

כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

גיליון ראשון - ספטמבר 2006

תוכן העניינים

2	דבר המערכת
2	וועדת המערכת
3	דבר העורך
4	משולחן הנהלת INCOSE IL
7	מכתב - מהצפון הכואב באהבה!
8	קול קורא לכתיבת מאמרים
8	תחרות "השם הקולע" לכתב העת של מהנדסי המערכות בישראל
9	ה-Robustool - כלי לתכן חסין של מוצר חדש יהושע קראוס, רפאל בע"מ, חיפה פרופ' מנחם וייס, הטכניון, פק' להנדסת מכונות, חיפה
22	עבודת צוות בתהליכי תכן קונספטואלי של מוצר/מערכת חדשים איריס ארבל, מרים ארז ומנחם וייס
34	האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE IL - ערכת הצטרפות
38	קול קורא להגשת מאמרים - הכנס הלאומי הרביעי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות

דבר המערכת

הפועלות במהלך השנה, הם בתחומים מגוונים כגון:
Process & Methods * Modeling & Tools *
Measurement * SE Applications * SE Management *
כל אחד מחברי הארגון יכול להשתתף ולתרום בקבוצות
עבודה אלו. גם בסניף הישראלי פועלת קבוצת עבודה בנושא
ניהול אינטגרציה. מלבד הכנס השנתי הגדול, מקיים הסניף
הישראלי: מפגשים מקצועיים בנושאי הנדסת מערכות
בהנחיית מרצים מקצועיים מהתעשייה, מפגשים בסגנון
קפה-ידע לצורכי החלפת מידע/ניסיון בין החברים ומפגשי
חברים מקבוצות עניין.

חברי ארגון INCOSE הבינלאומי מקבלים כל שלושה חודשים
שתי חוברות מקצועיות בתחום הנדסת מערכות, נחשפים
לתוצרים הטכניים של ועדות משנה, ניגשים (דרך אתר
הארגון) למידע חשוב וחדשני כגון System Eng. Handbook,
משתתפים בכנסים בינלאומיים והחשובה ביותר היא ההפריה
ההדדית שבהשתתפות במפגשים עם מומחים ובעלי ניסיון
בתחום הנדסת מערכות מהתעשייה, האקדמיה וצה"ל.

אילטם - איגוד המשתמשים שם לו למטרה להגדיל
את יכולת התחרותיות של החברים על ידי שיתוף בידע
הקיים, האצת היישום של טכנולוגיות מתקדמות, הקמת
רשתות מומחים, הורדת עלויות הפיתוח והייצור תוך העלאת
איכות המוצרים. **אילטם** פועל למען חבריו ואינו בעל עניין
בשום פעילות מסחרית. כיום חברות באילטם כמאה
ועשרים חברות מהתעשייה האזרחית והביטחונית.

**אילטם פועל במסגרת תוכנית מגנט של משרד המדען
הראשי במשרד התמ"ת.**

הרחבת פעולות האיגוד בתחומי הפיתוח והתוכנה הובילו
לדרישה של התעשייה לביצוע פעולות בנושא הנדסת מערכות.
יחד עם אנשי תעשייה מרפאל, תע"א, אורבוטק והטכניון
הוקם התא הישראלי INCOSE_IL של איגוד INCOSE העולמי.
החברות באילטם היא ברמת הארגון / חברה. כל עובדי חברה
החברה באילטם זכאים להשתתף בפעילויות האיגוד, לרבות
פעילויות INCOSE_IL המיועדות למהנדסי מערכות.

הצטרף ל - INCOSE_IL ותהיה שותף

וועדת המערכת

ד"ר עמיהוד הרי, טכניון - עורך מקצועי
משה סלם, אילטם - עורך ניהולי

אנו שמחים לבשר לכלל מהנדסי המערכות על הקמתו
של הידיעון הראשון בארץ המיועד למהנדסי המערכות.
המידעון מופק על ידי הסניף הישראלי של INCOSE
(האיגוד העולמי להנדסת מערכות) במסגרת אילטם -
איגוד משתמשי טכנולוגיות מתקדמות בתעשיית
האלקטרוניקה, האיגוד הנו עמותה, מלכ"ר בבעלות
החברות החברות באיגוד. פעילותו ממומנת ע"י דמי
חברות שנתיים המשולמים על ידי החברות ונתמכת ע"י
תכנית מגני"ט של לשכת המדען הראשי, במשרד
התמ"ת.

INCOSE_IL הינו הסניף הישראלי של הארגון
הבין לאומי INCOSE אשר מטרתו לקדם את הידע,
ההבנה, התאום והיישום של הנדסת מערכות בעולם.
מטרות INCOSE_IL (כמו בארגון הבינלאומי) הן לקדם
את נושאי הנדסת המערכות בישראל: בתעשייה,
באקדמיה ובמוסדות ממשלתיים בארץ ע"י:

- קידום התאום ושיתוף הפעולה בנושאי הנדסת
המערכות בתעשייה בישראל.
- טיפוח ההשכלה האקדמית והמחקר בנושאי
הנדסת המערכות בארץ.
- ביסוס מעמדה של ישראל כאחת המובילות בעולם
בתחום זה.
- להוות את הגורם המקצועי המתאם בין התעשייה,
האקדמיה וגורמי הממשלה בנושאי הנדסת
מערכות.

ארגון INCOSE הוא ארגון דינמי הכולל כיום, 15 שנה
מיום הקמתו, למעלה מ- 6,500 חברים מכל העולם ו-
53 סניפים מ- 36 מדינות. הסניף הישראלי,
INCOSE_IL, הוקם לפני ארבע שנים בשיתוף עם אילטם
וכולל כ- 800 חברים פעילים מחברות שונות כגון
תע"א, רפא"ל, אל-אופ, קומברס, צה"ל, טכניון, תע"ש,
אורבוטק, אי.סי.איי, HP אינדיגו, קודאק, נייס מערכות
ועוד. מתוכם חברים כ- 100 מהנדסים באיגוד
INCOSE הבינלאומי.

הארגון הבינלאומי מקיים שני כנסים בשנה. בכנס
השנתי המרכזי משתתפים למעלה מ- 1,000 איש
בארבעה ימי הרצאות, סמינרים ותערוכות. הנושאים
המטופלים במסגרת הארגון, ע"י קבוצות עבודה

דבר העורך

קורא יקר,

הנך מחזיק את המהדורה הראשונה של כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל שיצא לאוויר העולם בשעה טובה ומוצלחת.

אנו נשאף להפיק כתב עת מקצועי שיכלול מאמרים אקדמיים ומאמרים יישומיים ברמה מקצועית גבוהה שעומדת ברמת העיתונות הבינ"ל של הנדסת מערכות. נשאף להביא את כתב העת למוניטין של מוביל ברמה בין-לאומית.

החומר יורכב ממאמרים מקוריים שיכתבו על ידי מהנדסי מערכות וחוקרים מישראל שיבוקרו על ידי רפרנטים מקצועיים ומאמרים בולטים שהתפרסמו בכנסים בארץ ובחו"ל. המאמרים יכולים להיות בעברית או באנגלית. נשתדל להפנות מאמרים שימצאו מתאימים לפרסום בכתבי עת בינלאומיים. קול קורא למאמרים תמצא בעמוד 8 והקוראים מוזמנים לתרום מאמרים למהדורות הבאות.

כמו כן ישמש כתב העת כמידעון ל - INCOSE_IL ופעולותיה ונפרסם בו הודעות על אירועים שונים, דיווח פעילויות שבוצעו ופעילויות עתידיות הרצאות, כנסים קורסים, דיווח משולחן הנהלת INCOSE_IL ופרסומים המעניינים את ציבור מהנדסי המערכות בארץ. כבר במהדורה זו תמצא **קול קורא לכנס INCOSE_IL שיתקיים ב - 20-22 למרץ 2007.**

לכתב העת עדיין אין שם, הננו קוראים בזה לתחרות על שם קולע לכתב העת, את הקול הקורא לשם תוכל למצוא בעמוד 39.

ההצעה הזוכה תזכה את מציעה בתהילת עולם, בהזמנה להשתתף בכנס הלאומי שלנו במרץ 2007 ובקבלת תעודת הוקרה במעמד הפתיחה של הכנס.

במהדורה הפעם שני מאמרים מעניינים, פרי עטם של חוקרת מהאקדמיה ומהנדס מערכות מהתעשייה שניארתו לשתף את ציבור מהנדסי המערכות בארץ בפרי עמלם:

המאמר הראשון הוא "**כלי ה - Robustool**" פרי עטם של: **דר' יהושע קראוס מרפאל ופרופסור מנחם וייס מהפקולטה להנדסת מכונות בטכניון**. המאמר מתמודד עם בעיה מוכרת: כדי להצליח בשיווק מוצר חדש לא די שיעמוד במפרטים ויענה לצורכי הלקוחות, כדי להצליח על המוצר לבצע לא רק את כל מה שנקבע לו בהגדרת המוצר אלא גם בתנאים חורגים (לעיתים בהרבה) מהתנאים אליו הוא תוכנן. השוק יפנה עורף למוצר המתקלקל או מפסיק לעבוד אם מפעילים אותו בחריגה מהתנאים הנומינליים וייקח את המוצר המתחרה. ההתפתחות המהירה של הדרישות מהמוצרים בשוק מחייבת גם התקדמות בדורות המוצר או שדרוגים אשר אינם מחייבים שינויים מהותיים במוצר או את פיתוחו מחדש.

עמידה בתנאים הנ"ל היא הגורם להיות קונספט המוצר חסין או רובוסטי - Robust. שילוב בדיקת החסינות של קונספט מוצר כבר בשלבי הגדרת הקונספט הוא חיוני להבטחת מוצר רובוסטי (חיוני אך לא מבטיח!!). המאמר מציג כלי החדש לבחינת החסינות של מוצר בשלב יצירת הקונספט הוא ה - Robustool, שהינו חלק מתהליך ה - (Integrated Customer Driven, Conceptual Design Method) ICDM, מכיל התייחסות לשאלות הנשאלות לעיל ועוד הרבה אחרות, יאפשר בחירת קונספט חסין, ישפר את חסינותו ואת הגעתו של מוצר חדש בזמן לשוק, תוך תכנון וורסיות עתידיות במינימום זמן והוצאות. הכלי שפותח משקלל את המענה לתשובות לצורך מתן ערך כמותי השוואתי לחסינות (רובוסטיות). מסקרן? המאמר נמצא בעמוד 9 שלהלן.

המאמר השני עוסק בעבודת צוות בתהליכי תכן קונספטואלי של מוצר/מערכת חדשים ונכתב על ידי **גב' איריס ארבל, פרופ' מיה ארז ופרופ' מנחם וייס מהטכניון** והוא מסכם שלב במחקר המתמודד עם שאלות כמו:

- מה מבחין בין צוותים?
- מדוע צוותים מסוימים העוסקים בתכנון ופיתוח של מוצרים חדשים תחת אותם תנאים ואותה הכשרה מצליחים יותר מאחרים?
- כיצד משפיע ההון האנושי שחברי הצוות מביאים אתם לביצוע המשימה.
- כיצד משפיעים תהליכים המתקיימים בצוות לאורך שלבי התכן, על ביצועי הצוותים.

המחקר מתמודד עם תופעות מרתקות כמו יצירתיות וחדשנות, עבודת צוות בתהליכי פיתוח, השפעת הרכב הצוות וסגנונות העבודה של חבריו, צורת ההתמודדות עם קונפליקטים והשפעתם על הישגי צוותי פיתוח של מוצרים חדשים. מסקרן? המאמר נמצא בעמוד 20 להלן.

לבוסוף, זוהי מהדורה ראשונה של כתב העת אנו תקווה שבעקבותיה יבואו עוד מהדורות נוספות וטובות ממנה, לשם כך אנחנו זקוקים לכם, אנא נצלו כתב עת זה כבמה וכערוץ תקשורת בין מהנדסי המערכות בארץ, אתם מוזמנים לכתוב מאמרים מקוריים משלכם, לתרגם מאמרים טובים שקראתם, להציע להביא מאמרים מאלפים שנתקלתם בהם, לחוות דעה או ביקורת, להציע שם ולהשתתף בפעילויות INCOSE_IL, לכתוב מכתבים למערכת, להגיב על המאמרים שקראתם או סתם להנות מקריאתנו.

במרכה, דר' צ'מי הר', הצורך

משולחן הנהלת INCOSE_IL

מה קורה? מה יקרה? בהנדסת מערכות בישראל

אנחנו שוים זהב!

לאחרונה התבשרנו שהמועצה הבינלאומית להנדסת מערכות - INCOSE (INTERNATIONAL COUNCIL OF SYSTEMS ENGINEERING) העניקה מדלית זהב לאיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL.

האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL

INCOSE_IL הינו הסניף הישראלי של הארגון הבין לאומי INCOSE. ארגון אשר מטרתו לקדם את הידע, ההבנה, התאום והיישום של הנדסת מערכות בעולם. מטרת INCOSE_IL (כמו בארגון הבינלאומי) הן לקדם את נושאי הנדסת המערכות בישראל, בתעשייה, באקדמיה ובמוסדות ממשלתיים בארץ ע"י:

- קידום הדרכות וחינוך מהנדסי מערכת במפעלים, באקדמיה ובהשתלמויות כלליות.
- קידום שיתופי פעולה ושיתוף במידע וידע בין מהנדסי מערכת באמצעות מפגשים, קבוצות עבודה וכנסים ייעודיים.
- הפצת מידע לידע מקצועי בנושא הנדסת מערכות באמצעות אתר האיגוד.
- עידוד מחקר אקדמי בנושאי הנדסת מערכות.
- ייזום וייצור שיתופי פעולה עם איגודים מקצועיים רלוונטיים כמו ISQ, PMI.

ארגון INCOSE הוא ארגון דינמי הכולל כיום, כ- 15 שנה מיום הקמתו, למעלה מ- 6500 חברים מכל העולם ו- 53 סניפים מ- 36 מדינות. הסניף הישראלי, INCOSE_IL, הוקם לפני ארבע שנים בשיתוף עם אילטם, איגוד משתמשי טכנולוגיות מתקדמות, תיכון וייצור בתעשיית האלקטרוניקה וכולל חברים מחברות שונות אזרחיות וביטחוניות. בפעילויות הסניף הנערכות בארץ משתתפים למעלה מ- 600 מהנדסי מערכות.

החברים בארגון INCOSE העולמי מקבלים את הרבעון Systems Engineering של ידיעון INCOSE - INSIGHT, מקושרים לקהיליית מהנדסי המערכות העולמית דרך אתר INCOSE לרבות גישה לאלפי מסמכים ומאמרים הנמצאים באתר, ויכולים להשתתף בעשרות קבוצות עבודה מקצועיות. לחברי INCOSE הנחה בכנסים הבינלאומיים של INCOSE.

למה INCOSE_IL שווה זהב?

אחת לשנה בוחן INCOSE העולמי את הפעילות המתקיימת באיגודים המקומיים בארה"ב וברחבי העולם. בשנת 2006, הגשנו את עצמנו לראשונה לבחינה זו לאחר שצברנו נפח ואיכות פעילות מקצועית ראויה לציון.

INCOSE_IL ביצעה ב- 2006 עשרות פעילויות מקצועיות, מפגשים טכניים בנושאים בעלי עניין לקהילת מהנדסי המערכת (כמו: ניהול סיכונים, בחינות ובדיקות), קבוצות עבודה בנושאים חיוניים (כמו: ניהול אינטגרציה), ביקורים מקצועיים בארגונים המקדמים הנדסת מערכות (כמו: ח"א), הפצת מידע טכני ומקצועי לקהילת מהנדסי המערכות ע"י האתר של האיגוד (www.iltam.org).

בנוסף, INCOSE_IL הוערכה על שיתופי הפעולה שייזמה עם איגודים וגופים מקצועיים אחרים, כמו: PMI ישראל, איגוד ישראלי לאיכות, מנה"ר - התכנית למצוינות, הטכניון, ITEA - ישראל.

INCOSE_IL ערכה בשנת 2005 את הכינוס הלאומי השלישי להנדסת מערכות בו השתתפו למעלה מ- 300 מהנדסי מערכות מתעשיית הביטחון, התעופה, התקשורת וההיי-טק.

INCOSE_IL שמרה על קשר קבוע ויעיל עם קהילת מהנדסי המערכות ע"י המפגשים הטכניים, הכינוס ואתר האיגוד. INCOSE_IL גם הוכיחה התנהלות תקינה מבחינת פגישות צוות ההנהלה, הניהול הכספי ותיעוד הפגישות והפעילויות.

בנוסף, אנשי INCOSE_IL תורמים רבות לפעילות הבינלאומית של INCOSE ע"י פעילויות כמו: הצגת מאמרים ופנלים בכנסים הבינלאומיים, סיוע והשתתפות בארגון הכנסים הבינלאומיים, פרסום מאמרים בירחון המקצועי של INCOSE.

על כל פעילותנו רחבת ההיקף והאיכותית זכינו במדליית זהב של INCOSE.

INCOSE_IL - 5 שנות הצלחה

האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL הוקם בשלהי 1999 במסגרת אילטם. למרות שמדלית הזהב מתייחסת לפעילות ולהישגים בשנת 2005, הרי הישגים אלו מתבססים על הבסיס שהוקם ב- 5 השנים האחרונות.

נכנסתי לתפקיד נשיא INCOSE_IL בספטמבר 2005, כאשר הפעילות הענפה והמוצלחת בשנות ההקמה הובלה ע"י צוות הנהלת INCOSE_IL בראשות שני הנשיאים הראשונים - מר יעקב קגן, מל"מ תע"א וד"ר מיכאל וינוקור מהנהלת תע"א. ב- 5 שנים אלו נוצרה תשתית מצוינת לפעילות INCOSE_IL למען קהילת מהנדסי המערכת בישראל. גולת הכותרת בפעילות זו הייתה 3 כנסים לאומיים להנדסת מערכות רבי משתתפים ורבי עניין.

הכנס הלאומי הרביעי להנדסת מערכות יוצא לדרך

הכנס הלאומי הרביעי של INCOSE_IL יוצא לדרך.

מצ"ב קול קורא למאמרים, פנלים וסמינרים.

הכנס הלאומי מתוכנן ל- 2007.3.22-2007.3.20.

בכנס זה יהיה הדגש על חדשנות וחדושים בהנדסת מערכות.

הכנס הלאומי הרביעי ישודרג ע"י שיתוף פעולה עם הטכניון, הפקולטה לתעשייה וניהול ומרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון - ונקיים בו ימי עיון בינלאומיים בנושאי מודלים, סימולציות והנדסת מערכות.

רצ"ב כל הפרטים על הכנס הלאומי וימי העיון הבינלאומיים.

היכוננו להשתתף באירוע מקצועי ברמה גבוהה!

אנחנו נפגשים אחת לחודש!

INCOSE_IL ואילטם מציעים לחברי INCOSE_IL, אילטם וקהילת הנדסת המערכות בישראל פעילות אחת לחודש לפחות.

פעילויות שהיו - חציון ראשון שנת 2006:

Eric Honour	אינטגרציה מערכתית	קבוצת עבודה	22.2.2006
Tim Kasse	Implementation of Process Area	קבוצת CMMI	26.2.2006
Tim Kasse	Introdaction to CMMI	סדנא	27.2.2006
Niels Malotaux	Slash Project Time with Evolutionary Methods	יום עיון	3.4.2006
קובי וידר	פעילות CMMI ב- Creo-Kodak	קבוצת CMMI	6.4.2006

דב דורי	מידול קונספטואלי מבוסס (OPM) בשרות הנדסת מערכות	מפגש	15.5.2006
דב אוסטר	מלימ	קבוצת CMMI	16.5.2006
Charles R. Myers	CMMI and Change: Dealing with the Organizational Aspects of Implementation	מפגש	21.5.2006
עוזי אוריון	הנדסת מערכות באל-אופ	מפגש	11.6.2006
	פעילות CMMI ב- Creo-Kodak	קבוצת CMMI	29.6.2006
עוזי אוריון	ניהול אינטגרציה מערכתית	קבוצת עבודה	5.7.2006
פרץ שובל	מתודולוגיות FOOM לניתוח ועיצוב מערכות מידע-שילוב עצמים ותהליכים	מפגש	11.7.2006
תמי זמל	מה חדש בגרסה 1.2 של ה CMMI ?	מפגש	19.9.2006

פעילויות מתוכננות:

אוקטובר 2006 - מפגש - הצגת פרויקטי גמר במסגרת הטכניון.
נובמבר 2006 - סדנאות בנושאים חדישים כמו הנדסת מערכות על (System of Systems) על ידי מר אריק הונור.

התכנית למצוינות של מנה"ר ו- INCOSE_IL משתפים פעולה:

שיתוף הפעולה של INCOSE_IL ואילטם עם התכנית למצוינות של מנה"ר מניב פירות מקצועיים מבורכים.

פעילויות שהיו

טים קאססה	Requirement Analysis	יום עיון	3-4.7.2006
-----------	----------------------	----------	------------

שיתוף פעולה פורה עם איגודים מקצועיים

הגישה המערכתית שלנו מחייבת אותנו ליצור שיתופי פעולה מקצועיים עם איגודים מקצועיים אחרים. במסגרת זו גיבשנו סיכום על שיתופי פעולה עם האיגוד הישראלי לניהול פרויקטים (PMI ישראל), האיגוד הישראלי לאיכות, האיגוד הישראלי לבחינות וניסויים (ITEA ישראל).
במסגרת כנס PMI ישראל העשירי שהתקיים ב- 7/6/06 בת"א, קיימנו מושב/פנל על יחסי הגומלין בין מנהלי הפרויקטים ומהנדסי המערכת.
במסגרת הכנס הבינלאומי של האיגוד הישראלי לאיכות המתוכנן לנובמבר 2006, אנו מתכננים סמינרים בהנדסת מערכות (ע"י אריק הונור מארה"ב) ופנל בינלאומי על ההיבטים הניהוליים, הטכניים והפסיכולוגיים של סקרי תיכון.

שיתוף פעולה עם האקדמיה

בשנים האחרונות משקיעה האקדמיה יותר בהנדסת מערכות ע"י תכניות לימוד לתואר שני ומחקרים. סיכמנו עם הטכניון על מספר צעדי שיתוף פעולה עם INCOSE_IL:

- שותפות וסיוע בהוצאת העיתון המקצועי
- שותפות וסיוע בכינוס הלאומי והבינלאומי במרץ 2007
- מומחי INCOSE_IL יוזמו להצגת פרויקטי הגמר של התכנית להנדסת מערכות בטכניון
- למומחי INCOSE_IL יוצע להנחות פרויקטי גמר
- לקיים ימי עיון משותפים על מחקרי הנדסת מערכות

ד"ר אבידור לוננשיין
יו"ר INCOSE-IL

**חוזרים לשגרה!
מהצפון הכואב באהבה!
שנה טובה לכולכם!**

אט אט אנו חוזרים לשגרה מלמעלה חודש של לחימה ומלחמה בלבנון ובעורף הצפוני. זה היה חודש לא פשוט בו חלקנו התארגן לעבודה למרות מתקפות הקטיושות כמה פעמים ביום. וחלק אחר נשאר בביתו במקלטים בממ"דים.

ברפאל כחלק ממערכת הביטחון התארגנו די מהר לעבודה במתכונת חרום, כאשר המשימות בעדיפות הן אלו תומכות הלחימה בצפון. הכנסה למבצעים של מספר מערכות תוך 48 שעות, כאשר בימים רגילים לוקח מספר שנים (!) ליישם ולהטמיע את המערכות מבצעית. אנחנו צריכים ללמוד מתהליכים מהירים אלו נטולי ביורוקרטיה מיותר ונטולת "פוזות". לדעתי, זוהי המתכונת שכולנו מחפשים להנדסת מערכות זריזה - Agile SE. כמו כן נתנו צוותי משימה מיוחדים פתרונות מהירים ובזמן אמת לבעיות שהתעוררו בשדה הקרב. בצוותים אלו יזמו פתרונות יצירתיים ונסגרו במהירות מעגלים עם הכוחות הלוחמים.

במקביל, התארגנה רפאל לסייע לעובדיה אשר רובם גרים באזורים שהותקפו ע"י קטיושות - חיפה, הקריות, נהרייה, עכו, כרמיאל, שלומי, מעלות. הסיוע כלל תמיכה נפשית לעובדים ובני משפחותיהם ותמיכה כלכלית למי שביתו נפגע. כמו כן, נוצר קשר עם העובדים שגויסו בצו 8 ובני משפחותיהם. בנוסף, אנשי הרכש של רפאל יצרו קשר עם הקבלנים והספקים של רפאל הממוקמים באזור העימות (כולל קריית שמונה), כדי לסייע להם במצוקה שהם נקלעו לתוכה, ולסייע להם לחדש את האספקות לרפאל. כמו כן, יצרנו קשר עם הקהילה הסובבת את רפאל כדי לסייע במקלטים, במוקדי החרום, בבתי הספר, במתנ"סים ובמוסדות של אנשים עם צרכים מיוחדים. חזרנו לשגרה, אבל אנו חשים שזו רק הפוגה ושהמלחמה תתחדש בתקופה הקרובה. אנו מפקים לקחים מהשתתפות מערכותינו במלחמה, ויוזמים שיפורים מידיים.

אנו לומדים לקחים מהצרכים החדשים והמעודכנים שנתגלו במלחמה ויוזמים פתרונות לטווח הקצר והבינוני, כדי להכין את צה"ל לסיבוב הבא.

אנו חוזרים לשגרה גם ב- INCOSE_IL - מתכננים מפגשים מקצועיים לחודשים הקרובים, משקיעים בארגון הכינוס הלאומי והבינלאומי להנדסת מערכות המתוכנן למרץ 2007, ומשלימים הפקת העיתון המקצועי הראשון של INCOSE_IL.

בשלהי המלחמה פנינו לחברי INCOSE_IL וקהילת מהנדסי המערכת, באם דרוש לכם סיוע מקצועי בזמן אמת. אנו ממשיכים להציע סיוע זה אם נחוץ. פנו אלינו ונשמח לסייע!

שנה טובה לכם ולבני משפחותיכם, שנת שלום ובריאות לכל חברי INCOSE_IL,
לכל קהילת הנדסת מערכות ולכל חברי אילטם.

עלכת בהוקרה, ד"ר אבידור זוננשטיין
חשט הנהלת INCOSE_IL
והנהלת אילטם

הצטרפו ל-INCOSE_IL!

התועלות המקצועיות והאישיות מהצטרפות ל-INCOSE_IL.

רצ"ב ערכת גיוס והצטרפות (עמוד 35).

מלאו הטפסים והיו חלק פעיל של המקצוענים להנדסת מערכות בישראל

נשמח לראותכם בין חברינו ומשתתפים בפעילויותינו!

**תחרות "השם הקולע" לכתב העת של
מהנדסי המערכות בישראל**

מוזמנות בזאת הצעות לשם קצר וקולע לכתב העת

המבטאות את חזונו ודרכו

אנו נשאף להפיק כתב עת מקצועי של מהנדסי מערכות בישראל שיכלול מאמרים אקדמיים ומאמרים יישומיים ברמה מקצועית גבוהה שעומדת ברמת העיתונות הבינ"ל של הנדסת מערכות בישראל יציבו אותו ברמה של כתב עת מוביל ברמה בינלאומית. כתב העת יכלול מאמרים מהסוגים הבאים:

- כמו כן ישמש כתב העת כמידעון ל INCOSE_IL
- אפשר להציע שם לועזי או שם עברי עם תרגום לועזי
- ההצעה הזוכה תזכה את מציעה בתהילת עולם, בהזמנה להשתתף בכנס הלאומי שלנו במרץ 2007 ובקבלת תעודת הוקרה במעמד הפתיחה של הכנס.

הצעות אפשר לשלוח עד סוף 2006

לדוא"ל: incose_il@iltam.org

קול קורא לכתובת מאמרים

מוזמנים בזה מאמרים לפרסום בכתב העת.

- מוזמנים מאמרים אקדמיים ומאמרים יישומיים ברמה מקצועית גבוהה שעומדת ברמת העיתונות הבינ"ל של הנדסת מערכות בישראל יציבו אותו ברמה של כתב עת מוביל ברמה בינלאומית. כתב העת יכלול מאמרים מהסוגים הבאים:
1. מאמרים מקוריים שיכתבו על ידי מהנדסי מערכת וחוקרים מישראל שיבוקרו על ידי רפרנטים מקצועיים.
 2. מאמרים בולטים שהתפרסמו בכנסים בארץ ובחו"ל.

המאמרים יכולים להיות בעברית או באנגלית. נשתדל להפנות מאמרים שימצאו מתאימים לפרסום בכתבי עת בינלאומיים. כותבים בעברית יוכלו לקבל סיוע בתרגום מאמרים לאנגלית לצורך פרסומם בחו"ל.

כתובת למשלוח מאמרים: incose_il@iltam.org

ה- Robustool - כלי לתכנון חסין של מוצר חדש

יהושע קראוס, רפאל בע"מ, חיפה
פרופ' מנחם וייס, הטכניון, פק' להנדסת מכונות, חיפה

תקציר

בעידן הנוכחי של תחרות קשה בשוק העולמי על כל נתח שוק של כל מוצר ומוצר, חיוני להבטיח את הצלחת חדירתו של מוצר חדש לשוק כבר בסיבוב הראשון עם זמן לשוק (TTM) מינימאלי. כדי להבטיח הצלחה זו קונספט המוצר צריך להיות המתאים ביותר לצרכי הלקוח ולדרישות השוק ותהליך פיתוחו צריך להיות עם מינימום סיכונים ועם מבט והכנה לעתיד.

כדי שמוצר יממש את התקוות שתלו בו, עליו להופיע בשוק בזמן המתאים, בעלויות מתאימות ולבצע את כל היכולות שהוגדרו לו, אך עליו להיות גם ריווחי ו"פרה חולבת" לאורך זמן. כדי שאכן תכונה זו תתקיים צריכים להתקיים מספר תנאים הכרחיים:

- המוצר יבצע את כל מה שנקבע לו בהגדרת המוצר, אף יפעל ולא ייכשל גם בתנאים חורגים (לעיתים בהרבה) מהתנאים אליהם הוא תוכנן. השוק יפנה עורף למוצר המתקלקל או מפסיק לעבוד אם מפעילים אותו בחריגה מהתנאים הנומינליים ויקנה את המוצר המתחרה.
- התקדמות בדורות המוצר או שדרוגים - אינם מחייבים שינויים מהותיים במוצר או את פיתוחו מחדש, אלא ניצול תכונות ויכולות שתוכננו לתוך המוצר במקור, תוך מחשבה אסטרטגית קדימה.

עמידה בתנאים הנ"ל היא הגורם להיות קונספט המוצר חסין או רובוסטי - Robust. שילוב בדיקת החסינות של קונספט מוצר כבר בשלבי הגדרת הקונספט הוא חיוני להבטחת מוצר רובוסטי (חיוני אך לא מבטיח!!!).

הכלי החדש לבחינת החסינות של מוצר בשלב יצירת הקונספט הוא ה- Robustoo, הינו חלק מתהליך התכנון של קונספט למוצר חדש - ה- ICDM (Integrated, Customer Driven, Conceptual Design) - שפותח בטכניון. הכלי החדש מכיל התייחסות לשאלות הנשאלות לעיל ועוד הרבה אחרות, יאפשר בחירת קונספט חסין, ישפר את חסינותו ואת הגעתו של מוצר חדש בזמן לשוק, תוך תכנון וורסיות עתידיות במינימום זמן והוצאות. הכלי שפותח משקלל את המענה לתשובות לצורך מתן ערך כמותי השוואתי לחסינות (רובוסטיות).

חסינות (Robustness) - מה הכוונה

החסינות מוגדרת כיכולת של מערכת למנוע אופני כשל בנוכחות "רעש" [1], [2], [3]. "רעש" הוא כל סוג של פעילות שמחוץ לגבולות מפרט המערכת.

מערכת תחשב חסינה כאשר היא תמשיך לעבוד בביצועים מלאים גם כאשר תהיינה טעויות משתמש, גם כאשר היא תיחשף לתנאים קיצוניים מעבר למפרט הדרישות, ייצור המערכת יהיה חלק ובלתי רגיש לפגמים קטנים בייצור, וניתן יהיה לשדרג את המערכת לדורות הבאים מבלי לבצע בה שינויים עקרוניים.

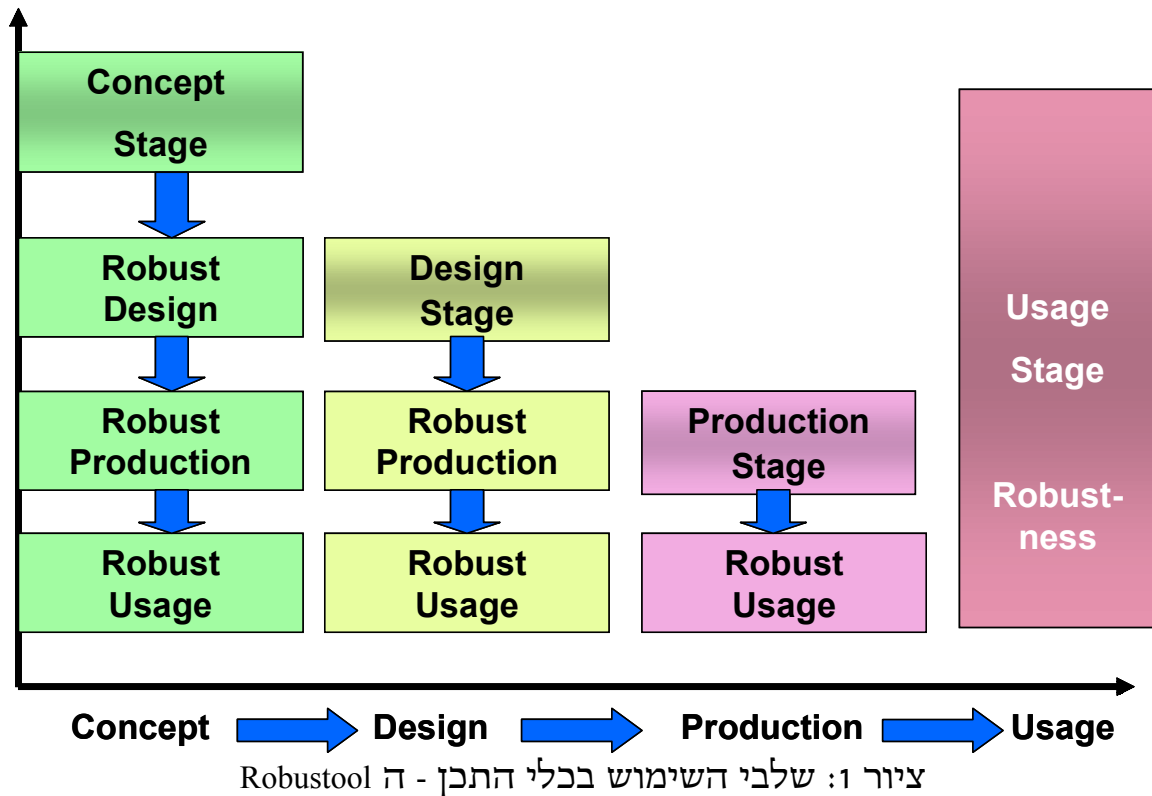
כדי לאפשר יכולות אלו, צריכה להיות אי תלות בין תת המערכות המרכיבות את המערכת כולה, לפיכך בהשוואה בין מערכות - מערכת תחשב חסינה יותר כאשר תת המערכות שבה הן בפחות תלות הדדית מאשר במערכות האחרות.

מקובל להתייחס לחסינות מערכת ביחס לעמידותה בשלב השימוש, כפי שתואר לעיל. במאמר זה, המשמעות של חסינות רחבה יותר ומתייחסת גם לשלב הפיתוח (העלמות רכיבים מהשוק עוד לפני

שהייצור התחיל) ואף לשיקולים מינהלים שונים (אי חסימת הקונספט ע"י פטנט המוגש ע"י המתחרים).

כל מערכת המגיעה אל השוק עוברת ארבעה שלבים בדרכה בהם החסינות צריכה להיות אחד השיקולים המרכזיים: שלב הקונספט, שלב התכנן המלא, שלב הייצור והדיר ושלב השימוש. כבר בשלב הקונספט על המתכנן להביא בחשבון שיקולי חסינות לשלב התכנן המלא כדי להבטיח פיתוח חלק ורצוף למרות הקשיים שיתעוררו במהלכו, שיקולי חסינות לשלב הייצור כדי להבטיח ייצור חלק והדיר למרות פגמים שיתגלו במהלכו ושיקולי חסינות לשלב השימוש כדי להבטיח שימוש רצוף ללא תקלות למרות חריגה ממפרט הדרישות על ידי המשתמש. בשלב התכנן המלא על המתכנן לממש את שיקולי החסינות שנקבעו בשלב הקונספט ולהביא בחשבון שיקולי חסינות כדי להבטיח ייצור חלק והדיר למרות פגמי ייצור קלים ויכולת שימוש רציף על ידי הלקוחות למרות חריגה ממפרט המערכת או המוצר. על היצרן לממש את שיקולי החסינות שנקבעו בשלב התכנן ולהבטיח כי המוצר היוצא אל השוק יעבוד ללא הפסקה גם כאשר הוא מופעל תוך חריגה מהמפרט שהוגדר לו.

מאמר זה דן בשיקולי החסינות המתבצעים בשלב הקונספט, שהם, כאמור לעיל, הכוללניים ביותר והמשפיעים ביותר על טיב המוצר הסופי.



הצורך בחסינות

כאמור לעיל - שיקולי חסינות של מערכת הם מרכיב חיוני להצלחתה בכל השלבים, החל מהפיתוח המלא ועד לתקופת השימוש אצל הלקוחות. כמוכן שיחד עם החסינות צריכים להתקיים תנאים הכרחיים נוספים כדי להבטיח את ההצלחה, אך כשלון החסינות מתגלה לרוב בשלבים המאוחרים ועלול לגרום עקב כך לנזק כבד ובלתי הפיך, מכאן הצורך החיוני בעמידה בדרישות החסינות כבר בשלבים המוקדמים.

שיקולי חסינות עבור שלב התכנן המלא כאשר נמצאים בשלב הקונספט נועדו כדי להבטיח סבב פיתוח מהיר תוך הפרדת פרמטרים ואי רגישות המערכת לשינויים בתת המערכות השונות העלולים לגרום לתכנן חוזר של כל המערכת. כמו כן שיקולי החסינות בשלב התכנן צריכים להבטיח כי ניתן יהיה לשדרג את המערכת לדורות הבאים בהשקעה מינימאלית וללא צורך בסבבי פיתוח עמוקים לצורך ביצועם.

שיקולי חסינות עבור שלב הייצור, כאשר נמצאים בשלב הקונספט, נועדו להבטיח ייצור הדיר וחלק גם כאשר קיימים פגמים קלים במרכיבי המערכת וכן כאשר ייצורם של מרכיבים אחדים הופסק ובמקומם בא דור חדש של מרכיבים.

שיקולי חסינות עבור שלב השימוש נועדו להבטיח כי המערכת תתפקד ללא תקלות וללא צורך בפעולות תחזוקה יזומות למשך חייה, תמשיך לתפקד במלוא הביצועים גם כאשר המשתמש טעה והפעילה לא נכון ו/או שהמערכת נחשפה לתנאים שמעבר למפרט. שיקולי חסינות עבור שלב השימוש הם בעלי חשיבות מיוחדת במינה מאחר וכאשר המערכת איננה מספיק חסינה לשלב זה, לטעמו של הלקוח, הוא מצביע ברגליו ופונה למתחרה ללא כל מתן משוב ישיר למפתח מערכת זו. כאשר מצב זה מתברר למפתח המערכת נדרשים, במקרה הטוב, משאבים גדולים וזמן רב כדי להצליח בתוכנית שיקום או - במקרה הפחות טוב, המערכת יוצאת מן השוק לחלוטין וכל ההשקעה יורדת לטמיון.

לסיכום הסעיף ניתן לומר כי הגדרת קונספט של מערכת עם חסינות גבוהה היא תנאי הכרחי (אך כמובן שלא מספיק) למינימליזציה של השקעת משאבים לפיתוח המערכת, לשמירתה בשוק ולמקסימליזציה של שביעות רצון הלקוחות.

בדיקת החסינות כחלק מתהליך ICDM

מתודולוגית ה- ICDM (Integrated Customer Driven, Conceptual Design Method) שפותחה בשנים האחרונות [4] לתהליך גיבוש הקונספט של מערכת חדשה מתחילה בהגדרת הצורך של המערכת/מוצר ומסתיימת עם מפרט הדרישות שלה.

תהליך ה- ICDM לבחירת קונספט למוצר/מערכת חדשים מורכב מ- 10 שלבים:

- שלב 1 - זיהוי צרכי הלקוחות.
- שלב 2 - תרגום קול הלקוח למפרט דרישות.
- שלב 3 - הפשטה, ניתוח פונקציונלי והגדרת הבעיות הבסיסיות.
- שלב 4 - יצירת פתרונות הנדסיים לבעיות הבסיסיות, מיונם ובניית הטבלה המורפולוגית.
- שלב 5 - הגדרת קריטריונים להערכת הקונספטים המתקבלים.
- שלב 6 - סינתזה של הפתרונות ההנדסיים לבעיות הבסיסיות לצורך יצירת קונספטים למוצר.
- שלב 7 - הערכת הקונספטים ובחירת מספר מצומצם להעמקת התכנן.
- שלב 8 - העמקת התכנן של הקונספטים הנבחרים, ביצוע אנליזות ביצועים, סיכונים, איתור מנגנוני כשל וסילוקם, התאמה ליעד העלות, בדיקת חסינות המערכת וכו' תוך כדי ביצוע שיפורים בתכנן הקונספטים בהתאם למסקנות הנ"ל.
- שלב 9 - בחירת קונספט זוכה מתוך אלו שנבחרו בשלב 7.
- שלב 10 - התנעת הפיתוח המלא של הפרויקט.

בדיקת החסינות, בעזרת ה- Robustool מבוצעת כחלק משלב 8 כאשר כל קונספט נבחן לעצמו ומקבל ציון/מדד לחסינות אשר נכנס כפרמטר לשיקלול כולל של הקונספטים בשלב הסופי של בחירת הקונספט הזוכה. תוך כדי הבדיקה הקונספט עובר גם תהליך חיסון במידה ומתגלות נקודות חלשות בנושא זה.

כלי ה - Robustool

הצורך בקונספט חסין מצריך גם כלי עזר למהנדס המערכת והמתכנן שינחה אותו בעבודתו לקבלת קונספט חסין מצד אחד וייתן לו מדד אובייקטיבי לחסינותו של הקונספט שהתקבל - מצד שני.

הכלים הנמצאים היום בספרות מסבירים בחלקם מהי חסינות (Robustness) ללא כלי ישים, חלקם דן על החסינות בשלב התכנן המלא ולא בשלב הקונספט, חלקם ממוקד יותר על האספקט הייצור ובחלקם נמצא כלי מסובך שאינו בהישג ידו של מהנדס המערכת שעיתותיו אינן בידו ללמוד ולהשתמש בכלים מסובכים [5], [6], [7], [8].

ה - Robustool נועד למלא את החלל הקיים ולספק למהנדס המערכת/מתכנן כלי עזר פשוט ויעיל המתאים לשלב הקונספט.

המבנה הכללי של ה - Robustool.

הפרמטרים / השאלות

- ה - Robustool הוא קובץ EXCEL עם רשימת תיוג (Check List) של שאלות שעל מהנדס המערכת/מתכנן הקונספט לעבור ולענות על כל שאלה ב - Yes, No, או N/A בלבד, כל ניסיון לתשובה אחרת נחסם ע"י הכלי.
- רשימת השאלות והרציונל העומד מאחוריהן נמצאת בנספח א' למסמך זה.
- השאלות מנוסחות כך שהתשובה Yes פירושה, בכל המקרים, שהקונספט חסין בפרמטר זה, התשובה No פירושה בכל המקרים שהקונספט אינו חסין בפרמטר זה והתשובה N/A פירושה שהשאלה איננה רלוונטית לקונספט המדובר.
- הרשימה מחולקת לארבע קבוצות שאלות:
 - שאלות מקדימות השייכות להגדרת תנאי הסביבה אליהם אמורה המערכת להיחשף, ומה הפרמטרים בהם צפוי להתבצע שידרוג במעבר לדור הבא.
 - שאלות על חסינות בשלב הקונספט עבור שלב התכנן.
 - שאלות על חסינות בשלב הקונספט עבור שלב הייצור.
 - שאלות על חסינות בשלב הקונספט עבור שלב השימוש.
- השאלות סווגו לשתי קטגוריות - "A" ו - "B" הניתנות לשינוי והתאמתן לכל פרויקט באופן ספציפי ע"י המשתמש. גם כאן, המשתמש יכול להכניס לתאים ערכים של "A" או "B" בלבד. וכל ערך אחר נחסם ע"י הכלי.
 - קטגוריה "A" עבור שאלות בעלות חשיבות קריטית לחסינות המערכת. התשובות בקטגוריה זו משוקללות במשקל גבוה בחישוב מדד החסינות.
 - קטגוריה "B" עבור שאלות בעלות חשיבות גבוהה לחסינות המערכת. התשובות בקטגוריה זו משוקללות במשקל נמוך יותר בחישוב מדד החסינות.
 - הכלי כולל מקומות ריקים להוספת שאלות ע"י המשתמש בכל קבוצת שאלות. לכל שאלה על המשתמש להגדיר גם את הקטגוריה של השאלה. על המשתמש להקפיד על ניסוח השאלה שיבטיח כי תשובה חיובית פירושה קונספט חסין.

שיקול התשובות לציון סופי

הכלי נותן, במכוון, ציון משוקלל על בסיס חזקה ולא על בסיס לינארי לכל סוג תשובה. ההיגיון בחזקה הוא "סלחנות" על מספר מועט של "No" וקנס הולך וגדל לא לינארית כאשר מספר התשובות של "No" הולך וגדל.

בגיליון הכלי נמצאות ארבע עמודות עזר המסכמות את התשובות לשאלות השונות: עמודה לתשובות "Yes" לקריטריון "A", עמודה לתשובות "No" לקריטריון "A", וכן שתי עמודות דומות לקריטריון "B".
הציון המשוקלל של כל עמודה הוא:

$$Sci = K_i * (N_i)^{Pi}$$

כאשר:

Sci - הציון המשוקלל של עמודה i מתוך ארבע העמודות הנ"ל.

K_i - מכפיל לינארי לעמודה i .

P_i - מעריך חזקה לעמודה i .

N_i - מספר התשובות בעמודה המתאימות להגדרת העמודה (מספר תשובות Yes בעמודה בה נספרות תשובות Yes וכדומה).

הציון הכולל של חסינות הקונספט הוא המרחק שבין סכום ארבעת הציונים המשוקללים של העמודות לבין הציון הגרוע ביותר שיכול להתקבל (כאשר כל התשובות שליליות), מחולק במרווח הציונים המכסימלי היכול להתקבל (ההפרש שבין הציון המתקבל כאשר כל התשובות חיוביות לבין הציון המתקבל כאשר כל התשובות שליליות), כל זאת מוכפל ב - 100 קריטריונים בהם נרשם "N/A" לא נכנסים כלל לחישובים.

$$TotalScore = \frac{\sum_{i=1}^4 Sci - ScoreNoAll}{ScoreYesAll - ScoreNoAll} * 100$$

כאשר:

$TotalScore$ - הציון הסופי לחסינות המערכת

$ScoreYesAll$ - הציון המכסימלי היכול להתקבל כאשר כל התשובות הרלוונטיות הן Yes.

$ScoreNoAll$ - הציון המינימלי היכול להתקבל כאשר כל התשובות הרלוונטיות הן No.

המשקלים השונים (המכפילים הלינאריים ומעריכי החזקות) המומלצים הם:

תשובה	קריטריון A		קריטריון B	
	K_i	P_i	K_i	P_i
Yes	6	2	2	1
No	-4	2	-2	1

המשתמש יכול לשנות את המשקלים ולהתאימם למערכת הספציפית אותה הוא מנתח.

הציון הסופי שהתקבל ($TotalScore$) משמש לשתי מטרות:

- קבלת מדד כמותי השוואתי לחסינותו של כל אחד מהקונספטים המשתתפים לצורך שיקלול החסינות בבחירתו של הקונספט הזוכה בשלב 9 של תהליך ה-ICDM.
- קבלת מדד כמותי מוחלט לטיב החסינות של קונספט המערכת. המשמעות המילולית של המדד הכמותי המוחלט נתונה בטבלה הבאה:

מדד חסינות בתחום	הערכת טיב החסינות
100ק87	הקונספט הוא חסין (רובוסטי)
86ק70	חסינות הקונספט טעונה שיפור
69ק55	חסינות הקונספט טעונה שיפורים בסיסיים
< 55	הקונספט אינו חסין בצורה מובהקת

סיכום

- ה- Robustool המתואר לעיל אמור לסייע למתכנן הקונספט ולמהנדס המערכת במספר מישורים:
 - במעבר מהיר על מספר רב של שאלות קריטיות לחסינות המערכת ולדאוג להקשחה מיידית במידה ומתגלה כי המערכת חלשה בפרמטר זה. השיפור בשלב כה מוקדם הוא הזול ביותר והמהיר ביותר.
 - בקבלת הערכה אובייקטיבית האם הקונספט שהוגדר חסין דיו או זקוק לשיפורים.
 - בקבלת מדד השוואתי לחסינות עבור כל קונספט העומד למבחן אשר ישמש כאחד הפרמטרים להחלטה על הקונספט הזוכה לפיתוח המלא.
 - ה- Robustool הוא כלי פשוט, מבוסס Excel, ידידותי ונוח להתאמה לכל פרויקט ספציפי.

לסיים - הערה: ה- Robustool לא נועד להחליף את היצירתיות של המתכנן במציאת פתרונות לבעיות טכניות ובשילובם לקונספט אלא נועד לסייע לו בעבודתו בהדרכת המחשבה, במתן מדד לחסינות הקונספטים שהתקבלו מרעיונותיו ולהפיק מהם את המירב שניתן.

מקורות

- [1] Taguchi G., Taguchi on Robust Technology Development: Bringing Quality Engineering Upstream; ASME Press, New York, 1993
- [2] Clausing D., Frey D. D. Failure Modes and Two Types of Robustness, Fourteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE), 2004
- [3] Clausing D., Frey D. D. Four Strategies for Reliability, Improving Robustness to One-Sided Failure Modes, Fifteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE), 2005
- [4] Hari A, Weiss M.P. and Zonneschain A.: Application of ICDM for the Conceptual Design of a New Product. International Design Conference - Design 2002, Dubrovnik, May 14-17, 2002.
- [5] Robust design optimization and robust optimal control. IOSO Technology Center, www.iosotech.com/robust.htm.
- [6] A Method for Robust Flexible Design. C. Roser, D Kazmer University of Massachusetts, <http://kazmer.uml.edu>.
- [7] The QFD, TRIZ and Taguchi Connection: Customer-Driven Robust Innovation, The Ninth Symposium on Quality Function Deployment, June 10, 1997
- [8] Pahl G. and Beitz W.: Engineering Design: A Systematic Approach 2^{ed.}..., London 1996.

נספח א' - רשימת הפרמטרים / השאלות והרציונל

1. ניתוח מקדים לבדיקת חסינות

מס'	השאלה	ערך עכשווי	ערך מורחב	הרציונל
1.01	פרט תנאי הפעלה ושימוש חריגים (ע"י use cases) אשר עלולים לקרות, כאלה החורגים מהנדרש במפרט, ובחר את אלו שמהם נדרש להתגונן. בהמשך בדוק האם ניתן במאמץ ובאמצעים סבירים לעשות זאת (כמבוא וסיוע לפרק המתאים בהמשך)			לעורר את המתכנן לעבור על המפרט הנוכחי ועל תנאי הסביבה והעתידיים כדי להכינו לשאלות שיבואו בהמשך.
1.02	פרט פרמטרים שבהם עשוי להיות צורך בהרחבת ביצועים בעתיד, בדור ב' לאחר הפצת דור א', ובשלבי המשך אחר כך, או ע"י מגזר לקוחות נוסף, רשום הפרמטרים גם כמותית (כולל עלויות) שידרוג פירושו: הרחבת פונקציות, תוספת פונקציות, תוספת שווקים עם תנאי סביבה קיצוניים יותר. מוצר שמיועד לשוק הישראלי עשוי להיפתח גם לשוק צפון אירופה ו/או למרכז אפריקה שבהם הטמפרטורה שונה באופן קיצוני מזו שבישראל			לעורר את המתכנן לחשוב על שידרוגים והרחבות ומשמעותם, כהכנה לשאלות שיבואו בהמשך.

2. שיקולים בשלב הקונספט עבור שלב התכנ

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
2.01	האם המערכת עמידה ומוגנת בפני תנאי הפעלה חריגים על פי המפורט בסעיף 1.01?	A	מערכת חסינה (רובוסטית) צריכה לפעול באופן סדיר ומלא גם כאשר מפעילים אותה בתנאי הפעלה חריגים
2.02	האם הקונספט מאפשר שידרוג המוצר ע"י הרחבת מספר פרמטרים, על פי הרשימה שבסעיף 1.02, מבלי לחזור על התכנ מהתחלה? או - התכנ כולל את הפרמטרים המורחבים או פונקציות השידרוג כבר מהתחלה, אולי בצורה נסתרת?	A	מערכת חסינה צריכה להיות בת שידרוג ו/או הרחבה בהשקעת משאבים מינימלית וללא צורך לבצע סבבי פיתוח מלאים מחדש.
2.03	האם יש לקונספט המדובר פטנט מקיף, שאינו קל לעקיפה, המגן עלינו בפני תחרות?	B	קונספט מוגן ע"י פטנט מקיף מונע, מצד אחד - מהמתחרים להעתיק את המוצר המצליח, ומונע, מצד שני - את חסימת הקונספט הנבחר ע"י פטנט הנרשם ע"י המתחרים.

3. שיקולים בשלב הקונספט עבור שלב הייצור

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
3.01	האם הקונספט מאפשר איתור מהיר של תקלות בשלב הייצור וההרכבה? <u>דוגמאות</u> : רכיבים אלקטרוניים עם JTAG, פניי בדיקות בכרטיסים, תוכנת טלמטריה ועוד	B	תקלות בעת הייצור וההרכבה דורשות משאבים באיתורן, עלות המרכיב החליפי לרכיב הפגום ועלות החלפתו. ככל שהאיתור מהיר, מדויק ומצומצם יותר עלות התיקון נמוכה יותר (זמן החלפה קצר והחלפת רכיב ברמה נמוכה יותר שעלותו נמוכה מהחלפת כרטיס יקר)
3.02	האם הקונספט נקי מרכיבים או טכנולוגיות להם יצרן יחיד?	A	קונספט עם רכיבים או טכנולוגיות המבוססים על יצרן יחיד רגישים מאד לשינויי מחירים ע"י היצרן (מונופול), לתקלות בייצורם (במפעל המונופוליסטי) או הפסקת יצורם באופן מוחלט (החלטת המונופול למעבר למשפחת מוצרים חדשה, סגירת המפעל וכו') העלולים לגרום לעצירת ייצור של המערכת המדוברת ולנזק כלכלי כבד
3.03	האם הקונספט נקי מרכיבים הדורשים רישיון שימוש או רישיון יצוא ברכישתם תוך הגבלת שימוש ומשתמש?	B	מתן רישיונות שימוש ויצוא בין מדינות רגיש מאד למצב הפוליטי הריגעי והוא עלול להתעכב לזמן ממושך או להיעצר ללא כל התראה מוקדמת ולגרום נזק כבד לפיתוח וייצור המערכת
3.04	האם הקונספט מתבסס על שימוש בציוד בדיקה סטנדרטי ולא על ציוד ייחודי ויחיד או על משאב קריטי שתקלה בו עלולה להשבית את הייצור?	B	תקלה בציוד בדיקה ייחודי עלולה להשבית את ייצור המערכת לתקופה ממושכת ולגרום לנזקים כבדים.
3.05	האם הקונספט מונע הרכבה לא נכונה (סדר לא נכון או אוריינטציה לא נכונה) שעלולה לגרום נזק בלתי הפיך למוצר? <u>דוגמה</u> : קידוד מחברים בעלי צורה זהה אך תפקוד שונה	A	תכן בו ניתן להרכיב כרטיסים אלקטרוניים בחריצים שונים בעלי מימשק מכני זהה ותיפקודים אלקטרוניים שונים והעלול לגרום לשריפת המערכת בהחלפה בשוגג של סדר הכרטיסים הוא תכן שאינו חסין באופן קיצוני. כנ"ל לגבי מחברים חשמליים זהים במימשק ושונים בתיפקוד או מערכות מכניות.
3.06	האם הקונספט נקי מכיולים מיוחדים בזמן ההרכבה ו/או השימוש? במידה ואינו כן, האם הכיול הוא פשוט ולא דורש ציוד יקר ומיוחד ויכול להיעשות בדרג הלקוח (במקרה של תחזוקה)?	B	ביצוע כיול היא פעולה יקרה ברמת מפעל ההרכבה, ועל אחת כמה וכמה אם הכיול נדרש להתבצע באתר הלקוח לאחר ביצוע פעולת תחזוקה. כיול מסוג זה איננו אהוד ע"י הלקוחות והם יבחרו מערכת אחרת בה לא נדרש הכיול - אם זה אפשרי.

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
3.07	האם הקונספט אינו רגיש להחלפת יצרנים המשתמשים באותה טכנולוגיה או טכנולוגיה חליפית?	B	מרכיבים המיוצרים ע"י מספר יצרנים, זהים, ברב המקרים, במפרט הביצועים בפרמטרים הראשיים, אך עלולים להיות שונים בפרמטרים מישניים. קונספט הרגיש לפרמטרים מישניים לא מאפשר להשתמש במרכיבים או בטכנולוגיה חליפיים, תופעה העלולה לגרום לתלות ביצרן יחיד.
3.08	האם הקונספט מבוסס על רכיבים העשויים להימצא זמן רב בשוק ולא על רכיבים הנעלמים מהר ולא ניתן יהיה להשיגם לכל אורך הייצור או חיי המוצר אצל הלקוחות?	B	אורך החיים בשוק של מרכיב בתוך מערכת צריך להיות גדול בהרבה מאורך החיים בשוק של המערכת עצמה. זאת כדי למנוע צורך בביצוע תכן מחודש שלה עקב היעלמותם של הרכיבים מן השוק (מעבדי מחשבים שייצורם מופסק לאחר מספר שנים). יש להתחשב גם ברכיבים עבור תקופת התחזוקה והדורות הבאים של המערכת. במידה ולא ניתן - יש להצטייד עוד בתחילת הדרך ברכיבים לכל אופק הפיתוח והייצור העתידיים (הוצאה כבדה אך זולה יותר מפיתוח מחודש בכל עת שרכיב נעלם ויש להתאים את המערכת לתחליף).
3.9	האם הקונספט של מוצר נקבע כך שניתן יהיה לבחון את ביצועי המוצר בכל אותם פרמטרים שהוא הוגדר אליהם? <u>דוגמאות</u> - הטמפרטורה של גלאי אינפרא אדום היא פרמטר תכן קריטי - האם הקונספט משלב מד טמפרטורה עם כל התמיכה בו לצורך מדידת טמפרטורה זו? האם ניתן לבדוק את דיוק ההצבעה של אנטנת מכ"ם?	B	קונספט חסין צריך לאפשר למדוד ולבחון את כל הפרמטרים החשובים לתפקודו התקין. ראה דוגמאות בגוף השאלה.

4. שיקולים לשלב הקונספט עבור שלב השימוש ותחזוקה

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
4.01	האם הקונספט אדיש לסדר ההפעלה המתוכנן? האם הפעלה בסדר לא נכון לא תגרום לנזק בלתי הפיך או להשבתת המערכת לזמן רב. האם הקונספט מונע הפעלה בסדר לא נכון? <u>דוגמאות</u> : שילוב הילוך אחורי תוך כדי נסיעה קדימה במכונית אוטומטית, הפעלת לחצנים בסדר שונה מהמתוכנן?	B	קונספט הדורש סדר הפעלה מסוים כדי למנוע נזק, גם אם זה נעשה בשוגג - תינטש מהר מאד ע"י הלקוחות, הם מחפשים מערכת שתעבוד ללא הפסקה בכל סדר הפעלה אקראי וללא נזקים.

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
4.02	האם קונספט אדיש להפעלת מספר פונקציות ביחד במקום בזו אחר זו והפעלה זו עלולה לגרום להפסקת פעולה כללית או לנזק בלתי הפיך <u>דוגמאות</u> : עומס יתר העלול לגרום לקפיצת נתיך או לשריפת רכיבים)?	B	מערכת חסינה צריכה להכיל בתוכה מערכת הגנה עצמית למניעת עומס יתר של הפעלת מערכות במקביל. הלקוח צריך להיות שקוף לדרישה מעיין זו, אם היא בכלל קיימת. דוגמה - מערכת הגנה להפעלת מזגנים בזה אחר זה באופן אוטומטי במקרה של סיום הפסקת חשמל
4.03	האם הקונספט אדיש לניתוקי מקור מתח או פיקוד ריגועיים אשר עלולים להשבית את המערכת לזמן רב או לגרום לנזק בלתי הפיך <u>דוגמאות</u> : ממסר הגנה למזגנים ומקררים, הגנה על מחשבים וכו').	A	במערכות הרגישות לניתוקי חשמל ריגועיים (מקררים, מזגנים, מחשבים וכו') צריכות להיות מערכות הגנה פנימיות למניעת נזקים עקב ניתוקים אלו ואף יכולת המשך עבודה תקינה ללא התערבות המפעיל.
4.04	האם הקונספט מוגן בפני חיבור מתח DC בקוטביות הפוכה או חיבור מתח תלת פזי בסדר פזות לא נכון ולא ייגרם נזק בלתי הפיך למערכת? <u>דוגמאות</u> : חיבור מתח DC בקוטביות הפוכה עלולה לגרום לשריפת המעגלים החשמליים, חיבור מתח תלת פזי בסדר לא נכון עלול לגרום למנוע להסתובב בכיוון הפוך ולהרוס מערכות מכניות הקשורות אליו.	A	מערכת חסינה צריכה להיות בלתי רגישה לקוטביות מתח ישר או סדר פזות של מתח תלת פזי. במידה ולא ניתן לבצע זאת - על המערכת למנוע את חיבור המערכת למתח אספקה המחובר לא נכון ולתת התראה מתאימה למפעיל על קוטביות הפוכה או סדר פזות לא נכון.
4.05	האם הקונספט מוגן בפני כשל של אחד הרכיבים או המיכלולים אשר יגרום אחריו לנזק בלתי הפיך במערכות נוספות <u>דוגמאות</u> : האם תקלה במאוורר לא תגרום לניתוק המערכת או לשריפת כל הרכיבים האמורים להיות מקוררים על ידו?	A	קונספט חסין צריך להכיל הגנה פנימית בפני נזק בלתי הפיך עקב כשל באחת ממערכותיו, ראה דוגמה בגוף השאלה.
4.06	האם כיבוי המערכת תוך כדי תהליך ההדלקה לא יגרום להשבתת המערכת או לנזק בלתי הפיך?	A	קונספט חסין צריך למנוע את התופעה הנ"ל ש"אינה אהודה" ע"י המשתמשים.
4.07	האם הקונספט הגדיר במכשיר הגנות עצמיות המכבות אותו באופן אוטומטי כאשר עלול להיווצר נזק בלתי הפיך לאחד <u>דוגמאות</u> : ניתוק מנוע חשמלי ע"י מפסק תרמי כאשר הוא מתחמם יתר על המידה, ניתוק החימום במפזר חום כאשר המנוע לא עובד, ניתוק הקומקום החשמלי כאשר המים רותחים	A	הגנות עצמיות מגדילות את חסינות המערכת, כל עוד אמינותן גבוהות מאד ולא יוצרות התראות שווא.

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
4.08	האם הקונספט אדיש לחריגות ממפרט תנאי הסביבה (חום יתר, קור יתר, הלמים, רעידות, אבק, לחות וכו')?	B	חסינות מסוג זה מעלה באופן משמעותי את ה"אטרקטיביות" של המערכת בעיני הלקוח
4.09	האם הגדלת העומס על אחת היציאות ב - 50% , מעל המוצהר כמותר, תשאיר את המערכת ללא נזק בלתי הפיך במערכת?	B	חסינות מסוג זה מעלה את ה"אטרקטיביות" של המערכת בעיני הלקוח. דוגמה: חיכוך גדול בקלטת שמע אסור שיגרום לשריפת מנוע המכשיר.
4.10	האם הגדלת אחת הכניסות למערכת ב - 50% , מעל המוצהר כמותר, תשאיר את המערכת ללא נזק בלתי הפיך במערכת?	B	חסינות מסוג זה מעלה את ה"אטרקטיביות" של המערכת בעיני הלקוח. דוגמה: חיבור דיסקמן/ווקמן המיועד ל - 6V לספק מתח חיצוני בעל מתח של 9V צריכה לגרום למערכת לעבודה ללא תקלות ולא להישרף.
4.11	האם הקונספט אדיש לנפילות המוצר למרות שהוא לא אמור ליפול אך לפי צורך השימוש הרגיל ארוע זה יכול לקרות <u>דוגמאות:</u> טלפון סלולרי, טלפון אלחוטי, מגהץ, ווקמן, דיסקמן, שלט רחוק וכו'.	B	מערכת שאיננה עומדת בדרישה זו לא תישאר זמן רב בשוק, הלקוחות יחפשו את המערכות העומדות בדרישה ופחות רגישות לנפילות
4.12	האם הקונספט מאפשר אורך חיי המוצר פי כמה מאורך החיים המתוכנן כאשר השימוש בו היה בתנאים סבירים?	B	חסינות מסוג זה מעלה את ה"אטרקטיביות" של המערכת בעיני הלקוח ומגדילה את הסיכויים לרכישת מוצרים דומים מאותה חברה ע"י אותם לקוחות
4.13	האם שילוב של מספר תנאים קיצוניים יחד עדיין יאפשר שימוש יעיל במוצר <u>דוגמה:</u> שילוב של טמפרטורה גבוהה ורעידות.	B	חסינות מסוג זה מעלה את ה"אטרקטיביות" של המערכת בעיני הלקוח
4.14	האם הקונספט מאפשר אספקת חלקי חילוף לתחזוקה במשך כל אורך חיי המוצר כאשר חלקי החילוף הם בהתאמת Form Fit Function - FFF וללא כיוולים וכיוונים.	B	אספקה שוטפת של חלקי חילוף והחלפתם אחד-לאחד ללא כיוולים וכיוונים מעלה את האטרקטיביות של המערכת בעיני הלקוחות ואת הרצון לקנות מוצרי המשך בעתיד.
4.15	האם השימוש במוצר בתנאים קיצוניים יאפשר בכל זאת להשתמש באופן יעיל במוצר לכל אורך החיים המתוכנן?	B	חסינות מסוג זה מעלה את ה"אטרקטיביות" של המערכת בעיני הלקוח ומגדילה את הסיכויים לרכישת מוצרים דומים מאותה חברה ע"י אותם לקוחות. תכונה זו היא המשלימה לתכונה 4.12

מס'	השאלה	קטגוריה	הרציונל
4.16	האם הקונספט מאפשר להשתמש במוצר לכל אורך חייו מבלי שיהיה צורך להחליף אחד החלקים/מכלולים עקב בלאי או התיישנות . במידה ונדרשת החלפה, האם היא אחת לכל היותר במשך חייו המוצר וההחלפה מתבצעת בפעולות פשוטות תוך חצי שעה באתר הלקוח? <u>דוגמאות:</u> רצועת גומי בטייפ ובמכונת כביסה, אטמים, גוף חימום במכונת כביסה.	B	אי קיום תכונה זו נתפשת כחסרון גדול במערכת. לדוגמה - החלפת רצועת גומי בחלק גדול ממייבשי כביסה דורש פירוק כמעט מוחלט של המייבש ויכול להיעשות רק ברמת בית מלאכה שמשמעותו השבתת הכביסה למספר ימים ועלויות גבוהות. מענה שלילי לתכונה זו מוזיל את הייצור אך מטיל את עומס מחיר התחזוקה על הלקוח שאינו מודע לכך בעת הקנייה.

נספח ב' - דוגמה חלקית מ-Robustool

Yes-No-N/A	הקטגוריה	שיקולים לשלב הקונספט עבור שלב השימוש ותחזוקה	4
Yes	B	האם הקונספט אדיש לסדר ההפעלה המתוכנן? האם הפעלה בסדר לא נכון עלולה לגרום לנזק בלתי הפיך או להשבתת המערכת לזמן רב. האם הקונספט מונע הפעלה בסדר לא נכון? <u>דוגמאות:</u> שילוב הילוך אחורי תוך כדי נסיעה קדימה במכונית אוטומטית, לחיצה על כפתורים בסדר שונה מהמתוכנן?	4.01
Yes	B	האם קונספט אדיש להפעלת מספר פונקציות ביחד במקום בזו אחר זו והפעלה זו עלולה לגרום להפסקת פעולה כללית או לנזק בלתי הפיך <u>דוגמאות:</u> עומס יתר העלול לגרום לקפיצת נתיך או לשריפת רכיבים)?	4.02
Yes	A	האם הקונספט אדיש לניתוקי מקור מתח או פיקוד ריגעיים ואלו עלולים להשבית את המערכת לזמן רב או לגרום לנזק בלתי הפיך <u>דוגמאות:</u> ממסר הגנה למזגנים ומקררים, הגנה על מחשבים וכו'.	4.03
No	A	האם הקונספט מוגן בפני חיבור מתח DC בקוטביות הפוכה או חיבור מתח תלת פזי בסדר פוזת לא נכון ולא ייגרם נזק בלתי הפיך למערכת? <u>דוגמאות:</u> חיבור מתח DC בקוטביות הפוכה עלולה לגרום לשריפת המעגלים החשמליים, חיבור מתח תלת פזי בסדר לא נכון עלול לגרום למנוע להסתובב בכיוון הפוך ולהרוס מערכות מכניות הקשורות אליו.	4.04
Yes	A	האם הקונספט מוגן בפני כשל של אחד הרכיבים או המכלולים אשר יגרום אחריו לנזק בלתי הפיך במערכות נוספות <u>דוגמאות:</u> האם תקלה במאוורר לא תגרום לניתוק המערכת או לשריפת כל הרכיבים האמורים להיות מקוררים על ידו?	4.05
Yes	A	האם כיבוי המערכת תוך כדי תהליך ההדלקה לא יגרום להשבתת המערכת או לנזק בלתי הפיך?	4.06
Yes	A	האם הקונספט הגדיר במכשיר הגנות עצמיות המכבות אותו באופן אוטומטי כאשר עלול להיווצר נזק בלתי הפיך לאחד המרכיבים <u>דוגמאות:</u> ניתוק מנוע חשמלי ע"י מפסק תרמי כאשר הוא מתחמם יתר על המידה, ניתוק החימום במפזר חום כאשר המנוע לא עובד, ניתוק הקומקום החשמלי כאשר המים רותחים	4.07
Yes	B	האם הקונספט אדיש לחריגות ממפרט תנאי הסביבה (חום יתר, קור יתר, הלמים, רעידות, אבק, לחות וכו')?	4.08
Yes	B	האם הגדלת העומס על אחת היציאות ב - 50% , מעל המוצהר כמותר, תשאיר את המערכת ללא לנזק בלתי הפיך במערכת?	4.09
Yes	B	האם הגדלת אחת הכניסות למערכת ב - 50% , מעל המוצהר כמותר, תשאיר את המערכת ללא נזק בלתי הפיך במערכת?	4.10

קונספט לא קשיח	קונספט קשיח	סיכום	5
1	8	מספר התשובות בקטגוריה A	5.01
3	16	מספר התשובות בקטגוריה B	5.02
87		סה"כ ציון כללי לקשיחות על פי המשקלים בגיליון "משקלים" -	ציון D

עבודת צוות בתהליכי תכן קונספטואלי של מוצר/מערכת חדשים

איריס ארבל, מרים ארז ומנחם וייס

Miriam Erez – Faculty of Industrial Engineering & Management, Technion

Menachem Weiss – Faculty of Mechanical Engineering, Technion

Iris Arbel – Faculty of Industrial Engineering & Management, Technion

תחרות עזה לצד שינויים מהירים בטכנולוגיות ובשווקים, מציבים בפני הארגונים של ימינו מציאות המחייבת התמודדות עם שינוי מתמיד. ארגונים נדרשים להתמודד עם הצורך לשמר ולקדם אפקטיביות ארגונית, תוך חתירה תמידית לשמירה על יתרון תחרותי. פעילות ארגונית בסביבה כזו, מעצימה את מקומן וחשיבותן של יצירתיות וחדשנות ארגונית כמנוף לשינוי היוצר ממד חדש של ביצוע, כאפיק חדש בדרך ליצירת ערך. יכולת החדשנות הארגונית כפי שבאה לידי ביטוי בתהליכי פתוח מוצרים חדשים מהווה פוטנציאל ליתרון תחרותי. מקובל להניח, שהשלב המוקדם – הקונספטואלי – של העבודה על פיתוח תכן למוצרים חדשים, הוא השלב בו באה לביטוי היצירתיות הרבה והקיצונית ביותר.

תכן קונספטואלי בפתוח מוצר

תכן (design) הנדסי במוצר חדש כולל סדרת פעולות טכניות הננקטות בתהליך הפתוח. פעולות אלו נדרשות בכדי ליישם את חזון המוצר לידי סיווג טכני ולידי פתוח התפיסה (Otto & Wood, 2001). תהליך של תכן קונספטואלי כולל שלב של תכנון היוצא מתוך נקודת הנחה ש"פתוח הוא תהליך של הסרת אי ודאויות". בתהליך זה מזהה הצוות את אי הוודאויות המרכזיות של פתוח המוצר החדש וגוזר מהן פעילויות לצמצום פערי הידע. תרומתו, בכך שהוא מגדיל את הסיכוי להצלחה טכנית וכלכלית בפתוח מוצר חדש, שכן לחץ הזמן, בשלוב חוסר מידע, מהווה את המאפיין העיקרי של הקושי בביצוע תכן קונספטואלי. שינויי קונספט בשלבים מתקדמים בפתוח, יקרים מאוד ומחייבים הערכות רחבה הכוללת דגמים חדשים, שינוי ציוד וכו', כל זה מעכב את זמן היציאה לשוק וגורם להתפשרות על מוצר פחות טוב מהמתחרים, לאובדן רווחים ולעיתים לכישלון כולל (Weiss & Hari, 1996). ואכן מחקרים בתחום, מאששים את ההנחה כי השלבים המוקדמים של תהליך התכן הנדסי הם הקריטיים ביותר לסיכויי ההצלחה הטכנית והכלכלית של מוצר חדש, זאת משום שעם בחירת הקונספט נקבעים מרבית ביצועי המוצר ולמעלה מ 75% מעלויותיו כבר מחויבות, כמו למשל עלות היצור, חלק מעלויות האחזקה וכו'. שינויים בשלב זה הם זולים יחסית, נעשים על פי רוב על הנייר לעומת שינוי קונספט בשלבים מתקדמים אשר עולה כסף רב וכולל חזרה על בדיקות, מעכב את זמן היציאה לשוק, הפסד רווחים וכתוצאה מכך קיים חשש להפסד נתח שוק. תהליך המבנה את צעדי הפתוח של התכן קונספטואלי הוא מודל **ICDM (Integrated, Customer Driven, Conceptual Design Method)**. שיטה זו פותחה על ידי Weiss & Hari (1996) ומטרתה להעריך באופן כמותי את איכות התכן כבר בשלב התכן קונספטואלי. השימוש בשיטה משפר את איכות התכן ומאפשר לזהות נקודות חולשה בתכן ולשפרן. תהליך היישום מתבצע בעשרה צעדים תלויים (יישום של כל שלב תלוי בהשלמת השלב קודם) ומשלב כלים וגישות שפותחו במקומות שונים בעולם, כמו: גרמניה, יפן, ארה"ב, בריטניה ורוסיה, יחד עם תרומה מקורית של התאמות בשיטות קיימות, אשר במקור אינן מתאימות לדרישות התכן קונספטואלי. הצעדים משלבים בין סקירת רעיונות וחלופות שיכולים לתרום לפתרון הבעיה לבין בחירת הפתרון המתאים מבין החלופות שהוצעו ונבדקו. נמצא כי השיטה תורמת להגברת היצירתיות ותהליכי קבלת החלטות בצוות; היא נבחנה והוערכה בהצלחה על ידי תעשיית ההייטק בישראל. בטכניון מיושמת השיטה בלימודי תכן הנדסי (הנדסת מכונות), ומסגרת לימודים זו משמשת שדה הניסוי העיקרי במחקר. למרות ששיטות תכן מובנות (כמו שיטת ICDM) מנסות לתת מענה לקשיים אלו, למשל על ידי הבנייה של תהליכים אינטואיטיביים. תהליך היישום מלווה לעיתים פערים ברמת הביצוע של צוותי הפתוח. אם כך, נשאלת השאלה (הן בפרקטיקה והן בספרות המחקרית), מה מבחין בין צוותים, מדוע צוותים מסוימים העוסקים בתכנון ופיתוח של מוצרים חדשים תחת אותם תנאים ואותה הכשרה מצליחים יותר מאחרים?

בכדי לענות על סוגיה זו, נדון בגורמים המשפיעים על טיב ביצועי התכן קונספטואלי.

יצירתיות וחדשנות

ביצוע מוצלח של צוותי פתוח העוסקים בתכן קונספטואלי של מוצרים, תלוי במידת היצירתיות בצוות. יצירתיות (Creativity) היא גורם הכרחי בפיתוח תכן הנדסי מאחר ומדובר בפיתוח מוצר חדש (Harrington, 1990 ; Brown, 1989).

עיסוק בנושא זה, במסגרת התחום הארגוני, מעלה כי יצירתיות ארגונית מוגדרת כבריאה של מוצר, שירות, רעיון, פרוצדורה או תהליך חדשים שימושיים ומועילים אשר נוצרו בעקבות עבודה משותפת של אנשים במסגרת חברתית מורכבת (Griffin & Sawyer, 1993) הגדרה זו מרמזת על הקרבה היחסית אשר נרשמת בין יצירתיות ו"המצאה". לעניין זה, חשוב לציין כי המוצר היצירתי איננו בהכרח המצאה בחזקת יש מאין, וכי הוא כולל גם חידושים במסגרת רעיונות קיימים (Putzier, 2001). תכן יצירתי מניב מענה טוב יותר לצרכים בעלות וברמות סיכון נמוכות, המביאה בסופו של דבר לפריצה מוקדמת לשוק (Hari & Weiss, 1996). חדשנות ארגונית, לעומת זאת, מוגדרת כאימוץ של רעיון או התנהגות חדשים לארגון (Damanpour, 1991; Wood, 1998; Hage, 1999) בין המרכיבים המאומצים ייתכן אימוץ של מוצר, שירות, טכנולוגיה, מערכת, מדיניות, תוכנית או תהליך חדשים. Bruce & Scott (1994) הגדירו חדשנות כתהליך רב שלבי אשר הראשון בשלבו הינו שלב הגייה של רעיונות ו/או פתרונות, שלב היצירתיות. ולבסוף, מושלם הליך החדשנות עם יצירת אב טיפוס או מודל של הרעיון החדשני אשר ניתן למסדו כמוצר בארגון, כבסיס לשימוש פרודוקטיבי ו/או כמודל לייצור המוני. מיפוי ההגדרות המקובלות בספרות חושף, אם כן, הבניית יצירתיות וחדשנות ארגונית לאור מודל "מפל מים", כשלבים מובחנים עוקבים.

יצירתיות בצוות איננה רק אגרגציה של מאפייני חברי הצוות ביצירתיות, למרות שיצירתיות בקבוצה היא פונקציה של יצירתיות חברי הצוות, היא תלויה בין היתר בתנאים המתפתחים בקבוצה, בהרכב ובתהליכים המתקיימים בין חברי הצוות.

עבודת צוות בתהליכי פתוח

בתעשייה, הולכת וגוברת התופעה בה מהנדסים משתפים פעולה במסגרת צוותים, החוצים מחלקות ולעיתים אף חברות במטרה לפתח ולחדש. צוותי פתוח (IPDT) העוסקים בפתוח מוצר / (או מערכת חדשה) הנם בעלי חשיבות רבה לארגון, בשל יכולתם להתמודד עם ביצוע משימות מורכבות ועם דרישות השוק המשתנות, המושפעות מהתמורות הכלכליות, טכנולוגיות וחברתיות (Lovelace, Shapiro, & Weingart, 2001). שלוב בין חברי הצוות, במהלך העבודה המשותפת, מאפשר יישום של ידע טכנולוגי חדש ונגיש בשוק הנוחף בכדי לחדש ולהשיג יתרון מסחרי (Lovelace et al., 2001). במחקר זה יבחנו שני היבטים: האחד, כיצד משפיע ההון האנושי שחברי הצוות מביאים אתם לביצוע המשימה. השני, כיצד משפיעים תהליכים המתקיימים בצוות לאורך שלבי התכן, על ביצועי הצוותים.

הרכב הצוות (Team composition) - בספרות המחקרית העוסקת בתחום של פתוח מוצרים חדשים ישנה תשומת לב מועטה למשתנים הקשורים בהרכב הצוות. במחקר הנוכחי יבחנו השפעתם של חברי הצוות הבולטים ביותר ('מובילי הצוות') במשתנים אישיותיים נוספים אשר טרם נחקרו בספרות כמו: סגנון קוגניטיבי הקשור ביצירתיות ויוזמה.

סגנון קוגניטיבי (Cognitive style) - מרכיב זה מתואר כנטייה לתיאור, זיכרון ופתרון בעיות, המשקף הבדלים אינדיבידואליים בדרכים לעיבוד מידע ופתרון בעיות. סגנון קוגניטיבי הוא מאפיין אישיותי אשר נמצא בספרות המחקרית קשור ביצירתיות. סגנונות קוגניטיביים מזוהים כמאפיינים עיקריים של יצירתיות אצל עובדים אשר יכולים להוביל את הצוות לפתוח מוצר חדשני ומוצלח ובכך ליצור יתרון תחרותי לארגון (Amabile, 1988; Miron, 2004). Erez & Naveh (2004) Kirton (1976) הציע כי אנשים נבדלים בדרך בה הם נוטים להתמודד עם יצירתיות בתהליכי פתרון בעיות. הוא מיקם אינדוידואלים על רצף שני מחדשני (Innovative) למסתגל (Adaptive), כאשר שניהם יצירתיים ואין סגנון אחד טוב מן השני. הכלי שפותח למדידת סגנון זה קרוי KAI - (Kirton Adaptation - Innovation Inventory). אינדוידואלים מביאים גישות שונות לתהליכי פתרון בעיות. **המסתגלים (Adaptors)** נוטים להיות מומחים בשיטה, דבקים במטרה ויעילים. בייחוד בולטת היכולת לעמוד בזמנים באימוץ חוקים ופרוצדורות בכדי לפעול בצורה היעילה ביותר. לעומתם, **החדשנים (Innovators)** נוטים להפריד בעיות ממסגרת ההתייחסות, מחפשים את השונה, למרות שלא תמיד מגיעים לפתרון הטוב ביותר. בעוד שהמסתגלים מעדיפים לפתור בעיות לפי החוקים, יצירתיים מנסים לפתור בעיות למרות החוקים. סגנונות אלו מכתיבים את הדרך בה פרטים מתמודדים עם פתרון בעיות. בתהליכי משימה מורכבים, כמו פתוח מוצר, נדרש שלוב בין סגנונות אלו. מחד, נדרשת יכולת גבוהה של יצירתיות פורצת בכדי לשבור את פרדיגמה המחשבתית ולהציע נקודות מבט שונות לפתרון הבעיה (Miron et al., 2004).

מאידך, נדרשת יכולת גבוהה של יצירתיות משפרת אשר תתרום לעבודת צוות יעילה, מדויקת העומדת במגבלות של זמן ותקציב. ההנחה במחקר הנוכחי היא שצוותים אשר ישלבו בין חברי צוות הבולטים בשני סגנונות אלו יפגינו ביצועים גבוהים יותר. אולם, מחקרים מראים לנו כי לא די ביכולת

קוגניטיבית התורמת ליצירתיות, חדשנות בביצוע דורשת את יכולת יישום הרעיון היצירתי לידי ביצוע. תהליך היישום מאפשר למכור את המוצר או השרות ומכאן חשיבותו (Miron et al., 2004; Ford, 1996). לפיכך, בכדי ליישם את הרעיון לידי מוצר (או שרות) נדרשת **יוזמה**.

יוזמה (Initiative) - מאפיין אישיותי זה, מתאר את המוטיבציה של העובד להשלים את ביצוע המשימה ואף לעשות מעבר אליה. באופן מפורט יותר, יוזמה קשורה בהשלמת המשימה במסגרת העבודה, מיקוד לטווח הארוך ועמידה ביעדים (Frese, Kring, Soose & Zempel, 1996, P.38). במחקרם של Miron et al (2004) נמצא בסוס אמפירי ראשוני, כי ביצוע חדשני מושפע באופן חיובי מהאינטראקציה בין יצירתיות ויוזמה, יצירתיות לבדה איננה מספיקה לביצועי חדשנות, יישום הרעיון היצירתי דורש יוזמה.

השערה 1- ביצועי הצוות יושפעו מציון מובילי הצוות (הבולטים מבין חברי הצוות) בסגנונם הקוגניטיבי וביוזמה: ככל שהציון של הבולטים ביותר בצוות (מובילי הצוות ביצירתיות מסתגלת) (Adaptors), יצירתיות פורצת (Innovators) ויוזמה (Initiative) יהיה גבוה יותר כך הביצוע הסופי של הצוות יהיה גבוה יותר.

תהליכי צוות (Team Process) מיוצגים כתבנית התקשורת בקבוצה להעברת מידע וקבלת החלטות (Marks, Mathieu Zaccaro, 2001). Marks ושות' (2001) טוענים כי תהליכים מוגדרים כפעולות תלויות של חברי הצוות, הממירות תשומות לתפוקות, דרך פעולות קוגניטיביות, ורבליות והתנהגותיות, זאת בכדי להשיג מטרות משותפות. לפיכך, חברי הצוות משתמשים בסוגים שונים של תהליכים במהלך ביצוע המשימה המשותפת על פני שתי תקופות זמן: **תקופת מעבר (Transition phase)**, פרק זמן בו מתבצע ניתוח המשימה, כולל תיאור המשימה המרכזית, תנאי הסביבה התפעוליים, והמשאבים האנושיים הנגישים ליישום וניתוח. במהלכו חברי הצוות מעריכים את אחריות המשימה, ולוח הזמנים להשלמת המשימה תוך דיון ורבליות. צוותים שנשלו בניסיון להגיע להסכמה בשלב זה, לא יצליחו בהמשך להגיע להבנה משותפת לגבי המטרה. שלב זה מערב קבלת החלטות לגבי הדרכים להשגת המטרה ותקשורת לגבי התוכניות של כל חברי הצוות. אסטרטגיה טובה כוללת התחשבות באילוצים של זמן, מצב, משאב אנושי וניסיון של חברי הצוות. **תקופת פעולה (Action phase)**, היא פרק זמן בו צוותים מכוונים את פעולותיהם באופן ישיר להשגת היעדים, זאת על ידי ניטור ומעקב אחר עבודת הצוות. חוסר הצלחה בשלב זה מתרחש כאשר חברי הצוות נסחפים, דוחים את המוטל עליהם ומאבדים מעקב אחר מטרותיהם. על פי טופולוגיה זו, צוותים יכולים לקיים ריתמוס של אפיזודות שונות לאורך תקופת הביצוע, המערבות לחילופין בין שלב מעבר לשלב ביצוע, תלוי בסוג המשימה שהם נדרשים לבצע (לדוגמא, ישנם צוותים המקיימים תקופות מעבר ממושכות ותקופות ביצוע קצרות ולהפך). במחקר הנוכחי בחנו את השפעתם של תהליכי הצוות לאורך שני שלבי זמן בתהליך הבצוע: בסיומו של שלב מעבר ובסיומו של שלב ביצוע (Transition & Action phases) על הביצוע הסופי.

עמידה ביעדים (Goal accomplishment) מתארת את יכולת הצוות לעמוד במשימות המשותפות הקשורות בביצוע המשימה (Marks et al., 2001).

משתנה זה בולט בהשפעתו העקבית על ביצועי צוותים העוסקים בביצוע משימות מורכבות ויצירתיות (Paulus, 2000). תהליך זה מערב זיהוי ומתן עדיפות ליעדים וליעדי משנה לאורך הביצוע. במהלכו, הצוות מפתח ומעריך את היקף המשימה העומדת בפניו ואת דרכי ההתארגנות לקראת השגתה (לדוגמא, משך הזמן הנדרש להשלמת המשימה). תהליך זה מתרחש על פי רוב במהלך תקופת מעבר (Transition phase), וקשור בניתוח המשימה. אולם יש חשיבות לקיומו של תהליך זה גם במהלך תקופת הביצוע. עמידה ביעדים בשלב זה, מאפשרת לחברי הצוות לתפוס באופן מלא את מגוון האפשרויות של הסיטואציה הנתונה ומונעת את הנטייה "להתפזר לכיוונים שונים", בפרט, כאשר ביצוע המשימה מוגבל במשאבים כספיים או בזמן (Marks et al., 2001).

יעדים ברורים יתרמו לביצועי חדשנות בצוותים, רק במידה וחברי הצוות יהיו מחויבים להם. תיאורית הצבת יעדים היא תיאוריה מוטיבציונית שפותחה במקור על ידי Locke (1968; 1991) כדי להסביר פעולות אנושיות במצבי עבודה ספציפיים. ההנחה הבסיסית של תיאוריה זו טוענת כי מטרות וכוונות הן קוגניטיביות ורציונאליות ומשמשות כווסתים מידיים של הפעולה האנושית. בממצאים העיקריים של התיאוריה נמצא כי מטרות ספציפיות מביאות לרמות ביצוע גבוהות יותר ממטרות כלליות, ומטרות קשות קשורות באופן חיובי וליניארי לביצוע (Erez, 1995).

חיפוש אחר משוב (Feedback seeking) מהווה גורם נוסף המשפיע על יצירתיות בביצוע. משוב מספק מידע נחוץ לגבי ביצוע המשימה וקצב ההתקדמות לקראת השגתה. למשוב יש חשיבות בייחוד בסביבה דינאמית ומשתנה (West & Anderson, 1996). מחקרים בתחום זה, מצביעים על שלושה מניעים המשפיעים על תהליכי חיפוש אחר משוב בסביבת העבודה. המניע הראשון, קשור בערכו האינפורמטיבי של המשוב ומספק לעובדים הערכה לגבי עמידתם ביעדי הביצוע. השני, קשור בצורך להגנה עצמית מפני האיום של משוב שלילי אשר לעיתים עלול לפגוע בביטחון העצמי של העובדים. השלישי קשור בצורך לשלוט בניהול הרושם (Ashford & Cummings, 1983).

שיתוף מידע בצוות, על ידי תהליכי תקשורת יעילים, ופתיחות לקבלת רעיונות של האחר תורם לחדשנות הצוות. שיתוף במידע מאפשר מרחב של דעות ורעיונות מעבר לפתרונות שגרתיים. רעיונות אלו נידונים על-ידי בצוות ומהווים בסיס ליישום דרכים חדשות לשיפור התכן, במטרה לעמוד ביעדים שנקבעו על ידי הקבוצה ולפעול להשגתם (West, 2002).

גורם נוסף שניבחן במחקר זה מתמקד בקונפליקטים הקשורים למשימה, להבדיל מקונפליקטים בין-אישיים. בספרות המחקרית יש הסכמה כי קונפליקטים בין-אישיים מזיקים לביצועי הצוות, אולם אין אחידות דעים לגבי ההשפעה של קונפליקט משימה על ביצועי הצוות. Dougherty (1992) מצאה שכאשר מתרבות אי-ההסכמות בצוות, חברי הצוות נעשים מחויבים יותר לעמדתם האישית ומתקשים להגיע להסכמות. לפיכך, קשה יותר לקבוצה למצוא פתרונות אינטגרטיביים וחדשניים. Lovelace, Shapiro & Weingart (2001) מחזקים הנחה זו במחקרם, וטוענים כי ככל שהצוות יתאפיין באי הסכמות ביחס למשימה, כך יהיה פחות חדשני, ופחות יצליח לעמוד במגבלות התקציב וביעדי. מנגד, Tjosvold ושות' (1982; 1998; Tjosvold & Field, 1983; In West, 2002) מציגים עמדה מנוגדת התומכת בהשפעה החיובית של קונפליקט משימה על איכות קבלת ההחלטות ועל יצירתיות הצוות. חילוקי דעות ביחס למשימה מאפשרים חקירה של דעות מנוגדות, ותרומתן החיובית תגבר בקבוצות העובדות בשיתוף פעולה ובהחלטות לעומת תחרות. ביצועי הצוותים במחקר הנוכחי, דורשים יצירתיות וחדשנות. לכן אנו סבורים כי העלאת דעות מנוגדות המובילות לקונפליקטים הנוגעים למשימה, יתרמו לפתרונות חדשניים לבעיות. בהתייחס לכל תהליכי הצוות שנידונו לעיל אנו נשער:

השערה 2- תהליכי צוות גבוהים בעמידה ביעדים, חיפוש אחר משוב, תקשורת יעילה וקונפליקטים הקשורים בביצוע המשימה לאורך שלבי התכן (בתקופת מעבר ותקופת ביצוע), יובילו לביצוע גבוה יותר מאשר תהליכים ברמה נמוכה.

שיטת המחקר

אוכלוסיית המחקר: במחקר השתתפו 217 סטודנטים הלומדים ליישם תהליכי תכן קונספטואלי של מוצרים חדשים בשישה קורסים שונים ובשני מוסדות אקדמיים: טכניון ואורט ברודה. הסטודנטים עבדו במסגרת 60 צוותים בני 3-7 חברי צוות. **מאפייני דמוגרפיים:** 83.3% גברים, 23.4% מהנבדקים הנם עולים חדשים. ממוצע גיל הנבדקים במחקר 27.04 (6.9 = סטיית תקן) ככלי מדידה עיקרי שימש שאלון מחקר בנוי משאלות סגורות, שבהן הנבדק התבקש לסמן במשבצת את התשובה המתאימה לו בסולם ליקרט של 1-7, כאשר 1 מציין את הערך הנמוך ביותר ("במידה מועטה מאוד"), ו-7 את הערך הגבוה ביותר.

המדדים

הרכב הצוות- הרכב הצוות נמדד בעזרת שני מדדים (1) סגנונות קוגניטיביים (2) יוזמה

1. סגנונות קוגניטיביים – השאלון המתבסס על Kirton (1976), Miron et al. (2004) מכיל 8 פריטים בסולם לקראט עם 7 רמות תשובה. השאלון בא להעריך שני ממדים שונים של יצירתיות.

(1) **יצירתיות פורצת** (Innovators) נמדדה בעזרת 4 פריטים (לדוג', 'אני חדשני'), המהימנות עבור סולם זה נמצאה גבוהה 0.6 = ? של קרונבך.

(2) **יצירתיות משפרת** (Adaptors) נמדדה בעזרת 4 פריטים (לדוג', 'אני מעדיף חידושים קטנים על פני מהפכות') המהימנות עבור

סקלה זו נמצאה גבוהה 0.8 = ? של קרונבך.

(3) **יוזמה** (Initiative) נמדדה בעזרת 4 פריטים בשאלון (לדוג' 'נחוש לממש את רעיונותיי'), בסולם לקראט עם 7 רמות תשובה,

מתבססים על, Miron et al. (2004) Frese et al. (1997). המהימנות עבור סקלה זו נמצאה גבוהה 0.72 = ? של קרונבך.

תהליכי צוות- תהליכי צוות נמדדו בעזרת שלושה מדדים:

(1) **עמידה ביעדים** (Goal accomplishment) נמדדה בעזרת 3 פריטים (לדוג': הצוות מצליח להשלים את יעדיו) מתבסס על Earley

Gibson & Marks et al (2000) ועל (2001) Marks et al המהימנות עבור סקלה זו נמצאה גבוהה, במדידת זמן ראשונה- 0.83 = ? של קרונבך, 0.74 = ? של קרונבך במדידת זמן שנייה.

(2) **חיפוש משוב** (Feedback seeking) נמדד בעזרת 3 פריטים (לדוג': 'חשוב לנו לדעת איך אנו עובדים ביחס לצוותים אחרים')

מתבסס על West (2000). המהימנות עבור סולם זה נמצאה גבוהה, במדידת זמן ראשונה, 0.72 = ? של קרונבך. 0.73 = ? של קרונבך במדידת זמן שנייה (West 2000; ? = 0.70).

(3) **קונפליקט במשימה** (Task Conflict) נמדד בעזרת 3 פריטים (לדוג', 'בצוות קיימים הבדלי דעות'), מתבסס על Pelled,

Xin & Eisenshtadt (1999). המהימנות עבור סולם זה במדידת זמן ראשונה 0.78 = ? של קרונבך. 0.82 = ? של קרונבך במדידת זמן שנייה.

במבחני המהימנות הפנימית שהתבצעו במחקר הנוכחי באמצעות Cronbach (מבחן המבוסס על ממוצע הקוואריאנס בין פריטי השאלון) נמצא כי הפריטים הם עקביים, עיקר השונות מיוחסת להבדלים בין אנשים ומעט מאוד להבדלים בתשובות של אותם אנשים לשאלות השונות.

מדד ביצוע

מדד הביצוע של הצוותים במחקר הוא הערכה של הצוות בקורס ללימוד תכן הנדסי/ תכן בארכיטקטורה כפי שניתן על ידי מרצי הקורס השונים בקורס.

ניתוח המשתנים

עיבוד הנתונים נעשה באמצעות התוכנות הסטטיסטיות SPSS ו-SAS בשלושה שלבים עוקבים, הכוללים את בניית המודלים, אגריגציה מרמת הפרט לרמת הקבוצה ובחינת ההשערות.

במחקר הנוכחי עבור משתנים המתארים את הרכב הצוות (יצירתיות פורצת, יצירתיות מסתגלת) חושב הציון של הרבעון העליון של חברי צוות כציון המייצג את הצוות עבור כל אחד מהמשתנים. לדוגמה, הציון ביצירתיות פורצת של הרבעון העליון של חברי הצוות מייצג את ציון הצוות במשתנה זה. עבור משתני תהליך נעשתה אגריגציה מרמת הפרט לקבוצה ונלקח הציון הממוצע של חברי הצוות בכל אחד ממשתני התהליך כמייצג את הצוות.

בחינת המודל: בכדי לבחון את ההשפעות של הרכב הצוות על הביצוע (השערה 1) השתמשנו במודלים של רגרסיה ליניארית¹. בכדי לבחון את השפעת הזמן והאינטראקציה בין זמן לבין תהליכי צוות (השערה 2) השתמשנו במודלים מעורבים (Mixed models). בצורת ניתוח זה ניתן להניח שתי הנחות ייחודיות: אי שוויון שונות ותלות בין חלק מהתצפיות (Singer, 1998) צורה זו תאמה את סוג המדגם, בו חלק מהצוותים השיב על שני השאלונים הבוחנים תהליכי צוות, בשתי נקודות זמן (תצפיות תלויות) לעומת צוותים אשר השיבו רק על שאלון תהליך אחד מתוך השניים (תצפיות בלתי תלויות). בכדי להשוות בין ביצועי הצוותים בקורסים השונים נעשה נרמול לציוני הביצוע.

תוצאות

(1) השפעת הרכב הצוות על הביצוע

השערת המחקר אשר בחנה את הקשר בין הרכב הצוות לבין הביצוע באמצעות הציון של הבולטים ביותר בצוות בסגנונות קוגניטיביים של יצירתיות וביוזמה אוששה באופן חלקי. התוצאות מצביעות על השפעה חיובית של סגנון קוגניטיבי המאופיין ביצירתיות משרת (Beta=.32; p<0.05) ויוזמה (Beta =.56; p<0.01). מנגד, השפעה שלילית של יצירתיות פורצת (Beta =-.50; p<0.05) על ביצועי הצוות. המודל נמצא מובהק (F=2.6**) השונות המוסברת בביצוע היא של 24% (R Square=.24).

טבלה 1: בחינת השפעתם של משתני הרכב הצוות על הביצוע באמצעות מודלים ליניאריים

	Model 1 Team Composition High quarter
<i>Dependant Variable</i>	Performance
Composition Variables	
Adaptive	.32*
Innovative	-.50*
Initiative	.56**
R2	0.24
Adjusted R²	0.19

1. בניתוחי רגרסיה ליניארית:

Beta; הערכת השיפוע במודלים של רגרסיה ליניארית.
P: רמת המובהקות.

R Square: אחוז השונות המוסברת במשתנה התלוי על סמך המשתנה הבלתי תלוי.

F	2.64**
---	--------

N=44; ** ; p<0.01 ; * p< 0.05(2)

השערה מספר 2 בחנה את השפעת תהליכי הצוות לאורך שתי נקודות זמן על הביצוע הסופי. הממצאים מראים כי שני המודלים של זמן 1 ו-2 נמצאו מובהקים ($F1=5.53^{**}$; $F2= 7.03^{**}$) אך השונות המוסברת של הביצוע הייתה גבוהה יותר בנקודת זמן 2 לעומת נקודת זמן 1 (ראה טבלה 2) ($R\ Square\ 2=.56$; $R\ Square1=.16$). יחד עם זאת חשוב להעלות הסתייגות לגבי ממצא זה, מאחר ויתכן שהפער בין אחוזי השונות המוסברת בין שתי נקודות המדידה קשור בהבדל בגודל המדגם בין שתי נקודות המדידה ($N1=53$; $N2=20$).

מודל 1 (ראה טבלה 2) מציג את השפעתם של תהליכי צוות על הביצוע הסופי בנקודת זמן ראשונה, מבין משתני התהליך נמצא כי לעמידה ביעדים השפעה חיובית ומובהקת ($Beta=0.33$; $p<0.05$) ולחיפוש אחר משוב, השפעה שלילית ומובהקת ($Beta=-0.34$; $p<0.05$). לעומתו מודל 2 (טבלה 2) מתאר את השפעתם של תהליכי צוות על הביצוע הסופי בנקודת זמן שנייה. מבין משתני התהליך בנקודת זו נמצאה השפעה חיובית ומובהקת לעמידה ביעדים ($Beta=0.67$; $p<0.01$), חיפוש אחר משוב ($Beta=0.37$; $p<0.01$) וקונפליקט במשימה ($Beta=0.26$; $p<0.05$). ההבדל בהשפעה של תהליכי הצוות בזמן 1 לעומת 2, נמצא מובהק עבור המשתנים: חיפוש אחר משוב ($Beta=-0.42$; $p<0.05$) וקונפליקט במשימה ($Beta=-0.31$; $p<0.1$) כפי שמופיע באינטראקציות בין זמן לתהליכים בטבלה 2.

הממצאים מלמדים כי ההשפעה של תהליכי צוות תהיה משמעותית יותר בשלבים מתקדמים בתכן. בנוסף, לכל תהליך צוותי השפעה שונה וייחודית על ביצועי הצוותים בתהליך של תכן המוצר ולכן לא ניתן להתייחס לכלל תהליכי הצוות כמקשה אחת.

טבלה 2: בחינת השפעתם של תהליכי צוות בזמן 1 ו-2 על הביצוע הסופי באמצעות מודלים ליניאריים

<i>Dependant Variable</i>	Model 1:	Model 2:
	Time 1	Time 2
<i>Processes Variables</i>	<i>Performance</i>	<i>Performance</i>
Goals	.33*	.67**
Feedback	-.34*	.37**
Task Conflict	-.17	.29*
R2	.16	.56
Adjusted R²	.20	.48
F	**5.53	**7.03

N1=53; N2=20; ** ; p<0.01 * p< 0.05

(3) בחינת המודל התיאורטי

בשלב הרביעי והאחרון נבחן המודל התיאורטי השלם שכלל את משתני הרכב הצוות ותהליכי הצוות שנמצאו מובהקים (בשלב זה קונפליקט במשימה הוצא מהניתוח מאחר ונמצא ברמת מובהקות נמוכה). נעשה שימוש בפרוצדורה Proc Mixed ב-SAS כפי שמוצג בטבלה 3. מבין תהליכי הצוות, נמצא כי עמידה ביעדים השפיעה באופן חיובי על הביצוע הסופי של הצוות לאורך כל התהליך ($Beta=0.31$; $p<0.05$) ואילו חיפוש אחר משוב השפיע באופן דיפרנציאלי לאורך התהליך ($Beta=-0.57$; $p<0.05$). בקרב משתנים המתארים את הרכב הצוות נמצא כי לציון של הבולטים בצוות בסגנונות קוגניטיביים של יצירתיות ויוזמה ישנה השפעה חיובית ומובהקת על הביצוע של הצוות. יצירתיות משפרת ויוזמה השפיעו באופן חיובי ($Beta=0.48$; $p<0.01$; $Beta=0.25$; $p<0.05$) ואילו יצירתיות פורצת בניגוד להשערת המחקר השפיעה באופן שלילי ($Beta=-5.4$; $p<0.001$).

הממצאים מלמדים כי עמידה ביעדים הנו גורם מרכזי אשר תורם לביצועי הצוות לאורך כל שלבי העבודה. מנגד, לתהליכי חיפוש אחר משוב של הצוות, על אופן ביצוע המשימה, תהיה השפעה חיובית רק בשלבים מתקדמים בתכנן. בנוסף, חברי צוות הבולטים בסגנון קוגניטיבי של יצירתיות משפרת ורמת יוזמה יתרמו לביצועי הצוות. מנגד, חברי צוות הבולטים ביצירתיות פורצת יפגעו ברמת הביצוע של הצוות.

טבלה 3: בחינת המודל התיאורטי- השפעה של הרכב הצוות ותהליכי צוות הנמצאים באינטראקציה עם הזמן על הביצוע

הסופי של הצוות (מודל HLM).

Effect	Model 1 Team Processes		Model 2 Team Composition+ Team Processes	
	Estimate (SE)	F value	Estimate (SE)	F value
Intercept	-2.46 (0.9)		-3.5 (1.8)	
Time	1.82	4.63*	2.82	7.63*
Goals	0.32 (0.12)	7**	0.31 (1.14)	4.43*
Feedback	0.14 (0.13)	0.1	0.2 (0.16)	0.54
Feedback*Time	-0.34 (0.17)	4.20	-0.57 (0.21)	6.94*
Innovators			-5.4 (0.14)	10.12**
Adaptors			0.25 (0.17)	3.84*
Initiative			0.48 (0.18)	7.13**
-2 Res log likelihood		163.8		109.2

** p<0.01 * p<0.05

דיון

המחקר הנוכחי מרחיב את ההבנה לגבי טיב הגורמים המשפיעים על הצלחתם של צוותי-פתוח בעזרת שתי קבוצות משתנים. קבוצה ראשונה, כוללת את הרכב הצוות ומתארת את השפעת המשאב האנושי של חברי הצוות על הביצוע. קבוצה שנייה, כוללת את תהליכי הצוות ומתארת את השפעתם של תהליכים הקשורים לביצוע המשימה ותהליכים בין-אישיים על ביצוע המשימה.

הרכב צוות

איכות הביצוע של צוותי הפתוח במחקר הנוכחי הושפעה מההון האנושי של 'מובילי הצוות', קרי מציונם הגבוה של רבע מבין חברי הצוות ביצירתיות וביוזמה. ממצאים אלו מרחיבים ידע תיאורטי קיים לגבי השפעתם של הבולטים מבין חברי הצוות על הביצוע. בניגוד למשוער, ממצאי המחקר מצביעים על מגמה בלתי צפויה, כאשר הבולטים בצוות גבוהים בסגנון קוגניטיבי של יצירתיות פורצת (Innovators) השפעתם על הביצוע היא שלילית. אנשים המאופיינים בסגנון זה נוטים לשבור פרדיגמות קיימות ולאמץ דרכי מחשבה מקוריים הנחוצים להעלאת רעיונות יצירתיים. יחד עם זאת, בניגוד למסתגלים (Adaptors), הם מתקשים לעמוד בזמנים ולסגל את החשיבה המובנית (Kirton, 1976). ואכן הממצאים במחקר מצביעים על חולשתם היחסית של החדשנים בתוך מסגרת של צוות העובד באופן מובנה על פי צעדי פתוח אשר בחלק ניכר מהשלב לא מאפשר יישום של פתרונות בלתי מוכחים. יחד עם זאת, ממצאים אלו המסייגים את תרומתם של הבולטים בצוות ביצירתיות פורצת ומדגישים את חשיבותה של יצירתיות משפרת לביצוע, היא תוצאה לא צפויה הדורשת מחקר נוסף. ייתכן ובתכן של מוצר חדש יש חשיבות לאיזון בין סגנונות שונים של יצירתיות, תשומת לב לפרטים, תשומת לב לדרישות לקוח, ועמידה בדרישות תקציב וזמן, ובמסגרת זו, יצירתיות פורצת פחות משפיעה. אפשרות אחרת היא שבעלי יצירתיות פורצת לא הצליחו לבטא עצמם כראוי במסגרת הצוות. אפשרות שלישית מציעה שציון הביצוע של הצוות במשימת פיתוח תכן הנדסי מושפע מגורמים אחרים מאשר מרכיב היצירתיות. לעומת זאת, הממצאים מצביעים על התרומה החיובית של יצירתיות משפרת לביצוע הסופי של הצוות. סגנון יצירתיות זה קשור ביעילות ובדיוק (Kirton, 1976). אנשים בעלי סגנון זה זוכים להערכה בשל יכולתם לדבוק במטרה, לאמץ חוקים ופרוצדורות, לעמוד במגבלות של זמן ותקציב ובכך מתאימים עצמם לסביבת העבודה (Treffinger et al., 1997).

תהליכי צוות

המחקר הנוכחי מרחיב את תחום העיסוק בהשפעתם של תהליכי צוות על ביצועי הצוות, תוך ניסיון לתת בסוס אמפירי לשתי שאלות תיאורטיות. האחת, אילו תהליכי צוות חשוב להעריך בתהליכי פתוח של מוצרים חדשים. השנייה, כיצד ישפיעו אותם תהליכי צוות (אשר נמצאו נחוצים לביצוע) לאורך שלבי הפתוח על הביצוע הסופי.

אילו תהליכי צוות נחוצים לביצוע?

ממצאי המחקר מציעים כי תהליכים הקשורים בביצוע המשימה, קרי, עמידה ביעדים וחיפוש אחר משוב הם בעלי השפעה מתמשכת על הביצוע הסופי של הצוות (אולם כפי שידון בהמשך ההשפעה היא לא בהכרח חיובית). מנגד, מבין התהליכים הבין אישיים הכוללים שיתוף מידע בצוות נמצא כי רק גורם אחד - קונפליקט משימה, בשלב השני והמתקדם, השפיע חיובית על הביצוע הסופי של הצוות. במחקר הנוכחי נמצא כי השפעה דיפרנציאלית ומתמשכת הייתה רק לתהליכי משימה. יתכן וההסבר לכך קשור באופי המשימתי של הצוותים במדגם, סטודנטים שצוותו לעבודה משותפת ספציפית בקורס אחד, בזמן מוגבל. נסיבות אלו מקטינות את החשיבות וטווח האפשרות לטרנזאקציות בין אישיות, אשר מצופה כי ישפיעו על ביצועי צוותים אורגנים אשר עבודתם מתמשכת בזמן ומעבר לפרויקטים נוספים (Marks et al., 2001; Paulus, 2000). בנוסף, הממצאים מדגישים כי בתהליכי תכן של מוצרים חדשים ישנה חשיבות רבה ליכולתו של הצוות לעמוד ביעדים, חלקם נגזרים מהשיטה ואחרים מוכתבים על ידי חברי הצוות בכדי ללכד את חברי הצוות סביב מטרה משותפת.

כיצד ישפיעו תהליכי הצוות לאורך שלבי הפתוח על הביצוע הסופי?

במחקר הנוכחי נמצא כי תהליכי צוות המתקיימים לאורך שלבי התכן, מסבירים אחוז שונה בביצוע הכולל של הצוות. בנקודת מדידה ראשונה נמצא כי משתני תהליך הסבירו 16% מהשונות הכללית המוסברת לעומת 56% בנקודת מדידה שנייה. ממצאים אלו מחזקים מחקרים קודמים (West et al., 1996) אשר הצביעו על תרומתם המכרעת של תהליכי צוות לביצוע בשלבים המתקדמים של פתוח המוצר, הדורשים את יישום הרעיונות היצירתיים. לעומת זאת, בשלבים הראשונים של הפתוח, ההשפעה המכרעת היא של מידת היצירתיות של חברי הצוות. מחקר זה תומך בממצאים אלו באופן חלקי. התוצאות אכן מראות כי לתהליכי צוות בשלבים מתקדמים של התכן, לעומת שלבים ראשונים, השפעה חזקה יותר על הביצוע.

תהליכי תכן קונספטואלי מחדדים את הצורך של הצוות לעמוד ביעדיו בצורה עקבית לאורך כל שלבי הביצוע. לעומת זאת, החשיבות של חיפוש אחר משוב משתנה לאורך התהליך. הממצאים מציעים כי בשלבים הראשונים של הביצוע נדרשת עבודת צוות יצירתית, עצמאית ובלתי תלויה בהערכה של הסביבה. לעומת זאת לקראת סיומו של תהליך התכן, עם השלמת בחירתו של הקונספט הסופי אך לפני הצגתו של הקונספט הנבחר יש חשיבות להשלמת תהליכי המשוב ולידיעה כיצד היחידה הצוותית פועלת ביחס לצוותים אחרים ומה עמדתו של המרצה לגבי הביצוע. תמיכה לממצאים אלו ניתן למצוא במחקרם של Kanfer & Ackerman (1989) אשר הראו באופן דומה כי הצבת יעדים בשלב הראשון של ביצוע משימות מורכבות פוגעת בביצוע. לעומת זאת, לאחר שהמשימה נלמדה, הצבת יעדים בשלב מתקדם של המשימה המורכבת עוזרת לביצוע.

הסבר נוסף לממצא המתאר עמדת צוות שלילית כלפי משוב בשלבים הראשונים של הביצוע, עשוי להיות קשור בעמדה האישית של חברי הצוות כלפי המשוב. מחקרים בתחום זה מראים כי למרות החשיבות הרבה בקבלת משוב, ישנם אנשים שנוטים לוותר עליו. קיימת נטייה לעשות מאזן בין היתרונות והחסרונות בקבלתו, ולהתמודד עם האפשרות שמא המשוב שיתקבל יהיה שלילי. למרות ערכו של משוב מסוג שלילי בזיהוי התנהגויות לא אפקטיביות אשר יכולות לפגוע בביצוע, הוא מעורר לעיתים תחושות פסיכולוגיות שליליות, ומחדד את הצורך להגן על האגו ועל תפיסת הערך העצמי. מעניין לציין כי עובדים בעלי אוריינטציות למידה רואים בחיפוש משוב גורם חיובי. לעומתם, עובדים בעלי אוריינטציות ביצוע מאמינים שבעלי יכולת גבוהה אינם נזקקים לחיפוש משוב ולפיכך ימנעו מחיפוש משוב.

באופן מפתיע נמצא כי קיומם של קונפליקטים הקשורים בביצוע המשימה השפיע באופן חיובי ומובהק על ביצועי הצוות רק בשלבים המתקדמים של התכן. הסבר לכך יתכן וקשור בהקשר החברתי שנוצר בצוות בשלב זה. מחקרים אחדים מצאו כי תרומתם החיובית של קונפליקטים תתאפשר רק בקבוצות בהן נוצר דפוס חברתי חיובי המעודד שיתוף פעולה בין חברי הצוות ולא מאופיין בתחרות הדדית על טיב ההצעות. בנסיבות אלו יתקבלו החלטות יעילות יותר ויתגבש תכנון אסטרטגי (West, 2002). הסבר אפשרי לתוצאה זו נשען על ההנחה כי בשלבים המתקדמים של תהליך התכן, ההכרות בין חברי הצוות מעמיקה יותר ולכן נוצר דפוס של שיתוף פעולה בין חברי הצוות. לעומת זאת, שלבים מוקדמים בביצוע, מאופיינים על פי רוב בתחרות ומאבקי כוח. לכן סביר כי קיומם של קונפליקטים בתוך סביבה פסיכולוגית

המספקת ביטחון תוביל לחדשנות בביצוע על ידי עידוד הספק ולקחה בחשבון מקורות מידע שונים, אשר לא בהכרח מיצגים דעה אחת אך בסופו של דבר יובילו לפתרונות אינטגרטיביים ויצירתיים (West, 2002)

תרומת המחקר

ההנחה המקובלת בפרקטיקה היא שמקור החדשנות ביחידים. אולם מחקרים מראים כי ביצוע בעומק הנדרש, אשר מסוגל לתת מענה לתנאי השוק המשתנים ולעמוד בתחרות, מתאפשר דרך עבודת צוות הכוללת ניצול מושכל של המשאב האנושי והבנייה של תהליכי צוות יעילים. הממצאים שהתקבלו ממחקר זה עשויים לספק אבני דרך לעוסקים בהיבטים שונים של עבודת צוות. בפרט, לארגונים המפעילים צוותים ולעובדים במסגרת זו. כפי שמתואר בטבלה 4, כדי לעודד עבודת צוות אפקטיבית, יש לשלב בין חברי צוות הבולטים במאפיינים אישיים של יצירתיות משפרת ויוזמה. מיעוט בולט בתוך צוות יכול להשפיע על הביצוע המשותף של הקבוצה (De Dreu, 2001) למרות שבעלי סגנון קוגניטיבי של יצירתיות משפרת, לא תמיד זוכים להכרה בסביבת העבודה כעובדים חדשנים, הם נמצאו בעלי תרומה חשובה לביצועי הצוות בנסיבות שחקרו. לעומתם, בעלי סגנון קוגניטיבי של יצירתיות פורצת, על אף ההכרה החברתית הקיימת בסביבת העבודה לגבי תרומתם לביצועי חדשנות, יש לבחון בקפידה את שילובם בצוות, בפרט בצוותים העובדים בשיטה המבנה את צעדי הפתוח. יחד עם זאת, יש לעודד תהליכי צוות יעילים הכוללים עמידה ביעדים, חיפוש משוב ועידוד העלאת דעות מנוגדות המתבטאות בקונפליקט משימה בשלבים המתקדמים של הפתוח, מאחר ואלו נמצאו כבעלי השפעה מכרעת טיב הביצוע. מאידך, בשלבי ביצוע מוקדמים בתהליך, אשר משקלם לביצוע הסופי נמוך יותר, יש לעודד עבודת צוות עצמאית המאפשרת הצוות יעדים משותפים, ללא תלות במשוב מגורמי חוץ.

טבלה 4: המלצות לעוסקים בעבודת צוות

המלצות:		הישגי הצוות	מקורות השפעה
עבור חברי הצוות	עבור ממני הצוות		
חשוב לנצל את המשאבים של הבולטים בצוות ביצירתיות משפרת (אנשים אלו מאופיינים בדיוק, מהימנות) וביוזמה.	<ul style="list-style-type: none"> ליצור צוותים המורכבים מחברי הצוות הבולטים בסגנון קוגניטיבי של יצירתיות משפרת ובעלי יוזמה. הכרה בבעלי סגנון קוגניטיבי של 'יצירתיות משפרת' כעובדים יצירתיים התורמים לטיב הביצוע. לעודד יוזמה של חברי הצוות הנחוצה בכדי ליישם את הרעיונות היצירתיים לידי ביצוע. 	ככל שהציון יהיה גבוה יותר הצוות יפגין ביצועים גבוהים.	הרכב הצוות 'מובילי הצוות' בסגנון קוגניטיבי של יצירתיות משפרת ויוזמה
חשוב לנצל את המשאבים האישיים של יצירתיות פורצת באופן מושכל. יתכן ובעלי דפוס זה יתרמו לשלבים הדורשים יצירתיות מחשבתית המתבטאת בשבירת פרדיגמות קיימות.	לנצל את יכולתם של בעלי סגנון זה באופן מושכל. יתכן וכדאי לשלב אנשים אלו רק בשלבים מסוימים בתהליך הפתוח בהם לתרומתם ישנה השפעה חיובית (כמו בשלבים הראשונים הדורשים יצירתיות מחשבתית המתבטאת בשבירת פרדיגמות קיימות)	ככל שהציון יהיה גבוה יותר הביצוע של הצוות עלול להיפגע.	'מובילי הצוות' ביצירתיות פורצת
עבודת צוות יעילה מאופיינת בקיומם של תהליכים שונים בין חברי הצוות. בפרט בשלבים מתקדמים בביצוע.	יש להבנות תהליכי צוות (אשר ידונו בהמשך) בלעדיהם רעיונות יצירתיים יגוזו מבלי שיושמו בהצלחה	לתהליכי בין אישיים המתקיימים בצוות בשלבים מתקדמים של ביצוע התכנן (החל משלב 5) תהיה השפעה גדולה יותר על הביצוע הסופי לעומת תהליכים המתקיימים בשלבים הראשונים.	תהליכי צוות תהליכי צוות לאורך שלבי הביצוע
חשוב לאפשר קיומם של קונפליקטים הקשורים לביצוע המשימה בשלבים מתקדמים של הביצוע, בשלב בו קיימת הכרות מעמיקה יותר בין חברי הצוות והאווירה היא לא תחרותית. תחת תנאים אלו הקונפליקטים עשויים לתרום להפריה מחשבתית, מאחר וכך יוכלו חברי הצוות להיחשף לרעיונות שונים ולהיות מודעים לדרכי מחשבה ייחודיים	הקניית מיומנויות לצוותים הקשורות בניהול קונפליקטים בייחוד לצוותים העובדים במגבלות זמן, כאשר הפניית משאבים להתמודדות עם קונפליקטים, או לתקשורת בלתי יעילה יכולה לגזול מזמנם היקר של הצוותים.	יתרמו לביצועי הצוות בשלבים המתקדמים של הביצוע	קונפליקטים הקשורים לביצוע המשימה

המלצות:		הישגי הצוות	מקורות השפעה
עבור חברי הצוות	עבור ממני הצוות		
צוותים אשר יעמדו ביעדים שנקבעו, לאורך כל שלבי הביצוע יפגינו בסוף התהליך ביצועים גבוהים	חשוב כי היעדים יהיו בהירים, מובנים, תומכים בשיטה ומקובלים על כל חברי הצוות.	יעדים מספקים כיוון, מיקוד ומגבשים את הצוות בבצוע המשימה המשותפת וכך תורמים לביצוע.	עמידה ביעדים
בשלב הראשוני של פתוח מוצר חשוב לקיים עבודת צוות עצמאית העוסקת במשימה ואינה בוחנת כל העת את שביעות הרצון של המנהל מהתקדמות בתהליך הביצוע ואינה עוסקת בקצב התקדמותם של צוותים אחרים. מגמה זו מתהפכת בשלבים מתקדמים בביצוע, אז ישנה חשיבות לתהליכי חיפוש אחר משוב של הצוות ממנהל פרויקט.	בשלב הראשוני של התכן חשוב לאפשר לצוותים לעבוד באופן עצמאי, ללא שיקוף לגבי קצב התקדמותם ביחס לצוותים האחרים. מגמה זו חשוב שתשתנה בשלב השני, בו הצוות משתמש בכלי ניתוח מובנים ליישום הרעיון, בשלב זה נדרש לתת לצוות משוב על קצב התקדמותם, גם בהשוואה לביצועי צוותים אחרים.	בשלב הראשוני של הביצוע, לתהליכי חיפוש אחר משוב של הצוות ממרצה הקורס יש השפעה שלילית על הביצוע הסופי של הצוות. מגמה זו משתנה בשלבים המתקדמים של הביצוע, אז לתהליך זה יש חשיבות רבה בתרומתו לביצוע הסופי של הצוות.	חיפוש אחר משוב

לסיכום,

כאשר יוצרים צוותי פתוח, חשוב שבכל צוות יהיו חברי צוות הבולטים בסגנונם הקוגניטיבי ויתרמו לביצוע חדשני. תשומת לב מיוחדת צריכה להינתן לחברי הצוות המאופיינים ביצירתיות פורצת, אשר לא תמיד מצליחים לתרום במסגרת עבודת צוות הדורשת גם יסוּם שיטתי.

מקורות:

1. Amabile, T.M. (1988). A model of creativity and innovation in Organizations. *Research in organizational behavior*, 10, 123-167.
2. Kanfer, R., & Ackerman, P.L. (1989). Motivation and cognitive abilities: An integrative aptitude treatment interaction approach to skill acquisition. *Journal of Applied Psychology*, 74, 657-690.
3. Ashford S. J & Cumming, L. L. (1983). Self assessment in Organizations: A literature review and integrative Model. *Research in Organization Behavior an Human performance*, 32, 310-398
4. Brown, R. T. 1989. Creativity: What are we to measure? In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity*: 3-32. New York: Plenum Press
5. Damanpour, F. (1991) Organizational Innovation a Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *Academy of Management Journal*, Vol. 34, No.3, pp. 555-590.
6. De Dreu C. K. W. West, M. A. (2001). Minority dissent and team innovation: The importance of participation in decision making. *Journal of Applied Psychology*. Vol. 86, Iss. 6, p. 1191-1201
7. Dougherty, D. (1992). Interpretive barriers to successful product innovation in large firms. *Organization Science*, 3: 179-202
8. Erez M., (1995), "Goal Setting", In: N. Nicholson, R., Schulet and A. Van de Van (Eds), *Dictionary of Organizational Behavior*, 1995. Oxford: Blackwell
9. Ford, C.M., (1996) A Theory of Individual Creative Action in Multiple Social Domains. *Academy of Management Review*, Vol. 21, No. 4, pp. 1112-1142.
10. Frese, M., Kring, W., Soose, A., and Zemple, J. (1996). Personal initiative at work: differences between east and west Germany, *Academy of Management Journal*, 39 (1), 37-63.
11. Griffin, A., & Hauser, J. R. (1992). Patterns of communication among marketing, engineering and manufacturing: A comparison between two new product development teams. *Management Science*, 38(3), 360-373.
12. Hari A., Weiss M.P & Zonnenshain A. (2001). Inclusive Conceptual Design Method – ICDM for better, Customer Driven Concepts of New Products, in the 45th AEQ Annual Congress, Istanbul, Turkey 18-21 September 2001.
13. Harrington, D. M. 1990. The ecology of human creativity: A psychological perspective. In M. A. Runco & R. S. Albert (Eds.). *Theories of creativity*: 143-169. Newbury Park, CA: Sage
14. Kirton. M. (1976), Adaptors and Innovators: A description and Measure, *Journal of applied psychology*, 61(5), 622-629
15. Levitt, T. (2002). Creativity is not enough, *Harvard business review*, 137-144.
16. Locke, E. (1991). The Motivation sequence, the motivation hub and the motivation core. *Organizational Behavior and human Decision Making Process*, 50; 288-299.
17. Lovelace K., Shapiro L. D. & Weingart R. L. (2001). Maximizing cross functional new product team's innovativeness and constraint adherence: *Academy of management journal*, 44, 779-773
18. Marks M. A., Mathieu E. J., and Zaccaro J. S. 2001. A temporally Based Framework and Taxonomy of Team Process. *Academy of management review*. Vol 26: 356-377
19. Miron, E., Erez, M., Nave, E. 2004. Do Personal Characteristics and Cultural Values that Promote Innovation, Quality, and Efficiency Compete or Complement Each Other? *Journal of Organizational Behavior*, 25: 175-199.
20. Mumford M. D., & Gustafson S. B. (1988). Creativity syndrome: Integration, application, and innovation. *Psychological Bulletin*, 103, 27-43.
21. Otto K., Wood, K., (2001), Product design, Techniques in reverse engineering and new product development. Prentice Hall, New – Jersey, pp.15-20
22. Paulus, P. B. (2000). Groups, teams and creativity: the creative potential of idea generating groups. *Applied Psychology: an international review*, 49(2), 237-262.
23. Putzier J., (2001). *Recipe for innovation in Executive Excellence*, pp. 12-13 .
24. Scott, S. G. & Bruce, R.A. (1994) Determinants of innovative behavior: a path model of individual innovation in the workplace. *Academy of Management Journal*, Vol.37, No.3, pp. 580-607.

25. Singer., J.D., (1998), Using SAS PROC to fit multilevel models Hierarchical and Individual Growth models. *Journal of educational and Behavioral statistics*. Vol24;323-355
26. Tjosvold, D. (1988). Effects of approach to controversy on superiors' incorporation of subordinate's information in decision making. *Journal of Applied Psychology*, 67, 189-193.
27. Tjosvold, D. (1998) Making employee involvement work: Cooperative goals and controversy to reduce costs. *Human Relations*, 51(2), 201-214.
28. Treffinger, Donald J., Scott G. Isaksen, and K. Brian Dorval, "Creative Problem Solving: An Overview," in *An Introduction to Creativity*, 2nd ed. (1997), Copley Custom Publishing Group, pp. 114-122.
29. Weldon, E. & Weingart, L. R. (1993). Group goals and group performance. *British Journal of social Psychology*, 32(4), 307-334.
30. West M. A., & Anderson N. R. (1996). Innovation in Top Management Team, *Journal of Applied Psychology*, Vol, 6, 680-693
31. West, M.A. (2002). Sparkling fountains or stagnant ponds: An integrative model of creativity and innovation implementation in work groups. *Journal of Applied Psychology*, 51, 355-424.

האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL טופס הצטרפות 2006

1. רקע

INCOSE_IL הינו הסניף הישראלי של הארגון הבינלאומי INCOSE. ארגון אשר מטרתו לקדם את הידע, ההבנה, התאום והיישום של הנדסת מערכות בעולם. מטרת INCOSE_IL (כמו בארגון הבינלאומי) הן לקדם את נושאי הנדסת המערכות בישראל, בתעשייה, באקדמיה ובמוסדות ממשלתיים בארץ ע"י:

- קידום הדרכות וחינוך מהנדסי מערכת במפעלים, באקדמיה ובהשתלמויות כלליות.
- קידום שיתופי פעולה ושיתוף במידע וידע בין מהנדסי מערכת באמצעות מפגשים, קבוצות עבודה וכנסים ייעודיים.
- הפצת מידע לידע מקצועי בנושא הנדסת מערכות באמצעות אתר האיגוד.
- עידוד מחקר אקדמי בנושאי הנדסת מערכות.
- ייזום וייצור שיתופי פעולה עם איגודים מקצועיים רלוונטיים כמו ISQ, PMI.

ארגון INCOSE הוא ארגון דינמי הכולל כיום, כ- 15 שנה מיום הקמתו, למעלה מ- 6500 חברים מכל העולם ו- 53 סניפים מ- 36 מדינות. הסניף הישראלי, INCOSE_IL, הוקם לפני ארבע שנים בשיתוף עם אילטם וכולל חברים מחברות שונות אזרחיות וביטחוניות. בפעילויות הסניף הנערכות בארץ משתתפים למעלה מ- 600 מהנדסי מערכות החברים בארגון INCOSE העולמי מקבלים את הרבעון Systems Engineering של INCOSE, מקושרים לקהיליית מהנדסי המערכות העולמית דרך אתר INCOSE לרבות גישה לאלפי מסמכים ומאמרים הנמצאים באתר. לחברי INCOSE הנחה בכנסים הבינלאומיים של INCOSE.

2. בחירות ליו"ר INCOSE_IL:

אחת לשנתיים עורך הסניף הישראלי בחירות ליו"ר הסניף, זמן כהונת היו"ר הנבחר הינו שנתיים.

3. INCOSE_IL

3.1 חברים

כיום חברים ב-INCOSE_IL כ- 65 איש, בנוסף משתתפים בפעילויות INCOSE_IL למעלה מ- 600 מהנדסי מערכות החברים באילטם – איגוד משתמשים. ציבור זה מהווה חלק בקהילת המתעניינים בהנדסת מערכות בישראל המונה יותר מ- 1000 איש. קבוצה זו מהווה את הגרעין המשותף בכנסים הלאומיים שארגן INCOSE_IL ב- 4 השנים האחרונות (שלושה במספר) ואת המשתתפים בעשרות ימי עיון ומפגשים טכניים הנערכים על ידי INCOSE_IL. רוב החברים שייכים לארגונים החברים באילטם – איגוד משתמשים, וחלקם הם מהנדסי מערכות בחברות שאינן חברות באילטם.

3.2 הנהלה

הנהלת INCOSE_IL מובילה את הפעילויות השונות בהנדסת מערכות בארץ וחבריה פועלים בהתנדבות. נשיא INCOSE_IL נבחר בבחירות, אחת לשנתיים, ע"י חברי INCOSE_IL. צוות ההנהלה נבחר ע"י היו"ר והרכבו מאושר במפגשי צוות ההנהלה.

3.3 צוות ההנהלה הנוכחי (מ- 9/05)

- ד"ר אביגדור זוננשיין (רפאל)
- ד"ר אוריין (אל-אופ)
- ד"ר מיכאל וינקור (תע"א)
- מוביל חברים וחברות
- מוביל תקשורת
- מובילה שותפות עם חברות
- מוביל קשרים בינלאומיים
- רכז מפגשים טכניים
- גזבר
- עורך עיתון
- מזכירות
- חברים נספחים: חיים מזרחי, שרון שושני, עוזי אוריון, חזי מנינגר, יהושע קליין, שלמה פיינברג, פר' יוסי בן-אשר.
- יו"ר מכהן
- יו"ר הבא
- יו"ר לשעבר
- ד"ר משה ויילר (צה"ל)
- סרגי טוזיק (צה"ל)
- רויטל גולדברג (אלת"א)
- יעקב כגן (מל"מ)
- עמיר רוה (אומניסס)
- משה סלם (אילטם)
- דר' עמיהוד הרי
- רינת דורי פלד, חגית סמוחה

4. שירותים

האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL מציע לחבריו ולקהילת מהנדסי המערכות ולחברות המיישמות הנדסת מערכות – מגוון פעילויות מקצועיות:

הערות	מועד	פעילות
ב-4 השנים האחרונות קיימנו 3 כנסים לאומיים	אחת לשנתיים הכנס הבא מרץ 07	כנס הנדסת מערכות לאומי
קיימנו עשרות מפגשים טכניים בנושאים מגוונים	אחת לחודשיים	מפגשים טכניים
	אחת לרבעון	ביקורים במפעלים/חברות
הסמינרים ניתנים ע"י מומחים מחו"ל	אחת לרבעון	סמינרים מקצועיים
קבוצות עבודה: ניהול סיכונים- בהקמה ניהול אינטגרציה-פועלת פרויקט מונחה-בהקמה CMMI- פועלת	פגישות שוטפות	קבוצות עבודה
PMI ISQ	במועדי הכנסים – אחת לשנה	מושבים מקצועיים בכנסים אחרים

INCOSE_IL מפעיל אתר מידע מקצועי בנושא הנדסת מערכות, האתר מופעל במסגרת אתר אילטם www.iltam.org וכולל:

- נתונים על ארגון INCOSE_IL

- נתונים על ארגון INCOSE העולמי
- מידע על פעילויות INCOSE_IL
- מאמרים ומצגות מקצועיות בנושאי הנדסת מערכות
- פורום מהנדסי מערכת לתקשורת בין מהנדסי מערכת בנושאים מקצועיים

אנשי INCOSE_IL פעילים גם בכנסים הבינלאומיים בנושא הנדסת מערכות המתקיימים בעולם, ובמיוחד בכנסים:
- כנס INCOSE המתקיים אחת לשנה בארה"ב או מחוצה לה.
- כנס EUSEC המתקיים אחת לשנתיים באירופה.

הצטרפות לאיגוד INCOSE העולמי

ניתן להצטרף לאיגוד INCOSE העולמי באמצעות הטופס שלהלן. התשלום מבוצע בכרטיס אשראי בדולרים. את קובץ ההצטרפות ניתן להוריד מהכתובת: <https://secure.sbims.com/incose/incosememapp.asp>
כמו כן ניתן להצטרף לאיגוד INCOSE העולמי באמצעות אילטם. התשלום להצטרפות באמצעות אילטם מבוצע בשקלים בתוספת מע"מ. להצטרפות באמצעות אילטם, שלח אלינו את טופס ההרשמה שלהלן ואנו נעביר אליך את המחיר בשקלים.
פרטים נוספים על החברות באתר INCOSE העולמי: www.incose.org

טופס בקשה לרישום לאיגוד INCOSE העולמי

לכבוד אילטם: Email: incose_il@iltam.org פקס: (03) 5100622 טלפון: (03) 5118112
שם: _____ חברה: _____ תפקיד: _____
טלפון: _____ פקס: _____ Email: _____
כתובת למשלוח מכתבים: _____

המרד 29 בית התעשיינים ת.ד. 50232 תל אביב 61500 טל': 5118112 - 03, פקס: 5100622 - 03
Email: iltam@iltam.org www.iltam.org

להצטרפות ישירה דרך INCOSE העולמי אנא מלא את הטופס המצורף.



INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING
2150 N 107th St #205 Seattle, WA 98133-9009 (USA)
Phone: (206) 361-6607 or (800) 366-1164
Fax: (206) 367-8777 Email: info@incose.org
World Wide Web URL=http://www.incose.org/

Individual Membership Application FOR NEW MEMBERSHIPS

1. Membership Type *Please circle the amount remitted* 2/05

Reduced membership entitles the member to soft copy only for The SE Journal and *INSIGHT*.
Please see the INCOSE web site for details and eligibility,

based on country of residence, for reduced membership rates.

Soft copies of INCOSE publications are available to all members via the INCOSE web site.

Month of Joining *.... Jun Jul Aug (06/07) Sep Oct Nov (06/07) Dec Jan Feb (06/07) Mar
Apr May (06/07)

Regular Membership	\$105	\$80	\$55	\$130
Student Membership **	\$20	\$15	\$10	\$25

* Membership year is from June 1 to May 31.

** Student members must be enrolled at least ¾ time in engineering or related fields and proof of class registration must be submitted with application. Student members will not received hardcopies of publications.

2. Personal Information *OPTIONAL -- Attach a business card and provide additional information below.*

Name FIRST M.I. LAST Nickname Check One Mr. Ms. Dr.

Mailing Address (NOTE - We prefer to mail to your home address.) Check One Home Office

Zone or City Code City State / Prov Zip/Postal Country

Office Phone Office Fax

Email Home Phone (Optional)

3. Professional Information

Company / Agency / Institution Position / Title

4. INCOSE Chapter Affiliation *Please pick one chapter from list available on our website:*

5. Today's Date _____ Please do not publish my information in the INCOSE Membership Directory.
 Please do not distribute my name to other organizations or firms.

6. Amount Enclosed \$ _____ (U.S. Dollars Only)

Check One: _____ Check from U.S. Bank (payable to INCOSE) _____ Money Order _____ Charge Card

Mastercard or Visa Card Only

Card Number _____ Expiration Date _____
Name as it appears on card _____ Signature _____

INCOSE IL 2007

4TH ANNUAL ISRAELI NATIONAL CONFERENCE
ON SYSTEMS ENGINEERING

**הכנס הלאומי הרביעי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות
הנדסת מערכות - חדשנות וחיידושים**



March 20-21, 2007, Daniel Hotel, Herzlia

March 22, 2007, Technion, Haifa

www.iltam.org/incose_il2007

**Call for Papers for the
First day of the Conference**



הטכניון - מכון
טכנולוגי לישראל



הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול ע"ש
ויליאם משה דוידסון

<p><u>תאריכים מרכזיים</u> מועד אחרון להגשת התקצירים וסיימת מאמר/מצגת: 1 לדצמבר 2006</p> <p>ועדת התכנית תודיע למגישים על החלטותיה עד: 31 לדצמבר 2006</p> <p>מועד אחרון להגשת המצגות/המאמרים והפאנלים בפורמט מתאים לדפוס: 31 לינואר 2007</p>	<p>בהמשך למסורת של INCOSE_IL ואילטם, אנו שמחים להזמינם להשתתף בכנס הלאומי הרביעי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות. הכנס יערך בשיתוף עם כנס (ICSEM'07) International Conference on Systems Engineering and Modeling הבינלאומי שיתקיים ביום חמישי ה- 22.3.2007 במכניון בחיפה. ניתן להשתתף בכנס הישראלי והבינלאומי או באחד מהם.</p> <p><u>מטרות הכנס:</u> * חיזוק הפורום המקצועי ע"י הצגת עבודות הנדסת מערכות ברמה גבוהה בישראל * הידוק הקשר בין חברי INCOSE_IL ע"י העברת מידע וידע בין גורמים מקצועיים שונים * יצירת פורום מקצועי להפריה הדדית בנושאי הנדסת מערכות בישראל * הידוק הקשר בין האקדמיה, התעשייה וארגונים ממשלתיים * הידוק הקשר עם מומחי הנדסת מערכות בעולם</p> <p><u>תכנית הכינוס</u> היום הראשון יכלול מושבים בהם יציגו מומחים את עבודותיהם, ופאנלים בנושאי הנדסת מערכות. היום השני יכלול Tutorials ע"י מומחים מהארץ ומהעולם. היום השלישי הוא היום של הכנס הבינלאומי במכניון בנושא Systems Modelling.</p>
<p><u>נושאי הכינוס</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ אינטגרציית מערכות ❖ תכן מערכתי ❖ פיתוח מערכות על (System of Systems) ❖ פיתוח מערכות Net Centric ❖ פיתוח ארכיטקטורות וממשקים ❖ ניהול, ארגון ומדידים בהנדסת מערכות ❖ מתודולוגיות וכלים להנדסת מערכות ❖ הגורם האנושי בהנדסת מערכות ❖ הנדסת מערכות באווירה בינלאומית ❖ הנדסת מערכות מבוססת מודלים ❖ סימולציה ואופטימיזציה של מערכות ❖ ניהול סיכונים ❖ פיתוח וניהול דרישות ❖ CMMI ❖ אמינות, זמינות, תחזוקתיות ובטיחות - (RAMS) ❖ שילוב הנדסת מערכות והנדסת אחרות ❖ שילובים ובדיקות ❖ חקר ביצועים בהנדסת מערכות ❖ מחקרים בהנדסת מערכת ❖ יישומי מערכות לא מאויישות ❖ הכשרת מהנדסי מערכות ❖ פיתוח איטרטיבי וזריז (Agile) 	<p><u>הגשת תקצירים, מאמרים/מצגות</u> הנכם מוזמנים לשלוח מאמרים/מצגות המתארות גישות חדשניות, יישומים מוצלחים וכלים מקוריים התואמים את נושאי הכינוס. בנוסף ניתן להגיש הצעות לפאנלים מעניינים בנושאים חדשניים.</p> <p><u>הגשה בשני שלבים:</u> בשלב הראשון יש להגיש תקציר (400 מילה לפחות) וסיימת מצגת או סיומת מאמר. בשלב השני - המאמר/המצגת המלא/ה והסופי/ת.</p>
	<p><u>כתובת למשלוח תקצירים והרשמה</u> מוכירות הכנס: חנית, במשרדי אילטם - ת.ד. 50232, ת"א 61500 טלפון: 5118112 - 03 פקס: 5100622 - 03 דוא"ל: incose_il@iltam.org</p> <p><u>טופס הרשמה / התעניינות</u></p> <p>שם: _____ תפקיד: _____ חברה: _____ דוא"ל: _____ טל': _____ פקס: _____</p> <p>אני מעוניין/ת להרשם לכנס, נא לשלוח לי פרטים נוספים. אני מעוניין/ת להציע פאנל בכנס בנושא: _____ אני מעוניין/ת להגיש מאמר/מצגת / Tutorial בכנס בנושא: _____</p>

INCOSE IL 2007

4TH ANNUAL ISRAELI NATIONAL CONFERENCE
ON SYSTEMS ENGINEERING

The Fourth Israeli Conference on Innovations in Systems Engineering

 <p>Technion - Israel Institute of Technology</p> <p>The William Davidson Faculty of Industrial Engineering and Management</p>	<p>March 20-21, 2007, Daniel Hotel, Herzlia</p> <p>March 22, 2007, Technion, Haifa</p> <p>www.iltam.org/incose_il2007</p>	

The First Day Tuesday, March 20, 2007 Daniel Hotel, Herzlia

Systems Engineering practitioners will present new practices and innovations in systems design, systems engineering management, systems integration and testing.

The Second Day Wednesday, March 21, 2007 Daniel Hotel, Herzlia

Systems Engineering experts from the international community and from Israel will present TUTORIALS on topics of significant interest to systems engineers, like Systems Architecting, System of Systems. See call for Tutorials on the conference website.

The Third Day Thursday, March 22, 2007 The Technion, Haifa

The objective of this day' is to improve practices of Systems Engineering modelling by endowing this evolving discipline with missing theoretical and methodological underpinnings and improving the communication of complex systems' function, structure, and behavior among stakeholders.

Social Event Friday, March 23, 2007

A tour of Akko will conclude the International conference

Aims and Scope The Fourth Israeli Conference on Systems Engineering is a premier forum for the elicitation and exchange of ideas on issues and problems regarding Systems Engineering.

The Israeli conference will be co-located with the **INCOSE International Conference on Systems Engineering and Modelling (ICSEM'07)**, which will be held in Herzlia on March 21 and at the Technion, Haifa, on March 22, 2007. The ICSEM'07 event is in collaboration with IEEE and INCOSE.

Program Committee

Co-Chairs

Dr. Avigdor Zonnenshain, Rafael & incose_il Chair
Dr. Moti Frank, HIT

Prof. Yossi Ben Asher, Technion.
Prof. Dov Dori, Technion.
Shaul Ehrlich, Rafael, PMI.
Dr. Shlomo Feinberg, IAI.
Revital Goldberg, IAI.
Dr. Leah Goldin, Golden Solutions.
Dr. Amnon Gonen, HIT
Dr. Amihud Hari, Technion.
Prof. Orit Hazzan, Technion .
Jakob Kagan, IAI.
Joseph Kudish, System Engineering.
Dr. Tsvika Kuflik, Uni. of Haifa
Dr. Leonid Lev, IEC.
Hezy Meninger, Omnisys.
Dr. Haim Mizrahi, Rafael
Uri Nachumi, Dvir Systems Engineering.

Azriel Obstebaum, Rafael
Shay Okon, MOD.
Uzi Orion, EL-OP.
M.E. Meidad Pariente, IAI.
Byron Purves, Boeing, USA.
Amir Raveh, Omnisys.
Moshe Salem, ILTAM.
Avner Shadmi, Simplex Systems Engineering
Sharon Shoshany, Rafael.
Yossi Tidhar, Orantech.
Mimi Timnat, Elbit Systems Ltd.
Sergey Tozik, IDF.
Dr. Moshe Weiler, IDF.
Stephanie White, Uni. of Long Island, USA.
Dr. Michael Winokur, IAI
Dr. Tami Zemel, Tangram Hi-Tech Solutions Ltd.

Conference General Chair:

TBD

First Day Chair:

Dr. Avigdor Zonnenshain, Rafael.

Tutorials Chair:

Prof. Yossi Ben Asher, Technion.

International Conference Chair:

Prof. Dov Dori, Technion.

Organization Committee:

Prof. Yossi Ben Asher, Technion.

Prof. Dov Dori, Technion.

Mr. Moshe Salem, ILTAM.

Dr. Avigdor Zonnenshain, Rafael.