם המשתמשים – שאלהם יש להתייחס כשותפים לפיתוח ולא כאל הצד ה"מקבל" של הטכנולוגיה, בחינה והגדרה רצופה של מבנה התמיכה הדרוש לארגון המפעיל, איתור ואכון מאמצים לנקודות כשל צפויות, הרחבתה של הגדרת הטכנולוגיה, כך שתכלול את כל הקשרים וההקשרים שבהם היא תלויה. ניסוי מבנים ארגוניים באותה תשומת לב ודמיון המוקדשים לניסויים טכניים, כולל שימוש בניסויים ובתרגילים המתרחשים בארגון באופן שוטף.

מה היה קשה?

בזמן ההחלטה על אימוץ טכנולוגיה חדשה ניתן לאסוף מידע מגופים אחרים – אזרחיים או צבאיים – המפעילים טכנולוגיה דומה, ואין הכרח שהארגון בעל הניסיון יהיה דומה לארגון הלימוד או אפילו באותו תחום פעילות. איסוף מידע זה אולי לא יתן תשובה לשאלה האם יש צורך בטכנולוגיה חדשה זו, אבל הוא בהחלט

אומנם לזכור, שכל תקלה, שלא נפתרה (כיוון שלא הייתה ידועה) בשלבים המוקדמים של הפיתוח, תתקן בשלבים הסופיים בעלות גבוהה הרבה יותר, אך גם שתקפות אמת יש רק לניסיון בשטח, המושג בעת שהפיתוח נמצא בשלבו הסופיים.

יש צורך לתעד ולזכור את כל שלבי הלימוד – הטכנולוגיים והארגוניים – כיוון שגם במקרה של כישלון עדיין ניתן יהיה להסיק מסקנות וללמוד מהניסיון עבור פיתוחים אחרים. אחרי הכול אסון של האחד יכול להיות ברכה לאחר.

מודלים, סימולציות ודגמים

היות ולימוד מניסיונם של אחרים יכול לספק רק מידע חלקי, ולימוד תוך כדי תנועה הוא יקר ואיטי, הרי בניית

ברשימת אופני הלימוד, עולה גם אמינות הלימוד. לא דומה פלט מחשב ל"שטח" מבחינת ישימות הלימוד לתנאי הארגון. ללימוד תוך כדי התהליך ישנה האמינות והישימות הגבוהות ביותר: מה שאתה רואה זה מה שקורה! לעומת זאת, לדגם יש אמינות טובה – אבל רק בחלק המודגם, ורק אם לגודל אין השפעה על ביצועים. לדימוי יש תקפות רק באותם תחומים הניתנים לתרגום מדעי ולייצוג מתמטי. ללימוד מניסיונם של אחרים יש מגבלה בכל אותם היבטים שבהם הארגון האחר שונה מהארגון "שלנו". טעויות נפוצות הן לראות בלימוד עניין של "הכול או לא כלום" וחוסר נכונות להקדיש זמן ומאמץ לאופני לימוד בעלי מקדמי ישימות ואמינות נמוכים. דרך נכונה יותר היא ללמוד במקביל בכל צורה אפשרית על-ידי ניסיון להימנע ככל האפשר מכשלי תכנון, אך מבלי להגיע לתכנון יתר, שיאריך ללא סוף את מלאכת הפיתוח. חשוב

הגורם האנושי ממשיך להיות מכריע אף בעידן של טכנולוגיה מתקדמת



עלול להיות רעב (וכי אפשר להפסיק להצטייד בטכנולוגיה חדשנית?) ומה שנותר הוא להחזיק חזק (למצוא יישומים צבאיים לטכנולוגיה המתפתחת) וליהנות מהמסע (להקטין את עלות ההטמעה).



דגמים וסימולציה הן האלטרנטיבה הטובה ביותר. דימויים אלה יכולים לנוע בין מודל מתימטי פשוט, גיליון אלקטרוני וסימולציה "מונטה קרלר" לבין מודל פיזי "Mock-Up" של המערכת. טכנולוגיית הסימולציה התפתחה בשנים האחרונות בצורה מדהימה – במקביל לפיתוח יכולתם הגרפית והחישובית של המחשבים.

מעצם טבעו דימוי הוא ייצוג לא שלם של המציאות, ובאופן טבעי שימושו העיקרי הוא במערכות סבוכות, שבהן תפקוד כל פרט בטכנולוגיה ברור יחסית, אבל יש צורך לבדוק את מערכת יחסי הגומלין בין פרטים אלה. הסימולציה מציגה את תפקוד כלל המערכת. יתרון נוסף של הסימולציה הוא הקלות שבה ניתן ליישם את השינויים. עם סיום בניית המדמה ניתן לבדוק מספר רב של צירופי פרטים ועלידי כן לשפר משמעותית את תכנון המערכת הסופית.

דגם הוא מבנה מוקטן (בין היתר בעלות, בסוג החומר ובגודל הפיזי) של המערכת הסופית, הנבנה לצורכי לימוד קרוב ככל הניתן לתצורת המערכת הסופית. מטרת הדגם היא לעלות על בעיות שחמקו משולחן השרטוט ומהסימולציה הממוחשבת, אבל שייצרו בעיות של אמת אם יושארו לשלב "הלימוד בתנועה" (למשל, הנוחות להכניס ולהוציא קופסאות אלקטרוניקה לצורכי אחזקה). אף שבמחשבה ראשונה נדמה כאילו סימולציה ובניית דגמים מקומן בתחום הטכני בלבד, הרי לדוגמה תרגיל טקטי ללא גייסות (תטל"ג) הוא סימולציה ארגונית, המדמה זרימת מידע וקבלת החלטות. חשוב על כן להקדיש זמן ומאמץ גם כדי לדמות את השינויים הארגוניים והאנושיים הנדרשים עם קליטת הטכנולוגיה החדשה. מערכות ממוחשבות לדימוי שדה קרב יכולות וצריכות לשמש לבחינת השפעתה של טכנולוגיה חדשה על שדה הקרב כולו ולבחינת השפעתם של מרכיבים שונים בטכנולוגיה עצמה על תפקוד המערכת כולה.

הכשרתם של האנשים היא שקובעת את יחסם לדימוי ולמידול ארגוני. מחד, אלו האמונים על התמודדות טכנולוגית, כלומר בבעיות שלהן קיים פתרון יחיד, רואים בדימוי ארגוני ממוחשב הרחבה לוגית של דימוי טכנולוגי ומוכנים לייחס תקפות רבה יותר לממצאיו. מאידך, אלו האמונים על פתרון בעיות בשטח, כלומר התמודדות בבעיות שלהן לא קיים פתרון יחיד, מעדיפים קבוצות דיון כגון תטל"ג. בתהליך פיתוחה והטמעתה של טכנולוגיה חדשה יש מקום וחיבות ליישום שתי תפיסות עולם אלו במקביל על מנת למצות את מירב יכולת הלמידה.

סיכום

תהליך פיתוחה והטמעתה של טכנולוגיה חדשנית דומה במידה רבה לאדם הרוכב על גב נמר: מחד, ההנחה כי האדם, ולא הנמר, שולט בכיוון שאליו מתקדם הנמר מגוחכת מעיקרה (וכי הארגון הצבאי שולט בכיוון שאליו מתפתחת הטכנולוגיה?) ומאידך, מסוכן לרדת, כיוון שהנמר