

גליון מס' 18 | יוני 2016

קול המערכות

כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

קול העורך
עמיר תומר

קול נשיא INCOSE_IL
יגאל אסקין

קול מנכ"ל אילטם
משה סלם

הנדסת מערכות מבוססות COTS
עמיהוד הרי

מרכז ברזניצה ליזמות בטכניון
רפי נוה

שילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות – סיכום יום עיון ע"ש ד"ר יוסי לזין
אביגדור זוננשיין

שולחנות עגולים במרכז גורדון להנדסת מערכות
אביגדור זוננשיין

הכיתה המאוזנת: יישום הנדסת מערכות בחינוך להנדסת מערכות [תקציר]
ג'וזף קאסר

תוכנית יום העיון "גישות ומחקרים חדשניים ביזמות של מערכות"
במרכז גורדון במרכז גורדון

טופס הצטרפות ל- INCOSE_IL



תוכן העניינים

קול המערכות - כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

עמ' 1

קול העורך
עמיר תומר

עמ' 2

קול נשיא INCOSE_IL
יגאל אסקין

עמ' 3

קול מנכ"ל אילטם
משה סלם

עמ' 5

הנדסת מערכות מבוססות COTS
עמיהוד הרי

עמ' 29

מרכז ברוניצה ליזמות בטכניון
רפי נוה

עמ' 31

שילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות - סיכום יום עיון ע"ש ד"ר יוסי לוין
אביגדור זוננשיין

עמ' 38

שולחנות עגולים במרכז גורדון להנדסת מערכות
אביגדור זוננשיין

עמ' 41

הכיתה המאוזנת: יישום הנדסת מערכות בחינוך להנדסת מערכות [תקציר]
ג'וזף קאסר

עמ' 42

תוכנית יום העיון "גישות ומחקרים חדשניים ביזמות של מערכות"
במרכז גורדון

עמ' 43

טופס הצטרפות ל- INCOSE_IL

חלקו האנגלי של הגליון נמצא מצידו השני.

The English section is on the opposite side of the journal

קול העורך

קוראים יקרים,

ארכיטקט תוכנה בכיר מאחת החברות שאל אותי "מהו הכלי החשוב ביותר כיום עבור מהנדס תוכנה?", והשיב בעצמו: "גוגל, כמובן!". מהנדסי התוכנה הבינו כבר מזמן שכמעט כל קטע קוד שהם נדרשים לכתוב – סביר להניח שמישהו כבר כתב, והוא נמצא אי-שם, פתוח וחופשי לשימוש, ברחבי האינטרנט. במקרים רבים פעולת העתק/הדבק מחליפה את התכנות עצמו. העולם העסקי של פיתוח מערכות הבין גם הוא שלא צריך כל דבר לפתח לבד – ברחבי העולם ניתן למצוא רכיבים מוכנים, חלקם "מן המדף", אותם ניתן לרכוש במחיר סביר ולשבץ במוצרים המפותחים, תוך הפקת תועלת עסקית גדולה.

ד"ר עמי הרי, העורך הקודם של עיתון זה, עוסק כבר מספר שנים בסוגיית הפיתוח של מערכות מבוססות רכיבים-מן המדף – COTS, והוא משתף את הידע והתובנות שצבר במאמר נרחב בגליון זה.

פרופ' ג'ו קאסר ביקר כבר פעמים רבות בישראל. ג'ו הוא אחד מהחוקרים הבולטים ביותר בנושא החינוך להנדסת מערכות. בגליון זה הוא מתאר עבורנו גישת הוראה חדשה – הכיתה המאוזנת (the balanced classroom), המהווה אינטגרציה של טכניקות הוראה שונות ("תת-מערכות") אל תוך כיתה אחת ("מערכת"), ויוצרת סביבה אפקטיבית להוראת הנדסת מערכות למהנדסי מערכות.

על מרכז ברוניצה ליזמות בטכניון שמעתם? אם לא – קראו את כתבתו של רפי נוה, ראש המרכז המובאת בגליון.

ד"ר אביגדור זוננשיין, ממכון גורדון להנדסת מערכות בטכניון, סוקר ומסכם הן את יום העיון שנערך במכון בינואר 2016, בנושא השילוב של הנדסת תוכנה והנדסת מערכות, והן שני מפגשי "שולחן עגול" שנערכו במכון בחודשים האחרונים.

זו הזדמנות טובה לציין את הוצאת המהדורה האנגלית של ספרם של אביגדור זוננשיין ושוקי שטאובר

Managing and Engineering Complex Technological Systems

אפשר לרכוש את הספר באתר הוצאת Wiley בקישור הבא:

<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1119068592.descCd-buy.html>

לסיום, אני מזמין כל אחת ואחד מכם לתרום לשיתוף הידע בקרב קהילת מהנדסי המערכות בישראל ע"י כתיבת מאמר ופרסומו בעיתוננו.



פרופ' עמיר תומר, CSEP
המכללה האקדמית כנרת
עורך "קול המערכות"
amir@amirtomer.com

בברכת קריאה מהנה,

קול נשיא האיגוד הישראלי להנדסת מערכות - INCOSE_IL

שלום רב לקהילת מהנדסי המערכת!

גם הפעם נעשה מאמץ לרכז בגיליון נושאים חשובים, מגוונים ומעניינים עבור העוסקים בהנדסת מערכת ונגזרותיה השונות.

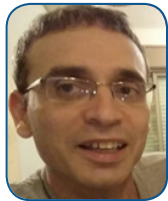
לדוגמה, בגיליון זה תמצאו הסבר וסקירה ממצה של מתודולוגיות המממשות הנדסת מערכת המבוססת על מוצרי COTS של ד"ר עמיהוד הרי, מחקר ותובנות של פרופסור ג'וזף קאסר בנושא מתודות לימוד של הנדסת מערכת ורמת האפקטיביות שלהן, ועוד.

כפי שנאמר כבר בעבר, הייעוד המרכזי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL הנו להפיץ ולשתף ידע למען קידום הנדסת המערכות בתעשייה הישראלית ובאקדמיה.

על כן, ברצוננו להתאים בצורה מיטבית את תכני העיסוק של האיגוד ומכאן גם את תכניו של "קול המערכות" לצרכים של אוכלוסיית היעד, קרי, אתם!

חשוב לנו להבין מה מעניין אתכם כדי לכוון את פעילותינו בעתיד ולקבל מכם משוב על הפעילות שכבר נעשתה. כדי להשיג מטרה זו בכוונתנו ליזום סדרת ראיונות עם כמה חברות מכל המגזרים. בנוסף הנכם מוזמנים לפנות אלי ישירות דרך המייל.

לסיום, הרשו לי להודות לכותבי המאמרים ובמיוחד לעורך העיתון – פרופ' עמיר תומר.



יגאל אסקין

נשיא האיגוד הישראלי
להנדסת מערכות INCOSE_IL
yeskin@elta.co.il

קריאה מהנה ופוריה!

הזמנה לכנס הבינלאומי להנדסת מערכות באדינבורג

Achieving excellence through Systems Engineering

Join us for the 26th Annual INCOSE International Symposium

July 18 to 21, 2016 | Edinburgh International Convention Centre

The Exchange – Edinburgh EH8 3EE – SCOTLAND +44-131-300-3000
www.eicc.co.uk

What? INCOSE's Annual International Symposium is the largest annual gathering of people who do systems engineering for four days of presentations, case studies, workshops, tutorials and panel discussions. The program attracts an international mix of professionals at all levels, and includes practitioners in government and industry, as well as educators and researchers.

Why? Engage with your colleagues from the Systems Engineering community! Learn about state-of-the-art methods and essential skills for Systems Engineers. Find out how people are making a difference with Systems Engineering.

למידע נוסף:

<http://www.incose.org/symp2016/home/when-where>

קול מנכ"ל אילטם

שלום רב,

בימים אלו מתגבשות הפעילויות המתוכננות בתחום המערכות המורכבות בדיסציפלינה של הנדסת מערכות, הנדסת תוכנה ופיתוח חומרה, לחציון השני של 2016.

כחלק מהקשר שלנו עם התעשייה, אנו מעמיקים את הקשר עם חברת אינטל, כאשר כפועל יוצא, הצגנו את הפעילות של אילטם ו- Incose_il בכנס שערכה החברה במהלך יוני 2016 למהנדסי פיתוח מערכות, ומהנדסי המערכות של החברה.

אנו שמחים לעדכן כי האיגוד הישראלי להנדסת מערכות זכה שוב במדליה הגבוה ביותר במסגרת תחרות **Chapter Award** לשנת 2015, והשנה היא **מדליה פלטיניום**. האיגוד זכה במדליה על הישגיו המקצועיים (כנסים, ימי עיון, עיתונים מקצועיים) ועל התנהלותו הסדורה. המדליה תוענק בטקס מכובד במהלך הכנס הבינלאומי של INCOSSE שיערך השנה בסקוטלנד. ד"ר אביגדור זוננשיין ייצג את האיגוד שלנו בטקס.

אני רוצה להציג בפניכם את שלומית מורד שנבחרה לנשיאות אילטם. שלומית הינה מהנדסת מערכות בחברת סטראטסיס ובמסגרת תפקידה באיגוד, היא מובילה את תחום הנדסת מערכות בחברות לא ביטחוניות. אחד הפרמטרים הקריטיים שהעלתה שלומית הוא נושא ה-TTM: **זמן האספקה** של המערכת הכוללת (**Time to Market**) הינו, במקרים רבים, פועל יוצא של תכנון העבודה הכוללת. אמנם גם מועד זה נדרש לעמוד באילוץ חוזי נתון, אם כי ידוע לכל שמערכות רבות נוטות לגלוש, ולעיתים בצורה משמעותית, מזמן האספקה המתוכנן. במערכות החדשות, זמן האספקה הפך לפרמטר הקריטי, והוא מוכתב, במקרים רבים, ע"י אילוצים חיצוניים כגון קיום תערוכה, הכרזה שתקדים מתחרים, צורך מבצעי דחוף וכדומה. הפשרה נמצאת, כמובן, בתכולה שתסופק במועד שנקבע, שתכלול, מן הסתם, את האוסף המינימלי של תכונות ויכולות שניתן להשלים במועד הנקוב, ואשר יספק, לפחות בשלב הראשון, את האפשרות לענות לצורך הדחוף, להקדים את המתחרים או להציג מוצר מנצח בתערוכה. בבסיס פשרה זו נמצאת, כמובן, התכונה העיקרית של **מערכות עתירות תוכנה** והיא, היכולת להמשיך ולגדול בהדרגה גם אחרי זמן האספקה הראשוני. המונח TTM משנה את משמעותו: במקום לדבר על זמן אספקה של "מערכת שלמה" מדובר על סדרה של זמני אספקה, אשר בכל אחד מהם תסופק גרסה של המערכת עם יכולות מתקדמות ומשופרות. כל אחד מזמני אספקה אלה הינו קשיח הרבה יותר, ולפיכך נדרשים המפתחים והלקוחות, במאמץ משותף, להגדיר היטב את התכולה (החלקית) שתיכלל בגרסה הקרובה, על בסיס תיעדוף מדוקדק של סך כל התכולה שתצטרך, בבוא היום, להיכלל במערכת השלמה (שחלקה לעיתים לא ידוע וחלקה צפוי לשינויים מהותיים). אולם, סינון ותיעדוף של התכולה מהווים פתרון חלקי בלבד: הגרסה המסופקת, גם בתכולתה החלקית, חייבת לעמוד בדרישות ובציפיות של הלקוח והשוק מבחינת האיכות והאטרקטיביות. המשמעות היא, שלא ניתן לוותר בשום אופן על תהליכים מוקפדים של ניהול דרישות, תכנון, סקרי תיכון, אינטגרציות ובדיקות. האתגר העיקרי הינו, אם כן, להתאים את המתודות המערכתיות הקלאסיות לגישות החדשות של פיתוח מערכות עתירות תוכנה, כאשר המעבר הקונספטואלי העיקרי הוא מפיתוח מונחה תכולה (דרישות) לפיתוח מונחה זמן.

ההשתלמויות בתחום הנדסת מערכות שיתקיימו בקרוב:

- **A systemic and systematic methodology for solving complex problems** – סדנא בת יומיים שתועבר ע"י Prof. Joseph Kasser, Singapore University, תתקיים ב-28-27 ליוני 2016. [לפרטים](#)

- **הנדסת מערכות מבוססת מודלים: עקרונות, שפות ויישומים** – סדנא בת 3 ימים שתועבר ע"י פרופ' דב דורי, מהטכניון, תתקיים ב-12, 19, 26 לספטמבר 2016. **פרטים באתר אילטם**
- **ניהול סיכונים והזדמנויות במערכות מורכבות** – סדנא בת יומיים, שתועבר ע"י ד"ר משה ויילר, מהטכניון, תתקיים ב-12-13 לספטמבר 2016. **פרטים באתר אילטם**
- **הכנס השנתי לסימולציות מערכתיות** – יתקיים בנובמבר 2016 ויכלול 4 מושבים ופאנל סיום. הוקמה ועדת תוכנית לכנס הכוללת את: ד"ר ישראל פלדמן – יו"ר הכנס, סא"ל ערן סדובסקי – חיל אויר, חיים רייכמן – אלתא, צחי ג. – רפאל, משה סלם – אילטם. **פרטים באתר אילטם**
- **הכנס הבינלאומי התשיעי להנדסת מערכות** – יתקיים במרץ 2017. יו"ר הכנס – עוזי אוריון, מכון טכנולוגי חולון HIT. **פרטים באתר אילטם**

בתחום הנדסת תוכנה:

- **כתיבה וניהול דרישות במערכות עתירות תוכנה** – סדנא של יום אחד, שתועבר ע"י פרופ' עמיר תומר, המכללה האקדמית כנרת בעמק הירדן, תתקיים ביולי 2016. הסדנה תעסוק בסוגיות ובשיטות הנוגעות לכתיבה של דרישות ברורות, חד-משמעיות ובדיקתיות, בשגיאות ובעיות נפוצות בכתיבת דרישות וכן בניסוח נכון ואפקטיבי של תרחישי פעולה מערכתיים ("סיפורי משתמש") הממומשים ברוב המערכות באמצעות התוכנה. פרטים בהמשך

ניתן להתעדכן בכל פעילויות האיגוד ב**אתר אילטם באינטרנט**, בדף **אילטם בפייסבוק**

אנו מזמינים את מהנדסי המערכות ל-incose_il ואת ציבור החברות התעשייתיות בישראל להצטרף לאילטם או לחדש חברות קיימת, ולהשתתף במגוון פעילויותינו.

אנו מזמינים אתכם לקחת חלק בפעילות הענפה של האיגוד.



משה סלם
מנכ"ל אילטם
Moshe@iltam.org
www.iltam.org

הנדסת מערכות מבוססות COTS

עמיהוד הרי

Design Speedovation INC

amihud.hari@bezeqint.net

תקציר

שילוב מוצרי מדף - COTS (Commercial off-the-shelf) במערכות פותח הזדמנויות ליתרונות רבים כמו למשל זמינות יותר גבוהה של המוצרים, זמני אספקה קצרים יותר, קיצור זמן פיתוח וחיסכון בעלויות פיתוח. ריכוז הכמויות אצל ספק אחד מבטיח חיסכון בעלויות הקמת קו ייצור ובעלויות הייצור וגידול מהיר של האמינות. מצד שני, שילוב מוצרי COTS במערכות מעמיד בפנינו כמה אתגרים וסיכונים כמו אי התאמה של המוצר לדרישות הלקוחות והצורך להוסיף מתאמים, קשיים בתחזוקה ובשדרוג מערכות.

בזכות היתרונות הגלומים בהן, השימוש במערכות מבוססות COTS (חומרה ותוכנה) הולך ומתרבה. לקוחות, הן במגזר הממשלתי והן במגזר העסקי הפרטי, דורשים מספקיהם לפתח את המערכות שלהם בגישה זו ואירגוני פיתוח נלהבים למצות את היתרונות הגלומים בפיתוח מערכות מבוססות COTS. יחד עם זה אנו שומעים על כישלונות בשילוב מוצרי COTS במערכות ומתברר שהנדסת מערכות מבוססות COTS היא אתגר מקצועי ונדרשים ידע ומקצוענות כדי להצליח בהפקת התועלות הרבות שטמונות בפיתוח, הטמעה ותמיכה שלהן.

המאמר סוקר כמה עקרונות של הנדסת מערכת מבוססת COTS (חומרה ותוכנה) ומפרט כמה היבטים של הנדסת מערכות הדורשים שינוי והתאמה כשמשלבים מרכיבי COTS בפרויקט כמו:

הנדסת דרישות למערכות מבוססות COTS – ידון בפרק 2.

תהליך פיתוח אבולוציוני לשילוב מערכות מבוססות COTS – ידון בפרק 3

ארכיטקטורה ותכן של מערכות COTS ובחירה של מרכיבי COTS – ידון בפרק 4

ניהול סיכונים של שימוש במוצרי COTS – ידון בפרק 5

בחינה של מערכות מבוססות COTS – ידון בפרק 6

קיימים עוד מספר תחומים הדורשים שינויים מהותיים בתהליכי הנדסת מערכות כגון תחזוקה ושדרוג, שילוב היבטי אמינות ובטיחות, רישוי והתמודדות עם זיופים והערכת עלויות מחזור החיים של מערכות מבוססות COTS אך אלה לא נדונו במאמר זה.

בסיום המאמר נביא מספר לקחים של ארגונים שהתנסו בשילוב מוצרי COTS בהנדסת המערכות שלהם, על האתגרים שעמדו בפניהם והפתרונות המקומיים שמצאו – אלה יוצגו בפרק 7.

מהמאמר עולה המסקנה שעל מנת להצליח להפיק את היתרונות הגלומים בשימוש במערכות מבוססות COTS נדרשת התמחות ונדרשים כללים מנחים. הכניסה לשימוש נרחב דורשת החלטות ברמת הנהלה ותמיכה בצוותי הפיתוח המשנים את שיטות העבודה שלהם. ארגונים שעשו זאת פעלו ביוזמות מקומיות בדרך כלל ואילו הממסד המקצועי של הנדסת המערכות לא העמיד עדיין תורה סדורה של הנדסת מערכות מבוססות COTS. האתגר הזה עדיין ניצב לפתחנו.

1. מבוא

1.1 הגדרת מוצרי COTS

מוצרי מדף COTS - הינם פריטים המיוצרים ע"י יצרנים למגוון גדול של צרכים וצרכנים ובכמויות גדולות. במסגרת המאמץ לקצר זמני פיתוח, להוזיל מחירים ולהתגבר על חוסר במשאבי פיתוח, השימוש במוצרי מדף הולך ומתרחב. מוצרי המדף הקיימים בשוק, כוללים מגוון רחב של מוצרים, יצרנים, ספקים ושיטות רכש, המיועדים בדרך כלל לביצוע מגוון מטלות מסחריות שאינן תואמות במלואן את הביצועים הנדרשים ממוצר ספציפי. משפחות COTS כוללות נושאים כגון: תוכנה, מכלולי תקשורת, מכלולי ניווט, כרטיסים אלקטרוניים, תיבות, מערכות אלקטרו מכאניות, רכיבי וידאו, טכנולוגיות זיווד. אורך החיים של מוצרים אזרחיים אלה בהיבטי זמן קיום בשוק הינו קצר בהשוואה לנדרש לעיתים מהמערכות ובמיוחד צבאיות. במקרים רבים קיים פער בנושא עמידה בדרישות לתנאי סביבה (טמפרטורה, רעידות, לחות).

פריט COTS הוא פריט מסחרי שלא הותאם באופן ספציפי לשימוש בפרויקט מסוים, ובדרך כלל משמש כמילה נרדפת לפריטים מסחריים. בהתאם ל [2] Federal Acquisition Regulation ההגדרה של מוצר COTS כוללת:

- כל פריט שמשמשים בו כפי שנהוג למטרות לא ייחודיות לפרויקט הספציפי, שנמכר, מושכר או מורשה לציבור הרחב. המענה של COTS על דרישות ספציפיות נקבע על פי מחקר שוק ולא לפי מפרט ייחודי מותאם.
 - פריט שהתפתח ממוצר מסחרי כפי שתואר לעיל, בדרך כלל מודל חדש או שדרוגים של פריט שתואר קודם.
 - כול שילוב של פריטים העונים להגדרה של פריטים מסחריים, אם מקובל לקנות אותם כשהם משולבים.
 - למשל, מערכת מחשב או מערכת וידאו שהיא בעצמה שילוב של פריטים מסחריים, אפילו אם המערכת עצמה יכולה להיות בתצורה ייחודית.
 - שרות שנרכש בכדי לתמוך בפריטים מסחריים.
 - שרות שהוצע ונמכר בשוק מסחרי לפי קטלוג או מחירי שוק.
 - כל פריט או שרות כפי שהוצג לעיל, גם אם הועבר בין חטיבות שונות של ספק. למשל פריט מסחרי שהועבר מחטיבה מסחרית לחטיבה ביטחונית של חברה הוא עדיין פריט מסחרי.
 - פריט שפותח בעלויות פרטיות ונמכר בכמויות משמעותיות, על בסיס תחרותי, לפרויקטים ספציפיים.
 - ההגדרה הנ"ל ישימה ל COTS כול עוד לא נדרשות התאמות למוצר.
- COTS שונה מ NDI (Non-Developmental Item) בהיבט ש NDI לא נרכש בהכרח בערוצים מסחריים אבל עדיין פותח קודם. לדוגמא ציוד צבאי מסוים שפותח בעבר. זה מאפשר לממשלה להימנע מלשלם עבור הפיתוח שלו **כעת**.

מתוך הספר האדום [1]: מספר אמיתות כלליות על COTS

- הצבא שלנו אינו זקוק עוד לפרשים מקצועיים. אבל נהיגה בטנק דורשת יותר כישורים מאשר רכיבה על סוס.
- המעבר למוצרים מסחריים משמעותו פחות מומחים לפיתוח ולתכנות, אבל צורך גובר למומחי אינטגרציה ולמומחי הערכה. לכן שימוש נרחב במוצרי COTS לא מרמז על צמצום המומחיות הנדרשת אלא רק על שינוי בנושאי ההתמחות הנדרשים.
- החתול איננו יכול לחיות בקן של ציפור כך גם הציפור איננה יכולה לצוד עכבר.
- מוצר ה COTS עושה רק מה שנועד לעשות, לא מה שאתה רוצה שיעשה. הוא לא נבנה לצרכיך או למפרט שלך, אלא לסט צרכים, מפרטים ולחצים מסחריים הידועים רק לספק.
- אימוץ גישה מערכות מבוססות COTS משמעותו להבין ולקבל שהמוצרים עובדים כפי שקבעו אילוצי השוק הכלכלי, לא על ידי הצרכים של מערכת ספציפית שלך.
- הקליע נע הרבה יותר רחוק מהחץ, אבל הרובה עולה הרבה יותר מהקשת.
- הסיבה העיקרית לגישה מבוססת ה COTS היא רק בחלקה לחסוך כסף. הסיבות היותר בסיסיות לשימוש ברכיבי COTS מתייחסת לנושאים כמו מהירות הפיתוח, תחזוקה מתוכננת, וקלות המודרניזציה. כולן חיוניות למוצרים מורכבים. לכן, חסכון מידי בעלויות ה COTS עלול במקרים רבים להיות מינימאלי או אשליה, האמת עלולה אפילו להיות, במיוחד בטווח הקצר, שמעבר למרכיבי COTS עלול ליקר את המוצר.

...COTS, MCOTS, MOTS, GOTS, NOTS .2

- **MCOTS** (לפעמים מכונה MOTS) הוא ביטוי לציוד COTS צבאי (Military Commercial off the Shelf items). MCOTS הן גרסאות צבאיות של מוצרים מסחריים שתוכננו ונבנו לעמידה בתקנים צבאיים או מקבילים להם שנמכרים על ידי חברות מסחריות להרכשה ביטחונית. לדוגמא, מחשב מחברת של HP שנבנה במיוחד לעמידה בתנאי סביבה קשים. פריטי MCOTS ממוקדים בדרך כלל בעמידה בתנאי סביבה מיוחדים כגון: תפעול בתנאי סביבה קשים או תמיכה בתוכניות DOD עם אופציות תחזוקה להארכת זמן חיים.
- שימוש אחר המקובל למושג **MOTS** הוא: component Modified or Modifiable off-the-shelf. המשמש עבור מוצר שניתן להתאמה על ידי ההרוכש או על ידי גוף אחר על מנת לענות על צורכי הלקוחות.
- **GOTS** (Government Off-The-Shelf components) הם פריטים הזמינים להכללה במערכות המוזמנות על ידי הממשלה.
- **NOTS** (NATO off-the-shelf product) הוא מוצר שפותח במיוחד כדי לעמוד בדרישות NATO.

1.3 היתרונות בשילוב מוצרי COTS במערכות

שילוב מוצרי COTS במערכות פותח הזדמנויות ליתרונות רבים. בשנים האחרונות השימוש במוצרי COTS התקדם והתרחב במידה ניכרת. כמה מהיתרונות הבולטים של שילוב מוצרי COTS במערכות הם:

- זמני אספקה קצרים יותר
- קיצור זמן פיתוח וחסכון בעלויות פיתוח
- זמינות יותר גבוהה של מוצרים
- יתרונות הנובעים מכמויות גדולות
- עלויות פיתוח והקמת קו ייצור מתחלקות על פני נתח שוק יותר רחב
- צמצום עלויות הייצור
- גידול מהיר של האמינות בזכות צבירה מהירה של ניסיון מהשטח
- שימוש בממשקים תקינים
- מוצרים טובים יותר המשתפרים באופן שוטף וקבוע לפי דרישות האיכות של השוק המסחרי
- תמיכה טובה יותר

1.4 אז מה הבעיה? - אתגרים בשילוב מוצרי COTS במערכות

שילוב מוצרי COTS במערכות מעמיד כמה אתגרים וסיכונים. כמה מהבעיות כתוצאה מהשימוש ברכיבי COTS הן:

- **אי התאמה** מלאה של המוצר לדרישות הלקוחות
- מפרטים של רכיבי COTS פוטנציאליים מגבילים את מרחב הפתרון
- במערכות מבוססות COTS עלינו למפות את הדרישות למרחב פתרון מאולץ.
- מרכיבי COTS אינם עונים תמיד לכול הצרכים של המערכת ולכן שילובם כרוך בפשרות או בפיתוח מתאמים מה שעלול לקזז במידה ניכרת מהרווח הכספי ומקיצור לוח הזמנים שהשימוש ברכיבי COTS צריך להניב.
- שימוש ברכיבי COTS כרוך לעיתים קרובות בסיכונים הנובעים מחוסר ידע של מפתח המערכות על תכולתם של רכיבי ה-COTS, על שיקולי התכן שלהם ועל הבדיקות שהם עברו. חוסר ידע זה עלול להגביל את יכולת התחזוקה של המערכת, את יכולת הבדיקה שלה או את שדרוגה.
- **התיישנות** מהירה, הספקים מתחייבים במרכיבי COTS לחיים קצרים בהרבה ממה שאנחנו מתחייבים ללקוחותינו ולכן יש בעיה של התיישנות, השתנות או העלמות של המרכיבים.

1.5 תקנים ומדריכים בנושא מערכות מבוססות COTS

לאור האמור עד כאן היינו מצפים למצוא תקנים או מדריכים לפיתוח מערכות מבוססות COTS. אבל הגופים האמונים על התורה והשיטות של הנדסת מערכות כמו האוניברסיטאות או האגודות המקצועיות, האקדמיה וארגוני התוכן המקצועיים של הנדסת המערכות (כמו INCOSE) טרם נענו באופן ממוסד לאתגר של עדכון התקנים והשיטות של הנדסת מערכות עבור מערכות מבוססות COTS. כיום ארגונים תעשייתיים מפתחים להם **פתרונות מקומיים** לבעיות הנובעות משילוב מוצרי

COTS במערכות. כמה מהיוזמות בכוון תקינה והנחייה הן:

- **תקן: 2011 – 933 A – NSI/EIA – Standard for Preparing a COTS Assembly Management Plan [3]** – תקן להכנת תכנית ניהול להכללת COTS. התקן מגדיר את הדרישות מתכנית ניהול – CAMP (COTS Assembly Management Plan) להכללת מוצרי COTS במערכת, על מנת להבטיח, ללקוחות ולגופי הרגולציה, שהכללות ה COTS במערכת נבחרות ומיושמות בתהליך מבוקר ושהדרישות מהן מבוצעות בשלמות. בדרך כלל הבעלים של תכנית CAMP הם יצרנים ומכלילים של ציוד ומערכות.
- מסמך זה נועד לסייע למכלילי המערכות, יצרנים, קבלני משנה, מתחזקי מכלולים של תשתיות וציוד אלקטרוני ותעופתי ומשתמשים, לפתח את תכניות ה CAMP שלהם. היעד הוא להגדיר ולתעד, תהליכים להבטחת התאמה של מכלולי COTS שנבחרו לשימוש במערכות. המסמך קובע יעדים שיש להשלים (אך אינו מפרט כיצד יש לבצע משימות אלה), נתונים ספציפיים שיש לאסוף או דוחות שיש להפיץ.
- מדריך DOD: **DEFENSE ACQUISITION GUIDEBOOK** הכולל בפרק 4.3.18.4. **Commercial-Off-the-Shelf [4]** קווים מנחים להכללת מוצרי COTS במערכות.
- **Software Engineering Institute – SEI** פרסמו את: ה **Evolutionary Process – EPIC** for Integrating COTS – based systems [5] שידון בהמשך המאמר בפרק 3.

2. הנדסת דרישות למערכות מבוססות COTS

מתוך הספר האדום [1]: על דרישות למערכות מבוססות COTS

- אנו יכולים לעצב את השביל רק כשאנחנו חותכים את הכיוון דרך היער.
- דרישות רבות של המערכת מתבררות רק כשהמערכת מתפתחת. זה במיוחד נכון לגבי מערכת המשתמשת בריבוי מוצרי מדף מסחריים, מאחר שליחסי הגומלין ביניהם תהיה השפעה מכרעת על תכן המערכת.
- האם חייית אי פעם ביער? אם לא, כיצד אתה יכול ללמד אותי כיצד לשרוד בו?
- ודאי שכול מערכת חדשה מצופה לכלול מוצרי COTS היכן שאפשר. משמעות הדבר שכאשר מגדירים את הדרישות של מערכות אלה, **צריך להיות מודע למוצרים הזמינים**, אילוץ התפקוד שלהם, ואפילו הנחות התכן שלהם צריכות להיות זמינות למחברי הדרישות.
- בימי אבותינו השתמשו באסטרטגיות ישנות ובחיצים קצרים, כיום אנו משתמשים באסטרטגיות חדשות ויורים ברובים. אל תשתמש באסטרטגיות ישנות כאשר אתה יורה ברובה חדיש.
- בתהליכי "מפל המים" המסורתיים, דרישות באות **תחילה**. אבל תהליכים שונים כופים אילוץ שונים על הפיתוח: כאשר בונים מערכת ממוצרים מסחריים, דרישות חייבות להיות מוגדרות באופן **איטרטיבי**. למעשה, דרישות רבות ייוודעו רק אחרי שנוצרו מספר אבי טיפוס.
- חיילים צריכים גם רובים וגם שמיכות. אבל הם אינם יכולים לירות באויב בשמיכות.
- לא כול הדרישות שוות במידה שווה. יותר סביר שהדרישות יתפרסו בין דרישות מוחלטות לבין תכונות רצויות לכמה דברים שהם חשובים רק במידה שולית. זה מעיד על גישה שונה למבחר מוצרי COTS מאשר פשוט לאמת שכול משפטי ה "Shall" מולאו.

2.1 הנדסת דרישות מסורתיות לעומת הנדסת מערכות מבוססות COTS

CBSE

פיתוח מערכות מבוססות COTS מביא שינויים בסיסיים בדרך שבה ארגונים עובדים, במיוחד תהליך הנדסת הדרישות למערכות כאלה, מושפע מבעיות השונות במידה רבה מהבעיות בהגדרת דרישות למערכות מסורתיות. מוצרי COTS מתוכננים לענות על צורך של שוק שלם ולא לענות על צרכים של ארגון מסוים, לגמרי לא מובטח שקיימת חבילת מוצרים שתענה על כול הדרישות, לכן, תוך כדי הערכת המוצרים, חיוני לבצע תהליך מקיף של תעדוף דרישות ומשא ומתן עליהן.

בפיתוח מערכות מסורתיות, פעילות הנדסת הדרישות כוללת: הפקת צרכים ותרחישים של בעלי העניין, תרגום הצרכים והתרחישים ליעדי תכן המבוססים במשפטי דרישות, תיקוף דרישות אלה אל מול בעלי העניין. תפקידו העיקרי של מהנדס הדרישות הוא להבטיח שמפרט הדרישות עונה על ציפיות בעלי העניין ושהוא מיצג בבהירות את המערכת שרוצים לפתח. לכן, הוא אחראי להבטיח שהדרישות משחקות תפקיד של בקרה בתהליך פיתוח המערכת.

תהליך הנדסת הדרישות לפיתוח מערכות מבוססות COTS מושפע מבעיות שונות מאלו של מערכות מסורתיות. כמה מהנושאים העיקריים הם:

- **דילול (Dilution) הבקרה** – מוצרי COTS מתוכננים להשביע את רצונן של דרישות מאוד כלליות, ליצרן יש בקרה מלאה על גרסאות המוצר ושדרוגיו אבל הלקוחות מוצאים עצמם במצב בים בלתי צפויים שאין להם בקרה עליהם.
- **תהליך דרישות מתמשך** – במערכות מבוססות COTS דרישות משתנות באופן קיצוני בעיקר בגלל השינוי המהיר בשוק מוצרי ה COTS, הלקוחות חייבים לקבל גרסאות חדשות הכוללות תכונות שיכולות להיות לא רצויות או בסתירה לדרישות שנתבקשו.
- **גמישות הדרישות** – דרישות למערכות מבוססות COTS חייבות להיות גמישות ולא נוקשות כי הן עלולות למנוע את האפשרות להשתמש במוצרי COTS או שידרשו התאמות נרחבות בכדי לה- תאים את המוצר לדרישות מאוד ספציפיות. הנדסת דרישות הופכת תהליך של התאמה וכתוצאה מכך מתרחש איזון בין דרישות ובין מוצרי COTS קיימים.

2.2 עקרונות הגדרת מרכיבי COTS לרמת חיפוש

תחילה, יש להחליט לגבי כל חלק האם יתוכנן או יעשה שימוש במוצר קיים על המדף. (COTS) אם החלקים מתוכננים יש להגדירם בעזרת סכמה / שרטוט עד לרמת הפירוט הנדרשת להמשך עבודת התכן על ידי קבוצה או קבלן משנה עצמאי והיא כוללת עקרונות וממשקים). אבל אם החלקים נרכשו שים – יש להגדרם ל"רמת חיפוש" של COTS. הגדרה זו תתבסס על העקרונות הבאים:

- **המנע מהכתבת פתרון יחיד.** יש לאפשר למתכנן מרחב חלופות רחב ככל האפשר, כך גדל הסיכוי למציאת מוצר קרוב לאופטימלי עם פחות בעיות ומתאמים.
- יש להגדיר טווחי קבלה בין ערך יעד לבין ערך סף רחבים ככל האפשר, וכן ממשקים מחייבים.
- יש לכלול בהגדרה "כלל החלטה" (למשל פונקציות שביעות רצון [6]).
- הגדר רק את מינימום התכונות ההכרחי, הגדרת יתר חוסמת את האפשרויות לאופטימיזציה של התכן ומאלצת פתרון יחיד. מצד שני, יש להיזהר מהגדרות חסר שיביאו מוצרים שאינם עונים לכל הצרכים והממשקים.
- יש לדרוש מהספק פרטי תכן מפורטים ככל האפשר, תוצאות בדיקות, התחייבות לזמן קיום על המדף ללא שינוי, לעדכן כל שינוי.

- הזהר מבחירה על סמך תכונות משניות! תכונות משניות של פרטי COTS הן תכונות שאינן כלולות בנתוני המוצר. שהיצרן איננו מחויב להן. לעיתים הלקוח בוחן תכונות משניות של מוצרי COTS ובוחר את המוצר המתאים לו ביותר, אבל היצרן אינו מתחייב על תכונות אלה ורשאי לשנות את התכן במסגרת התכונות בדף הנתונים, אך ללא התחייבות לשמור את התעמי-דה בתכונות משניות.

2.2.1 ההמלצות של Alves and Finkelstein להגדרת דרישות למוצרי COTS

תהליך קבלת ההחלטות של בחירת מוצרי COTS צריך להיתפס כ**תהליך שיתופי** של פתרון בעיות, אשר בו כל המשתתפים מנסים למצוא פתרון מקובל על הכול למצב שבו יש התנגשות. ב CBSE, הספקים והלקוחות זקוקים אחד לשני, כך שלשניהם יש הזדמנות להשפיע האחד על השני ולדון באינטרסים הפרטיים בדרך של שיתוף פעולה. Alves and Finkelstein [7] מציעים המלצות להגדרת דרישות של מרכיבי COTS במערכות מבוססות COTS:

- **גמישות בהגדרת הדרישות ובתהליך ההערכה** - כך ניתן לתעדף ולאזן את הדרישות מול מאפייני COTS. תהליך ההערכה צריך להיות שיטתי ומדויק ויחד עם זאת גם לשמור על הגמישות ההכרחית שתאפשר שינויים בקריטריוני ההערכה תוך כדי תהליך ההערכה. נדרשת גישה יותר איכותית ופחות כמותית להכרעה בין חלופות COTS, שתהווה גורם משלים לשיטות הקיימות.
- **תיעדוף דרישות** - לעיתים קרובות לא ניתן לממש את כל הדרישות באמצעות חלופות ה COTS הנגישות. התיעדוף מאפשר להבחין בין הדרישות הקריטיות (שיש למלאן בכל מחיר) לבין דרישות שאינן הכרחיות ולהכריע באילו מקרים כדאי להתאים את המוצר לדרישות, באילו מקרים יש לקבל את מגבלות המוצר ולהתפשר על הדרישות, ומה תהיינה ההשלכות הכרוכות בכל אחת מאפשרויות הבחירה.
- הבחירה במוצרי COTS מצריכה **תהליך מתמשך (אבולוציוני) של דיון בדרישות**. על מנת לדון באופן אפקטיבי בדרישות בעלי העניין, חשוב לנתח בזהירות את השפעת השינויים. כאשר דורשים שינוי, יש למסור לבעלי העניין ידע מספק על מנת שיוכלו לשקול את הערך שנוסף מול הסיכונים והמאמצים הכרוכים בביצוע השינוי.
- כבר בשלב מוקדם כדאי להבין ולכמת את הסיכונים. עבור סיכונים שמתגלים רק בשלבים מאוחרים, תהליך ההערכה צריך להיות מסוגל לספק דרכים לאיתור ההכרעות שהתקבלו בשלבים מוקדמים.

מתוך הספר האדום על תהליך אבולוציוני לשילוב מערכות מבוססות COTS

- כול הבית חייב לשתף פעולה עם החתול אם הם רוצים להיפטר מהעכבר
- כול התהליך של פיתוח המערכת - דרישות, תכן, יישום, בחינה, תחזוקה - יכנס לשינויים רדיקאליים כאשר המערכת תכלול שילוב של מרכיבי COTS אחדים. אם תתחייב רק לחלק אחד של "תבנית החשיבה החדשה" (למשל רק לרכוש מספר מוצרים מסחריים), חיוני שתבין שזה ידרוש בדרך כלל דרישות למחויבות מכול המערכת.

3. תהליך אבולוציוני לשילוב מערכות מבוססות COTS

התהליך האבולוציוני לשילוב מערכות מבוססות COTS הנקרא: [5] Evolutionary Process for Integrating COTS-based systems – EPIC מגדיר מחדש רכישה, ניהול, ותהליכי הנדסה של שוק ה COTS ומרכיבים אחרים של הנדסת מערכות הקיימים מקודם. EPIC כולל גילוי במקביל ומו"מ על ממדים שונים של השפעה:

- צורכי לקוח ותהליכים עסקיים
- טכנולוגיות ישימות ורכיבים ישימים
- ארכיטקטורת יעד
- אילוצים תוכנתיים.

EPIC מאגד שיטות אלה ביחד תוך כדי זרימה מובנית של פעולות מפתח ותוצרים. גישה זו היא גישה הנדסה ספיראלית ממושמת, המבוססת על הפחתת סיכונים שמשפרת את רמת התהליכים. ה EPIC פותח לסייע לארגונים לבנות, להטמיע ולתמוך ב COTS ובמוצרים מפותחים אחרים. המרכיבים ש EPIC מטפל בהם הם: חומרה, תוכנה, מערכות מורשת (legacy systems) שמחליפים בהם מרכיב, שימוש חוזר (reuse).

בעלי עניין המשתתפים או מסייעים בתהליך ה EPIC:

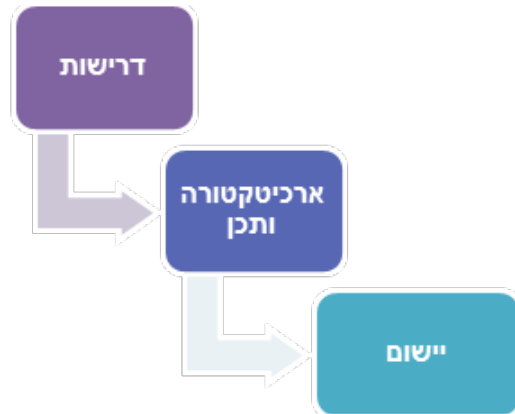
- מגדירי המשימה (למשל משתתפים סופיים, מפעילים, אדמיניסטרטורים, מתקינים, בעלי תהליכים עסקיים, לקוחות, ספונסרים ומומחים לתחומים רלבנטיים)
- מהנדסי מערכות, מתכללים (אינטגרטורים), מתחזקים, (למשל, ארכיטקטים, מפתחים, בוחנים)
- מנתחי חוזים ומנתחי עלויות
- שוק מרכיבי ה COTS ומקורות COTS (ספקים, מומחים טכנולוגיים, יועצים תעשייתיים, מתחזקי מערכות מורשת)
- אחראים לשינויים בתהליכי משתמש סופי.

3.1 מנועי תהליך הנדסת המערכות מבוססות COTS

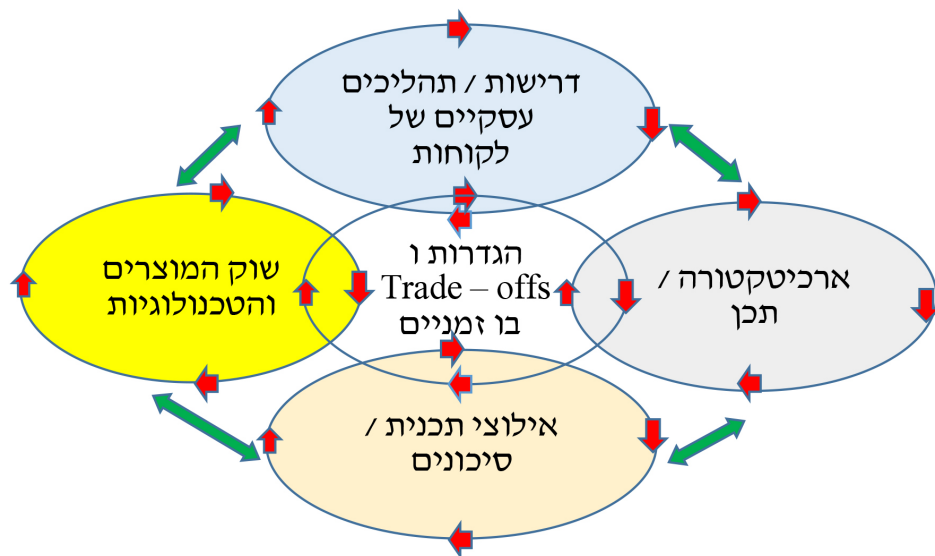
שימוש במוצרים קיימים ובמיוחד ב COTS מכניס לתהליך אתגרים משמעותיים. שינויים אלה מניעים את תהליכי מחזור החיים הכלולים ב EPIC. בניית פתרונות המבוססים על מרכיבים קיימים שונה מתהליך פיתוח המותאם לענות על צורכי לקוח ספציפי.

פרויקטים רבים ניסו לשלב מרכיבים קיימים בחוסר הצלחה, תוך שימוש בגישות מסורתיות יותר (כמוצג באיור 1) הכוללים הגדרת דרישות ואחריה בניית ארכיטקטורה שתענה על הדרישות ואז בא הניסיון להתאים את המרכיבים לארכיטקטורה.

מרכיבי COTS נבנים בכדי לספק את צרכיו של מגזר שוק. לכן, נדרשת הבנת התפקוד של פריט וכיצד הוא אמור להשתנות במשך הזמן בכדי לשמש להתאמת הדרישות והתהליכים העסקיים של המשתמש הסופי ומהם לגזור את הארכיטקטורה המתבקשת. המפתח לבניית פתרונות המבוססים על COTS הוא הצורך להגדיר ובו זמנית לבצע tradeoffs בין ארבעה **תחומי השפעה** כמוצג באיור 2. בעוד שה tradeoffs משותפים לכול מאמץ של תהליך הנדסי, הרי במקרה זה אנו מונעים על ידי הרצון למנף מרכיבים מהשוק. זהו **שינוי יסודי** ממודלים של תהליכים אלטרנטיביים.



איור 1: תהליך הנדסת המערכות המסורתית



איור 2: יחסי ההשפעה ההדדית בין ארבעת תחומי השפעה בתהליך האבולוציוני לשילוב מערכות מבוססות COTS

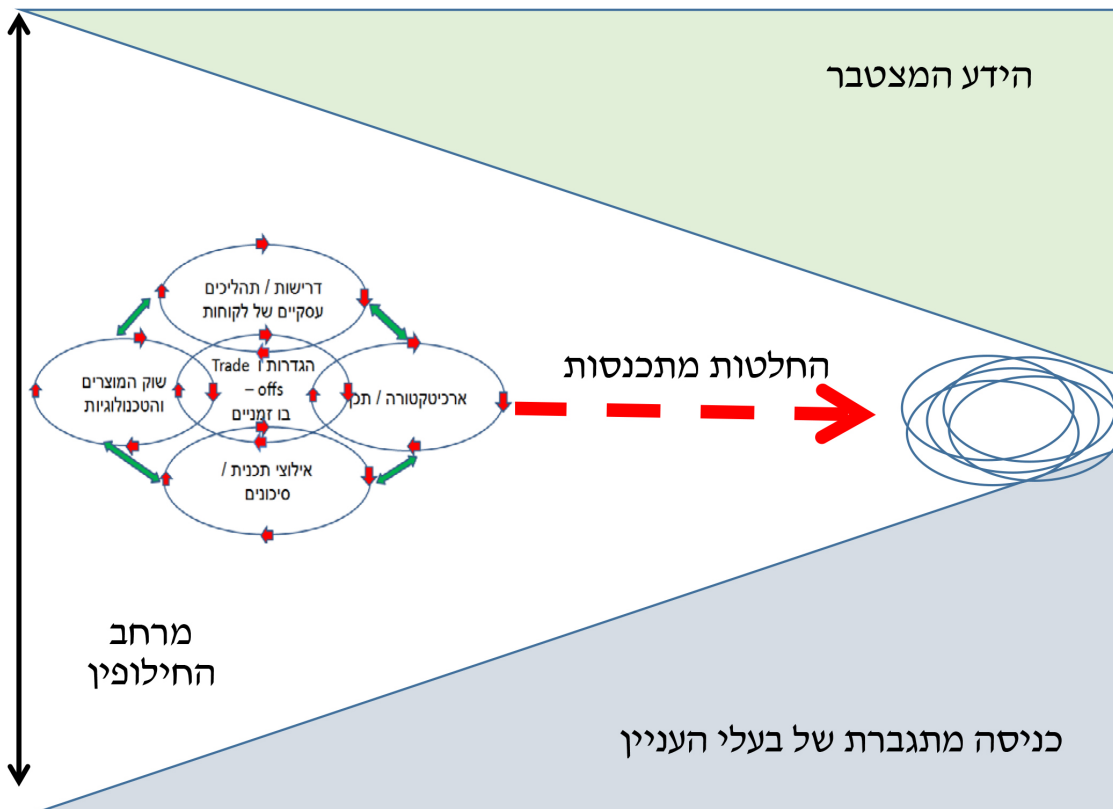
התהליך מונע על ידי ארבעת גורמי ההשפעה הבאים:

- **צורכי בעלי העניין ותהליכים עסקיים** שלהם (תרחישים) מציינים דרישות (כולל תכונות איכות כמו ביצועים, ביטחון, ואמינות), תהליכים עסקיים של משתמש הקצה, מנועים עסקיים וסביבת התפעול.
- **השוק** מצוין מוצרי COTS וטכנולוגיות קיימים וצומחים, פריטים ללא פיתוח (NDI) ותקנים רלוונטיים.
- **הארכיטקטורה והתכן** מציינים את החלקים החיוניים של התכן והיחסים ביניהם. המרכיבים כוללים מבנה, התנהגות, שימוש, תפקיד, ביצועים, גמישות (resilience), שימוש חוזר (reuse), מובנות (comprehensibility), כלכלה ואילוצים טכנולוגיים ו tradeoffs והיבטים אסתטיים.
- **אילוצי תכנית וסיכונים** מציינים את ההיבטים הניהוליים של הפרויקט. וסיכונים של בנייה, הטמעה, ותמיכה היבטים אלה כוללים עלות, לוחות זמנים של הפתרון.

בתהליך מושם דגש על האיזון הקריטי בין ארבעת תחומי ההשפעה במהלך חיי הפרויקט. ארבעת התחומים מייצגים אינטרסים מתחרים שיש להביאם בחשבון ביצירת פתרון בר קיימא שממנף ביעילות פתרונות קיימים. ארבעה תחומי השפעה אלה מוגדרים בו זמנית תוך זיקות הדדיות (tradeoffs) ביניהם, ונעים יחסית זה מול זה במהלך חיי הפרויקט, כי ההחלטה במעגל אחד תעדכן וקרוב לוודאי תאלץ החלטות שיש לקבל במעגל אחר. למשל, צורך של בעל עניין יכול להיות מנוסח בצורה שאינה נענית על ידי אף מוצר קיים או מרכיב קיים פוטנציאלי ישכול להיות בלתי מתאים למשפיעים קיימים של תשתית הארגון או שהוא מסתמך על אסטרטגית רישוי שאינה קבילה מבחינת עלות, או יתרה מזה, גרסה חדשה של מרכיב שנבחר עלולה לשנות את התנהגות הפתרון.

3.2 החלטות מתכנסות בסבבים

בכדי לשמור את האיזון בין ארבעת תחומי ההשפעה, EPIC יוצרת סביבה שתומכת בהגדרה הסיבובית (איטראטיבית) של ארבעת התחומים על פני הזמן תוך צמצום שיטתי של מרחב החילופין (trade space) בתוך כול אחד מהם. כך מתאפשר להחליט בתחום אחד, להשפיע ולהיות מושפע על ידי החלטות בתחום אחר. תחילה, כמוצג בחלק השמאלי של איור 3, מרחב החילופין יכול להיות רחב. יש גמישות לביצוע tradeoffs בין צורכי בעלי העניין ותהליכי המשתמש הסופי, הארכיטקטורה והתכן, ההצעות של השוק ומקורות אחרים ואילווצים תוכניתיים וסיכונים. ככול ש-EPIC משמש להנעה לכיוון הבנה מפורטת של הפתרון כך מרחב החילופין מצטמק. התחומים חופפים זה את זה יותר ויותר ופחות החלטות נותרות להחלטה בכול תחום ספציפי מבלי שישפיעו באופן משמעותי על התחומים האחרים.



איור 3: תהליך התכנסות החלטות במהלך מחזור החיים

4 . ארכיטקטורה ותכן של מערכות COTS ובחירה של מרכיבי COTS

מתוך הספר האדום [1] על ארכיטקטורה, תכן ובחירה בCBSE

- הנשק חייב תחילה למדוד את הכדורים אם הוא רוצה לבנות רובה שיכול לירות אותם.
- תכנון מערכת מבוססת COTS קשור באופן בלתי נפרד להערכת מוצרים חלופיים שירכיבו אותה. לכן, תהליך ההערכה חייב להתחיל מוקדם במחזור החיים – למעשה, באותה נקודה שבה מתכננים את המערכת.
- על מי אתה יכול לסמוך להוביל אותך דרך מעבר בהר גבוה? – על אדם שמכיר את ההרים.
- כאשר מעריכים מוצר לשימוש במערכת בעלת חיים ארוכים, מחליטים במפורש האם להיכנס ליחסים ארוכי טווח עם ספק המוצר. יציבותו של הספק, חכמתו העסקית וחיותו המסחרית יכולים להיות קריטיים להערכתו כתכונת איכות בלתי נפרדת של המוצר.
- אין נשקים מושלמים, לכן אל תחפש אותם. קנה את הנשק שאתה יכול להשיג והשתמש בו באופן הכי טוב שאתה יכול.
- מוצר מדף אף פעם לא יתאים בדיוק למערכת מורכבת. (למשל, מבחינת התאמתו ל "plug-n-play"). התאמה מושלמת שכזו יכולה לקרות רק אם המערכת תוכננה במפורש סביב המוצר. לכן, לא ניתן להימנע ממידה מסוימת של אי התאמה, ויש לצפות לה. המפתח להצלחה הוא בהערכה מוקדמת של אי התאמה, מאחר וניתן לחזות אותה ולתכנן את המערכת להתמודדות אתה.
- איך אתה יודע כמה גבוה ההר? האם טיפסת עליו?
- הצורך להחזיק מוצרי COTS ביד הוא כמעט מנדטורי להערכתם. יש לנסות אותם ולוודא על בסיס של מגע ראשון האם הם מתאימים למטרתם המיועדת.

4.1 פיתוח מערכות מבוססות COTS - מה נשתנה ?

פיתוח מערכת מבוססת COTS מבוסס על תבנית חשיבה שונה משל תכן מערכות מסורתיות. ההבדל הוא בין פיתוח דרך אינטגרציה לעומת פיתוח דרך תכן מרכיבים והוא שונה באופן יסודי. בפיתוח מערכות מבוססות יש תפקיד מיוחד להערכה, בעוד שבהנדסת מערכות מסורתית הארכיטקטורה נבחרת על ידי המתכנן הרי בהנדסת מערכות מבוססת COTS הארכיטקטורה מאולצת על ידי מרכיבי ה COTS.

4.2 שילוב מרכיבי COTS במערכת

שילוב מרכיבי COTS במערכת דורש tradeoffs בין ארכיטקטורות. מנהל התכנית עומד בפני מספר חלופות, לכול אחת יש תועלות ומחירים:

1. התאמת הארכיטקטורות והממשקים של מוצרי ה COTS למערכת הקיימת. התועלת בגישה זו היא שניתן לתכנן את המוצר החדש עבור המערכת. המחירים הם שהארכיטקטורה עלולה להיות לא מיטבית, מוצרי COTS עלולים לא להיות זמינים עם הממשק של המערכת, וטכנולוגיות חדשות לא נלקחו בחשבון להחלפה של טכנולוגיות ישנות.

2. **יצירת מתאם שיספק את הקישור בין מוצר ה COTS החדש לבין המערכת הקיימת. התועלת** בגישה זו היא ההפרעה המינימלית לשני הצדדים. **המחירים** הם שהשימוש במתאמים איננו מצליח לעתים קרובות כפתרון לטווח ארוך. מתאמים מטבעם, נקשרים לממשקים של שני הצדדים ולכן נוטים להיות רגישים ולהתנגד לשינויים. יתרה מזאת, הם עלולים להעמיס קשות על הממשקים שמשתמשים בהם.

3. **התאמת הממשקים של המערכת הקיימת לאלו של מוצר ה COTS החדש. התועלת** בגישה זו היא שניתן לשלב טכנולוגיות חדשות ולתת למתכן המערכת הזדמנות ליצור ארכיטקטורה ותכן מיטביים. **המחירים** הם שהתכן והקוד של המערכת המקורית אינם ניתנים עוד להתאמה (למשל מחסור במהנדסים או במתכנתים עם הידע בשיטות ובשפת התכן, אי התאמה לסביבת הפיתוח והגרוע מכול, אי היכולת לבנות מחדש את המערכת). התאמות כאלה ידרשו להתפשר עם ארכיטקטורת המערכת.

לבחירת אסטרטגיית השילוב יש להיוועץ במנהלי הפיתוח של המערכת ולהגיע למסקנה איזו ארכיטקטורה אפשרית בכלל. אם נדרש לשנות את ארכיטקטורת המערכת, יש לבחון את העלויות והזמנים הנדרשים. כמוכן, יש השתמש ב testbed, אם אפשר, להבטיח היתכנות של השילוב תוך שימוש בנתונים אופייניים. ולבסוף חשוב לתעד את כול הנחות הממשקים היכן שהם משפיעים על מוצרי ה COTS – הם יהוו את הבסיס לשילוב מחדש בשדרוג הבא.

בחירת ארכיטקטורה מחייבת מודעות לקיומם של שיקולים יחודיים למערכות מבוססות COTS. הגדרת הארכיטקטורה מגדירה כיצד מרכיבי המערכת יתקשרו, כיצד תתבצע בקרת הפעולה וכיצד המערכת תתוחזק. ארכיטקטורה נבחנת בשלושה היבטים הבאים:

1. **בחירת ארכיטקטורה גמישה** שניתן לתחזק אותה במהלך חיי המערכת, **ואימות** שהמרכיבים מתאימים לארכיטקטורה, תניב מערכת שניתן לצרף לה מרכיבים ביתר קלות, ושניתן לתפור לה ולהתאים אותה לשירותים כנדרש.

2. ארכיטקטורה מתאימה תעודד **שיתוף של מרכיבים וידע** לרוחב הפרויקט בכדי לנצל את היתרון שבתפקוד המשותף.

3. **בניית מערכת כרכיב של מערכת יותר גדולה.** מערכות שנבנו צריכות להניח שיום אחד הן יהיו למוצרי המדף שישולבו במערכת גדולה יותר. זווית הראיה הזו צריכה לגרום למאמץ שה"דבק" של ה COTS הוא גמיש מספיק להכיל שילוב עם מערכות עתידיות.

4.3 מערכת פתוחה

מערכת פתוחה מיישמת מפרט פתוח דיו לפורמטים של **ממשקים, שירותים ותמיכה** בכדי לאפשר שימוש טוב במרכיבים הנדסיים לכול רוחבן של מערכות במינימום שינויים, **לפעול הדדית (Interoperate)** עם מרכיבים אחרים במערכות מקומיות ומרוחקות, ולפעול יחד עם המשתמשים בסגנון שמאפשר ניידות ויכולת פעולה הדדית.

מערכת פתוחה מבוססת על מפרטים זמינים לציבור הרחב, עדיף מכאלה המתוחזקים כתקן המוכר באופן בינלאומי על ידי ארגונים מובילים. התקנים מוגדרים היטב, בשימוש נרחב כאשר המשתמש בממשקים הם שירותים ופורמטים שאינם בבעלות פרטית. למערכת פתוחה ממשקים ברי קיימא המאפשרים החלפת מרכיבים. מרכיבים אלה ניתנים לשדרוג על ידי שילוב של מרכיבים נוספים במינימום השפעה על המערכת.

ארכיטקטורה מערכתית פתוחה מוגדרת כאוסף מכלולים הפועלים בינם לבין עצמם שיש להם את התכונות הבאות על מנת לענות על צורכי לקוח מוצהרים:

- ניתן להגדלה
- ניתן להתפתחות
- חסין המתבטא בצימוד מבוקר בין מרכיבי המערכת, בתיזמון מובטח וביצוע בזמן אמת ובסלחנות להתדרדרות
- אבטחת מידע והגנתו
- יכולת פעולה הדדית של מערכות של מערכות (מערכים)
- אי תלות טכנולוגית ופתרון בעיות התיישנות
- מפרטי ממשקים של המכלולים הם: מוגדרים במלואם, זמינים לציבור, ומתוחזקים בהתאם להסכמת הקבוצה.

גישה חדשנית לארכיטקטורה פתוחה מוצגת ב [8]. המאמר מגדיר מוצרי ארכיטקטורה פתוחה הכוללים פלטפורמה קבועה ומודולים שניתן לצרפם ולהחליפם. לקוחות יכולים להתאים מוצרי ארכיטקטורה פתוחה לצורכיהם על ידי שילוב מודולים לפלטפורמה. יצרנים ייצרו פלטפורמות כאלה, בעוד שחברות קטנות ולקוחות קטנים יפתחו את המודול, ובכך יגבירו תעסוקה וישפרו את הכלכלה שלהם. באותו זמן מוצרי ארכיטקטורה פתוחה יספקו לצרכנים את המוצר שיחפצו בו.

4.4 תקן פתוח (Voluntary consensus standards)

תקנים פתוחים הם תקנים שפותחו או אומצו באופן וולונטרי תוך הסכמה נרחבת ע"י גופי תקינה. גופי התקינה אלה הם דמוקרטים ופתוחים לכל המעוניים, שומרים על שיווי משקל באינטרסים ומקיימים הליך תקין כהולל תהליך עיבוד בקשות ופניות והצבעה. ההסכמות הגופי התקינה מתקבלות בקונצנזוס.

היתרונות של השימוש בתקנים פתוחים הם:

- תקנים פתוחים מאפשרים תחרות המוליכה לעליה באיכות ולירידה בעלות
- אין "שומר סף" – ספק בודד המנהל תקן לצורך קידום האינטרסים שלו בלבד.
- תהליך קונצנזוס – איטי יותר אך מקיף את מירב הדרישות של כל השוק, ללא עדיפות לגורם זה או אחר.
- סף כניסה נמוך – יצרנים יכולים בקלות ליצר רכיבים ולכן מעודדים לעשות זאת.
- סף יציאה נמוך – הצרכן יכול בקלות (עלות נמוכה) להחליף רכיב ישן ולא עדכני בטכנולוגיה חדשנית עדיפה.
- מעלים את הכדאיות של משקיעים להתקדם (גודל שוק ונגישות), מפחיתים את התלות של הצרכן ביצרן בודד

בעיתיות העומדת בפני משתמשי התקן הפתוח היא הפרשנות, מאחר ותקנים נכתבים, לפעמים בכוונה, בשפה לא חד משמעית, מפתחים של מרכיבים שונים עלולים לפרש את התקן בדרכים שונות. מקור נוסף לדו משמעויות נובע מהאופציות שהתקן מאפשר, אופציות מרשות למפתחים שונים ליישם את התקן בדרכים שונות וזה יכול להוביל למרכיבים שאינם מצליחים לפעול ביחד.

4.5 אמות מידה מיוחדות לבחירת מרכיבי COTS

- כמה משאבים ידרשו להקצות לנתר את הספק? האם הוא הספק של התהליך העיקרי או שהוא רק

מוסיף ערך למוצר של ספק אחר?

- האם למוצר יש בסיס לקוחות רחב, כך שהשימוש בו ואיכותו נבחנו וימשיכו להיבחן בהתמדה ולהשתפר, האם יש סיכוי טוב שיישאר בשוק.
- האם המוצר נמצא בשוק מספיק זמן להישאר יציב ואמין בתפעול?
- מה המוניטין של האיכות שלו?
- האם הספק מספק תיעוד חיוני ותמיכה מיידית ומגיב מהר לבעיות?
- האם המוצר מתאים לתקן או לממשק פרטי (סגור או פתוח?). אלה ישפיעו על המידה בה יוכלו מוצרי COTS אחרים להתממשק אתו ועד כמה ניתן יהיה לשלבו עם מוצרים מותאמים.
- האם המוצר ייצמד לתקן או שיש לו גרסאות או תוספות? האם אלה תקנים יציבים?
- האם המוצר שולב עם מוצרים אחרים שמתוכננים להיכלל במערכת? אם כן עם איזה סוג של מוצרים הוא שולב?
- מה מידת הקושי להתאים את המוצר או לתפור אותו? באיזה שיטה ניתן לעשות זאת? ומה מידת הקושי ללמוד זאת?
- כמה התאימו השדרוגים של המוצר זה לזה? איזה שינויים הם גרמו? באיזה תדירות נוהג הספק לשדרג את המוצר?
- על כמה פלטפורמות ובאיזה מערכות הפעלה יושם המוצר? האם הוא מקבל שדרוגים כאשר יוצאות גרסאות חדשות של מערכות הפעלה?

5. ניהול סיכונים של שימוש במוצרי COTS

ארגונים שמיישמים גישת פיתוח מערכות המבוססת על COTS מצפים לשיפורים בזמינות המערכות, בעלויותיהן ובלוחות הזמנים וגם להישאר ולהתיישר עם חזית הידע הטכנולוגית המתרחשת בשוק התחרותי. אבל, למרבה הצער, על כול דוגמא מוצלחת קיימים פרויקטים שפחות הצליחו במאמצייהם לקצר את זמן הפרויקט בעזרת שימוש במוצרי COTS. בתכנית הערכה טכנולוגית שעליהן מדווח ה SEI [9], מדווח על מספר רב של מקרים של פרויקטים שחרגו מלוחות הזמנים ומהתקציבים וכשלו באספקת מערכות. **באחוז ניכר של מערכות אלה מרכיבי COTS היו גורם מרכזי בכשל.**

במספר תחקירים התבררו אלמנטים הקשורים למרכיבי COTS כגורם עיקרי בכישלונות של תכניות. ראשית, השינוי בתבנית החשיבה בשימוש ב COTS אינו צעד פשוט, אבל הוא כזה שכופה מספר שינויים בארגון. שנית, רוב הארגונים שאימצו את גישת ה COTS לא היו מודעים לשינויים אלה או לא היו מוכנים להכיר בכך ששינויים אלה נרחבים. כתוצאה מכך, מספר גדול של ארגונים נופלים באותן מכשלות שוב ושוב:

- ציפיות לא סבירות לגבי COTS הוליכו שולל כוונות להתאים מוצרי COTS.
 - התעקשות על שיטות פיתוח מסורתיות במקומות שנדרשו גישות חדשות.
 - התנהגויות אחרות שאינן מתאימות לשימוש במוצרי COTS.
- לכן פותח ב SEI מודול זה המציג גישה לזיהוי ולצמצום מספר כשלי התכניות המבוססות על מרכיבי COTS שנקראת CURE - COTS Usage Risk Evaluation [9].

CURE 5.1 (COTS Usage Risk Evaluation) ממעוף הציפור

שיטת CURE היא כלי ניתוח "front end" לחיזוי התחומים שבהם השימוש ב COTS יכול להשפיע במידה רבה ביותר על התכנית. CURE תוכנן למצוא סיכונים המתייחסים לשימוש במוצרי COTS ולדווח על סיכונים אלה. השיטה מאפשרת למנהלים למפות אסטרטגיות לטיפול בסיכונים ספציפיים ולנתר את מאמצי הקלת הסיכונים שלהם. באופן אידיאלי CURE מתבצע בו זמנית גם על הארגון הרוכש וגם על הארגון המספק, אבל זה איננו הכרחי תמיד. ההערכה כוללת ארבע פעילויות:

- איסוף נתונים ראשוני שבו המזמין מתבקש לענות על שאלון קצר, במקרים מסוימים, סקירה ברמה גבוהה יכולה לספק את עיקר המידע הנדרש.
- ראיונות באתר - קבוצת ההערכה, הכוללת מעריכים מנוסים, מבקרת באתר לראיין את אנשי המפתח של הפרויקט. חיוני שהמראיינים יהיו עושי ההחלטות של הפרויקט: מנהל התכנית (של הצד הרובש), ראש הפרויקט והארכיטקט הראשי. ראיון זה מספק את המידע הקריטי להערכה, ויכול להמשך יום שלם.
- ניתוח הנתונים - צוות ההערכה שוקל את הנתונים שנאספו תוך שימוש בתהליך ניתוח מובנה. בהסתמך על ניתוח זה, הצוות מזהה את הסיכונים שיעמדו בפני התכנית. הניתוח מניב גם מידע חשוב על החוזקות של התכנית.
- הצגה ותוצאות - התוצאה של ההערכה מוצגת לארגון המזמין בצורה של הצגה קצרה, המוצגת תוך ימים ספורים ימים אחרי הריאיון. ההצגה הקצרה מספקת את הניתוח המפורט של הסיכונים כן את חוזקות התכנית שנחשפו על ידי צוות ההערכה.

5.2 ריכוז של סיכוני מוצרי COTS

רשימת הסיכונים הבאה מרכזת 16 מהסיכונים הנפוצים ביותר של השימוש במוצרי COTS במערכות. רשימה זו יכולה לשמש כרשימת תיוג לצוותים המנתחים סיכונים של מערכות מבוססות COTS. רבים מהסיכונים נובעים מכך שהמתכן איננו מכיר את פרטי התכן ואת תהליכי הייצור והבחינה של מוצר ה COTS שהוא מסתמך עליו. כמובן שזו רשימה חלקית וגנרית. כול ארגון יכול להתאים את ניסוח הסיכונים לשפתו המקצועית וכן להוסיף סיכונים ייחודיים לו.

1. דרישות משתנות ואי התאמות
2. פעילויות לא טכניות רבות מתבררות בזמן תהליכי הנדסת המערכות
3. החמצת מועמדים אפשריים לפתרונות ב COTS במהלך תהליכי פיתוח המערכת
4. יותר מדי זמן מוקדש להערכה כתוצאה מיותר מדי דרישות ויותר מדי מועמדי COTS
5. יתכן שלא כללנו את כול היבטי המפתח לפיתוח קבוצת אמות המידה. (ולכן הערכה לא נכונה של מועמדי ה COTS)
6. צפויה הופעת מועמדי COTS חדשים ולכן יידרש תכנון מחדש
7. טענות שגויות של הספק עלולות להביא להפסד תכונות ו/או עיכובים ניכרים
8. יכולת או רצון של הארגון לקבל את ההשפעה של דרישות ה COTS
9. קושי בתיאום פגישות עם אנשי מפתח עלול לגרום לעיכובים ניכרים
10. תמיכה בלתי מספקת של הספק עלולה לגרום לעיכובים משמעותיים בפרויקט
11. אי התאמות של חבילת ה COTS עלולה לגרום לאבדן תכונות ולעיכובים משמעותיים בפרויקט

(בעיות אינטגרציה)

12. תוספת מורכבות כתוצאה מתכונות COTS בלתי שימושיות
13. ציפיות אופטימיות מדי מאיכויות תכונות ה COTS
14. עקומת לימוד אופטימית מדי מחבילת ה COTS
15. שדרוג גרסה עלול לגרום לתפירה מחדש של חבילת ה COTS
16. הכרח לבדוק את מרכיבי ה COTS בבדיקות קופסא שחורה (ראה פרק 6)

6. בחינה של מערכות מבוססות COTS

6.1 אתגרים ופתרונות בבחינת מערכות מבוססות COTS

ארגונים מניחים שכאשר הם רוכשים ומתקינים מרכיב COTS שהספק הוא זה אשר נושא באחריות על בחינתה. עם הזמן אנו לומדים שפעולות הבדיקה לא פוחתות אלא רק משתנות. נוצר צורך בבחינות מסוג חדש שלא היה דרוש במערכות שמקורן פנימי לחברה.

העניין בבחינת מערכות מבוססות COTS הולך וגדל ככל שהארגונים נשענים יותר על מוצרים כאלה כדי לממש צרכים עסקיים. העובדה שהספק הוא זה שפיתח את המוצר אינה פותרת את הלקוח מהאחריות לבחון אותו על מנת לוודא שהוא אכן מממש את הצרכים של המשתמש והלקוח. ניתן לבחון בהצלחה מוצרי COTS, אבל זה מצריך התבוננות אחרת על סיכונים, תהליכים, אנשים וכלים. בהמשך הפרק נציג מבחר אתגרים לבחינת מערכות מבוססות COTS ואסטרטגיות פתרון מתוך אלו המוצעות על ידי [10].

אתגר 1 - COTS היא קופסא שחורה - ללקוח אין גישה לתכנן, הבוחן נאלץ לאמץ גישה בחינה של קופסא שחורה. גישה זו ידועה לבוחנים אך היא מגבילה את שדה הראייה שלהם ומרחיבה את היקף הבחינה ומורכבותה עולה כאשר רוצים לבחון שילובים מרובים של פונקציות.

בחינה פונקציונאלית היא בעלת יתירות גבוהה מטבעה, בגלל אופיה החיצוני של גישת הבדיקה הזו, נדרש לבדוק עוד ועוד שילובים של תנאים שעלולים להניב או שלא להניב ביסודי נוסף של הבחינה. בדיקות פונקציונאליות חסרות את התנאים שלא הוגדרו בכללי העסקה, או במדריך למשתמש או בתכני ה HELP או במסמכי תיעוד אחרים. השורה התחתונה היא שבעזרת בדיקות פונקציונאליות אפשר לבדוק כנגד סט מוגדר של אמות מידה אבל, ישארו בוודאי תכונות והתנהגויות שלא יכוסו. לכן בחינות מבניות הן גם חשובות. בישומי COTS נאלצים לסמוך על הספק שיעשה בחינה מבנית מספקת למצוא שגיאות כגון דליפות מהזיכרון, יציאה מגבולות וצווארי בקבוק של ביצועים.

אסטרטגיות הפתרון לאתגר זה כוללות

- כתיבת דרישות לבדיקות ולהתחלת הבדיקות את הרכיב לפני שמתחילים להצטייד בו.
- ביצוע סקר טכנולוגי שנותן תמונה מה קיים (לפני ה SDR) וסקר חלופות (לפני ה PDR) ולפעמים אפילו לפני גיבוש הדרישות (לפני ה SRR).
- לדרוש מהספקים דיווח על שינויים.
- כדאי לבסס את הבדיקות על תהליכים פונקציונאליים ועסקיים שאכן יידרשו בסביבה האמיתית של המוצר.

- הנטייה הטבעית של אנשים בבחינת יישומי COTS היא להתחיל בהגדרת בחינות המבוססות על ממשקי המשתמש וכול הקומבינציות של התכונות. זה עלול להוביל להרבה תרחישי בחינה, כמה מהם משמעותיים ורבים אחרים חסרי משמעות.

אתגר 2 – חוסר דרישות פונקציונאליות וטכניות – בחינה מבוססת דרישות נלמדת כ"דרך הנכונה" והאמינה ביותר להגדרת בחינה, אבל לשם כך צריך שתהנה קיימות דרישות בנות בחינה. לעיתים צריך לבחון מוצרי COTS גם כאשר אין דרישות או כאשר נדרשים היבטים אחרים של בחינה.

בהנדסת מערכות מבוססות COTS יתכן מצב שבו הוגדרו צורכי לקוח, אבל למפתח אין מסמך דרישות לבחינה. משמעות הדבר היא שעל הלקוח לחפש את תרחישי הבחינה במקום אחר כמו: ניתוח היישום, תהליכים עיסקיים, מדריך למשתמש. במקרה של COTS, אין לנו גישה למסמכים אלו, וייתכן שהמפתח כלל לא מחזיק בדרישות מתועדות עבור הבדיקות ונאלץ לחפש את תרחישי הבדיקה במקומות אחרים כגון: בחינת היישום, התהליכים העסקיים או מדריכי המשתמשים. האתגר נעוץ במציאת התרחישים הנכונים ובהבנת התנהגות המערכת.

תיקוף הוא בחינה מהיבט של העולם האמיתי. הוא בא מההיבט של בחינת מוצר ה COTS על ידי הלקוח או המשתמש. נדרשת מידה של שיפוט מקצועי לתכנון תרחישי תיקוף. מציאת תרחישים היא דבר אחד, מציאת תרחישים נכונים ובהבנת התנהגות המערכת זה דבר הרבה יותר מאתגר, התלוי בטבעו של המוצר הנבדק.

מתוך הספר האדום [1] על בחינת מערכות מבוססות COTS

- הפרות בעדר אינן יכולות לדבר, קשה לדעת מה מציק להן כאשר הן גועות.
- כאשר מערכת הכוללת מוצרים אזרחיים נכשלת, יכול להיות קשה מאוד לזהות את הגורם לכשל. פרטי התכן והקוד אינם זמינים, וכן לא הנחות התכן ושיקולי התכן והאילוצים שהנחו את המפתחים של המוצר.
- העיוור לומד לסמוך על כול חושיו האחרים. רק בעזרתם הוא יכול ללמוד להתמצא שוב.
- רק לעתים רחוקות אפשר לנפות (לדבג) מוצרי COTS, מאחר וזו למעשה קופסה שחורה למשתמש. לכן, מערכת שמשמשת במוצרי COTS ניתנת לניפוי (דיבוג) רק על ידי תצפית בהתנהגות המערכת. זו משימה מאוד שונה מניפוי באמצעות פרטי התכן או מקור הקוד, לעיתים קרובות יותר קשה באופן משמעותי.
- אל תאשים את הדגן שמכרתי לך; זה היה אורז של איכר אחר שהחמיץ את המרק.
- כאשר מספר מוצרי COTS משולבים במערכת מורכבת והמערכת נכשלת, קשה מאוד בדרך כלל, לזהות את הסיבה האמתית לכשל אפילו אם הספק מציע תמיכה מאוד מרחיקת לכת. האמת היא בדרך כלל, שכול ספק יאשים מוצר של ספק אחר ולא יסיע במציאת הגורם האמתי של הכשל.

אסטרטגיות הפתרון לאתגר זה כוללות תכנון מבחנים שחשובים ל"כיצד אנחנו נישתמש במוצר". המאפיינים שייבדקו עלולים להיות שונים מהמאפיינים שייבדקו על ידי לקוח אחר של המוצר. בהגדרת המבחנים כדאי להתבסס על חוק ה 80/20 – זהה את 20 האחוזים מהיישומים האחראים ל 80 אחוזים מהצרכים שלך.

אתגר 3 – רמת האיכות אינה ידועה – רוב ספקי ה COTS אינם שואפים כלל לייצר מוצר מושלם ונקי מפגמים (באגים). במוצרי COTS יש פגמים. רק לא ידוע היכן וכמה. מדד האיכות המובן ביותר לספקי ה COTS, הוא כמות הפגמים שהלקוחות שלהם **יסכימו לקבל** ועדיין לרכוש את המוצר.

הספק הממוצע מכוון להפצת מוצר שיהיה מספיק טוב כדי להיבחר על ידי מרבית הלקוחות ולא יותר מזה, ומכאן שהבדיקות שהוא יבצע לא תהיינה מקיפות במידה המצופה על ידי רוכשי המוצר. ספק לא ילך לקיצוניות בכדי לאתר ולתקן פגמים. זה יהיה נחמד אם הוא יתקן את הפגמים הידועים בגרסא הבאה. פעמים רבות, פגמים ידועים מקוטלגים ונידונים באתר של הספק אבל לראות אותם מתוקנים זה עניין אחר. כמוכן, רמת האיכות הכוללת של מוצר עלולה להתדרדר כאשר תכונות שעבדו בגרסא קודמת אינן עובדות יותר, או אינן כל כך ידידותיות כמו בעבר.

היבט זה של COTS הוא המקום שבו ציפיות ההנהלה הן הכי בלתי ריאליות. מנהל מבין יודה שלמוצר שרכש יש בעיות, אבל אותו מנהל יאשר תכנית של פרויקט שיניח שרוב הבחינה הנידרשת בוצעה על ידי הספק.

אסטרטגיות הפתרון לאתגר זה מציעות:

- לא להניח הנחות מוקדמות על איכותו של המוצר ללא בחינת התאמה מוקדמת לפחות.
- להשתדל לא להיות הלקוח הראשון של המוצר או של הגרסא החדשה שלו, לחכות ולשמוע (או לקרוא בפורומים) את דעתם של המשתמשים האחרים.
- לבדוק בפורומים המתאימים ולמצוא מה אנשים מדווחים על גירסאות חדשות של מוצרי COTS.
- להיעזר בהתרשמותם של בוחני הבטה - הם עשויים להוות מקור טוב לאינפורמציה מוקדמת.

אתגר 4 - מתודות ותהליכי פיתוח בלתי ידועים - ללקוח אין גישה למידע אודות מתודות ותהליכי הפיתוח שבהם השתמש הצוות של הספק ביצירת מוצרי COTS. גורם זה הופך לבעייתי במיוחד כאשר לוקחים בחשבון הן שלעיתים קרובות לחצי השוק גוברים על הצורך בתהליכי פיתוח מסודרים, והן שאיכות המוצר בכל זאת נקבעת על פי המתודות שננקטו ביצירתה. ישנן שאלות רבות שהלקוח במרבית המקרים אינו יכול לקבל עליהן תשובה, כגון:

- האם נעשה שימוש בסקרים ובהערכת עמיתים במהלך הפרויקט?
 - עד כמה מנוסים המפתחים?
 - אילו שלבי בדיקה אילו סוגי בדיקה בוצעו?
 - באילו מתודולוגיות פיתוח השתמשו והאם נעשה שימוש בכלי מבחן?
 - האם אותרו הפגמים?
 - כיצד שיתפו המפתחים פעולה במהלך הפרויקט?
 - כיצד הוגדרו מאפייני המוצר וכיצד הם נמסרו למפתחים?
 - האם בשלבי הפיתוח והבדיקה נעשה שימוש בניסיון של לקוחות או משתמשים?
- מדובר באתגר קשה במיוחד להתמודדות, מכיוון שהספקים לא רק נמנעים מלחשוף את האינפורמציה הזו בעצמם, הם גם מחייבים את חברי הצוות השכירים והפרי-לנסרים לחתום על הסכמי סודיות. אסטרטגיות הפתרון לאתגר זה כוללות:
- על חלק מהספקים ניתן למצוא חומרי קריאה, אולם מדובר בדרך כלל בחיבורים סובייקטיביים וכלליים, שאינם מפרטים את מתודות המוצר הספיציפיות.
 - ניתן גם לעיין בהערכות עצמאיות שנכתבו על ידי הספק, אבל כמו במקרים אחרים של סקירות או סקרים, הקורא ייחשף רק למידע שהספק מעוניין לחשוף.
 - במידת האפשר נעדיף ספקים המדווחים על מתודולוגיות ותהליכי עבודה ובמיוחד כאלה שמסכימים לביצוע סקר של התליכים אלה.

אתגר 5 – בעיות הקשורות בהתאמה – יש קושי גדול ליצור מערכות משולבות תוכנה שיפעלו באופן מדויק ואמין בסביבות שונות של חומרה ובמערכות הפעלה שונות. כאשר לוקחים בחשבון גם ציוד פריפרלי ונלווה, כגון דרייברים ועזרים שונים, משימת ההתאמה הופכת לבלתי אפשרית. בעית התיקוף של ההתאמה היא באחריות הלקוח וחשוב שתבצע בסביבתו.

בעיית ההתאמה עלולה להופיע במעבר מגרסא מוקדמת של המוצר לגרסא מאוחרת. מוצר שהתאים בגרסא אחת עלול שלא להתאים באחרת. לעיתים אפילו בגרסאות שמוכרות כמתאימות לאחור לא כל הנתונים והתכונות מתאימים לגרסאות הקודמות. בעיית ההתאמה עלולה להתגלות אפילו בקשר בין המשתמשים השונים באותו הארגון, כאשר הם עובדים עם גרסאות שונות של אותו המוצר. אסטרטגיות הפתרון לאתגר ההתאמה כוללות:

- בחן את המוצר בסביבתך לפני שאתה פורס אותו בכל הארגון.
- הכן תכנית שידרוג להמנע מאי התאמות בין משתמשים באותו מוצר.
- כאשר לוקחים בחשבון גם ציוד פריפרלי ונלווה, כגון דרייברים ועזרים שונים נראה שהשאפה ההגיונית ביותר היא לנסות ולוודא שתהיה התאמה לפלטפורמות מוגדרות.
- בתיקוף של ההתאמה מול מגוון הסביבות הנדרשות כיום, יותר בטוח להניח שכל סביבה היא יחודית בהיבט מסויים.
- כאשר אתה משדרג גרסא של מוצר הכן תכנית שתטפל בבעיות הבאות:
 - מתי המשתמשים ישדרגו את מוצריהם?
 - איזה משתמשים ישדרגו את מוצריהם (ואיזה לא)?
 - ציוד חומרה ושידרוגים נוספים שידרשו
 - המרות נתונים שעלולות להידרש
 - תכניות גיבוי למקרה שהשידרוגים יכשלו

אתגר 6 – אי וודאות ביחס לתכנית השידרוגים של הספק – כאשר בוחרים מוצר COTS עבור יישום מסויים, נוטים להכריע על בסיס העובדות הידועות לנו באותה נקודת זמן. למרות שעובדות אלו לגבי המוצר הן היחידות שידועות בשלב זה והן גם החשובות ביותר לרכישה, עדיין תהיה לתכנית העתידית של הספק, עבור המוצר, השפעה גדולה על היכולת של הלקוח להשיב לעצמו את השקעת הרכישה בטווח הרחוק. לוחות הזמנים של השידרוגים נוטים להתנדנד, הם מושפעים מאירועים נוספים, כגון יציאה של גרסאות חדשות למערכות הפעלה ולחומרות. שינויים אלו מסתכמים לכדי מספרים גדולים ובלתי ידועים שמתורגמים לאיכות.

כאשר מדובר באיכות העתידית של המוצר, המוניטין של הספק הופך לגורם בעל משקל ניכר. ביצועי העבר של המוצר ושל הספק יכולים לשמש לעיתים כאינדיקטור לגבי רמות האיכות העתידיות של המוצר אבל, גם אם נרצה להניח שלספק יש אינטרס להבטיח את רמתו הגבוהה של המוצר גם בגרסאות עתידיות, יש לזכור שכל עוד הביקוש יישאר והתחרות בשוק לא תחייב, לספק לא תהיה סיבה ממשית לשפר את איכות המוצר. אסטרטגיות הפתרון לאתגר זה מציעות:

- הקפד להתעדכן בתכניות הספק ונסה להשיג כמה שיותר מידע לגבי שחרור של גרסאות עתידיות. זה יכול להיות באמצעות השתתפות במפגשי משתמשים, בפורומים באינטרנט, בקבוצות מיקוד או אפילו באמצעות התנדבות לשמש כבוחני בתה.
- אל תניח שהספק יעמוד בתכניות שעליהן הוא הצהיר.
- אל תניח דבר ביחס לרמת האיכות של המוצר לפני שתראה אותו בפעולה בסביבת העבודה שלך.

אתגר 7 – אי ודאות ביחס לרמת התמיכה שתינתן במוקדי השירות של הספק – רמת התמיכה של הספק נחשבת כאחת מאמות המידה החשובות בשיקולי הרכישה. יש לקחת בחשבון שהשיפוט של רמת התמיכה הטכנית הוא סובייקטיבי ויכול להשתנות מלקוח ללקוח.

רוב האנשים שופטים את איכות התמיכה על סמך מדד אחד או שניים. במקרה של אפליקציות COTS מתמודדים עם מסגרת תמיכה השונה ממסגרות תמיכה המוכרות מאפליקציות אחרות. כאן הטכנאי, שמספק מענה כאשר מתקשרים למוקד התמיכה הטכנית, לא יבחין בהתייחסותו בין הלקוח העסקי גדול למשתמש הפרטי בבית.

הספק אינו מבטיח שהפגמים שנמצאו אי פעם יתוקנו, אף לא בגרסא מאוחרת יותר של המוצר. אסטרטגיות הפתרון לאתגר זה מציעות:

- דבר עם לקוחות אחרים על חוויית התמיכה שהם התנסו בה וקח בחשבון, שאנשים ידווחו על מגוון רחב של התנסויות טובות ורעות.
- אתה יכול לבחון את היענות הספק בעצמך, אם תתקשר למוקד התמיכה הטכנית ותציג בפניהם בעיה מדומה.

7. לקחי משתמשים

לסיום המאמר נביא מספר לקחים של ארגונים שהתנסו בשלוב מוצרי COTS בהנדסת המערכות שלהם, על הבעיות שנתקלו בהם והפתרונות המקומיים שמצאו. בסקר שביצע ה FAA Software Engineering Resource Center המדווח ב [11] הם טוענים:

- השימוש ב COTS הוא מסוכן כי אנו נהיים תלויים במישהו אחר. אחרת, נהיה צריכים לפתח את המערכת בעצמנו. לכן, נדרש תהליך שיעזור לאנשים להעריך ולצמצם את הסיכון שלהם.
- הבעיה הגדולה ביותר שלנו הייתה עם הספקים, המיוחד הוא היכולת בלהאמין לטענותיהם. מעט מאוד מרכיבים עבדו כפי שפורסם.
- אל תפנה ל COTS אם אינך יכול לכופף את הדרישות שלך. אם אתה יכול להיות גמיש, COTS יותר זול, אם לא, זה יהיה יותר יקר.
- מדגימים ואבי טיפוס הם חשובים. בנקודה זו ספקים יתכופפו בכדי שיוכלו למכור את מוצריהם.
- אם יש לך מערכת קריטית בטיחותית, אינך רוצה לשלב בה COTS מחזית הידע, אתה רוצה מרכיבים בשלים.
- אנשים צריכים להסתכל על כול מחזור החיים באופן ריאליסטי – לא רק על עלויות הפיתוח, אלא לקחת בחשבון כמה יעלה לתחזק את המערכת במשך מספר שנים.
- יש לעקוב בהתמדה אחר מצבם של מרכיבי ה COTS. מעקב אחרי ההתפתחויות בטכנולוגיה יכולה למנוע הפתעות לא נעימות.
- עקב האכילס של כול פרוייקטי ה COTS הוא הממשק של מרכיבי ה COTS עם מערכות האם. הם נכשלו כאן שוב ושוב. זה החלק שלא עבד טוב עבורנו.
- אתה עלול להידרש לתפור מחדש את מרכיבי ה COTS עבור כול גרסה שיוצאת. במקרה שלנו, היינו צריכים לכתוב תרחישים חדשים להתמודד עם תכונות חדשות.
- בזבזנו 65 חודשי אדם עם הספק. מעולם לא תכננו את זה.

- אם אתה הולך להיכנס למאמץ COTS, ההנהלה הבכירה חייבת להבין את היתרונות והחסרונות של COTS והם חייבים לתמוך במאמץ עם משאבים. הם חייבים להבין שהם נכנסים לתהליכים שונים.
- בסקר אחר המוצג שהתקיים בקרב משתמשי מוצרי COTS בהנדסת מערכות מדווחים הלקחים הבאים:
- מרכיב COTS הוא "חתול בשק", המתכנן נדרש לוותר על השליטה במידע כמו פרטי התכן, שיקולי תכן או מידע מתהליך הפיתוח והאישור.
- נתקלנו בשינויים תכופים בתצורת המוצר ללא הודעה או אישור מוקדם.
- שינויים מצד היצרן מחייבים לחזור על הבדיקות כול פעם מחדש.
- חוסר עקיבות המוצר מבחינת תצורה.
- אי התאמה לדרישות הפרויקט או הלקוח מהיבטי ביצועים ותנ"ס.
- נדרש להוסיף מתאמים והקשחות.
- נדרש סבב נוסף של בדיקות להערכה (אבלואציה) של הפריט לפני שמחליטים אם הוא מתאים.
- נתקלנו בבעיית יציאה משרות ורכש של רכיבים מתיישנים (obsolete).
- מגבלות בטיחות – כאשר המערכת מבוססת על COTS אנו נמנעים מלכלול מרכיבי COTS למערכות בטיחות.
- בדיקות Black Box יותר יקרות ומסובכות מבדיקות קופסא שקופה.
- יש התנגדות תרבותית לשימוש חוזר ול COTS.
- בפיתוח, אין מספיק מידע איך לטפל בתחזוקתיות של מרכיבי COTS.
- תמיכה לטווח ארוך – אנחנו מחויבים לתחזוקה של 20 שנה. הספקים מבטיחים 7 שנים במקרה הטוב. מה קורה אחר כך?
- MTBF – היעדר נתונים לחיזוי אמינות של מערכת שיש בה מרכיבי COTS.
- עם COTS יש אי ודאויות שאנחנו צריכים לקחת אחריות עליהן.
- אף פעם ה COTS לא יהיה אופטימאלי וזה דורש להתפשר.
- בעיית רכיבים מזויפים – ברכיבי COTS זו בעיה חמורה במיוחד.
- דוגמאות לדרכי התמודדות שהוצעו במפגשים עם משתמשי COTS בארץ:
- הקמת קבוצת עבודה בנושא COTS.
- לפתח מתודולוגיה של חקר ואבלואציה של מרכיבי COTS.
- לפתח מתודולוגיה שתאפשר להתמודד עם האילוצים
- הגדרת הדרישות והתכן צריכים להיות גמישים מראש,

- לכתוב דרישות לבדיקות ולהתחיל לבדוק את הרכיב לפני שמתחילים להצטייד בו.
- יש להגדיר את הגבולות – עד כמה אפשר להתגמש בדרישות מהמוצר כדי לאפשר שימוש במרכיבי COTS.
- ללמוד את נושא בדיקות הקופסה השחורה לחומרה או לפריטים משולבי חומרה.
- שימוש בארכיטקטורת Open Source עבור תוכנת COTS.
- התבססות על מוצרים מבוססי תקן, תקן יכול להבטיח תקפות של התכן.
- להכין מתווה רכש למוצרי COTS (כדוגמת המתווה לאישור מחשב מוקשה).
- לעשות סקר טכנולוגי שנותן תמונה מה קיים (לפני ה SDR) וסקר חלופות (לפני ה PDR)
- לדרוש מהספקים דיווח על שינויים.
- נדרשת מעורבות מנהלים לשכנע לקוח לוותר על דרישות שאינן בייעוד הפרויקט בתמורה לקיצור לו"ז ולחסכון כספי.
- לכתוב נוהל הנדסת מערכות מבוססות COTS.
- לארגן הדרכה למהנדסים לגבי נהלים ומדיניות לגבי הכללת מרכיבי COTS במערכות.
- נושא COTS צריך להיות מטופל גם על ידי הקטלוג.
- לזהות את קבוצת ספקי ה COTS שה Data sheet שלהם אמין ושיש ניסיון איתם. לכלול את המידע בקטלוג.
- להקים מאגר ארגוני של "חברות מומלצות ל COTS" לכלול את המידע בקטלוג.
- שימוש בממד או כלי עזר לניתוח "סיכון ה COTS" בדומה למקובל ב DOD שמנחה עד כמה מותר לקחת סיכונים הכרוכים בשילוב מרכיבי COTS בפרויקטים.
- NASA מדווחת ב [12] על הלקחים החשובים הבאים:
- NASA פרסמה פילוסופית תכן ברורה המעדיפה שימוש במוצרי NASA. COTS אימצה את כלל ה 80 – 20 המצהיר שאם מוצר מהמדף עונה על 80% מהדרישות הפונקציונאליות, הוא יאומץ בכפוף לאישור סופי לגבי שאר 20% הדרישות הנותרות.
- NASA אימצה ארכיטקטורה התומכת בשדרוג או החלפת מרכיבים ללא פגיעה בשלמות המערכת והשלימה זאת על ידי עטיפה (encapsulating) של מוצרי COTS ו GOTS מאחורי ממשקים מופשטים הממזערים את האפקט על מרכיבי המערכת האחרים כאשר מוצר או דרך השימוש בו משתנים.
- NASA פיתחה אמות מידה בהירות לבחירת רכיבים המאפשרות לבחור פריטי COTS ו GOTS ביעילות, אבל מדגישות שימוש מעשי כתנאי הסופי לבחירת המוצר, מוצרים שעברו את הבחירה הראשונית אבל נכשלו בהערכת השימושיות נפסלו מיד. NASA מעריכה מחדש מוצרי COTS ו GOTS בכול גרסא חדשה של המוצר. NASA מצאה שמוצרים אחדים היו מוצלחים ב COTS מהבחירה הראשונה, אחרים נכשלו והוחלפו, ורבים נפלו ביניהם. NASA מבצעת הערכות מחדש תקופתיות של מוצרי COTS ו GOTS בכדי להחליף מוצרים שאינם מתפקדים היטב במוצרים טובים יותר בכדי לשפר את יכולות המערכות ולשפר את השימוש לאורך זמן. (החלפות תדירות כדרך חיים)
- NASA שכרה מומחים בעלי ידע על המוצרים החדשים על מנת לאמן את כוח האדם בתכן ויישום מה שיצר שינוי מהותי בהרכב צוותי פרויקט.

סיכום

שילוב מוצרי מדף - COTS (Commercial off-the-shelf) במערכות פותח הזדמנויות ליתרונות רבים כמו למשל זמינות יותר גבוהה של המוצרים, זמני אספקה קצרים יותר, קיצור זמן פיתוח וחיסכון בעלויות פיתוח. ריכוז הכמויות אצל ספק אחד מבטיח חיסכון בעלויות הקמת קו ייצור ובעלויות הייצור וגידול מהיר של האמינות. מצד שני שילוב מוצרי COTS במערכות מעמיד כמה אתגרים וסיכונים כמו אי התאמה של המוצר לדרישות הלקוחות והצורך להוסיף מתאמים, קשיים בתחזוקה ובשדרוג מערכות.

בזכות היתרונות הגלומים בהן השימוש במערכות מבוססות COTS (חומרה ותוכנה) הולך ומתרבה. לקוחות הן במגזר הממשלתי והן במגזר העסקי הפרטי דורשים מספקיהם לפתח את המערכות שלהם בגישה זו ואירגוני פיתוח נלהבים למצות את היתרונות הגלומים בפיתוח מערכות מבוססות COTS. אך יחד עם זה אנו שומעים יותר ויותר על כישלונות בשילוב מוצרי COTS במערכות ומתברר שהנדסת מערכות מבוססות COTS היא אתגר מקצועי ונדרש ידע ומקצוענות כדי להצליח בהפקת התועלות הרבות שטמונות בפיתוח, הטמעה ותמיכה של מערכות מבוססות COTS.

במאמר נסקרו כמה עקרונות של הנדסת מערכת מבוססת COTS (חומרה ותוכנה) ואת ההתאמת הנדסת מערכות קלאסית לפרויקטים המבוססים על מרכיבי COTS. המאמר פרט כמה היבטים של הנדסת מערכות הדורשים שינוי והתאמה כשמשלבים מרכיבי COTS בפרויקט כמו: הנדסת דרישות למערכות מבוססות COTS, תהליך אבולוציוני לשילוב מערכות מבוססות COTS, ארכיטקטורה ותכנן של מערכות COTS ובחירה של מרכיבי COTS, ניהול סיכונים של שימוש במוצרי COTS, בחינה של מערכות מבוססות COTS. קיימים עוד מספר תחומים הדורשים שינויים מהותיים בתהליכי הנדסת מערכות כגון תחזוקה ושדרוג, אמינות, בטיחות, רישוי והתמודדות עם זיופים והערכת עלויות מחזור החיים של מערכות מבוססות COTS אך אלה לא נדונו במאמר זה.

לסיום המאמר הוצגו מספר לקחים של ארגונים שהתנסו בשילוב מוצרי COTS בהנדסת המערכות שלהם, על הבעיות שנתקלו בהם והפתרונות המקומיים שמצאו.

מהמאמר עולה המסקנה שעל מנת להצליח להפיק את היתרונות הגלומים בשימוש במערכות COTS נדרשת התמחות ונדרשים כללים מנחים. הבנייה לשימוש נרחב דורשת החלטות ברמת הנהלה ותמיכה בצוותי הפיתוח המשנים את שיטות העבודה שלהם. ארגונים שעשו זאת פעלו ביוזמות מקומיות בדרך כלל ואילו הממסד המקצועי של הנדסת המערכות לא העמיד עדיין תורה סדורה של הנדסת מערכות מבוססות COTS. האתגר הזה עדיין ניצב לפתחנו.

מקורות

[1] D. Carney, Quotations from Chairman David: A Little Red Book of Truths to Enlighten and Guide on the Long March Toward the COTS Revolution, SEI Joint Program Office, 1998.

[2] Commercially available off-the-shelf (COTS) items. Subpart 12.2—Special Requirements for the Acquisition of Commercial Items · 12.201 General. Part 12—Acquisition of Commercial Items – Acquisition.GOV

<https://www.acquisition.gov/far/html/FARTOCP12.html>

[3] NSI/EIA – 933 A – 2011 : Standard for Preparing a COTS Assembly Management Plan

[4] DOD DEFENSE ACQUISITION GUIDEBOOK 4.3.18.4 פרק. Commercial-Off-the-Shelf

- [5] C. Albert, L. Brownsword, Col. D. Bentley, T. Bono, E. Morris, D. Pruitt, Evolutionary Process for Integrating COTS-Based Systems (EPIC): An Overview Key Elements in Building, Fielding, and Supporting Commercial-off-the-Shelf (COTS) Based Solutions. July 2002
- [6] A. Hari, M.P. Weiss, A. Zonnenshain Design Quality Metrics Used as a Quantitative Tool for the Conceptual Design of a New product, Proceeding of ICED 01, The 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, Scotland, UK, 2001.
- [7] C. Alves and A. Finkelstein, Requirements Negotiation for COTS-based Systems: Challenges and Open Issues, Department of Computer Science, University College London, C.Alves, A.Finkelstein@cs.ucl.ac.uk
- [8] Y Koren, SJ Hu, P. Gu, M Shpitalni: Open Architecture Products. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 62, Issue2, pp. 2013 ,729-719.
- [9] Carney, Morris, Place, Identifying Commercial Off the- Shelf (COTS) Product Risks: The COTS Usage Risk Evaluation, Technical report CMU/SEI-2003-TR2003 ,023-
- [10] Randall W. Rice. Testing COTS-Based Applications, <http://www.riceconsulting.com/articles/testing-COTS-based-applications.htm>
- [11] Lessons Learned in Developing Commercial Off-The-Shelf (COTS) Intensive Software Systems, FAA Software Engineering Resource Center, October 2000 ,2
- [12] The Good News About COTS. Lisa Brownsword and Ed Morris. News@SEI, Volume 6, Number .1 2003

ד"ר עמיהוד (עמי) הרי הוא מנחה, יועץ ומרצה בתכן הנדסי ושיטות איכות. כיום הוא המנהל המייסד של חברת Design Speedovation ניסיונו כולל יישומים רבים של מתודולוגיות כמו QFD, ICDM (שיטה לתכן קונספטואלי), CCC מתודולוגיה לניהול תחרות בשוק ובקרתה), בחינה והערכה של מערכות, תיכון לעלות, הנדסת ערך, תכן רובוסטי והנדסת מערכות מבוססות COTS.



עמיהוד הוא בעל תואר B.Sc בהנדסת תעשייה וניהול, M.Sc באיכות ואמינות ו Ph.D בתכן הנדסי שלושתם מהטכניון בחיפה. עמי מרצה וחוקר בשיטות לתכן הנדסי מתקדם והנדסת מערכות במרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון, כמוכן שרת כפרופסור חבר במרכז להנדסת מערכות DASI באוניברסיטה של דרום אוסטרליה.

ניסיונו של עמי הרי כולל כ 25 שנה כמנהל תפעול בייצור, במחקר ופתוח ובהרכשה, הן במגזר הפרטי והן במגזר הציבורי.

עמי הוא עמית (Fellow) של הישראלי להנדסת מערכות, הוא פרסם מאמרים רבים בנושאי מתודולוגיות לתכן הנדסי, הנדסת מערכות, ושיטות איכות בארץ ובחו"ל והוא היה העורך המקצועי הראשון של כתב העת "קול המערכות" של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL. עמי היה גם עורך של ספר שפת-האיכות שיצא בשנת 1995 בהוצאת המרכז לאיכות ולמצוינות במשרד ראש הממשלה.

מרכז ברוניצה ליזמות בטכניון

רפי נוה

מנהל מרכז היזמות

rafinave@technion.ac.il

מרכז היזמות של הטכניון קם לפני כעשר שנים, הודות לתרומה נדיבה של משפחת ברוניצקי, מיסדי אורמת טכנולוגיות, והוא נקרא על שם העיירה ממנה באה משפחתם – ואשר כל הקהילה היהודית בה נספתה בשואה. שליחותו של מרכז היזמות היא לדאוג לחינוך והדרכה של הסטודנטים בנושאי יזמות ולעודד אותם ליזום ולחדש, תוך כדי ולאחר סיום הלימודים האקדמיים. הטכניון הציב לעצמו את נושא היזמות והחדשנות כאחד התחומים המרכזיים שבו יש להשקיע, להתקדם ולהתייצב בקבוצה המובילה של מוסדות טכנולוגיים בעולם. הדרך להשגת היעד היא, כמובן, בהשקעה בפיתוח ההון האנושי, הן ברמת החוקרים והמרצים והן ברמת הסטודנטים. פעילויות מרכז היזמות מכוונות להמריץ את קהילת הטכניון להישף לנושא ולעסוק בו, בידיעה שההתנסות הזו תוביל למוטיבציה ועניין בעיסוק מתמשך בחדשנות ובהקמת מיזמים, תוך כדי הלימודים ו/או בהמשך הקריירה. המרכז מלווה יזמים החל מצעדיהם הראשונים, ותוך כדי התפתחותם כיזמים, בהכוונה, ייעוץ וסיוע בכל הנדרש. מרכז היזמות הוא מוסד ללא כוונות רווח. כל פעילויות המרכז ניתנות בחינם לקהלי היעד ואין כל התחייבויות כלפיו מצד המיזמים. כמו כן, כל היועצים והמנחים המקצועיים, כ-100 במספר, פועלים בהתנדבות!

החינוך ליזמות

מדי שנה, ניתנים ברחבי הטכניון 15 עד 17 קורסים ביזמות. חלקם ייעודיים לפקולטות מסוימות (למשל: 'יזמות למהנדסי חשמל', 'יזמות למהנדסי ביו-טכנולוגיה' ועוד..). חלקם הם קורסי מבוא ליזמות, הניתנים מרכזית, וסטודנטים מכל הפקולטות מוזמנים ויכולים להשתתף בהם. מזה שלוש שנים קיימת מגמה להתמחות-משנה ביזמות. סטודנט שמסיים 4 קורסים ייעודיים ביזמות זכאי לתעודת גמר ותואר משנה ביזמות בנוסף לתואר הראשי שלו. הקטלוג של לימודי תואר ראשון, ואתר האינטרנט של מרכז היזמות, מכילים את רשימת הקורסים הניתנים, ובאיזה סמסטר הם פעילים.

תכניות התנסויות

בנוסף על הוראת היזמות שתוארה לעיל מרכז היזמות מארגן מגוון רחב של פעילויות התנסויות, הנגישות לכל קהל הסטודנטים, ללא עלות. ביניהן:

- **eClub** – מפגש דו-שבועי, בשעות הערב, בו יזמים מצליחים, בעיקר צעירים, חולקים מנסיונם עם סטודנטים ובוגרים צעירים. למפגש מסוג זה מגיעים בדרך כלל כ-100 מאזינים והוא נמשך כשעה וחצי, כולל הרצאה ו-שאלות ותשובות.
- **3DS** – סדנה בת 3 ימים בהשתתפות 40 עד 50 סטודנטים אשר מתגבשים ל 8 עד 10 צוותים המנסים בזמן קצר ואינטנסיבי להקים חברה בנושא נבחר, תוך קבלת ייעוץ מקצועי ותהליכי ממגוון מנטורים/מדריכים. בסוף הסדנה מציגים הצוותים את המיזמים מול פאנל של משקיעים

ומקבלים משוב. מירב הצוותים שנוצרו ב 3DS ממשיכים אחרי הסדנה לפעול ורבים מהם הופכים לחברות ממש. כל משתתפי הסדנה עוברים חוויה הנותנת להם לטעום מעולם היזמות, והמדרבנת אותם להפוך ליזמים בהמשך הדרך.

- **BizTEC** – היא תחרות ארצית, שנתיית, שזכתה לשבחים בעיתונות ובקהיליית העסקים. 115 צוותים ניגשו השנה לתחרות. 60 שופטים (בהתנדבות), דירגו את ההגשות ומתוכן נבחרו 30 צוותים להמשך התהליך. בחדשי האביב (אפריל עד יוני) הצוותים עוברים 'בית ספר מזורז ליזמות' הכולל כ-10 הרצאות וחניכה אישית ע"י כ-50 מנטורים/מדריכים המכוונים אותם בפיתוח המיזמים. בסיום 'בית הספר' מתקיים שיפוט, שבו כל צוות מציג את המיזם שלו בכ-5 דקות, המלוות בשאלות הבהרה. מתוך 30 הצוותים נבחרים 12 הממשיכים לשלב תכנית הקיץ. זו תכנית מואצת שבה הצוותים מקבלים כ-15 הרצאות ועשרות שעות של הנחיה, ע"י מנחים מקצועיים וע"י מנחה יעודי אישי לכל צוות. בסיום התקופה – מתקיים שיפוט סופי ונבחר צוות מנצח שזוכה בפרס כספי. אך למעשה, כל 12 הצוותים הם בעצם מנצחים – וזוכים לחשיפה במצגות ל-אקו-סיסטם (קהיליית המשקיעים, העיתונות, הלקוחות הפוטנציאליים ועוד ...).

במהלך השנים נוצרו במסגרת BizTEC, כ-30 חברות, שגייסו למעלה מ-200 מיליון דולר ורבות מהן חברות מצליחות בשוק כיום.

- **פרס דיוויד כהן** – ניתן לסטודנטים אשר במקביל ללימודיהם (או בשנתיים לאחר סיומם) הוכיחו יזמה, מקוריות ותוצאות בתוך חברות גדולות (הן מן התעשייה המסורתית והן מתעשיית הטכנולוגיה העילית)

- **פרס סנפורד קפלן** – ניתן לחוקרים שהוכיחו חדשנות ופריצת דרך בתחומים שעשויים להיות מהפכה בשוק בעוד 5 שנים ויותר. הדגש הוא על מדע מבוסס מחקר עם פוטנציאל ליישום בטווח הארוך.

- **Dream Factory** – היא מסגרת בה חברות מבוססות מהתעשייה מציגות לקהיליית הסטודנטים של הטכניון אתגרים הנדסיים מורכבים. יש לסטודנטים כחודשיים לפתח את הפתרונות ולהציגם לחברות. פתרונות ישימים זוכים בתגמול נאה מן החברות ואפשרות להמשך עבודה על הפתרון מול או כחלק מהחברה.

- **סדנאות** – במהלך השנה מתקיימות מספר סדנאות בנושאים יעודיים, כגון מיכשור רפואי לתחום מסוים, כלים ויישומים לבנקאות וכספים, רובוטיקה ועוד...

לסיכום, מרכז היזמות מנסה לגוון את קשת הפעילויות בכדי שכל אחד בקהילת הטכניון יוכל למצוא עניין לפחות בחלק מן הנושאים וע"י כך ידורבנו לחשוב ולעסוק ביזמות.

עוד על מרכז היזמות –

באתר האינטרנט (www.yazamut.technion.ac.il)
כמו גם באתר של תחרות ביזטק (www.biztec.org.il).

רפי נוה הוא מנהל מרכז היזמות בטכניון מזה כשנתיים. לפני כן בילה 40 שנה בתפקידי ניהול בכירים בתעשיית ההיי-טק הישראלית. רפי סיים תואר ראשון בהצטיינות בהנדסת חשמל ב-1974 ותואר שני ב-1979. במשך 21 שנה עבד באינטל ישראל, כולל 5 שנים כמנכ"ל. כ-7 שנים עבד ב-NDS (היום סיסקו-ישראל) כסמנכ"ל מו"פ. בטאואר סמיקונדקטור שירת כסמנכ"ל שירותי לקוחות וכמנהל הטכנולוגיות (CTO). ב-6 השנים שקדמו להצטרפותו לטכניון שירת כסמנכ"ל בכיר למו"פ ב-גיוון אימג'ינג (כיום מדטרוניק ישראל).



שילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות

סיכום יום עיון הנדסת מערכות על שם יוסי לוי

ד"ר אביגדור זוננשיין, מרכז גורדון להנדסת מערכות

הוקרה והערכה למצטיינים ולמובילים

ב-20 בינואר 2016 התקיים במרכז גורדון בטכניון יום העיון השנתי המסורתי להנדסת מערכות על-שם ד"ר יוסי לוי. צוין בצער דבר פטירתה בחודש האחרון של שרה לוי ז"ל אלמנתו של יוסי. בפתיחת יום העיון הוענקו תעודות הצטיינות ומענק כספי מטעם משפחת לוי להנדסי מערכות מצטיינים מרפאל ומהתעשייה האווירית. מהנדס המערכות המצטיין של רפאל לשנת 2015 הוא ד"ר ארז סיגל מרפאל. מהנדס המערכות המצטיין של תע"א לשנת 2015 הוא כפיר גריצמן מתע"א.

שילוב הנדסת תוכנה עם הנדסת מערכות

ביום העיון הוצגו גישות שונות לשילוב שתי דיסציפלינות אלו למען פיתוח מוצלח של מערכות עתירות תוכנה.

החשיבות של דיסציפלינות התוכנה והמערכת היא גדולה מאד, כיוון לשתייהן יש השפעה גדולה על הקונספט המערכתי, על הארכיטקטורה, על הבדיקות ועל האינטגרציה. כמובן, שלשתי דיסציפלינות אלו השפעה גדולה על העמידה בביצועים, בעלות ובזמן.

למרות החשיבות הגדולה של שילוב זה, המציאות בשטח של מידת השילוב היא די עגומה.

INCOSE, האיגוד הבינלאומי להנדסת מערכות, קיים בשנת 2014 סדנא בנושא - Stevens Institute, בה זיהו פערים מהותיים בשילוב, והמליצו על פעולות שיפור במספר כוונים: התאמת גישות הפיתוח בשני התחומים כדי לשפר את העבודה המשותפת, תיאום שיטות וכלים טכניים בשימוש שני התחומים, שדרוג היחסים בין האנשים העוסקים בשני התחומים והשקעה בחינוך באקדמיה ובתעשייה של שתי קהילות אלו.

יום עיון זה מאיר פערים אלו ומציג כמה פתרונות לסגירתם. במידה רבה, יום העיון משמש כ"קריאת התעוררות" להשקעה בשילוב הדיסציפלינות בתעשייה, באקדמיה ובאיגודים המקצועיים.

מדעות לעובדות: בניית מוצרים שהלקוחות משתמשים בפועל

הדובר הראשון ביום העיון היה פרופ' Jan Bosch, מ-Chalmers University of Technology, Sweden.

בעברו עבד פרופ' בוש בתחומי חדשנות פתוחה בחברות INTUIT ו-NOKIA, והוא מעורב ביוזמות טכנולוגיות וסטארטאפים.

בתחילת הרצאתו הציג יאן נתונים על השימוש התדיר רק ב-20% מהפונקציות במוצר ואי שימוש או שימוש נדיר ב-64% מהפונקציות.

3 מסרים עיקריים של יאן:

- **מהירות (speed)** – חדשנות במערכות חדשות, פתרונות ושירותים חדשים אמורים לקרות בקצבים שלא הכרנו בעבר, דהיינו, מהירות בהנדסת מערכות;
- **התבססות על נתונים (data driven)** – קבלת החלטות על בסיס נתונים (במקום על חוות דעת) מאיצה תהליכי חדשנות;
- **בניה להתפתחות ושינוי (build-to-last)** – הנדסת מערכות צריכה להעביר את המיקוד שלה מפיתוח מערכות שישרדו לעד, לפיתוח מערכות שיתפתחו וישתנו באופן תכוף עם הזמן.

יאן הציג כמה ממצאים חשובים:

- רוב החדשנות (70-90%) בכלי רכב היא בתוכנה
- רוב ההשקעה במו"פ היא בתוכנה ובנגזרותיה
- יש מעבר ממוצרים לשירותים בהם נכללים שינויים תכופים באמצעות תוכנה
- החדשנות כיום היא ברובה בממשק עם הלקוחות והמשתמשים, ולכן נדרשים ניסויים מתמידים ותכופים עם הלקוחות והשוק
- כדי להשיג מהירות במו"פ נדרש לשנות ולשדרג באופן מהותי את תהליכי המו"פ שיכללו את המעגל: רעיונות-בנייה-מוצר-מדידה-נתונים-למידה-רעיונות....
- כדאי להגיע במהירות למוצרים בשוק כדי לנסות אותם, לאסוף נתונים ולשנות בהתאם

על בסיס ממצאים אלו מציע יאן שהחברות יפתחו לעצמן שיטות מו"פ, שיטות יישום מוצרים בשוק ושיטות מדידת המוצרים בשוק המותאמות לממצאים אלו.

המשמעויות להנדסת מערכות בשוק תובעני ומאתגר זה הן:

- יישם מערכות בתוכנה, אלא אם אתה באמת לא יכול
- יישם בקושחה גמישה (FPGA במקום ASIC) אלא אם אתה לא יכול
- יישם במכאניקה רק אם נחוץ, אבל הקפד על מודולאריות, חליפיות ופשטות

משמעויות נוספות:

- **בתחום החדשנות:** יישם הנדסת מערכות **מהירה** הכוללת בין השאר: בדיקות וניסויים תכופים מול הלקוחות והשוק שאתה בכוון הנכון, יישם את השיטה המתאימה לכל שלב, התמקד בקבוצות קטנות רב תחומיות שמקבלות כוון ודואגים לא להפריע להן
- **בתחום ההתבססות על נתונים:** תזהר מדעות וחוות דעת של מנהלים ובכירים (HIPPO), קבל החלטות רק על בסיס נתונים, יישם תהליכים אופטימאליים מבחינת **מהירות** ולא מבחינת יעילות
- **בתחום בניית מערכות מתפתחות ומשתנות:** שימוש במערכות legacy מאט את הפיתוח, שיטות עבודה מסורתיות מאטות את העבודה, יישם אי תלות בין רכיבים, בין צוותים ובין ארגונים, יישם שיטות רזות וזריזות בהתאם לצורך

הדבק והמחבר: הגישות השונות לשילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות

תומר פרץ, ארכיטקט התוכנה הראשי בחברת אורבוטק, הציג את הדבק והמחבר כשני דימויים אפשריים לאתגרי השילוב בין תוכנה למערכת. באתגרים אלו ניתן להתמודד במספר כוונים: ידע, מתודולוגיה, מבנה ארגוני, אסטרטגיה ותרבות ארגונית.

גישת הדבק:

- משתמשים בדבק כאשר כל החלקים כבר עוצבו
- המשתמש בדבק מבין רק את שכבת הפנים
- אלו שמעצבים את החלקים לא צריכים להבין את הדבק
- דבק מתייבש לאחר זמן ארוך
- לאחר שהדבק מתייבש קשה לבצע שינויים והתאמות
- הדבקה מהירה ולא זהירה מביאה לתוצאות לא טובות

גישת המחבר:

- ניתן לעצב את המחברים לפני שהחלקים גמורים
- מחברים נכון לעצב כחלק בלתי נפרד מהמערכת
- עיצוב החלקים מושפע מהמחברים
- תכן נכון של מחברים מאפשר גמישות
- מחברים יכולים להוות התאמות בין תקנים שונים
- מחברים הם יותר מורכבים ודורשים יותר ידע

מההשוואה לעיל, נראה שנכון לבחור את גישת המחבר. גישה זו מחייבת יצירת תרבות וארגון המתאימים לשילוב מוקדם של הנדסת תוכנה בשלבים המוקדמים והשונים בפיתוח והנדסת המערכות. בנוסף, שתי הדיסציפלינות צריכות ללמוד יותר אחת על רעותה.

הנדסת מערכות והנדסת תוכנה בפיתוח מערכות אוויוניקה אזרחיות

מיכל יוחאי, ראש תחום הנדסת מערכות באוויוניקה אזרחית בחברת אלביט מערכות, הרצתה על הנדסת מערכות והנדסת תוכנה בפיתוח מערכות אוויוניקה אזרחיות. מיכל היא גם מובילת הרישיון בפרויקטי אוויוניקה אזרחית מטעם אלביט – פרויקטים עתירי טכנולוגיה המפותחים לפי התקנים המחמירים של רשויות התעופה האזרחית, כגון DOI78C, DO254, ARP4574A.

בהרצאה הוצגו דגשים על תהליכי הפיתוח באוויוניקה אזרחית, וביניהם כיצד פיתוח באוויוניקה אזרחית שונה מתהליכי פיתוח בפרויקטים צבאיים ואיך משתלבים את תהליכי פיתוח התוכנה ותהליכי פיתוח המערכת.

מה אתה חושב על הנדסת מערכות של מערכות עתירות תוכנה- ניתוח סקר בישראל

פרופ' אורית חזן, דיקנית הפקולטה לחינוך למדע ולטכנולוגיה בטכניון, הציעה, כחלק מהתשתית ליום העיון, לקיים סקר בקרב מהנדסי מערכות ומהנדסי תוכנה על היבטים שונים של פיתוח מערכות עתירות תוכנה. אורית הציעה וגם מימשה את הסקר וניתחה את ממצאיו.

לסקר השיבו כ-200 איש, כ-75% מהם מהנדסי מערכות וכ-25% מהנדסי תוכנה. כ-50% מהמשיבים עובדים בחברות אזרחיות ו-40% בחברות ביטחוניות, ל-20% מהם תואר שני בהנדסת מערכות. רוב העונים לסקר, כ-60%, עובדים בחברות גדולות ולחלקם הגדול יש ניסיון רב בהשתתפות בפיתוח פרויקטי מערכת.

ההגדרה המקובלת על רוב המשתתפים של פרויקט עתיר תוכנה הוא פרויקט בו 40-60% של משאבי כוח האדם מושקעים בתוכנה.

לא נמצאה בסקר מתודולוגיה מקובלת ונפוצה לניהול פרויקטים של מערכות עתירות תוכנה. נראה שהמערכת עצמה מפותחת במתודולוגיית מפל המים, ואילו בחלקים של פיתוח התוכנה משתמשים בגישות אג'יליות, אבל הובהר הקשר בין הפיתוח האג'ילי של התוכנה והפיתוח המערכתי.

ציטטות: "בפיתוח תוכנה נקודות העצירה והאספקה גמישות יותר ויכולות להיות מוכתבות על ידי צרכים מידיים, כמו זמן אספקה ללקוח וצרכים של המוצר. בפרויקט מערכת החלקים והמערכת מכתבים נקודות עצירה, ואין בהן גמישות".

"היות ומתודולוגיות MDA / MBSE טרם הוטמעו בארגונים, תהליכי הנדסת מערכות מתבצעים במסמכים ובע"פ. התכן המערכתי המועבר למהנדסי התוכנה אינו שלם. מנגד, למהנדסי המערכת אין בקרה אמיתית על התכן והמימוש של אנשי התוכנה".

מדגם הצעות לשיפור תהליך הפיתוח של פרויקט מערכת עתיר תוכנה:

- בחירה קפדנית והתאמה אופטימאלית של המהנדסים לביצוע המשימה
- מעורבות הדדית ושקיפות בשני הצדדים משלבים מוקדמים של הפרויקט
- שילוב אנשי חומרה והנדסת מערכות בנושאי תוכנה ולהיפך כדי לייצר שפה משותפת
- קביעת יעדים קצרי טווח גמישים וארוכי טווח קשיחים יותר כדי לאפשר תמרון של התוכנה לפי התקדמות החומרה
- שילוב איש תוכנה בכיר בגיבוש החוזה עם הלקוח
- אימוץ מקיף של MBSE
- השקעה גדולה בבדיקות לאורך כל חיי הפרויקט

המטאפורה שנבחרה על ידי אורית לפרויקט מערכת עתיר תוכנה היא - "גוף עם לב גמיש ומשתנה".

לסיכום: נראה שהניסיון המצטבר הרב של המשיבים לסקר הוא מרשים מאד, ויש כאן ידע רב שנכון להשתמש בו כדי לפתח תורת ניהול ופיתוח מערכות עתירות תוכנה, וכן כדי לגבש דרכים מתאימות להוראת ולימוד תחום זה.

סדרת הרצאות קצרות על חוויות בפיתוח מערכות עתירות תוכנה

במסגרת הסקר שממצאיו תיארו לעיל, ביקשנו מהנשאלים לשתף אותנו ב"חוויות מלמדות ומחכימות" על ידי הרצאות קצרות בכנס. בחרנו בארבע הרצאות בסגנון זה:

- **דליה פונגרץ מחברת מלאנוקס** תיארה התמודדות עם הגעה מאוחרת של דרישה. ההתמודדות כללה ניתוח התשתיות והיכולות הנדרשות ליישום הדרישה החדשה, וזיהוי תשתיות קיימות ומרכיבים לשימוש חוזר, המאפשרים יישום הדרישה החדשה.
- **רם אורון מחברת אורבוטק** ציין את עיקרי גישת אורבוטק לשילוב תוכנה במערכת הכוללים טיפול משותף בדרישות, גיבוש ארכיטקטורת תוכנה כחלק מתכנן המערכת, ואינטגרציה ובדיקות משותפות בהשתתפות מהנדסי התוכנה והמערכות.
- **רות אבייב מחברת קומברס** ציינה את אתגרי המערכות בפיתוח בחברה, אשר מחייבים שמהנדס התוכנה יהיה בעל כישורים ויכולות רחבות כמו מהנדס המערכות.
- **דר' משה אייל ממכללת אפקה** הציג מדגם פרויקטים בתחום יישומי מובייל בהם מתמודדים הסטודנטים להנדסת מערכות.

בטיחות מערכות ותוכנה: ההזדמנות והאתגר

Dr. Sara Sheard, מהמכון להנדסת תוכנה (SEI) באוניברסיטת קרנגי מלון הציגה את העלייה הדרמטית של מרכיב התוכנה במערכות מורכבות וקריטיות מבחינת בטיחות, כמו מטוסים וכלי רכב. לטענתה השיטות הקיימות לניתוחי בטיחות (ניתוח שרשרת האירועים לכשל - event-chain model) ולתכנן לבטיחות במערכות - אינן מתאימות למערכות עתירות תוכנה. כמו כן השיטות כמו FTA, FMEA, PRA, HAZOP לא מתאימות לתוכנה. לכן מפנה אותנו שרה לשיטות שמציעה ננסי לוסון כמו STAMP ו-STPA. לשם כך היא מציעה לבנות system safety case הכולל טענות, תת טענות ועדויות. במסגרת גישת STAMP מזהים את אילוצי הבטיחות והמבנה ההירארכי של בקרת הבטיחות. כאשר האילוצים לא מופרים ומערכת הבקרה מתפקדת - המערכת בטוחה. תאונות קורות כאשר האילוצים מופרים ומערכת הבקרה נכשלת בתפקידה. לצורך הניתוח נדרש לזהות תרחישי סיבתיים ולולאות בקרה, ובעזרתם לזהות תרחישי כשל. ממצאי ניתוח זה יכולים לסייע לתכנן מחדש של המערכת לבטיחות עם פחות סיכונים בטיחות.

השיטות של ננסי לוסון, עדיין אינן נפוצות בתעשייה, ולהערכת שרה שירד עוד ייקח זמן עד שגישות אלו ייושמו בפועל בתעשייה. לשיטות של ננסי, להערכת שרה, יש פוטנציאל טוב לסייע בניתוחי בטיחות ובתכנן מערכות לבטיחות במערכות עתירות תוכנה. בניתוחים אלו מומלץ לשלב מהנדסי תוכנה.

שילוב הגנת סייבר בפרויקט-אתגרים חדשים לשילוב הנדסת מערכות והנדסת תוכנה

רחל ר. מרפאל תיארה בהרצאתה איך משולבת הנדסת מערכת סייבר בכל שלבי הפיתוח והנדסת המערכות:

- שלב הגדרת הדרישות: ניתוח איומי סייבר, הגדרת דרישות להגנה בפני איומי סייבר, ניהול סיכונים

- שלב תכן המערכת ותכן על: הכנת חלופות טכנולוגיות, ניתוח פתרונות תכן והמלצה על פיתרון מועדף, הגדרת תהליכים תחזוקתיים נדרשים, ניהול האיום השיורי
 - שלב התכן: מעורבות בתכן ממשקים, מעורבות בדרישות ותכן של קבוצות חיצוניות (כמו מומחי הקשחות)
 - שלב המימוש: ליווי הפיתוח במעקב על עקרונות קידוד מאובטח, השתתפות בסקרי קוד, ממשקים עם קבוצות חיצוניות
 - שלב הבדיקות: כתיבת מפרטי בדיקות סייבר, אחריות לביצוע הבדיקות, ניהול פעילות מול צוות אדום
- במסגרת ניתוח איומי סייבר מזהים גופים המאיימים על המערכת ויכולותיהם, מנתחים את תהליכי המערכת וממשיקה מבחינת סייבר, ומנתחים את היבטי סייבר בכל אורחות החיים של המערכת.

רחל סיכמה את הרצאתה בכמה תובנות חשובות:

- דרישות סייבר מתנגשות עם שיקולי אמינות, תפעול נוח ותחזוקתיות, ומומלץ לתכנן מערכות מאוזנות
- נדרשת הבנה טובה של הפתרונות המוצעים על ידי מומחי הסייבר והשפעתם על המערכת
- לשילוב היבטי סייבר יש השפעה על תכנית הפרויקט-בתכולות, לוחות זמנים עלויות וביצועים
- המתכונת הנכונה היא שילוב היבטי סייבר בכל שלבי הפיתוח והיישום
- רצוי ליישם תובנות אלו בתהליכים ובמדריכם בחברה

שילוב מהנדס מערכת תוכנה כגשר עם הדיסציפלינות ההנדסיות

תומר ארצי מחברת קורנית דיגיטל תיאר את אתגרי הפיתוח בארגון מטריציוני רב תחומי. בסביבה כזאת יש ממשקים רבים בין הדיסציפלינות, כאשר כל דיסציפלינה יש לה דרכי פיתוח שונות ומתכונות ניהול שונות.

ההנחה היא, שהתהליך הראשי הוא במתכונת מפל מים, וכל דיסציפלינה מסתנכרנת בפעילותה ובתוצריה להתקדמות במפל המים.

אבל זה מציב מספר אתגרים:

- שינויים דינאמיים בדרישות, בטכנולוגיות, בשוק
- מורכבות האינטגרציה שמשפיעה על יציבות המערכת
- חוסר בשקיפות E2E של המערכת
- קשיים בסנכרון בין הפונקציות
- לא בטוח שהתהליך מתכנס
- קומונאליות נדרשת למערכות קודמות מציבה עוד אתגרים

- לוח הזמנים נשאר אילוץ קבוע

תומר מציע את מהנדס מערכת התוכנה כגשר בין הדיסציפלינות ההנדסיות השונות במטריצה, על ידי יישום: תיאור המערכת בדיאגרמת בלוקים, ב use cases ובתהליכים מערכתיים, one code base, ויזואליזציה של הדרישות המערכתיות.

לפי ניסיונו של תומר, גישה זו מביאה להתאמה וסנכרון בין הדיסציפלינות הטכניות, קיצור סבבי התכן, זיהוי טוב של פערים, גמישות לשינויים ואפשרות גידול למוצרים נוספים.

פרופיל מהנדס מערכת תוכנה לפי ההצעה של תומר כולל בין השאר: ניסיון כמהנדס תוכנה, יכולות רב תחומיות, ניסיון בשלבי המוצר השונים, בעל כושר קבל החלטות, בעל חזון רחב והיכרות עם מירב המוצרים בחברה לצורך פיתוח קומונאליות, יכולת גישור בין אנשים ודיסציפלינות.

סיכום ומה הלאה?

ביום עיון זה הוצגו סדרת הרצאות על השילוב החשוב של הנדסת תוכנה והנדסת מערכות בפיתוח פרויקטים מערכתיים עתירי תוכנה. ביום עיון זה השתתפו ושוחחו שתי הקהילות - מהנדסי מערכות ומהנדסי תוכנה. הוצגו גישות, רעיונות ושיטות לשילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות.

נראה שעדיין יש פערים ואתגרים לא קטנים בין הדיסציפלינות שמקשות על פיתוח ויישום מערכות עתירות תוכנה. הפערים הם בכלים, בשיטות, בתהליכים ובחינוך.

נראה שכדאי להשקיע בסנכרון ותיאום בין הכלים, השיטות והתהליכים בין הנדסת התוכנה להנדסת מערכות. וכמו כן, מומלץ שהכשרת מהנדסי מערכות תכלול יותר על הנדסת תוכנה, והכשרת מהנדסי תוכנה ילמדו יותר על הנדסת מערכות.

נראה לנו שזהו אתגר מעניין, חשוב ומשולב למרכז גורדון, ל-INCOSE_IL, לאילטם ולאקדמיה.

בהצלחה!

שולחנות עגולים במרכז גורדון להנדסת מערכות

ד"ר אביגדור זוננשיין, מרכז גורדון להנדסת מערכות

במרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון אנחנו יוזמים ומשתמשים במתכונת שולחן עגול לדיון וסיעור מוחות של מומחים בנושאים חשובים לפיתוח הנדסת מערכות כדיסציפלינה בישראל ובעולם.

בעבר קיימנו כבר מספר מפגשי שולחן עגול לדיון בנושאים כמו: מהי מפת הדרכים למחקרים בתחום הנדסת מערכות?, כיצד מפתחים היבטי מנהיגות אצל מהנדסי המערכות?

בשנת 2016 קיימנו שני מפגשים במתכונת שולחן עגול:

- 17.2.16 - כיצד משלבים הנדסת גורמי אנוש עם הנדסת מערכות?
- 4.5.16 - כיצד מפתחים את הנדסת האמינות כדיסציפלינה מקצועית?

שני המפגשים היו מוצלחים ומתוכננים להם צעדי המשך ליישום תובנות המפגשים. להלן סיכום תמציתי של מפגשים אלו ואילו צעדים מתוכננים להמשך הדרך.

סיכום מפגש שולחן עגול על שילוב הנדסת מערכות והנדסת גורמי אנוש 17.2.16

רקע

ביום העיון של מרכז גורדון בינואר 2015 הוצגו נושאי הנדסת אנוש בפני קהילת מהנדסי המערכות. ביום עיון זה זוהה הצורך בהמשך הדיאלוג בין שתי הדיסציפלינות והקהילות המקצועיות. מפגש זה הוא מענה ראשון לצורך זה.

המפגש הוכן על ידי פרופ' אבי פרוש מהפקולטה לתעשייה וניהול בטכניון, המייצג גם את האגודה הישראלית לארגונומיה, וד"ר אביגדור זוננשיין ממרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון. במפגש השתתפו כ-20 מומחים משתי הדיסציפלינות.

מטרות

פרופ' אבי פרוש הציג את מטרות המפגש:

- היכרות משותפת בין שתי הדיסציפלינות
- זיהוי בעיות וצרכים בשילוב בין שתי הדיסציפלינות
- גיבוש הצעות לפתרונות
- גיבוש תכנית מעשית להמשך

סקירות פתיחה קצרות

אבי תיאר בקצרה את תחומי הפעילות של הנדסת גורמי אנוש וציין את המגמה:

From human machine interface to human system integration

אביגדור תיאר בקצרה את המגמות בעולם ובארץ בהתפתחות והתהוות הנדסת מערכות מגישה לדיסציפלינה מקצועית מבחינת מתודולוגיות, כלים, הכשרות והסמכות מקצועיות.

דיון בקבוצות ובמליאה-ממצאים עיקריים

הצרכים והבעיות זוהו בקבוצות והוצגו במליאה, תוך כדי התחלת גיבוש פתרונות (שלב זה לא מוצה):

- חינוך והכשרה – קורס הנדסת אנוש למהנדסי מערכות, קורס הנדסת מערכות למהנדסי אנוש: מה צריכה להיות תכולת הקורסים?
- חינוך והכשרה – מגוון קורסים אקדמיים ומקצועיים במסגרות שונות (אקדמיה, מרכז גורדון, INCOSE_IL, אגודה לארגונומיה ועוד)
- חינוך והכשרה – שילוב הנדסת אנוש בפרויקטים שמבצעים בתכניות לימודים. אביב רוזן יפעל לשילוב מומחה הנדסת אנוש בפרויקטי הסטודנטים בטכניון.
- כנסים משותפים
- מכתב לאקדמיות לשילוב הנדסת אנוש בתכניות הרלוונטיות של הנדסת מערכת
- שווק המומחיות
- שימוש במדיה החברתית לשווק הידע ורעיון השילוב (קבוצת LinkedIn)
- גיבוש מטרות וערך מוסף לפורום זה
- פיתוח מתודולוגיות שיתוף פעולה

סיכום וצעדי המשך

המפגש היה מוצלח מבחינת זיהוי פערים ואתגרים בשילוב שתי הדיסציפלינות.

בשלב אנחנו מתכננים להתקדם בשתי קבוצות עבודה משותפות:

- קבוצת עבודה לגיבוש תכניות הדרכה והכשרה הדרויות
- קבוצת עבודה לגיבוש מתודולוגיה פרקטית לשילוב הדיסציפלינות בחברות ובפרויקטים

לאחרונה, סיכמנו על שיתוף פעולה עם INCOSE_IL ואילטם במיזם זה.

סיכום מפגש שולחן עגול בנושא הנדסת אמינות 4.5.16

פתיחה

ד"ר לינה טפר מרפאל וד"ר אביגדור זוננשיין ממרכז גורדון הציגו את מטרות המפגש והמיזם הזה. לינה הדגישה את הצורך במספר רב של מהנדסי אמינות ואת החוסר במסגרת ראויה להכשרת מהנדסי האמינות הנדרשים לתעשייה. אביגדור הדגיש את הצורך בפיתוח מקצועי של הדיסציפלינה, ואת האפשרות שמרכז גורדון יכול לשמש כאכסניה לפיתוח זה.

מטרת המפגשים והמיזם

גיבוש מתווה מעשי לקידום תשתיות ידע בתחום הנדסת אמינות בישראל על פי זיהוי הצרכים, האתגרים והמגמות בתחום זה, על ידי צוות מומחים העוסקים בנושא.

תמונת מצב ואתגרים

ד"ר עמית טלר מרפאל הציג את הערכתנו למצב הקיים והאתגרים בארבעה תחומים: פרסונאלי, מחקרי, מקצועי וארגוני.

דיון בקבוצות

משתתפי המפגש חולקו ל 4 קבוצות דיון נדונו היבטים שונים של פיתוח הנדסת אמינות לפי השאלות הבאות:

- כיצד נכון לקדם את המחקר וההכשרה בתחום האמינות?
- מהן המגמות העיקריות בתחום האמינות?
- איזה ממשקים מתקיימים בין הנדסת אמינות לתחומים אחרים, ומה ניתן ללמוד מהתחומים האחרים?
- מהם אתגרי היישום בתעשייה?

ממצאי הדיונים בקבוצות הוצגו במליאת המפגש.

סיכום והמלצות להמשך

כל משתתפי המפגש ציינו את חשיבותו של מיזם זה והביעו את מוכנותם לתרום בהיבטים המקצועיים שלו.

מן הראוי להתמקד במספר נושאים קטן כדי להבטיח התקדמות בטווח הקצר.

הצוות שמרכז את המיזם מגבש צעדי המשך ומפגשי המשך ויפיץ לפורום.

הכיתה המאוזנת:

יישום הנדסת מערכות בחינוך להנדסת מערכות

[תקציר]

ג'וזף קאסר

על פי הספרות, המחקר הקודם על חינוך ותכנון תוכנית לימודים להנדסת מערכות התמקדו באופיו של הידע אותו יש ללמד, ונטו להתעלם מסוגיות פדגוגיות. מאמר זה:

- מציג כמה מתוצאות המחקר והפיתוח, הן בהיבטי דרישות הידע והן בהיבטים הפדגוגיים, של הוראה ולמידה בכיתות לתארים מתקדמים בהנדסת מערכות, ניהול פרויקטים וניהול חדשנות, בין השנים 1998 ו-2015.
- מתמקד אך ורק בפדגוגיה.
- מציע שבמקום לאמץ טכניקה בודדת, כגון "הכיתה המתחלפת" (flipped classroom) ייעשה שימוש ב"סביבת למידה אמיתית" (Authentic Learning Environment) או במשחקים/סימולציות, ומספר טכניקות הוראה (תת-מערכות) ישמשו ביחד בתערובת של תלות הדדית כדי להגביר את חוויית הלמידה בכיתה (המערכת).
- מתאר כיתה מאוזנת (balanced classroom) – מערכת המערבת מספר תת-מערכות של הוראה ולמידה, שנוסו מראש, באופן סינרגטי.
- מסכם בקצרה את התוצאות שהושגו בשימוש בכיתה המאוזנת בשלוש כיתות שונות באוניברסיטה הלאומית של סינגפור (NUS) בשנים 2013 ו-2014.

תרומותיה של הכיתה המאוזנת להוראה וללמידה הינן:

1. זו הפעם הראשונה שנעשה שימוש בכל תת-המערכות ביחד (באופן משולב) בתלות-הדדית במערכת.
2. היא מתגברת על הכשלים העיקריים של "הכיתה המתחלפת" (flipped classroom).

המאמר המלא נמצא בעמוד III בגרסה האנגלית של הגיליון מצידו השני.



הטכניון מכון טכנולוגי לישראל
מרכז גורדון להנדסת מערכות



INVITATION & PROGRAM FOR 22.6.16

INNOVATIVE APPROACHES & RESEARCHES FOR
ENTREPRENEURSHIP OF SYSTEMS

ORGANIZED BY THE GORDON CENTER FOR SYSTEMS ENGINEERING
AND BY THE BRONICA CENTER FOR ENTREPRENEURSHIP,
IN THE MEMORY OF DR. ZEEV BONEN

To be presented at the Neaman Institute, The Butler Hall,
Forschheimer Building, Technion Haifa

08:30 - 09:00	Registration
09:00 - 09:30	Opening & Greetings - Prof. Aviv Rosen, Technion, Dr. Bonen Family
09:30 - 10:30	The Systems Engineer as an Entrepreneur - Prof. Joe Kasser, National University of Singapore
10:30 - 11:00	Disruptive Medical Technologies - Development and Launch Challenges - Eyal Zadicario, InSightec
11:00 - 11:30	Coffee Break
11:30 - 12:00	The Blue Avenue - The System of Artificial Islands on the Israeli Coast - Prof. Michael Burt - Technion
12:00 - 12:30	Human Ecology- From a dream to Reality - Dani Kogan, Ecommunity
12:30 - 13:00	Open Innovation ,Systemic Mindset and Borderless Organizations :Theory & Practice - Prof. Shlomo Maital, Samuel Neaman Institute
13:00 - 13:45	Lunch Break
13:45 - 14:15	Lessons Learned from the Carmel Tunnels Project- BOT, From the Concept to Practice - ING. Ofer Dafni
14:15 - 14:45	Connected Cars- Entrepreneurship, Opportunities & Risks - Dr. Israel Feldman, Afeka College & MobilityInsight
14:45 - 15:15	From a Challenge to Reality: Vehicles Pollution Reduction - Riki Brokman, Ex-General Manager, Trading Sector, Bazan Oil Refinery
15:15 - 15:45	Assimilating a Systemic Model in Entrepreneurship execution - Arnon Katz, M-Bios
15:45 - 16:15	Entrepreneurship & Systems Engineering in the Iron Dome System - Dr. Avi Weinreb
16:15 - 16:30	Conclusions: Prof. Aviv Rosen, Dr. Avigdor Zonnenshain, The Gordon Center, Rafi Nave, The Bronica Center

השתתפות ביום העיון הינה ללא תשלום

נא אשר/י השתתפותך עד תאריך: **15.6.16** בדוא"ל: Natali.se@technion.ac.il
ההרשמה הינה מראש ואישורה על-ידינו ישמש אישור כניסה לטכניון אשר יועבר בדוא"ל

אל : מרכז גורדון-טכניון

אני מאשר השתתפות ביום העיון , בתאריך - **22.6.16**

שם: _____ חברה: _____ תפקיד: _____

טל': _____ אימייל: _____

אילטם - איגוד משתמשים לפיתוח מתקדם של מערכות מורכבות ומערכים (ע"ר)
IncoSE_IL - האיגוד הישראלי להנדסת מערכות



אם אתה מהנדס מערכות או מהנדס העוסק בפרוייקטים מערכתיים מקומך איתנו!

כרטיס - INCOSE_IL ופייה לותק אפילו ואפילו!

הנני מבקש להצטרף לאיגוד הישראלי להנדסת מערכות

טופס הצטרפות ל INCOSE_IL – 2016

שם: _____ חברה: _____ תפקיד: _____
טל: _____ פקס: _____ אימיל: _____

- החברות שלי היא ללא תשלום מאחר שהחברה בה אני עובד, חברה באילטם.
 אני פועל להשגת אישור תשלום מהחברה או למתן התחייבות לתשלום.
 הריני מאשר לאיגוד לשלוח אלי חומר על פעילות האיגוד

דמי חבר ל- INCOSE_IL לשנת 2016 לקהל הרחב: 500 ש"ח (לא כולל למע"מ). לחברי אילטם ללא תשלום

במטרה לשפר את הקשר שלנו עם קהל המומחים בתעשייה
נשמח באם תעדכן/י פרטיך , על-מנת שנעדכןך בתחומים המעניינים אותך

פיתוח חומרה	
מנהל פיתוח חומרה	
ראש פיתוח חומרה	
איכות ואמינות חומרה - בפיתוח	

הנדסה	
הנדסה	
קיימות	
איכות אמינות ותקינה - חומרה	

הנדסת תוכנה	
מנהל פיתוח תוכנה	
ראש פרויקט תוכנה	
איכות ואמינות תוכנה	
מהנדס תוכנה	
מערכות מידע	

מעוניין בכל תחומי הפעילות	
מעוניין בכל תחומי הפעילות	
הדרכה / משאבי אנוש	

הנדסת מערכות	
הנדסת מערכות	
מנהל פיתוח מערכות	
ראש פרויקט מערכתי	
סימולציות מערכתיות	
אבטחת איכות מערכת	
System Of Systems	
תכן לבטיחות במערכות	

שילוב דיסציפלינות	
הנדסת מערכות ותוכנה	
הנדסת מערכות וניהול	
פרוייקטים	
הנדסת מערכות וחומרה	

קול המערכות

כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

גליון מס' 18 | יוני 2016

incose_il – האיגוד הישראלי להנדסת מערכות
אילטם - איגוד משתמשים לפיתוח מתקדם של מערכות מורכבות ומערכים (ע"ר)
כתובת: המרד 29 בית התעשיינים ת.ד. 50232 תל-אביב 61500
טלפון: 03-5118112 פקס: 03-5100622
מייל: iltam@iltam.org אתר: www.iltam.org

מרכז גורדון להנדסת מערכות
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.gordon-se.technion.ac.il