

הקדמת המחבר

מהנדסי המערכות הראשונים היו אנשי האשכולות והמדענים פורצי הדרך לאורך ההיסטוריה. אנשים בעלי כישרון וחשיבה יוצאת דופן תכננו ובנו מערכות ששינו את העולם עוד לפני שהנדסת מערכות הייתה לתחום הנדסי ומקצועי. כך הגיעו לעולם המצלמה הראשונה, המטוס הראשון ומערכות חשובות נוספות בכל תחומי החיים.

המערכות של היום מורכבות, רבת-תחומיות ומשוכללות מאוד. בימינו, יחיד סגולה או צוות מצומצם של עמיתים אינם יכולים לפתח ולתכנן מערכות גדולות באופן עצמאי. המצלמה המודרנית כוללת עשרות רכיבים אלקטרוניים, מכניים ואופטיים העובדים יחד בשליטה מרכזית של תוכנת בקרה, עיבוד ותצוגה. המצלמה גם אינה עוד מכשיר בודד, אלא היא משולבת בטלפון נייד או במחשב נישא ופועלת בממשק עם תוכנות הפעלה, אחסון מידע ושיתוף תכנים. הטכנולוגיה נגישה לכול, והצלחת המערכת מושפעת מגורמים רבים נוסף על העלויות והביצועים: נוחות שימוש, ממשקים, תצוגות ועוד.

מהנדס מערכות הוא איש האשכולות המודרני. בעולם המתפתח בקצב מעריכי, אלו האנשים המובילים צוותי מומחים בינתחומיים בבניית הדור הבא של המערכות הטכנולוגיות וההנדסיות. אלו הם המובילים הטכנולוגיים שעוסקים בִּתְכּוּן, בפיתוח ובייצור. אלו הם המהנדסים העומדים מאחורי מבנים וגשרים עצומים, מערכי תחבורה, מערכות תעופה, חלל, רפואה, אמצעי לחימה ועוד. אלו גם האנשים העובדים מול לקוחות, ספקים ושאר בעלי העניין וכל זאת במטרה אחת - להביא להצלחה של המערכת בהתאם לצורך של המשתמשים ולשביעות הרצון של הלקוחות.

כדי להצליח בהנדסת מערכות רצוי להיות מהנדס פיתוח מוכשר עם ידע טכנולוגי רחב והשכלה בתחומי הנדסה או מדעים, אך זה בהחלט אינו מספיק. מעבר לידע ולניסיון המקצועי שמהנדס המערכות נשען עליו, הוא נדרש לדעת להפריד בין הצורך לבין הפתרון, לאתגר את הצורך, לגבש חלופות מערכתיות, להעריך אותן ולבחור חלופה מיטבית. כדי שהפרויקט יצליח, מהנדס המערכות נדרש "לנצח" על מקהלה של מהנדסי פיתוח, לכוון ולסנכרן אותם מול היעדים המערכתיים. מעל לכול, מהנדס המערכות נדרש לראות את השלם, לקבוע יעדים מתוך צרכים מערכתיים ולשאוף אליהם תוך שינויים מתחייבים מהסיכונים ומההזדמנויות הטכנולוגיות לאורך שלבי המימוש.

ספר זה מיועד להקנות את הרקע, הכלים והראייה המערכתית שיאפשרו למהנדס המערכות לגבש את היעדים המערכתיים, לנתחם ולממשם מול הדרישות ובהתאם לפתרונות הטכנולוגיים. הספר שם הדגש על התהליכים בשלבי הייזום והתכנן הקונספטואלי שבהם נקבעים רוב התכונות והמאפיינים של המוצר. הספר מציג תהליכי ניתוח וחשיבה מובנים שמהנדס המערכות נדרש להפעיל בצורה שיטתית ומחזורית לאורך שלבי הפרויקט.

הספר מתאר את תהליכי הנדסת מערכות מנקודות מבט שונות. חלק מהתהליכים מוצגים בראייה של מפתח המערכת בתעשייה. חלק אחר מתוך התחומים המערכתיים ניתן מנקודת המבט של מאפיין המערכת בצה"ל ובמשרד הביטחון. הדוגמאות בספר מגיעות הן מהעולם המסחרי והצרכני והן מהעולם הביטחוני.

מערכות אמל"ח הן לרוב מערכות רבת-תחומיות, מתקדמות מבחינה טכנולוגית, משולבות ויש להן השלכות רבות בעולמות רחבים, כמו אימונים, הדרכה והכשרה, אחזקה לאורך זמן ועוד. הלימוד מתוך עולמות האמל"ח מדגים עקרונות כלליים בהנדסת מערכות ועשוי לסייע למהנדס מערכות העוסק בכל תחום.

הספר מתחיל במבוא להנדסת מערכות. בפרק זה מובא דיון בנושא תפקיד מהנדס המערכות ותפיסת תפקיד

מהנדס המערכות. בסיום הפרק מובאים כמה כלים שיסייעו למהנדס המערכות בתהליך הכניסה לתפקיד. הפרק הבא עוסק בתהליך הנדסת מערכות. הפרק מציג לעומק את תהליך הנדסת המערכות לאורך הפרויקט: ייזום והתארגנות למימוש; פיתוח, ייצור והצטיידות; קליטה, הטמעה וניהול משק. הדגש מיוחד ניתן בשלבים המוקדמים של הגדרת המערכות, והוא משקף את רמת ההשפעה שיש למהנדס המערכות בשלב זה.

שני הפרקים הראשונים מרכיבים את הבסיס לפרק השלישי העוסק בחשיבה מערכתית. בפרק זה מובאים מאמרים קצרים העוסקים, בין היתר, בראייה שלמה בהנדסת מערכות, הנדסת מערכות בצד הלקוח ובצד הספק והגדרת מערכות מול הנדסת מערכות לאורך הפרויקט. נושאים אלו מבטאים את לב העבודה המהותית של מהנדס מערכות אמל"ח ומהנדס מערכות באופן כללי. הפרק הבא עוסק במיצוי ובניתוח הצורך כבסיס להגדרת דרישות נכונה שתביא את הערך המרבי ללקוח. בין הנושאים הנידונים: ניהול בעלי עניין, תרחישי שימוש וניתוח פונקציונלי. הפרק מציג שיטות למידול מערכת, תעדוף צרכים ותרגום הצורך למאפייני מערכת. הפרק הבא של הספר דן במפגש בין הצורך לפתרון. בין הנושאים הכלולים בפרק נמצאים: קביעת פרמטרי תכן מרכזיים, הצגת מרחב הפתרונות וגיבוש חלופות, ניתוח חלופות והשוואה ביניהן. בסוף הפרק מובאת דוגמה לימודית לתהליך ניתוח צורך והערכת חלופות.

הפרק האחרון של הספר עוסק בהרחבה באפיון הפתרון הנבחר ובמימושו. הכנת האפיון המערכתי והעבודה מולו היא אחת המשימות המרכזיות של מהנדס מערכות. בחלק זה ניתן מבנה של אפיון מערכתי ותהליך הכנתו שישמשו את מהנדס המערכות בניהול המשימות הקשורות להגדרת מערכות. ברמה המערכתית יש משמעות רבה להגדרה של נושאי המעטפת מלבד הביצועים הישירים, ולעיתים דווקא נושאים אלו הם המשמעותיים בהצלחה של המערכת. פרק זה יסייע למהנדס המערכות להפעיל מומחים ומהנדסים בכלל התחומים הדרושים לאפיון מלא של המערכת.

הספר מיועד למהנדסי מערכות באשר הם לאורך הדרך המקצועית. מהנדס צעיר בשלבי כניסה לעולם הנדסת מערכות וניהול פרויקטים יוכל להיעזר בספר ללימוד התהליך לניתוח מערכתי ואפיון טכני. מהנדס מתחיל יוכל גם ללמוד מניסיונם של אחרים - ניסיון המובא בדוגמאות הכלולות במתודולוגיה ובמאמרים. מהנדס מערכות מנוסה עשוי למצוא בספר נושאים מתקדמים שיאפשרו לו לעשות את הצעד הבא מבחינה מקצועית. עם צבירת הניסיון בתכן ומימוש מערכות וביצוע פרויקטים מהנדס הבכיר יוכל להעריך לעומק תפיסות בנושא הגדרת מערכות, ערך המערכת, הנדסת מערכות וחשיבה כלכלית. האתגר לבנות את המערכת הנכונה הוא מורכב יותר, בהרבה, מאשר לבנות את המערכת נכון, והמהנדס המנוסה ימצא בספר את השאלות המנחות שיוכלו לעזור לו בכך.

גם הקורא הכללי עשוי למצוא עניין בדוגמאות ובלקחים מפרויקטים, בתיאור תהליכי הנדסת המערכות ובמאמרים הכלולים בספר. חשיבה מערכתית היא תחום רחב בהרבה מעולמות ההנדסה והפרויקטים. ניתוח צרכים מול הפתרונות, מיקוד בתרחישי השימוש וניתוח פונקציונלי הם רק חלק מהכלים המופיעים בספר שמתאימים למצבים של גיבוש חלופות, קבלת החלטות ותהליכי ניתוח והערכה באופן כללי. למותר לציין, שהנאמר בספר נוגע למהנדסות המערכות באותה מידה כמו למהנדסי המערכות, והניסוח במין זכר נעשה לשם קיצור ופשטות הקריאה בלבד.

אני תקווה שהתפיסות, השיטות, הכלים והדוגמאות בספר זה יהיו בסיס איתן בידי הקוראים לאורך דרכם המקצועית בכל ארגון, מול כל סוג פרויקט ובכל תחום עיסוק.