



קול המערכות

כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

גיליון מספר 23 | ינואר 2019

נושא הגיליון: החדשנות בהנדסת מערכות כתגובה לתחום ולמורכבות של המערכות החדשות

- יישום גישה מערכתית כמכפיל הצלחה במיזמים טכנולוגיים (עמ' 1-6)
ארנון כ"ץ
- הפילוסופיה של ההנדסה (עמ' 7-12)
ערן ראובני
- אתגרים במערכות מורכבות ומקושרות [תקציר] (עמ' 13)
TID סעד
- הקמת הסניף הישראלי של IEEE Systems Council (עמ' 14)
יניב מרדכי



הזמנה ותוכנית הכנס
עמ' 31-34

הכנס הבינלאומי העשירי להנדסת מערכות
The 10th Israeli International Conference on Systems Engineering
26-27 במרץ 2019 | מלון דניאל, הרצליה



www.iltam.org

תוכנית היום הראשון של הכנס, יום שלישי // 26.03.2019

התכנסות והרשמה					7:45-08:30
מושב פתיחה וברכות: <ul style="list-style-type: none"> פרופ' עמיר תומר, יו"ר הכנס ד"ר רם אורון, נשיא INCOSE_IL נשיא INCOSE העולמי - Garry Roedler Prof. Vincenzo Piuri, University of Milano, IEEE Systems Council President-Elect חלוקת תעודות אילטם					08:30-09:30
הרצאת אורח: Prof. Ed. Crawley, MIT - Model-Based Concepts and Systems					09:30-10:10
אתגרי הנדסת מערכות בעידן המידע - תא"ל רמי מלאכי, מפקד לוטם					10:10-10:30
תערוכה והפסקת קפה					10:30-11:00
מסלול #5 אטלנטיק	מסלול #4 טיפון	מסלול #3 פסיפיק	מסלול #2 ונוס	מסלול #1 פוסידון	מושב
מושב 5.1 מחקרים בהנדסת מערכות יו"ר: ד"ר משה וילר הטכניון/תע"א	מושב 4.1 היבטים מערכתיים של פרטיות, אבטחה ובטיחות יו"ר: ניסן משכיל, אלתא	מושב 3.1 הנדסת מערכות מבוססת מודלים (MBSE) וסימולציות יו"ר: ד"ר יניב מרדכי, מוטורולה	מושב 2.1 הנדסת מערכות בעידן המהפכה התעשייתית הרביעית - פאנל מומחים יו"ר מושב: פרופ' חן קנת, הטכניון/KPA	מושב 1.1 מערכות דיגיטליות IoT-I יו"ר: ישי פלדמן, IBM	מושב בוקר 11:00-12:15
מעבר בין מושבים					12:15-12:20
מושב 5.2 מגמות גלובליות בהנדסת מערכות יו"ר: Paul Schreinemakers, INCOSE	מושב 4.2 הנדסת מערכות בחיבה חדשה יו"ר: ניצן ש. רפאל	מושב 3.2 IEEE Systems יו"ר: שמואל אוסטר, IEEE ישראל	מושב 2.2 מערכים חכמים Smart Systems of (Systems) יו"ר: אורן הראל, אלתא	מושב 1.2 חדשנות ואגיליות בפיתוח מערכות יו"ר: שושנה פנחסוב, אלביט מערכות	מושב צהריים 12:20-13:35
ארוחת צהריים					13:35-14:35
מושב 5.3 —	מושב 4.3 הנדסת מערכות שייכת לצעירים יו"ר: ד"ר אביגדור זוננשין, מרכז גורדון/טכניון	מושב 3.3 שילוב הנדסת מערכות והנדסת גורמי אנוש - HSI יו"ר: ד"ר נירית גביש, אורט בראודה	מושב 2.3 אתגרי ארכיטקטורה - ענן, מיקרו שירותים ומדדי איכות יו"ר: ד"ר איריס ריינהרץ-ברג, אונ' חיפה	מושב 1.3 מערכות לומדות ואדפטיביות יו"ר: צבי פ., רפאל	מושב אחר הצהריים 14:35-15:50
הפסקת קפה					15:50-16:05
פאנל בנושא הנדסת מערכת - נשים יוצרות מציאות - יו"ר: ד"ר לאה גולדין, Golden Solutions					16:05-17:15
מזכיר					17:15-17:20

INCOSE_IL 2019 - הזמנה מלאה לכנס בעמוד 31

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

כתובת: המרד 29 בית התעשיינים תל-אביב 6812511 • טלפון: 03-6889220 • פקס: 03-6889216
מייל: iltam@iltam.org • אתר: www.iltam.org • עקבו אחרינו ב- : facebook.com/iltamorg

מרכז גורדון להנדסת מערכות | הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

קריית הטכניון, חיפה 32000

www.gordon-se.technion.ac.il

עיצוב גרפי: עזרא סיטון

תוכן העניינים

קול המערכות | גיליון מספר 23 | ינואר 2019

בפתח הגליון 


IV	קול העורך	עמיר תומר
V	קול נשיא INCOSE_IL	רם אורון
VI	קול מנכ"ל אילטם	משה סלם


מאמרים 

1	יישום גישה מערכתית כמכפיל הצלחה במיזמים טכנולוגיים	ארנון כ"ץ
7	הפילוסופיה של ההנדסה	ערן ראובני
13	אתגרים במערכות מורכבות ומקושרות [תקציר]	דוד סעד
14	הקמת הסניף הישראלי של IEEE Systems Council [תקציר]	יניב מרדכי
15	סיכום הכנס הבינלאומי להנדסת מערכות 2018	אביגדור זוננשיין ורם אורון
23	חשיבה מערכתית יישומית-סיכום יום עיון במרכז גורדון	אביגדור זוננשיין

הצטרפות ומידע 

31	כנס INCOSE_IL 2019 - 26-27 במרץ 2019	הזמנה ותוכנית הכנס
35	תוכנית יום העיון להנדסת מערכות במרכז גורדון, 15/1/2019	
36	טופס הצטרפות ל-INCOSE_IL	

חלקו האנגלי של הגליון נמצא מצידו השני. 

 The English section is on the opposite side of the journal

קול העורך

פרופ' עמיר תומר

קוראים יקרים,

הגליון ה-23 של קול המערכות יוצא לאור, כמיטב המסורת, ביום העיון על הנדסת מערכות במכון גורדון בטכניון, שיוקדש הפעם לנושא החדשנות בהנדסת מערכות כתגובה לתחכום ולמורכבות של המערכות החדשות. נושא זה נמצא גם במרכזו של הכנס הבינלאומי העשירי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE.IL 2019, שיתקיים בתאריכים 27-28 במרץ, תחת הכותרת "הנדסה חכמה למערכות חכמות". מאחר ונפל בחלקי הכבוד להיות יושב ראש הכנס הנ"ל, הרשו לי להזמין אתכם באופן אישי להשתתף בו. בהמשך הגליון תמצאו את תוכנית הכנס המפורטת.

לאחרונה הוקם בישראל סניף ישראלי של איגוד הנדסת המערכות של IEEE (IEEE Systems Council), שיפעל תחת המסגרת של IEEE ישראל, ובראשו יעמוד ד"ר יניב מרדכי ממוטורולה, שיזם את הקמתו. יניב מתאר בגליון זה את הרקע להקמת האיגוד ואת מתכונת פעולתו.

אילטם, איגוד המשתמשים המהווה את המסגרת הארגונית תחתיה פועל האיגוד, מסיים בשנה הבאה את תוכניתו השש-שנתית ונערך לשש השנים הבאות. משה סלם, מנכ"ל האיגוד מאז היווסדו, החליט להביא בפניכם את התוכנית החדשה, הכוללת הפעם הקמת תשתית מחשובית לתמיכה בתעשיות החברות באיגוד, במדור "קול מנכ"ל אילטם". אתם מוזמנים לקרוא בעיון ולהגיב על תוכנית זו.

עוד בגליון זה שלושה מאמרים שנכתבו על ידי מרצים ביום העיון: מאמרו של פרופ' דוד סעד מציג אתגרים במערכות מורכבות ומקושרות, מאמרו של ערן ראובני מציג 20 פרדיגמות המהוות את הפילוסופיה של ההנדסה ומאמרו של ארנון כ"ץ מציג יישום גישה מערכתית כמכפיל הצלחה במיזמים טכנולוגיים.

כרגיל, אנו מודים לד"ר אביגדור זוננשיין על שטרח וסיכם עבורנו את יום העיון הקודם שנערך במכון גורדון ואת הכנס הבינלאומי להנדסת מערכות של INCOSE, ביחד עם ד"ר רם אורון.



בברכת קריאה מהנה,

פרופ' עמיר תומר, CSEP,

המכללה האקדמית כנרת

עורך "קול המערכות"

amir@amirtomer.com



קול נשיא האיגוד הישראלי להנדסת מערכות – INCOSE_IL

ד"ר רם אורון

לקהילת מהנדסי המערכות שלום רב!

אנו מסיימים עוד שנה של פעילות ענפה, הכוללת שימור ושיפור של פעילויות קיימות, וכניסה לפעילויות ולתחומים חדשים: בין היתר, קיימנו פעילויות בתחום המנהיגות, וכן פעילויות חשיפה לבני נוער /תלמידי תיכון לתחום הנדסת המערכות (בהשתתפותם של למעלה מעשרה מתנדבים!). בזירה הבינלאומית, השתתפו כעשרה מאיתנו בכנס INCOSE שנערך ביולי בווינגטון, חלקנו כמציגים ומרצים (לאילו שלא השתתפו, אני ממליץ לקרוא את הסיכום בעיתון זה). שם גם הוענק לנו "אות הכסף" עבור פעילותינו בסניף הישראלי בשנת 2017.

בחודש יוני הושק מיזם המחקר להנדסת מערכות (TAU-SERI) באוניברסיטת תל אביב. המיזם יעסוק במחקרים בתחום בשילוב התעשייה, ויכלול מסלול לימודים לתארים מתקדמים בהנדסת מערכות. אני רואה חשיבות רבה לקהילתנו, בכך שאוניברסיטה מובילה נוספת נכנסת לתחום הנדסת המערכות. נאחל למיזם ולמוביליו הצלחה, ונקווה שיהפוך לנדבך נוסף ומשמעותי בפעילות האקדמית בתחום הנדסת המערכות.

עם כניסתנו לשנת 2019, אנו נמצאים בעיצומן של ההכנות לקראת הכנס הדו-שנתי שייערך בהרצליה בסוף מרץ. הכנס יישלב הרצאות, פאנלים מקצועיים, וסמינרים, בהשתתפות מובילים בתחום מהארץ ומהעולם. בשמי ובשם יו"ר הכנס, פרופ' עמיר תומר, אני קורא לכולכם להשתתף באירוע, לתרום ולהיתרם.



בברכה,

ד"ר רם אורון

נשיא האיגוד הישראלי להנדסת מערכות

Ram.oron@orbotech.com



קול מנכ"ל אילטם

משה סלם

שלום רב,

בימים אלו מתגבשת תוכנית העבודה לשנת 2019. התוכנית כוללת פעילות בתחום המערכות המורכבות, הנדסת תוכנה, פיתוח חומרה ותכן לבטיחות מערכות.

שנת 2018 שהסתיימה זה עתה, הייתה שנת עשייה פורייה באילטם, במהלכה מיקדנו את הפעילות בתחום הנדסת מערכות מורכבות, הנדסת תוכנה, ארכיטקטורות ותכן לבטיחות. קיימנו 25 ימי עיון וכנסים עם מומחים בינלאומיים, ו-30 מפגשים מקצועיים בשעות אחר הצהריים.

עם תחילת 2019 אנו מזמינים את מהנדסי המערכות להצטרף לאיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE.IL ואת ציבור החברות התעשייתיות בישראל להצטרף לאילטם או לחדש חברות קיימת, ולהשתתף במגוון פעילויותינו.

ב-26-27 למרץ 2019, נקיים את הכנס הבין לאומי העשירי של INCOSE.IL. פרטים נוספים בהזמנה מאת פרופ' עמיר תומר, יו"ר הכנס, ובתוכנית הכנס, בהמשך הגליון (ראה [עמוד 31](#)).

■ תוכנית להרחבה ולהעצמה של פעילות האיגוד בשנים הקרובות

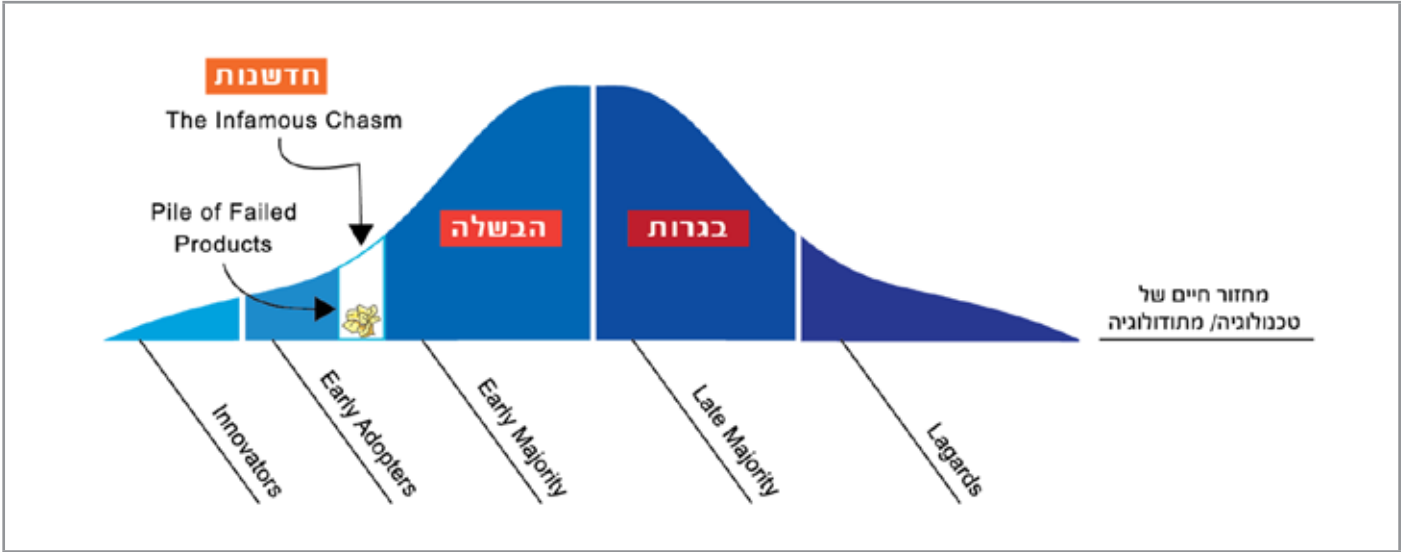
בשנת 2019 מתכננת אילטם לבנות תוכנית להרחבה ולהעצמה של פעילות האיגוד בשנים הקרובות, וזאת ע"י הוספת תשתית טכנולוגית חדשנית לתמיכה בפעילותה ובחברות הנעזרות בפעילות זו. בכוונתנו לבנות מרכז לידע, שיטות וכלים לפיתוח מערכות [סייבר-פיסיקליות](#) (ר' בהמשך).

קהל היעד לפעילות המרכז הינו תעשיות העוסקות בפיתוח מערכות. הקמת המרכז לידע, התנסות ולמידה משותפים, יאפשר לחברות המפתחות מערכות מתקדמות ומתוחכמות ללמוד את שיטות הפיתוח, המתודולוגיות והטכנולוגיות הנדרשות ולהתנסות בשיטות וכלים מתקדמים, תוך הקטנת סיכויי אי-ההתאמה לחברה וקיצור משך הזמן להטמעת טכנולוגיות ומתודולוגיות חדשניות.

התעשייה הישראלית עוסקת בפיתוח מערכות מורכבות ומתוחכמות, הכוללות פתרונות שלמים מתקדמים ללקוחות בארץ ובעולם, מכלולים / תת-מערכות עבור תעשיות מתקדמות אחרות ואף מערכים שלמים (Systems of Systems). פיתוח המערכות הנ"ל מתבסס על חדשנות תפיסתית, חדשנות טכנולוגית, רב-תחומיות (MultiDisciplinary) וידע נרכש.

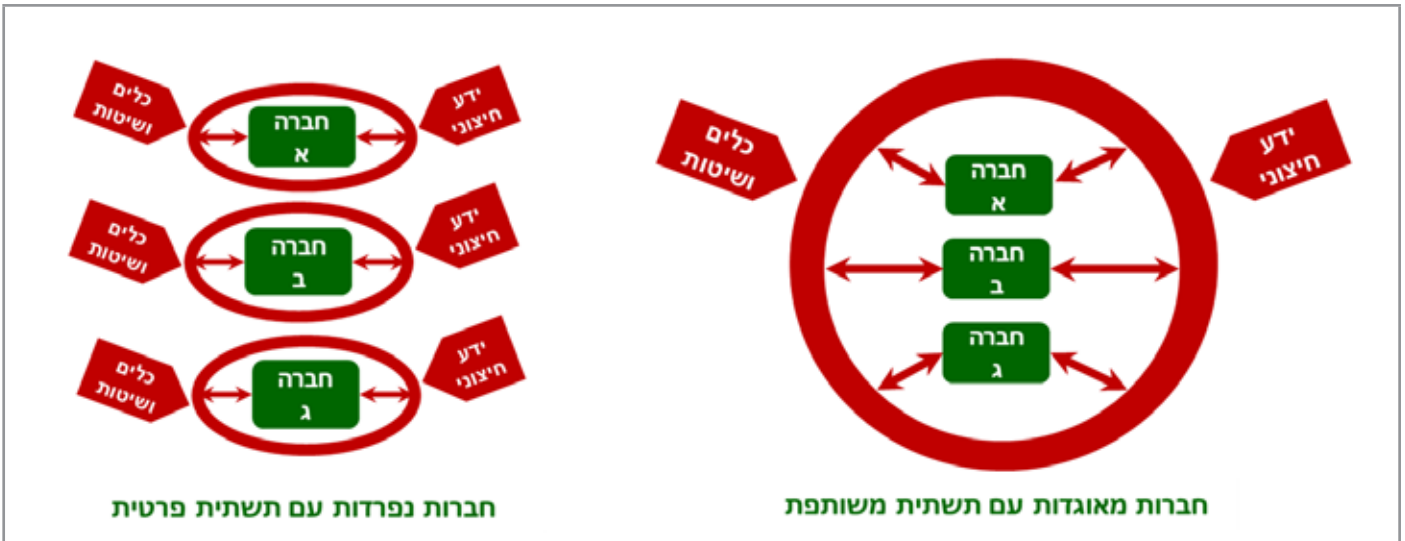
שמירה על כושר תחרות גלובאלי והצטיינות מתמדת בכל תחומי העיסוק מציבות אתגרים לא פשוטים בפני מפתחי המערכות, הנובעים מהצורך המתמיד להתחדש, הן טכנולוגית והן מתודולוגית.

בהתמודדות עם האתגרים הנ"ל קיימים שני חסמים עיקריים: הראשון מביניהם הוא המאמץ וההשקעה הנדרשים מחברה בודדת לבחור, לבחון ולהטמיע את הטכנולוגיות והמתודולוגיות המתאימות לה. החסם השני הוא פער הזמן הקיים תמיד בין כניסה של טכנולוגיה/מתודולוגיה חדשה לבין הבשלתה והטמעתה, המוכר גם בשם "הפער הידוע לשמצה" (The Infamous Chasm), כמתואר בתרשים הבא:



התוצאה הבלתי נמנעת היא, שחברה בודדת שלא תוכל לסגור את הפער בזמן סביר, תאבד את כושר התחרותיות, ואצל חלק לא מבוטל מהחברות התעשייתיות כבר כיום קיים פער טכנולוגי/מתודולוגי שכזה. אנו רוצים להתמודד עם תופעה זו ע"י התאגדות ותשתית משותפת.

החלפת ידע, לימוד מגיסיונם של אחרים ותשתית משותפת מהווים אמצעים להרחבת מעגל הידע והניסיון העומד לרשותה של כל חברה, בניגוד למעגל הידע המצומצם של כל חברה בפני עצמה, כמתואר באיור הבא:



מעגל ידע שיתופי רחב זה מאפשר לקצר את הזמן מהופעת טכנולוגיה/מתודולוגיה חדשה עד להטמעתה במוצרי החברה, ליצור קהילת ידע למשתמשים או לעומדים להשתמש בטכנולוגיה, להקטין את רף הסיכון לכניסה לטכנולוגיה חדשה, ולהקטין את עלות הלימוד וההטמעה (או הכישלון) הנדרשות מכל חברה לחוד.

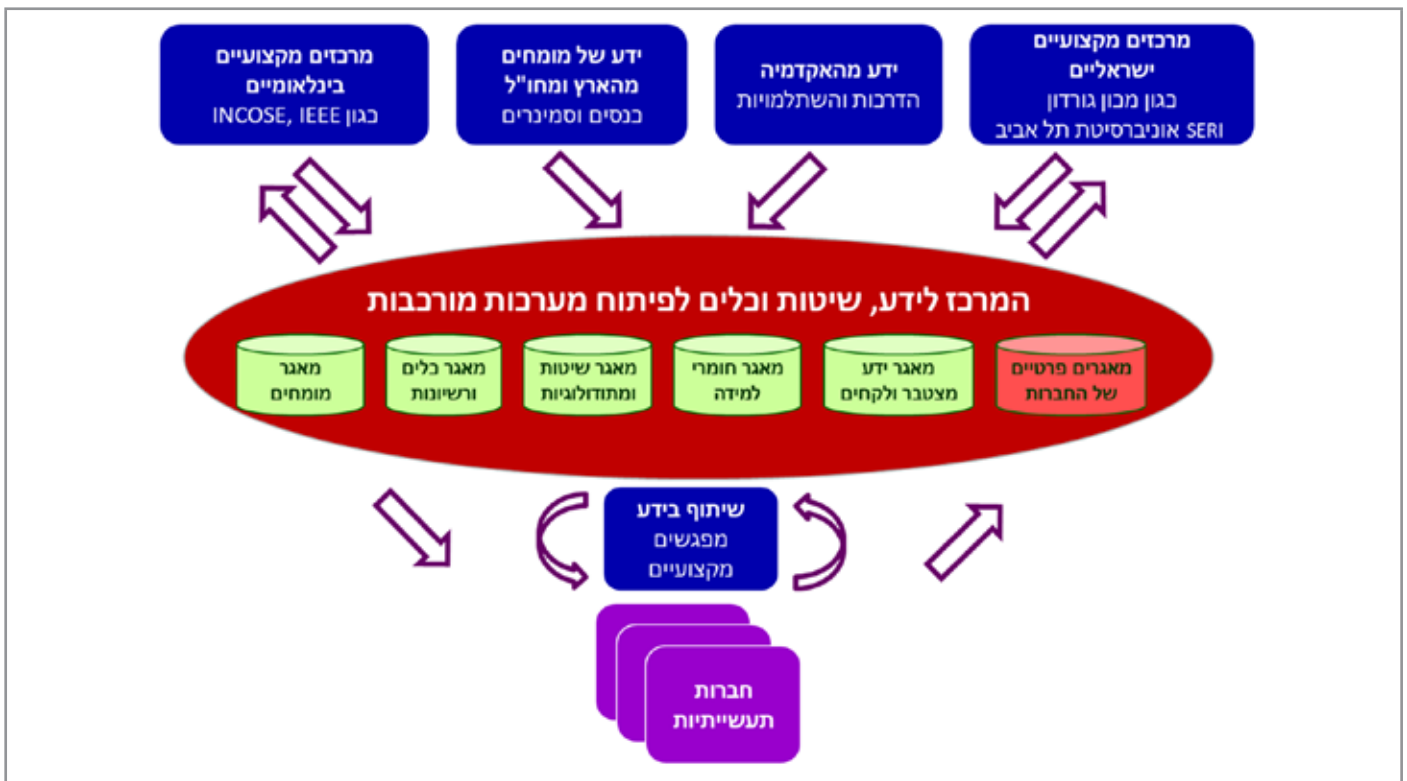
■ מערכות סייבר-פיזיקליות (Cyber-Physical Systems) - הדור החדש של המערכות המורכבות

המערכות המפותחות ע"י החברות באיגוד הולכות ונהיות מורכבות עוד יותר, עם כניסתן של טכנולוגיות חדשניות התומכות באוטונומיות, אדפטיביות, אגיליות, אינטליגנציה, התמודדות עם מידע רב ומורכב, למידה והתגוננות עצמית. נהוג כיום להגדיר מערכות מסוגים אלה כמערכות סייבר-פיזיקליות (Cyber-Physical Systems).

■ המרכז לידע, שיטות וכלים - עקרונות מבנה ופעולה

המרכז לידע, שיטות וכלים יהווה צומת מרכזית לשיטות פעולה, להתנסות וללמידה הדדית בין החברות שתחום עיסוקן הוא בפיתוח מערכות סייבר-פיסיקליות.

המרכז, שמבנהו מתואר בתרשים דלהלן, יכיל מאגרי ידע ומידע פנימיים וקישור למקורות מידע חיצוניים, ויכיל תשתיות טכנולוגיות מתקדמות ומגוונות, אשר יאפשרו לחברות מגוון שימושים, וביניהם: שימוש מעשי בכלים ובשיטות שיסופקו ע"י המרכז, הקמת פיילוטס / עריכת ניסויים על גבי תשתית מיוחדת מרכזית, ליווי וסיוע של מומחים, למידה/הדרכה/הדרכה מתוקשבת/מעורבת (Blended learning), מפגשים פיזיים ווירטואליים של קבוצות עניין וקבלת היזון חוזר לגבי תועלות/הצלחות של שימוש בכלים ובשיטות.



התשתית הטכנולוגית של המרכז תכלול:

- תשתית איחסון ציבורית ("ענן"), שתאפשר מאגרים שיתופיים ומאגרים פרטיים, וכן מאגרי נתונים (הנדרשים ע"י שמונה חברות לפחות).
 - תשתית תקשורת רחבה, שתאפשר קישוריות בין כל הגורמים סביב המרכז.
 - תשתית תקשורת פרטית/מאובטחת (על פי הצורך), לצורך שימושים פרטיים וגישה למאגרים פרטיים.
 - תשתית ללמידה מתוקשבת, שתכיל תוכנות ללמידה ותכני למידה.
 - תשתית למפגשים ויזואליים ופיזיים, שתכלול תוכנות ועידה ואמצעים להקלטה, איחסון והצגה של מפגשים פיזיים.
 - תשתית היתוך ידע, שתכיל תוכנה לעיבוד ולהפקת לקחים על בסיס דיווחי החברות.
- התשתית האדמיניסטרטיבית תכלול, כאמור, את ניהול המרכז ואת התמיכה הטכנית.

יישום גישה מערכתית כמכפיל הצלחה במיזמים טכנולוגיים

ארנון כ"ץ, M-Bios

ArnonK.Consult@gmail.com

תקציר

שיעור ההצלחה של יזמויות בישראל הוא כ- 4% בלבד, לפי דעת מומחים ומחקרים מבוססים (למשל הדו"ח המסכם של מרכז מחקר על הצלחות חברות סטארטאפ בישראל, מחקר של פרופ' מיטל ועוד), כאשר שיעור ההצלחה במקומות אחרים בעולם גבוה יותר. חשיבה בגישה שונה מהמקובל על בסיס ראייה הוליסטית ותובנות מערכתיות, במקביל להכרת התנהלות מיזמים חברות סטארט-אפ, מכוונת לכך שניתן להכפיל את סיכויי ההצלחה, ובפוטנציאל אף לרבע אותם.

על בסיס הנחות אילו בוצע מחקר איכותני לגיבוש גישה מערכתית ליזמויות, במסגרת מרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון ובמימונו. מטרת המחקר ויחודו היו בזיהוי גורמי כשלון והצלחה עיקריים והתלות ההדדית ביניהם. עיקריו וממצאיו מובאים להלן.

רקע והצגת הנושא

במדינת הסטארטאפ, בסביבה המעודדת הטלת ספק בכל, מתבקשת הטלת ספק בהכרח של סכויי הצלחת יזמויות כה נמוכה. גישה מערכתית נותנת כלי נתוח, תכנון, בקרה וניהול למצבים מורכבים רוויי אי ודאויות ואלוצים שונים, בראיית השלם כולו במקום פרוק למרכיבים, לכאורה בלתי תלויים. בהיות האקוסיסטם של מיזמים טכנולוגיים מאופינת בסכונים, התמודדות עם הלא נודע ותנאים משתנים בסביבה רווית הזדמנויות ומשאבים מוגבלים, מתבקשת גישה מבוססת על חשיבה מערכתית לשיפור את סכויי השרידות וההצלחה.

זיהוי גורמי המפתח ושילוב המרכיבים העיקריים משפר את הסיכויים להצלחת היזמות, כאשר בפועל, נכון להיום, אחוזי ההצלחה של יזמויות נמוכים ביותר.

גם מעט המחקרים הקיימים על כשלונות של מיזמים טכנולוגיים מציינים סיבות אך אינם מתייחסים לאינטראקציות ולמשמעויות הקשר בין המרכיבים. בתובנה הבסיסית (אשר לא זכתה להתייחסות במחקרים) יש חשיבות מהותית לסינרגיה המערכתית בין המרכיבים. ברוב המקרים לא ניתן לפרק את ההצלחה/כשלון לגורמים בודדים בשל האינטראקציות וקישור/פצוץ הדדי, בבחינת השלם בעל ערך גדול משמעויות מסכום חלקיו.

היערכות הוליסטית מתוכננת ושילוב דיסציפלינות וכשורים מאפשרים גלוי ובחינת הזדמנויות ראויות, הקטנת הסכונים ומוכנות לניוד מהיר של רעיונות, ובכך שפור משמעויות של סכויי ההצלחה. הכוונה לפתח ולנהל במקביל לפיתוח המוצר והטכנולוגיה (לרוב לפני) גישה עסקית, בחינות הזדמנויות והיתכנות, לימוד שוק, והקמת מסודרת של כל התשתיות הנדרשות. גישה מערכתית כזו לעתים קרובות אינה קיימת. הסבות לכך יכולות להיות רבות, אך נמצאה חשיבות רבה בהדגשת מרכיבים קריטיים אשר הסינרגיה ביניהם (בהתאמה למאפייני המיזם) ישפרו באופן מהותי את סכויי ההצלחה.

"Systems thinking enables you to grasp and manage situations of complexity and uncertainty in which there are no simple answers. It's a way of learning your way to effective action by looking at connected wholes rather than separate parts. It is sometimes called practical holism."

<http://www.incoseonline.org.uk>

■ היערכות ורציונל עיקרי

שנות ניסיון ארוכות בהנדסה, פיתוח וניהול פרויקטים מורכבים תרמו לגיבוש ראייה המערכתית. בכך נחשפים מצד אחד ליתרונות הגדולים של השלם, אשר ערכו גדול מסכום ערכי החלקים המרכיבים אותו, אך גם לקשיים בשילוב ובסינרגיה בין דיסציפלינות, הכוללות גם מרכיבים לא מדידים, לא מוחשיים (Intangibles) ואנושיים. התנסות מקבילה ומעורבות עמוקה ביזמויות וחברות הזנק הובילה להקבלה מתבקשת: הובלת יזמות היא למעשה ניהול פרויקט שהוא "מערך של מערכות" ("Systems of System"), המחייב גישה מערכתית מובנית. ניתן לראות יזמות כתכנון, פיתוח ויישום בראייה הוליסטית, הדורשים ניתוח משולב של מצבים, הזדמנויות, בעיות ואתגרים תוך התחשבות בכל ההיבטים הרלבנטיים והבנת הדינמיות בתנאים משתנים.

"There needs to be a focus on increasing the success rate of new enterprises. Existing entrepreneurship programs do not offer a systematic approach to future business innovation and may need to be overhauled.(2)"

יזמות, שעיקרה הוצאה לפועל של רעיון, היא הבסיס לחדשנות, שמשמעותה יצירת ערך מוסף בהנבטת פתרונות חדשים. הסביבה הטבעית של יזמות טכנולוגית (או, בהכללה, יזמות "עתירת ידע") מתאפיינת בצירוף מרכיבים שכל אחד מהם מהווה תהליך מורכב משל עצמו, בתנאי אי ודאות ורמות סיכון גבוהים. היבטים אלו ניבחנו גם על בסיס סקר ספרות נרחב, אך אותגרו גם בשיחות וראיונות עומק עם 20 מומחים מהשורה הראשונה בתחום (אנשים שמלאו פונקציות של המדען הראשי, יזמים סדרתיים מוכרים, משקיעים, מנהלי חברות מחקר ופיתוח בחזית הידע, מנהלי קרנות וחממות, מומחים מאקדמיה בארץ ובעולם), וניתוחי ארועי יזמות מדווחים.

■ קווים מנחים ועיקרי הגישה

הדגש העיקרי הוא בהתבוננות בפרספקטיבה הוליסטית ובראייה רב ממדית, תוך הבנת ומימוש המשמעויות של קשרים אינטר ומולטי-דיסציפלינריים בין הגורמים המשפיעים השונים. המורכבות בהתנהלות יזמויות בשל שילוב גורמים רבים המעורבים בתהליך וההשפעות ההדדיות ביניהם. מאתגרים, בעיקר בסביבה דינמית אופיינית של אי ודאות, איומים וסיכונים, כאשר קיימת רתיעה מהתמודדות רב-ממדית. לכן חשוב איתור הגורמים והמרכיבים החשובים, וקשור ביניהם.

תהליך יזמי מונבט בחזון, אך המימוש מותנה בבניית גישה מעשית ליישום בהגדרת יעוד ליזמות. ההמשך בפיתוח יכולות איתור הזדמנויות בתחומי ההתמחות, ועם זיהוי הזדמנות ראויה, מתחייבת גישה מערכתית. זו מתחילה בתכנון מדוקדק, זיהוי המרכיבים הרלבנטיים הנדרשים ושילובם להזדמנות שנבחרה, ובבניית תוכנית עסקית מתאימה. השלב התפעולי מחייב התנהלות לפי מסלול שנקבע, תוך מעקב מתמיד ורציף אחרי המשתנים הרבים ופתיחות לשנויים ודינמיקה, בהתאם לתנאים, לסיכונים ולאי ודאויות.

היזמות תלויה בנסיבות חיצוניות אשר מוכתבות ע"י מערכות האקוסיסטם והשוק, ולכן תוכל להתקיים למשך זמן רק בהתאמה לכך. למרות היותם גורמים חיצוניים, בשלב מאוחר יותר האקוסיסטם והשוק עשויים להיות מושפעים ע"י היזמות, באם תצליח להציג, לשלב ולהטמיע את החדשנות המשבשת שלה.

יכולות התיפקוד וההשתלבות של יזמות נובעות ממכלול המערכות הפנימיות שלה והתאמה בין כל הגורמים המשפיעים, ובכללם גם המערכות החיצוניות. למרות שיזמות היא לרוב ישות קטנה (מבחינת כמות אנשים והקף פעילות כספית), הדרישות ואופי הפעילות מחייבים התמודדות עם מרכיבים ומשתנים רבים (פנימיים וחיצוניים) ויכולות הבחנה ואבחנה ביניהם. נדרשת מחויבות בכדי לאפשר את הסינרגיה וניהול הקשרים ההדדיים, וגמישות ניהולית ותפעולית קריטית בכדי לאזן את חלוקת המשאבים והמשובים בכל רגע נתון. לכן הכרחי צוות מולטי ואינטר-דיסציפלינרי בעל יכולות סינרגטיות, זמין, אגילי, מאמין במשימה ומסור לה באופן מוחלט. מעבר לכך, נסיון מצטבר בתהליכי יזמות הוא בעל ערך קריטי, בין אם הוא של אחד או יותר מחברי הצוות המוביל, או של חונך (מנטור) מנוסה המלווה את התהליך מקרוב.

הזדמנויות להנבטת היזמות נוצרות בשילוב האקוסיסטם והשווקים. אפשרות המימוש תלויה בכישורי היזמות לאתר את ההזדמנויות, לבחור את הרלבנטיות (באם נמצאו לפי קריטריונים אובייקטיביים שהוגדרו מראש) ולפעול לנצלן באופן האופטימלי, על בסיס יכולות היזמות.

תכנון מערכתי ואיכותי מקטין מאד את רמות הסכון ואי הודאיות, מקצר את הזמן וממתן את העלויות. בתכנון מסודר מוגדרים היעוד, היעדים, האסטרטגיה והדרך, ומובאות בחשבון אלטרנטיבות לפי הצורך. בכך היקף וכמות השינויים הקריטיים העשויים להדרש ("שינוי כוון תוך כדי תנועה"), לפחות לגבי אילוצי הכוון והיעוד, מצטמצמים. ניתן להתרכז ניתן להתרכז בפעילות ובבחינת השוק ולמידתו, תוך אדפטציה ודינמיות לשינויים שאותם לא ניתן לצפות מראש.

ישנם מרכיבים רבים המשפיעים על סכויי הצלחת יזמויות, כאשר השילוב ביניהם ושיקלול ההשפעות ההדדיות מורכב. במקרים רבים חסרה התייחסות מוקפדת וכבדת משקל למשמעויות ותוצרי ההשפעות הצולבות, ולכן נצפים כאי ודאות ומוגדרים כ"מזל", בשל הקושי/אי ההבנה/אי הרצון להכנה הנדרשת ולהתמודדות מערכתית מתאימה.

רבים מתייחסים ל"מזל" כמרכיב מרכזי בסיכויי ההצלחה. אך ה"מזל" אינו עומד בפני עצמו. כאשר נערכים, רואים את היזמות כפרוייקט מערכתי מורכב (ולא רק בהיבט הטכנולוגי) ומכינים תוכניות ראויות, מצטמצם אלמנט זה. תוצרי ההשפעות הצולבות (שלו רוב אינם מובאים בחשבון) מאופיינים כ"אי ודאות" ומוגדרים כ"מזל". בפועל ניתן להקטין את אלמנט ה"מזל" בתכנון מראש ואימוץ גישה הוליסטית, המוכרת בפועל כ"גישה מערכתית" – דוגמא אופיינית לכך היא תזמון מתאים של השקת המוצר. אין חדש תחת השמש, וכבר במשנתו של סנקה, פילוסוף רומי שחי במאה הראשונה לספירה, נטען כי "המזל הוא מה שקורה כאשר ההכנה פוגשת את ההזדמנות".

ריכוז כל המידע שנאסף מוביל למסקנה שהצלחת יזמות תלויה בצרוף המתאים של חמש מערכות מורכבות עיקריות: **הסביבה, השוק, ההזדמנות, האנשים, הרעיון** (אשר לרוב בא לידי ביטוי בטכנולוגיה או מוצר חדשניים). גורמים ותנאים שונים יקבעו מהו סדר החשיבות ביניהן, אולם כולן הכרחיות ומעורבות. בתוכן זוהו עשרות משתנים הנדרשים להיות מובאים בחשבון, בבחינה ייחודית ומותאמת - Tailored-Custom לכל יזמות בהתאם לאופייה, תכונותיה, הסביבה בה פועלת, התזמון והשווקים הרלבנטיים.

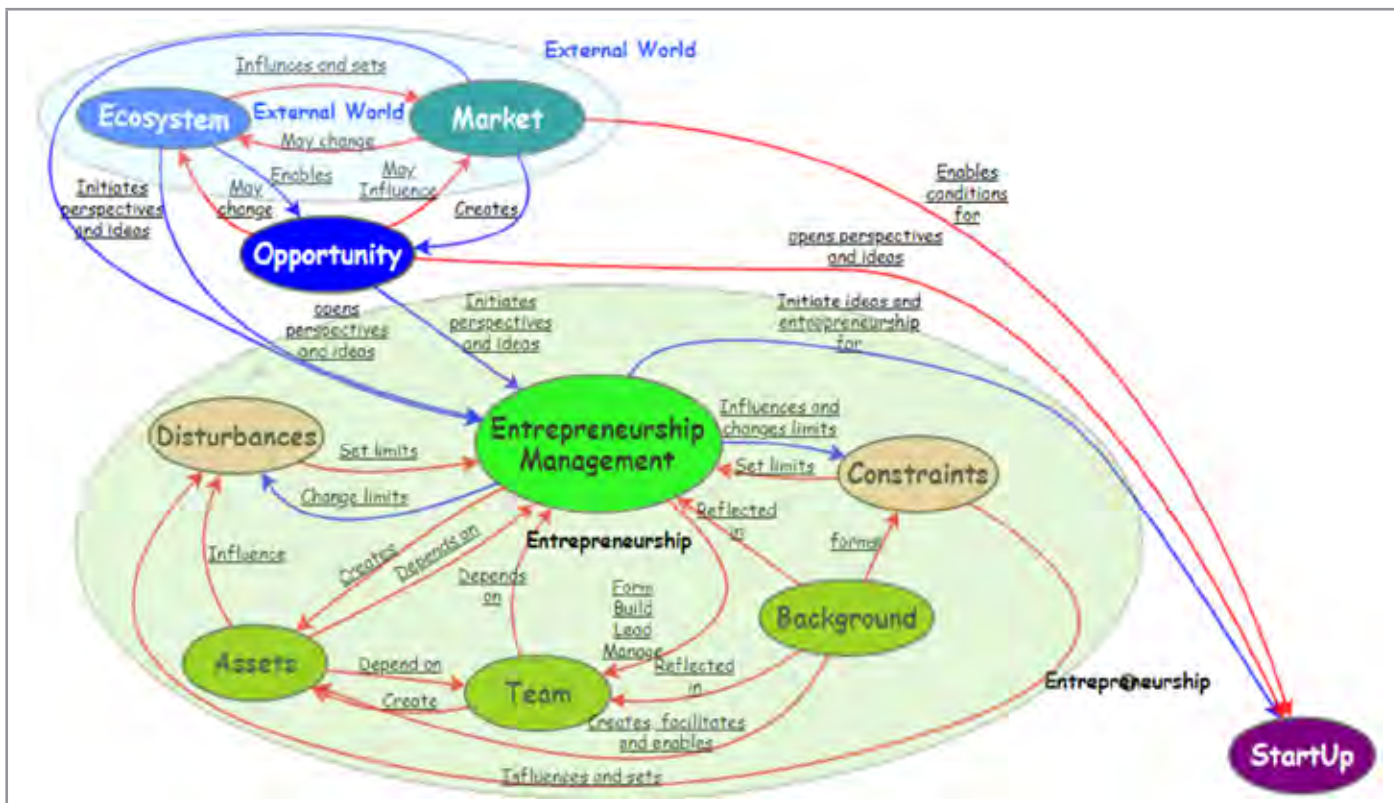
■ עיקרי השיטה המוצעת - הצגה גרפית

Systemigram היא כלי מתאים להדגמת הגישה המערכתית והראייה האסטרטגית ליזמות, בהדגשת המרכיבים העיקריים שעלו במסגרת המחקר. מוצגים הקשרים, יחסים ותהליכי הזרימה החשובים ביותר בין המרכיבים, ובכך מתאפשר תיאור גרפי של היחסים, גם הלא-ליניאריים. בניית התצוגה מחייבת הכרת הקשרים בין המרכיבים, זיהוי והבנת המשובים ומסלולי ההשפעה העיקריים, והטמעה עקרונית של הסינתזה בין המרכיבים. כללי העבודה מחייבים הצגה פשוטה, יחסית, באמצעות הפחתת מורכבות ע"י דיגום המערכת בצורה קונצפטואלית.

התהליך מתחיל בפינה השמאלית העליונה, והיעד נמצא בפינה הימנית התחתונה. התהליך המרכזי זורם מהפינה השמאלית העליונה לפינה הימנית התחתונה ומגדיר את מטרת המערכת.

ניתן ליישם את התאור לכל מערכת, כאשר יתרונו העיקרי בהצגת הקשרים המהותיים בין המרכיבים הראשיים תוך הדגשת המסלולים בצורה ברורה וללא חיתוכי קווים, בהתאם לכל מערכת ספציפית. ההצגה בהירה וברורה להבנה, אך אינה מאפשרת לתאר את כל הקשרים הרלבנטיים הקיימים בתוך המערכת ובין מרכיביה.

ניתן גם לראות את התהליך המוצג כמבחן הסתברות ראשוני לסבירות קיום היזמות.



עשרות משתנים נדרשים להיות מובאים בחשבון, בבחינה ייחודית ומותאמת לכל יזמות בהתאם לאופייה, תכונותיה, הסביבה בה פועלת, התיזמון והשווקים הרלבנטיים, ובדגש על אסטרטגיה, תכנון ואג'יליות.

הגורמים כבדי המשקל בהצלחה הם לא בהכרח הטכנולוגיה או המוצר, אלא זיהוי, הבנת וניתוח ההזדמנויות, הבנת השוק וצרכיו והשתלבות בו בצורה חכמה, תוך בניית תשתית ראויה.

זיהוי הזדמנות הוא לב תהליך היזמות, כאשר נובעת מאילוץ סביבה, שנויי תנאים ומצוקות שוק. ניתוח והערכת הפוטנציאל הגלום בה הם ברוב המקרים תנאי הכרחי (אך לא מספק) להצלחה. זאת תוך שילוב בחינת יכולת היזמות להתמודד עם האתגר ובהנחת החזר על ההשקעה (ROI) ורווח סביר לאחר הבנה מעמיקה של התנאים, הסיכונים והשוק הפוטנציאלי.

בהתאם, היכולת החשובה ביותר היא היכולת לזהות את ההזדמנות העסקית המתאימה למיזם ע"י פיתוח סדרת כללים להצלחה בכך. כללים אילו ייחודיים לכל מצב ומחייבים התייחסות בהתאם לקריטריונים מותאמים, אשר תוכנו ונבדקו מראש בתהליך מסודר ושיטתי.

רעיון לכשעצמו, חדשני ככל שיהיה, לא מבטיח הצלחה אם אין הזדמנות בשוק. יזם "טרי" לרוב אינו בוחן את מכלול האספקטים הרלבנטיים להצלחה, וחושב "טכנולוגית" ולא "עסקית". לעתים קרובות שוכחים שבדרך להצלחה המוצר הטכנולוגי אינו עומד בפני עצמו, אלא מתבסס על שקולים ואלוצים רבים, כגון: צוות מתאים, סינרגיה בין האנשים, צוות חיצוני מלווה, קשרים ייחודיים עם משקיעים ועוד, וביניהם גם תיקוף הרעיון בעולם האמיתי (נושא ממנו מתעלמים לעתים קרובות), תיזמון, מצב כלכלי גלובלי ומקומי וכד'.

■ סיכום

הדגש העיקרי הוא בהתבוננות בפרספקטיבה הוליסטית ובראייה רב ממדית, תוך הבנת ומימוש המשמעויות של קשרים אינטר ומולטי-דיסציפלינריים בין הגורמים המשפיעים השונים. המורכבות בהתנהלות יזמויות בשל שילוב גורמים רבים המעורבים בתהליך וההשפעות ההדדיות ביניהם. מאתגרים, בעיקר בסביבה דינמית. יש חשיבות מהותית להבנת הצורך בהכשרה לקראת יזמות ובכלל זאת בהתנסות יזומה (כגון בתחרויות יזמות), מוטיב מרכזי בהכשרה ופתיחת הדרך ליזמות כדרך חיים.

אין די בהכרת השוק הקיים או בתצפית על שנויים. יצירת התמחות בתחומים ספציפיים תוך פיתוח יכולות זיהוי הזדמנות, במקביל לפיתוח יכולות לנייתוח ההזדמנויות וכדאיותן ובניית התכנית העסקית המתאימה, יוצרים את הגשר בין ההזדמנות למימוש בפועל.

חשובה הכרה בפגיעות (Vulnerability) של יזמות טכנולוגית בסביבתה הטבעית והבאה בחשבון של הסיכונים ואי הודאיות מחייבים לשים דגש על תכונות האג'יליות; דינמיות בהתנהלות, אלתור בהתמודדות וגמישות בהתקדמות (Pivoting).

■ מסקנות

הדגש העיקרי בגישה המערכתית ליזמות הוא בהתבוננות בפרספקטיבה הוליסטית ובראייה רב ממדית, תוך הבנת ומימוש המשמעויות של קשרים אינטר ומולטי-דיסציפלינריים בין הגורמים המשפיעים השונים. המורכבות בהתנהלות יזמויות בשל שילוב גורמים רבים המעורבים בתהליך וההשפעות ההדדיות ביניהם מאתגרים, בעיקר בסביבה הדינמית האופיינית. להן.

- **הזדמנות** היא לב התהליך. זיהויה, ניתוחה והערכת הפוטנציאל הגלום בה, תוך בחינת יכולת היזמות להתמודד עם האתגר בהצלחה עסקית הם ההתחלה, לאחר הבנה מעמיקה של התנאים והשוק הפוטנציאלי.
- **סביבה תומכת ותרבות יזמית** נותנים את הרקע הנדרש להתמודדות עם אתגרים - סביבה תומכת אשר מעודדת הטלת ספק, מגבה מציאת פתרונות חריגים והעזה לנסות תהליכים חדשים (יזמות). סביבה בה אי הצלחה היא מדד ברור לכישלון אישי, לפסילה או הענשה, מגמדת את הרצון להציג רעיונות חדשים ופורצי דרך.
- **קשר לשוק ולאקוסיסטם והבנת התלות בהם** קריטיים, באשר מגדירים את התנאים בהם תלויה ומתפקדת היזמות. חלק ניכר מהיזמויות סיימו דרכן בשל התעלמות מהשוק או אי התאמה אליו. רעיונות שהיו טובים ו/או שקיים היה צורך במימוש נכשלו בשל גישה מוטעית, נתק מהמשתמשים/לקוחות, תזמון שגוי, יציאה לשוק שלא נערכה כנדרש וכד' - מרכיבים הניתנים להגדרה כאי הכרת המצב.
- **שיקול כלכלי ועסקי** הוא גורם מוביל, גם אם הדחף הראשוני הוא סקרנות ורצון לשנות. בסופו של יום מחפשים ערך כלכלי ורווח משמעותי במימוש. שקולים אלו דומיננטיים ומגבילים לכל אורך הדרך, ולמקור הכסף והמממנים יש השלכות מהותיות על היזמות. בחיפוש וזיהוי ההזדמנות ייבחנו הסיכויים לרווח ראוי בסיום הדרך.
- **מאפיינים אישיים וצוותיים** - סקרנות, אהבת האתגר, רצון ויכולות למצוא פתרונות, תובנות לספקנות ושאלות לגבי מצב עכשווי, הם ה-DNA של התהליך. הממוש מחייב פעולה ולקיחת אחריות בגישה חיובית והתמקדות במטרה, למרות קשיים וכשלונות אפשריים בדרך. כל התכונות משתלבות ליצירתיות סינרגטית, התלויה בצרוף של מגוון יכולות ההובלה והנסיון שנרכש בכל הפעילויות בעבר, כפרטים וכצוות. התאמת מוביל הפעילות לתפקידו ולתפקודו ויכולתו להנהיג את הצוות בתנאים ובשלבם השונים של חיי היזמות הם קריטיים.
- **נכסים נוצרים**, ערכים מוספים ייחודיים של היזמות כישות, אשר נרכשו ו/או פותחו תוך כדי היווצרות והתפתחות היזמות ונכללים בהצעת הערך (Proposition Value) שלה. כגון: מוצר/מוצרים, נסיון שנרכש, יכולות הניהול הפיננסי ומערכות קשרים.
- **גמישות וזריזות**, נדרשים בכדי לאפשר תגובה רצויה לשינויים, לתיקון, להתמודדות עם בעיות ולהתאמה למציאות משתנה. הסתגלות מהירה, יכולת שינוי כיוון רעיוני והסתת משאבים ("Pivoting") הכרחיות כהשלמה לתכנון אסטרטגי, להשתלבות בסביבה תחרותית של אי ודאות ואיומים משתנים ותדירים.

- **מודעות לאילוצים וסיכונים והתמודדות עמם**, כאשר חייבים לזהותם ולהתחשב בהם בכדי למנוע הפיכתם למכשולים. לעתים חלק מיתרונות היזמות הופכים למכשול באם לא יזכו להתייחסות בפרופורציות המתאימות. מחויבת ראייה מערכתית המתייחסת לכך ותכנון קפדני לקביעת מדדי הצלחה (וכשלון) אובייקטיביים. הכרחית מודעות למכשולים אופייניים כגון: התמקדות בטכנולוגיה, אי הבנת השוק ואי הפנמה שיזמות היא עסק הנדרש לניהול מקצועי.
- **מזל - אוסף של אי הודאיות שלא ניתן להתייחס אליהן כסיכון**. הכרת האקוסיסטם, השוק ותחומי הפעילות מקטינה את השלכות ה"מזל". גישה מערכתית, שעיקרה הכנה ותכנון, זיהוי ושקלול המרכיבים וסינרגית הגורמים המרכזיים מפחיתה את אי סינרגית, ומשפרת משמעותית את סיכויי ההצלחה. נסיון קודם בתהליכים יזמיים הוא בעל ערך משמעותי להצלחה עתידית, בשל רכישת תובנות וכלים להתמודדות במצבי אי ודאות.

■ מקורות

1. Katz, A., (2018), A Systemic Approach as a Perception for Managing to Success of Entrepreneurships in the High-Tech Industry, BMGC (Bernard M. Gordon Center for System Engineering) Technion
2. Cuervo, A., Ribeiro, D., Roig, S., (2007), Entrepreneurship: Concepts, Theory and Perspective, Springer, ISBN 978-3-540-48542-1
3. Blair, C.,D., et al, Systems Engineering, Communicating Strategic Intent with Systemigrams: Application to the Network-Enabled Challenge , Vol. 10 (4), 2007
4. Kaushik, S., K., V., (2017) Innovative Business Management Using TRIZ, ASQ, Quality Press, Milwaukee USA.
5. Edson, R., "Systems Engineers and Applied Systems Thinking", Presentation at ILTAM/INCOSE_IL Workshop, 19/06/2018, Herzliya, Israel
6. Holmen, M., et al, "What Are Innovative Opportunities? Industry and Innovation" (ISSN 1366-2716), Vol.14 No. 1, February 2007,, 27-45
7. Reynolds, P., D., Curtain, R., T., Panel Study of Entrepreneurial Dynamics II, Program Rationale and Description, (October 2007), ResearchGate
8. Knight, F., H., (2002, Originally 1921), Risk, Uncertainty and Profit, Washington DC, Beard Books
9. Maital, S., (2016), Innovate Your Innovation Process, World Scientific, Singapore, ISBN 978-981-4759-94-6
10. Chang, L., Wang, T.J., "The development of the enterprise innovation value diagnosis system with the use of systems engineering", Proceedings, International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), 2011, (373-378), DOI:10.1109/ICSSE.2011.5961931

ארנון כ"ץ הינו בוגר תואר ראשון בהנדסת חשמל, תואר שני בניהול, תואר בחינוך ומוסמך בניהול רכש. ארנון עוסק ביעוץ, ליווי והדרכות, בתחומי הטמעת מתודולוגית, שיפור עסקי, ניהול מיזמים ופרויקטים ותהליכי התקשרויות מורכבים. חבר בקבוצות ליווי ויעוץ ל- startups ויזמויות. מציג מעורבות רבת שנים במיזמים טכנולוגיים שונים במגוון נושאים ובהיבטים שונים - ייעוץ, פיתוח, ליווי, ניהול, שיווק. ביצע מגוון תפקידים ופעילויות בחברות שונות ובגופים במערכת הביטחון.



הפילוסופיה של ההנדסה

ערן ראובני, המכון לחקר התחבורה, הטכניון

reran@technion.ac.il

הפילוסופיה של ההנדסה תשאף לענות ולהסביר שאלות, כגון טבעם של קביעות/פרדיגמות המעצבות את תהליכי ההנדסה, האופן שבו הם נוצרים, כיצד אפשר להחליט על הניסוח והשימוש במתודות הנדסיות, אופני החשיבה שבהם משתמשים על מנת להגיע למסקנות והמשמעות של המתודות והמודלים ההנדסיים לחברה ככלל, ולמדעי ההנדסה עצמם.

הנדסה הוא המקצוע שמטרתו לשנות את הסביבה הטבעית, באמצעות עיצוב, ייצור ותחזוקה של חפצים ומערכות טכנולוגיות. בניגוד למדע, שמטרתו להבין את הטבע, ההנדסה עוסקת בבסיסה בשינוי המציאות, בדרך כלל במטרה להביא לרווחה לחברה, ולכן ניהול השינוי הוא מרכזי בהנדסה. הפילוסופיה של ההנדסה היא מכלול של כלל הפרדיגמות המעצבות את עולם ההנדסה. נושאים אלה עשויים לכלול את האובייקטיביות של ניסויים, אתיקה של הפעילות ההנדסית במקום העבודה ובחברה, האסתטיקה של חפצים מהונדסים וכד'.

אחד המאפיינים של ההנדסה הוא ביצוע הערכה כמותיות של התנהגות והשפעה של החפץ לפני הייצור שלה. מודלים להערכת ביצועים בדרך כלל מתמקדים בהערכת ביצועי המערכת אבל אם נכלול גם נערכה של ההשפעות על יחידים ו/או על החברה אזי במובן זה, התוצרים של פעילויות הנדסה צריכה להימדד גם באופן שהם משפיעים ומשרתים ערכים חברתיים. הדיסציפלינות ההנדסיות המסורתיות, כגון: הנדסת חשמל, הנדסה אזרחית, הנדסת מכונות ועוד, הם תחומים המוגדרים היטב, אבל להנדסה יש השלכות מרחיקות לכת מעבר לתחומים המוגדרים האלה לתחומים שעשויים לכלול פסיכולוגיה, כספים וסוציולוגיה. לפיכך חשוב שתכנון של כל מוצר הנדסי יביא בחשבון את התנאים שבהם יפותחו, ייוצרו ואת התנאים שבהם ייעשה בהם שימוש.

מאמר זה כולל הצעה לנוסח של 20 פרדיגמות. מערכת פרדיגמות זו נובעת ממאמץ ממוקד לחלץ את העקרונות החבויים המעצבים את עולם ההנדסה במובן הרחב של המושג. ניסוח הפרדיגמות, המובא להלן, מוצע כנקודת פתיחה לדיון פיתוח.

■ פרדיגמה א': יעוד ההנדסה - תשתית למציאות טובה יותר

שכבת המצע שעליה מונחת היצירה ההנדסית שואבת את חיוניותה מעצם היכולת האנושית לתכנן וליישם פתרונות שמובילים למציאות טובה יותר ביחס לתפיסת מציאות הנוכחית. המונח "טובה יותר" נמדד ביחד לציר המטרות והיעדים של כל קבוצה חברתית והוא משתנה מקבוצה חברתית אחת לאחרת.

■ פרדיגמה ב': האמונה ביכולות ההנדסיות

חיוניותה של ההנדסה טמונה באמונתו של המהנדס כי הדיסציפלינה ההנדסית יכולה לתת מענה על בסיס פיתוח פתרונות מבוססי טכנולוגיה, לבעיות חדשות שתחום ההנדסה טרם התמודד עימם קודם לכן, בין אם מדובר בשילוב של טכנולוגיות חדשות ובין אם מדובר בהפעלה של מערכות בתנאי סביבה שונים או בהגדלה של סדרי גודל מערכתיים.

■ פרדיגמה ג': ההנדסה - הרכבה של אבני בנין

עוצמתה הגדולה של ההנדסה טמונה ביכולתה לפתח פתרונות הנדסיים חדשים (מערכות) באמצעות הרכבה שיטתית של אבני בנין: כך טכנולוגיות מורכבות לרכיבים, רכיבים מורכבים למערכות, מערכות מורכבות לתשתיות מערכתיות וכך הלאה. תנאי הכרחי ליכולת סופרפוזיציה של מערכות היא הגדרה והסכמה על סביבת יחוס משותפת כמו גם מערכת התפיסות (אונטולוגיה) ומערכת המונחים (סמנטיקה) המשמשים לייצוג הישויות בסביבת הייחוס.

■ פרדיגמה ד': התבונה ההנדסית - הכישרון להגות, לתכנן, לשלב, ללמוד וללמד

התבונה ההנדסית מבוססת של הכישרון להגות, לתכנן, לשרטט, לחשב, לשלב ולארגן פתרונות תחת ארכיטקטורה הנדסית אחת, ובמקביל לפתח את מבנה הידע (שיטות הנדסיות, כלי מידול וסימולציה, שיטות מדידה, שיטות חישוב) המאפשר ייצוג הנדסי שלם של תהליכי ההקמה והבניה של המוצר ההנדסי שתוכנן תוך עמידה במעטפת דרישות מקום, דרישות זמן ומשאבים מוקצבים.

■ פרדיגמה ה': סבבי טיוב של הפתרון הנדסי

התהליך ההנדסי מאופיין בריבוי של סבבי טיוב המופעלים לאורך כל מחזור חיי המוצר בכלל זה: בשלבי גיבוש הקונספט, שלבי התכנון ההנדסי, שלבי היצור, שלבי ההטמעה ושלבי הפעלה מבצעית. בשאיפה יבוצעו מירב תהליכי טיוב באמצעות שיטות אופטימיזציה וסימולציה, עוד לפני העברה ליצור סדרתי, אולם המפגש עם העולם האמיתי שבו פועלים משתמשי המערכת תחת משטרי תפעול, שלעיתים שונים מאלו שהוגדרו ע"י מהנדס המערכת, מוביל בד"כ לצורך בסבבי טיוב נוספים על בסיס פיתוח מודלים לאופטימיזציה וסימולציה מותאמים.

■ פרדיגמה ו': עקרון הניסוי והטעייה

הפילוסופיה של ההנדסה, בהקבלה מלאה לפילוסופיה של המדע, מבוססת על עובדות ונתונים (Evidence Based Process), ולפיכך יכול כל תהליך פיתוח הנדסי תהליכי ניסוי וטעייה. יחד אם זאת, בתחומי ההנדסה ישמש הניסוי לעיתים לאיסוף נתונים ומדידות, לצורך אימות הנחות היסוד ששמשו בסיס לגיבוש תפיסת הפתרון ההנדסי, אך לעיתים יכול לשמש הניסוי ההנדסי שיטת חיפוש ו/או מיון בין חלופות הנדסיות. תהליכי ניתוח כישלונות הנדסיים מהווה חלק מתהליך גיבוש ושיפור הידע ההנדסי. תובנות מתהליכי תחקור צריכים לחלחל לכל שכבות פיתוח הידע ההנדסי: תורת ההנדסה, תהליכים הנדסיים, סביבת פיתוח אמצעים לניהול ויישום תהליכים הנדסיים ופיתוח שיטות להכשרת מהנדסים. מנהיגות הנדסית הכרחית כדי להוביל את תהליכי שילוב והטמעת ידע הנדסי חדש בידע הנדסי קודם תוך יישום כלל השינויים התהליכיים הנגזרים מכך.

■ פרדיגמה ז': שיטות הנדסיות (מתודולוגיות הפיתוח ושיטות ההקמה והבניה)

לצד העיסוק ההנדסי ביצירה של פתרונות הנדסיים וייצוג הארכיטקטורה של תצורתם, פועלת ההנדסה בעולם השיטות (מתודולוגיות) הנדסיות העוסק באופן הפיתוח, ההקמה והבניה של מוצרים הנדסיים. תחום הנדסי זה עוסק בפיתוח שיטות הנדסיות הנדרשות לצורך ביצוע הלכה למעשה של תהליכי תכנון ארכיטקטורה, תהליכי תכנון מפורט, תהליכי שילוב, תהליכי בדיקות, תהליכי הקמה, תהליכי בניה, תהליכי הטמעה, תהליכי תפעול, תהליכי ניסוי, תהליכי חקר ולמידה ותהליכי תכנון שיפורים.

■ פרדיגמה ח': רציפות תפקודית בכל מצבי החיים

להנדסה מחויבות לתכנן של פתרונות הנדסיים שלהם יכולת עמידה ותפקוד בתנאי סביבה ותנאי הפעלה משתנים. לפיכך פתרונות הנדסיים יכללו תמיד יכולת עמידות בתרחישים משתנים (מצבי מצג אור, רגיעה חירום, עומס יתר, מצבי תקלה ועוד) תוך הקפדה של הסדרת רציפות תפקודית התואמת את התנהלות כלל בעלי העניין: המשתמשים, גורמים בעלי אחריות, גורמים מתפעלים ועוד.

■ פרדיגמה ט': הנדסה בראיית התפתחויות על ציר הזמן

התפתחויות שונות על ציר הזמן ובניהם: התפתחויות טכנולוגיות והנדסיות, שינויים בסביבה הפיסית, שינויי אקלים, גידול אוכלוסין, שינויים בהרגלי צריכה ואף שינויים בעמדות חברתיות מובילים לשיבוש הסדר הקיים במציאות הנוכחית והצפה של אתגרים הנדסיים חדשים. מוכנות ההנדסה למתן מענה לאתגרים מתפתחים על ציר הזמן מחייב יכולת שמירה על רציפות התהליכים ההנדסיים תוך עדכון מתמיד של הפתרונות ההנדסיים הן במערכות הקיימות והן במערכות לעתיד לבוא.

■ פרדיגמה י': שילוביות רב מערכתית / מערכים של מערכות

תכונת היסוד של ההנדסה הטמונה ביכולת ההרכבה של רכיבים למערכות לא מוגבלת רק לשילוביות של רכיבים לצורך יצירה של יכולת מערכתית מוגדרת אלא חותרת ללא הפסק לשילוביות בין-מערכתית, שילוביות רב-מערכתית ושילוביות על-מערכתית. שילובים רב מערכתיים אלו מאופיינים במתן מענה למטרות חדשות שמערכות הבסיס לא תוכננו לתת להם מענה מלכתחילה.

■ פרדיגמה י"א: קוד אתי להנדסה ואחריות המנהיגות ההנדסית

העוצמה הטמונה בידי ההנדסה לפיתוח שינויים במציאות הקיימת, מחייבת את ההנדסה לפעול לאורו של קוד אתי מוסכם. הקוד האתי צריך להבטיח שלצד הפתרונות ההנדסיים המפותחים כמענה לצרכים מוגדרים, יבחנו גם התוצרים הבלתי רצויים הנלווים. הקוד האתי צריך להתייחס גם לערכי יסוד המעצבים את דרכי ההתנהגות של כלל בעלי העניין הפועלים בשרשרת התהליכים ההנדסיים. למנהיגות הנדסית תפקיד משמעותי בצמתי קבלת החלטות שבהם עומדים ערכי הקוד האתי מול ערכי ביצועים, זמנים ומשאבים.

■ פרדיגמה י"ב: תיחום מעטפת ההפעלה המערכתית

תיחום סביבת ההפעלה ההנדסית מהווה תנאי הכרחי לשמירה על תנאי הפעולה התקינים של המערכת. לפיכך תפקיד ההנדסה להגדיר את מעטפת ההפעלה המערכתית באמצעות פירוט כלל הממדים ההנדסיים הרלוונטיים. פתרונות הנדסיים רבים כוללים בין היתר מנגנוני אבטחה לשמירה על תפקוד בגבולות המעטפת /או מנגנוני ניתוק/הפחתת ביצועים במקרה של הגעה בגבולות המעטפת ובכלל זה תפקוד שגוי של בעלי תפקידים ומשתמשי מערכת.

■ פרדיגמה י"ג: הנדסה קהילה וחברה

בין תפקידי ההנדסה מצוי גם הצורך בהקמה של מנגנונים לאספקה ותפעול של שירותים חברתיים. במקרה זה מדידת רמת הביצועים המערכתיים עוברת דרך סקרי שביעות רצון משתמשים, מודלים לעיבוד נתונים להערכת רמות השירות. שילוב נתונים כלכליים אודות מוכנות הציבור לשלם בגין רמות שירות משתנות של המוצר /או השירות מהווה אינדיקציה לאיכות הפתרון ההנדסי.

■ פרדיגמה י"ד: הנדסה ורגולציה

ההנדסה מקיימת יחסי גומלין דואליים עם עולם התקינה והרגולציה. מחד גיסא מחויבת ההנדסה להעמיד פתרונות ומוצרים הנדסיים המותרים לשיווק ולשימוש במרחב ההפעלה המיועד, ולצורך כך חייב המוצר ההנדסי לעמוד בכל התקנים שהוגדרו כתקנים מחייבים ע"י הרשויות המופקדות על הסדרת תחום ההפעלה הרלוונטי. מאידך גיסא, בכל מקרה בו הפתרון ההנדסי כולל מרכיב של חדשנות הנדסית או טכנולוגית מהווה הפתרון ההנדסי החדש נקודת פתיחה לגיבוש תקנים ורגולציות בתחום החדש שזה עתה פותח.

■ פרדיגמה ט"ו: הנדסה וכלכלה

תוצרי התהליכים ההנדסיים ידרשו למצוא מקומם בסדר המציאות הקיים. תהליך זה של הטמעת המוצר ההנדסי יכול להתבצע באמצעות אירוע הטמעה חד פעמי של המוצר המוגמר או באמצעות שינוי המחלחל באיטיות. שני סוגי הטמעה שונים מאד הן במתודולוגיות ההנדסיות והן בתזרים המשאבים הכספיים הנדרשים לפיתוח, לתפעול ולהטמעה. בתהליך ההנדסי יצלח לאורך זמן אם נוצרו התנאים המייצרים תמהיל מספק של בעלי ענין שלהם כדאיות עסקית להרחבת השירותים החדשים.

■ פרדיגמה ט"ז: משוב משתמשים וחוכמת המונים

התהליך ההנדסי לא יהיה שלם כל עוד לא נמדדו נתוני משובי משתמשים ונידונו אפשרויות למתן מענה לפערים, צרכים, בעיות תפעוליות שונות שהועלו. השונות הגדולה המאפיינת את המשתמשים מובילה בהכרח לאי התאמות של הפתרון ההנדסי ליכולות/מגבלות המשתמשים. על ההנדסה מוטל לשלב פתרונות הנדסיים נוספים הנותנים מענה לכלל בעלי העניין המיועדים לעשות שימוש במערכת. ניתוח נתוני משתמשים עשוי להציף רעיונות טובים שהם תוצר של חוכמת המונים ושלא הועלו קודם לכן ע"י הנדסת המערכת.

■ פרדיגמה י"ז: שמירה על רציפות ציר הזמן ממציאות העבר אל תמונת החזון הרצוי

כדי להכווין את תמונת המציאות של תמונת החזון הרצוי, נדרשת ההנדסה לשלב עבודת חקר ביצועים שתדע לדגום נתונים מתוך תמונת המציאות, לבנות תמונת מצב המתארת בסבירות טובה את המציאות, ולמדוד את הפער הנותר עד מימוש תמונת החזון הרצוי. כן נדרש להעריך מגמות חברתיות, טכנולוגיות, עסקיות ופוליטיות שלהם צפויה להיות השפעה, לטוב ולרע, על קצב יישום הפתרון. על סמך כל הנ"ל נדרש להעריך את שנדרש לעשות כדי להצליח להכווין את תמונת המציאות אל תמונת החזון הרצוי.

■ פרדיגמה י"ח: קומפוזיציה של תמונת חזון

מעצם היות ההנדסה צומת דרכים למימוש תמונת חזון הנגזרות מאתגרים מרובים (אתגרים עסקיים, צבאיים, מדיניים, מסחריים, חינוכיים, רפואיים ועוד) נדרשת ההנדסה לפתח שיטות לשילוב בין תפיסות מציאות מרובות מחד, והרכבה משולבת (קומפוזיציה) של תמונות חזון מרובות, מאידך. בנוסף תגבש ההנדסה סדרה של מצבי ביניים המוגדרים היטב מבחינה הנדסית שישמשו לצורך גיבוש תוכניות המימוש ההקמה והבניה של המערכת.

■ פרדיגמה י"ט: עדכון דינמי של תצורות הנדסיות בשלבי הביניים

העובדה שמימוש התוכניות הנדסיות מתפרש על פני זמן הנמדד בחודשים ושנים, מחייבת את ההנדסה לפעול לעדכון דינמי של התוכניות הנדסיות כמענה לשינויים בטכנולוגיות, בתנאי סביבה ובעיקר הבשלה והטמעה של פתרונות הנדסיים המתרחשים במקביל. לעיתים עדכון זה יחייב תכן הנדסי מחודש של תצורות הנדסיות בשלבי הביניים ואף של ארכיטקטורת הפתרון הכולל.

■ פרדיגמה כ': תמונת השלמות הזירתית

התהליך ההנדסי הכולל גיבוש חזון מערכתי, גיבוש תפיסת הפעלה, תכן הנדסי, תכנון תהליכי המימוש, ההקמה והבניה יתבצעו באופן נכון יותר בהינתן יכולת התבוננות בתמונת השלימות המערכתית. תמונה השלימות המערכתית תכלול בדרך כלל הבנה של זירת הפעולה של המערכת המתוכננת, ובכלל זה מיפוי והבנה של כלל המערכות הפועלות לצידה, בכפוף לה ומעליה. הבנה זו של יחסי הגומלין שבין כלל המערכות הפועלות בזירה הכרחית לצורך תכנון והסדרה של יחסי גומלין חדשים עם המערכת המתוכננת.

■ פרדיגמה כ"א: ההתבוננות אל אופק האפשרויות הנדסיות

גם במצב שהמהלך ההנדסי הושלם והמערכת שתוכננה נמצאה שהיא נותנת מענה מושלם לצורך שלו היא תוכננה, מוטלת על ההנדסה החובה לעסוק בחקר אופק האפשרויות וההזדמנויות הטכנולוגיות וההנדסיות. הבנת אופק האפשרויות הנדסיות בצירוף התעוררות מחזורית של הכוחות שתוארו בפרדיגמות הקודמות יוביל להנעה מחזורית של מעגלי יצירה הנדסיים חדשים.

1. P & .Gunn A.S ,(1998) .Engineering ,Ethics ,and the Environment, Cambridge University Press, New York
2. Bucciarelli L.L. (2003) Engineering Philosophy, Delft University Press, Delft
3. Bush V. (1980) Science,The Endless Frontier, National Science Foundation Press, Washington DC
4. Cutcliffe S.H. (2000) Ideas, Machines and Values: An introduction to Science, Technology and Social Studies, Rowman and Littlefield, Lanham, MD
5. Davis, M. (1998) Thinking like an Engineer: Studies in the Ethics of a Profession, Oxford University Press, New York.
6. Goldman S.L. (1991) "The social captivity of Engineering", Critical Perspectives on non academic Science and Engineering, (ed Durbin P.T.), Lehigh University Press, Bethlehem, PA
7. Goldman S.L. (1990) "Philosophy, Engineering and Western Culture", in Broad and Narrow interpretations of Philosophy of Technology, (ed Durbin P.T.), Kluwer,Amsterdam
8. Harris E.C, Pritchard M.S. & Rabins M.J. (1995), Engineering Ethics: Concepts and Cases, Wadsworth, Belmont, CA
9. Johnston, S., Gostelow, P., Jones, E. (1999), Engineering and Society: An Australian perspective, 2nd Ed. Longman,
10. Martin M.W. & Schinzinger R (1996), Ethics in Engineering, 3rd ed. McGraw-Hill, New York
11. Mitcham C. (1999), Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy, University of Chicago Press, Chicago, pp. 19-38.
12. Petroski, Henry (2010) The Essential Engineer: Why Science Alone Will Not Solve Our Global Problems
13. Simon H. (1996), The Sciences of the Artificial, 3rd ed. MIT Press, Cambridge, MA
14. Unger S.H. (1994), Controlling Technology: Ethics and the Responsible Engineer, 2nd ed., John Wiley, New York
15. Vincenti W.G. (1990) What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Md.
16. Anthonie Meijers, ed. (2009). Philosophy of technology and engineering sciences. Handbook of the Philosophy of Science. 9. Elsevier. ISBN 978-0-444-51667-1.



ערן ראובני הינו בוגר הטכניון בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה (B.Sc) ותואר שני (M.Sc) בהנדסת חשמל - אוניברסיטת ת"א. מומחה בתחומי תחבורה חכמה ולהנדסת מערכות ופרויקטים מורכבים. חוקר במכון לחקר התחבורה, טכניון. עוסק בחקר פתרונות לשילוב טכנולוגיות בתחבורה חכמה, ערים חכמות וקהילות חכמות. ערן הוא בעל ניסיון רב שנים בניהול פרויקטים מערכתיים, הן בתחום הביטחוני והן בתחום האזרחי. במהלך 23 שנות שירות בחיל האוויר בין השנים 1982-2005 מילא שורה של תפקידים בניהול פרויקטי פיתוח מערכתיים בתחומי נווט, תקשורת, שו"ב, ואוויוניקה ובין היתר הוביל בחיל האוויר, עד שחרורו בדרגת סא"ל, את תחום פיתוח הידע לניהול פרויקטים והנדסת מערכות. במהלך 12 שנים האחרונות עוסק באופן רציף בתחומי התחבורה החכמה וערים חכמות. בין השנים 2006-2012 שימש כמנכ"ל האיגוד הישראלי למערכות תבוניות לתחבורה (ITS Israel).

ב-5 השנים האחרונות משמש כחוקר במכון לחקר התחבורה ועוסק ביזום וניהול פרויקטי מחקר בתחומי התחבורה החכמה וערים חכמות. במסגרת מחקרים אלו, עוסק בפיתוח ארכיטקטורה גנרית למערכות תחבורה חכמות ITS ובפיתוח מתודולוגיות להנדסה של מערכים של מערכות רחבות היקף - Very large Scale System Array Engineering.

אתגרים במערכות מורכבות ומקושרות



דוד סעד, אוניברסיטת אסטון, בירמינגהם, בריטניה

תקציר

הנגישות למאגרי מידע, הגידול בכוח החישוב והקישוריות הגבוהה בין מערכות בכל הרמות מראים פוטנציאל ניכר לשיפור בשירותים המסופקים ללקוחות, בניצול משאבים, באוטומציה וביעילות. מעולם לא היתה בידינו כמות מידע גדולה כל כך ויכולת קישור רחבה כל כך בין מערכות, אנשים פרטיים וכלים.

בצד הפוטנציאל האדיר לניצול היכולות הללו קיימים אתגרים משמעותיים בניצולם היעיל וחשיפה לסיכונים, במיוחד במערכות תשתית כמו מערכות החשמל, התקשורת והתחבורה. האתגרים מתמקדים ביכולת לדלות אינפורמציה ממשית מכמות המידע האדירה שברשותנו, במיוחד מכיוון שחלק גדול מהמערכות הן רחבות היקף, לא-לינאריות, לא-אחידות ונתונות לתנודות מהירות ומשמעותיות. היכולת לדלות נתונים מועילים, לנתח אותם, לשלוט במערכות הללו ולהבין את משמעות המידע המסופק מציגים אתגרים מתמטיים וחשובים לא פשוטים. בצד הסיכונים ניתן למנות את התנודות המהירות במערכות שקשה לשלוט בהן, את הפוטנציאל לתגובות שרשרת שיפילו מרכיבים במערכות הבודדות, או מספר המערכות בעלות הקישוריות הרחבה שביניהן, ואת הקושי במתן מענה לארועים לא שגרתיים.

הגישה שאני דוגל בה מבוססת על כיוון מתמטי של שיטות ביאסיאניות, בעיקר גישות הסתברותיות מבוזרות, שמאפשרות לייצר מודלים הסתברותיים ברורים, לגזור ערכי משתנים במערכת ואת שונותם, ולהציג את מצב המערכת באופן אינטואיטיבי שמספק את מירב האינפורמציה למפעילים ומקבלי ההחלטות.

המאמר המלא נמצא בעמוד 1 בחלקו האנגלי של הגיליון  





הקמת הסניף הישראלי של IEEE Systems Council

ד"ר יניב מרדכי, מוטורולה

תקציר

באוקטובר 2018 אושרה ע"י הנהלת IEEE הקמת סניף של המועצה למערכות - **IEEE Systems Council**. IEEE הינו הארגון הטכנולוגי הגדול בעולם העוסק בקידמה טכנולוגית לטובת האנושות. המועצה למערכות הוקמה ב-2005 ע"י הנהלת IEEE לצורך עיסוק בנושאי רוחב הנוגעים לאגודות רבות של IEEE כגון: תהליכים ומתודולוגיות להנדסת מערכות מורכבות, ארכיטקטורה, מודלים והדמיות, אמינות, בטיחות, ניהול סיכונים ועוד. מועצת המערכות מפיקה כתבי עת וכנסים מובילים בתחום המערכות המורכבות ומרכזת מספר ועדות בנושאים רב-תחומיים כגון: תחבורה חכמה, מערכות קיברנטיות (Cyber-Physical), ממשקי אדם-מערכת ועוד. הסניף הישראלי של מועצת המערכות של IEEE יעסוק בקידום שיתוף הפעולה בין האקדמיה והתעשייה בנושאי הנדסת מערכת, קידום המחקר האקדמי היישומי בהנדסת מערכות בישראל, קידום חשיפתם של חוקרים ישראלים ומחקרים בהנדסת מערכת בקהילת המחקר הבינלאומית, וחשיפת עולם הנדסת המערכת לקהילת המהנדסים בכל הדיסציפלינות בישראל. השקה חגיגית של הסניף הישראלי של מועצת המערכות של IEEE תתקיים בכנס הנדסת מערכות הבינלאומי שיתקיים במרץ 2019 בישראל במעמד נשיא המועצה הנבחר, פרופ' וינצ'נזו פיורי מאוניברסיטת מילאנו. כמו כן יתקיים בכנס מושב ייעודי שבו יוצגו עבודות מחקר שפורסמו בכתבי עת וכנסים מובילים של IEEE בתחום הנדסת המערכות.

המאמר המלא נמצא בעמוד **11** בחלקו האנגלי של הגיליון  

סיכום הכנס הבינלאומי להנדסת מערכות 2018

ד"ר אביגדור זוננשיין, מרכז גורדון להנדסת מערכות ומוסד שמואל נאמן למחקרי מדיניות לאומית בטכניון
ד"ר רם אורון, אורבוטק ונשיא איגוד ישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL

כללי

הכנס השנתי של האיגוד העולמי להנדסת מערכות INCOSE התקיים השנה 2018 בבירת ארה"ב Washington DC, בהשתתפות למעלה מ-1000 מהנדסי מערכות ומומחי מערכות מהתעשייה, מהאקדמיה, מגופי ממשל ומינהל ציבורי מיותר מ-30 מדינות בעולם. היינו כ-10 משתתפים מהארץ, חלקנו הצגנו בכינוס והשתתפנו במפגשי קבוצות העבודה. אנו רואים בהשתתפות בכנס אפשרויות למידה מגוונות, וכן יכולת לקדם שיתופי פעולה מקצועיים למען הלמידה בחברות בארץ.

הכנס השנתי של INCOSE כולל הרצאות על הישגים, תהליכים ודילמות בתחומי הנדסת מערכות, סמינרים מקצועיים, פנלים ניהוליים ומקצועיים, תערוכה מקצועית עשירה, מפגשי קבוצות עבודה בתחומים חדשים שמעוררים עניין בקרב המשתתפים בכנס, ובתחומים ותיקים בהם נוצרה מסורת עבודה משותפת רב לאומית לקידום התחום המקצועי ואנשיו.

הכנס אורגן היטב, רוב ההרצאות והמרצים היו מעניינים ומחכימים.

הדיווח שלהלן כולל רק מדגם של נושאים להם נחשפנו במהלך הכינוס ושמומלץ לקדםם בארץ.

■ הנדסת המערכות של המחר

השנה הוקדשו רבות מהרצאות המליאה, הפנלים, ההרצאות וקבוצות העבודה לשינויים הנדרשים והצפויים בהנדסת מערכות, לאור המהפכה התעשייתית הרביעית וההתפתחויות הטכנולוגיות בקצב שינויים אקספוננציאלי שאנו חווים כמהנדסים, כחברות וכצרכנים. INCOSE גיבשה ופרסמה לפני מספר שנים את חזון 2025 הכולל שינויים מהותיים בהנדסת מערכות, אבל המהפכות הטכנולוגיות והמהפכות במודלים העסקיים מחייבות כבר עכשיו חשיבה מחדש "מחוץ לקופסא" לעתיד הנדסת המערכות בעידן החדש. ואכן נשיא INCOSE התניע תכנית חדשה לגיבוש עתיד הנדסת המערכות: The Future of Systems Engineering.

לפני פתיחת הכנס התקיים מפגש לגיבוש האסטרטגיה החדשה של INCOSE בהובלתו של ביל מילר. ביל מוביל גם את צוות עתיד הנדסת המערכות לאור השינויים הטכנולוגיים הדרמטיים, ביניהם מהפיכת היצור המתקדם המכונה Industry 4.0, מהפיכת האינטרנט של הדברים (IoT), מהפיכת ה-Big Data Analytics, והתקדמות האינטליגנציה המלאכותית (AI) והמציאות הרבודה (VR). נציין שהפנל וההרצאה שלנו (ראה דווח להלן) בכנס התמקדה בדרישות מהנדסת המערכות בסביבה החדשה והמתגרת, ובמרכיבי התהליכים והכלים שיכולים להוות את השלד של הנדסת המערכות בעתיד.

המלצתנו: לקיים חשיבה בפורומים של INCOSE_IL על הנדסת המערכות העתידית עבור החברות בישראל, ובנוסף, לקיים פנל בנושא בכנס הלאומי להנדסת מערכות המתוכנן למרץ 2019.

■ חשיבה מערכתית בשולחן עגול ממוקד אמירה והקשבה

ככנס אורגנה פעילות מיוחדת של שולחן עגול בכל אחד מימי הכינוס בשעות הבוקר המוקדמות בין 7- ל-8 בבוקר. יוזמת ומנחת הפעילות היתה ססיליה חסקינס מנורבגיה סביב הנושא "מהי חשיבה מערכתית?". בפעילות השתתפו כ-30 ממשתתפי הכנס ממגוון מדינות, רובם השתתפו בכל ארבעת מפגשי הבוקר. המיוחד במפגש זה שכל משתתף צריך להציג עמדתו בשאלה המועילית במשך כדקה, וכל המשתתפים מקשיבים בשקט לדבריו. כך נשמעות ומתקבלות עמדות ותובנות מכל המשתתפים, לומדים להציג עמדות בצורה ממוקדת וגם להקשיב לעמדות המשתתפים בצורה טובה וממוקדת. במהלך המפגשים שמענו עמדות מעניינות ולמדנו להתנהל בשולחן עגול ממוקד. כמו כן קיבלנו פרטים על המקור למתכונת זו של שולחן עגול.

לקראת הכינוס הופצה שוב למדגם של משתתפים חוברת על חשיבה מערכתית מעשית (Applied systems thinking) והם הוזמנו להשתתף בסדנא מעשית עם דר' רוברט אדסון (שהשתתף ביום העיון במרכז גורדון ובסדנא באילתם וב- INCOSE_IL ביוני 2018 - ר' סיכום בגליון זה). בסדנא נדרשו המשתתפים להתמודד עם אתגר מערכתי בזמן הכנס, תוך שימוש בגישות ובכלים המוצגים בחוברת. הסדנא התמקדה השנה בהקמת eco-system לחדשנות, תוך שימוש במודל של מערך של מערכות SoS. נמצא בידינו החומר שהוצג בסדנא זו.

המלצה: לאמץ גישה ומתודולוגיה של חשיבה מערכתית בישראל, והקמת קבוצת עבודה בנושא, בסיועו של רוברט אדסון. כמו כן מומלץ ליישם בארץ טכניקת שולחן עגול ממוקדת אמירה והקשבה כפי שהודגמה בכנס זה.

■ יישום בפועל של הנדסת מערכות מבוססת מודלים (MBSE)

כמו בכל הכנסים האחרונים הנושא המדובר ביותר בכנס הוא MBSE ויישומו בפועל. הוצגו יישומים בפועל של חברות גדולות כמו פורד, פרוקטור אנד גמבל, איירבוס, תאלס ועוד. ההצגות כללו גם דיון בלקחים ותובנות וספקי כלים ליישום MBSE הציגו יישומים על ידי כלים שנראו בשלים ליישום בפועל של MBSE. חברות הכלים כללו בין השאר את:
VITECH • THE REUSE COMPANY • CAPELLA • IBM, PTC • NO MAGIC

כמה ימים לפני פתיחת הכינוס התקיים מפגש מיוחד בסגנון TED על היתרונות וההתלבטויות בנושא MBSE. זהו היה מפגש מעולה עם המובילים בתחום. ראשון הדוברים היה דיויד לונג, נשיא INCOSE לשעבר, שהוא גם הבעלים של חברה המציעה כלים ל-MBSE. דיויד, שגם היה אצלנו בכנס הנדסת מערכות והציג את היכולות והתועלות הטמונות ב-MBSE, הדגיש את התועלות של MBSE לאו דווקא להנדסת מערכות אלא להעברה של כל מחזור החיים ההנדסי ההוליסטי לסביבה דיגיטאלית וממודלת. הדובר השני היה Troy Peterson, המוביל את קבוצת העבודה של INCOSE לקידום הטרנספורמציה ל-MBSE. הוא הציג באמצעות דוגמאות כיצד השימוש במודלים משנה התייחסות של אנשים, משנה תכניות ומשנה מערכות. הדוברת השלישית הייתה Dr. Donna Rhodes מ-MIT אשר הציגה ממצאי מחקר שערכה על האמון וחוסר האמון שאנשים נותנים במודלים. ממצאי המחקר מהווים תשתית ליישום מודלים. הדובר הרביעי שגם הנחה את כל המפגש היה Mark Sampson, אשר שיתף אותנו בהערכת ה-ROI והערך המוסף של MBSE. הדובר החמישי היה Chris Davey מחברת פורד, שהציג יישום MBSE בפיתוח ותכן מערך של מערכות רכב (SoS) אוטונומי. לפי כריס, גישות המודלים מסייעות לחברת פורד להפוך מחברת רכב לחברת תנועה (mobility). הדובר השישי היה Bob Sherman מחברת פרוקטור אנד גמבל, שהציג כיצד MBSE תומך בפיתוח מערכות, מוצרים ותהליכים חדשניים בחברתו. הדובר השביעי היה פרופ' ריקרדו ולרדי מאוניברסיטת אריזונה, ששיתף את הקהל במחקרים שלו על יצירת תובנות שאינן אינטואיטיביות באמצעות מודלים. הדובר האחרון היה Stephen Mellor אשר הציג מגמות חדשות ליצור תוכנה (Software Manufacturing) בעקבות החשיבות של תוכנה במערכות כיום. ניתן ללמוד עוד על מגמות אלו באתר:

www.iiconsortium.org

המלצתנו: יש ידע וניסיון בעולם ליישום אפקטיבי של MBSE. מן הראוי להקים בארץ קבוצת עבודה כדי ליישם שיטה זו בארץ בסיוע גורמים בעלי הידע והניסיון המעשי, וגם יודעים להעביר ידע זה בצורה טובה ונגישה. להערכתנו, Matthew Hause מחברת PTC, טרוי פטרסון ומרק סמפסון הם מועמדים מצוינים למשימה זו. כדאי שארגונים גדולים ילמדו מהניסיון המצטבר של חברות כמו: איירבוס, פרוקטור אנד גמבל, פורד, THALES. בנוסף, כמהלך תומך, כדאי להזמין את המומחים האלו לימי עיון ולכנסים בארץ.

■ פיתוח כלים חדשים לניתוח ותכן מערכים (SoS) מתפתחים ו"מתגלגלים"

נושא נוסף שהיה פופולארי בכנס היה הנדסת מערכים (SoS) מתפתחים ומתגלגלים. הנדסת המערכות הקלאסית אינה נותנת מענה הולם לפיתוח ותכן מערכות כאלו, ולו רק עקב אי בהירות הדרישות והציפיות בתחילת הדרך, השתנות תכופה של הדרישות, ריבוי בעלי עניין, חוסר ניהול והנדסה מרכזית. לכן הוקמה קבוצת עבודה של INCOSE המגבשת כבר מספר שנים מתודולוגיה לפיתוח ותכן מערכים, ולאחרונה הופץ מדריך ראשון בתחום זה:

<https://www.incose.org/products-and-publications/sos-primer>

גישה נוספת היא פיתוח מערכות אג'יליות, המאפשרות שינויים תכופים בדרישות, באילוצים ובפתרונות. בכך עוסקת קבוצת העבודה לגישות אג'יליות, המוזכרת בסעיף הבא.

המלצתנו: עקב התפתחות המערכים בכל התחומים מומלץ ללמוד את המענה של הנדסת מערכות מתקדמת לפיתוח מערכים. בשנים האחרונות מוביל ערן ראובני מחקר במסגרת מרכז גורדון לפיתוח מתודולוגיה חדשנית בתחום זה. מתודולוגיה זו תשתמש גם ביכולות MBSE החיוניות בתחום זה ומן הראוי לשקול הקמת קבוצת עבודה בנושא שתמוך במהלכים הנדרשים.

■ קידום גישות ושיטות אג'יליות (agile) ורזות (lean) על ידי חברות ומומחים

גם השיטות האג'יליות והרזות זכו לנוכחות משמעותית בכנס זה והמוביל ב-INCOSE בתחום זה הוא Rick Dove שכבר היה אצלנו בארץ. קבוצת עבודה של INCOSE בהובלתו פיתחה מדריך להנדסת מערכות אג'יליות:

<https://www.incose.org/incose-member-resources/working-groups/transformational/agile-systems-se>

גליון יוני 2018 של INSIGHT, העיתון של INCOSE, הוקדש לנושא ה-agile, בעריכתו של Dove.

בנוסף, מקדמים מומחים אחרים יישום מסגרת לתהליכים אג'יליים בשם Scaled Agile Framework (SAFe)

www.scaledagileframework.com

המלצתנו: חשיבותן של השיטות האג'יליות ביישום הנדסת מערכות בכל התחומים גדלה בשנים האחרונות, ולכן חיוני לאמץ וליישם שיטות אלו בפועל. יש להקים קבוצת עבודה בנושא בארץ, ולגבש בה כלים ליישום השיטות, על בסיס המאמץ של INCOSE והמדריך שפותח.

■ שילוב בין המערכת לגורמים האנושיים - מפעילים ומשתמשים

במרבית ההרצאות מוזכר תפקידם של האנשים כחלק חשוב וחיוני של המערכות, כמתפעלים, מתכננים, משתמשים, צרכנים ולקוחות. הגישה המקובלת היא HIS - Human System Integration והיא מתפתחת בשנים האחרונות בעקבות האתגרים של תפעול ושימוש מערכות מורכבות עתירות תוכנה ועתירות טכנולוגיות מתקדמות. קבוצת העבודה של אינקוסי בתחום זה מחדשת את פעילותה בראשות Prof. Guy Boy ובשנה הבאה מתוכנן כנס בינלאומי של INCOSE בנושא, בהובלתו.

המלצתנו: להמשיך במאמצים בפיתוח ויישום תחום HSI בארץ, במסגרת קבוצת העבודה שהוקמה לפני כשנתיים, ושכבר הפיקה מספר מסמכים מנחים והכשרות ייעודיות. אנו נמצאים בשלבי חשיבה על פיתוח עתידי של תחום זה, כולל ייזום מחקרים לקידום הבנתנו בתחום.

■ היכולות הנדרשות ממהנדסי מערכות

סדרת קבוצות עבודה בראשות האיגוד הבריטי להנדסת מערכות גיבשו את רשימת היכולות החיוניות והכישורים של מהנדס מערכות. לאחרונה הופצה רשימה זו על ידי INCOSE כתבנית מסגרת ליכולות של מהנדסי מערכות, תחת השם Copetencies Framework.

<https://www.incose.org/products-and-publications/competency-framework>

תבנית זו משמשת הן את האקדמיה בהכשרת מהנדסי מערכות, הן חברות בהכשרה וקידום של מהנדסי המערכות שלהם, והן איגודים מקצועיים הפעילים בתחום חינוך מהנדסים. תבנית זו כוללת גם יכולות חיוניות רכות, כגון: מנהיגות ומובילות, חדשנות, יצירתיות ועבודת צוות.

המלצתנו: ללמוד מסגרת זו, ולהתניע מהלך הבוחן אילו יכולות נכללות כבר בתכניות ההכשרה שלנו באקדמיה ובמסגרות נוספות של אילטם ו- INCOSE_IL, וכיצד נכון להשלים תכניות אלו. במקביל יש להתניע מהלך בדיון ב- INCOSE_IL.

■ הסמכת מהנדסי מערכות על בסיס גוף הידע של המדריך להנדסת מערכות, מהדורה 4

מאז 2004 מציעה INCOSE את תכנית ההסמכה למהנדסי מערכות הכוללת בחינה והערכת הניסיון של מהנדס המערכות. קיימות 3 רמות הסמכה: ASEP - לחסרי ניסיון, CSEP - לבעלי ניסיון, ESEP - למומחים ובעלי ניסיון רב. עד היום הוסמכו כ- 2000 מהנדסי מערכות מכל העולם, בעיקר ברמת CSEP. בארץ הוסמכו בינתיים 2 מהנדסי מערכות (CSEP-1, ESEP-1). בארץ עדיין אין מסורת ותהליך מקובל ליישום תכנית ההסמכה בישראל. ניסיון שנעשה בעבר על ידי הטכניון - לא צלח.

ההכשרה והבחינות מתקיימות על פי התכנים של המדריך של INCOSE להנדסת מערכות, מהדורה 4.

כיום יש כבר למעלה מ-2600 מהנדסי מערכות מוסמכים בלמעלה מ-30 מדינות ובעשרות חברות מובילות.

בכנס זה נמשך המאמץ להכשיר מהנדסי מערכות לפי תכנית ומתכונת זו, וכן לעודד עוד חברות ומהנדסים להשתלב בתכנית ההסמכה הזאת.

המלצתנו: לבחון מחדש את נושא הסמכת מהנדסי מערכות בישראל על ידי דיונים ב- INCOSE_IL וסקרים לבחינת הידע של מהנדסי מערכות בישראל.

■ גיבוש התיאוריה המדעית שבבסיס הנדסת המערכות במסגרת מדעי המערכות - System Sciences

פעילות זו נעשית גם בשיתוף האיגודים המקצועיים העוסקים במדעי המערכות, כגון International Society for Systems Sciences - ISSS. פעילות זו הניבה מספר מאמרים המציגים יישום תיאוריות מתחומי מדעי המערכות להנדסת מערכות, חלקם של מדעני מערכות וחלקם של מהנדסי מערכות. בשלב זה עוסקים המאמרים בעקרונות המדעיים ובהגדרות כמו גבולות המערכת, ובעלי העניין במערכות. העמיתים (Fellows) של INCOSE משקיעים כוון זה מאמצים מיוחדים כדי לגבש את הבסיס התיאורטי והמדעי להנדסת מערכות. לדעתם, זהו תנאי יסוד לקיום וקידום הנדסת מערכות כדיסציפלינה מקצועית.

המלצתנו: פרופ' דב דורי מהטכניון מעורב בחלקים מפעילות זו ומן הראוי שישתלבו נציגים נוספים מהאקדמיה בישראל.

■ שילוב מערכתי של היבטי בטיחות בהנדסת מערכות

בכנסים הקודמים הופנתה תשומת לב מועטה יחסית להיבטי בטיחות בהנדסת מערכות. הנימוק שנשמע בעניין היה, שהבטיחות מטופלת על ידי הגורמים המקצועיים העוסקים בבטיחות. בכנס הפעם השתנתה מגמה זו מקצה לקצה: מספר מאמרים בתחומי

בטיחות מערכתית הוצגו על ידי מהנדסי מערכות מובילים, הוקמה קבוצת עבודה לבטיחות מערכות במסגרת INCOSE, ומעל הכול הייתה הרצאתה של פרופ' ננסי לוויסון מ-MIT, הנחשבת ל"כוהנת גדולה" בתחום זה, על יישום שיטתה STAMP בשלב תכן מערכות. תוך כך התברר שמהנדסי מערכות מובילים מכירים את STAMP וכבר מיישמים אותה בפועל.

המלצתנו: להצטרף למגמה ברוכה זו, ללמוד את STAMP בישראל, וליזום יישום השיטה בחברות, פרויקטים ומערכות בהן נושא הבטיחות הוא קריטי להצלחה.

■ הנדסת מערכות בקווי מוצרים

נושא זה הפך להיות "חם" בשנים האחרונות בחברות ובאקדמיה והאיגוד הצרפתי להנדסת מערכות ומספר חברות מעוניינות פיתוח מדריך להנדסת מערכות בקווי מוצרים. השנה הוצג המדריך בשפה האנגלית, אשר מעיד על עולה כי הוא מדריך מעשי מאד לפיתוח הנדסת מערכות בקווי מוצרים. והפעילות נמשכת במסגרת קבוצת העבודה PLE (Product Line Engineering) ב-INCOSE. קבוצת העבודה מתכננת להוביל מהלכים ופעילויות לקידום הנושא באמצעות סמינרים, ימי עיון, webinars וכדומה, במספר כיווני פעולה:

- קידום השימוש במדריך להנדסת מערכות בקווי מוצר;
- קידום התקינה הבינלאומית בתחום קווי מוצרים – לאחרונה הופצו התקנים לניהול פורטפוליו של פרויקטים-IEC26550-266551/ISO.
- מתן עדיפות לפיתוח הנדסת מערכות קווי מוצר בתעשיית הרכב כגון: Renault ו-Alston.
- הכנסת הנושא לאקדמיה.
- יצירת ניתוחי אירוע Case Studies.

המלצתנו: לכל המתעניינים והעוסקים בנושא בישראל מומלץ להקים קשר עם קבוצת עבודה זו (אפשרי גם להקים קבוצת עבודה אצלנו). המוביל של קבוצה זו הוא Gongora-Hugo Chale, שכבר השתתף בעבר באחד מימי מרכז גורדון.

■ שילוב מערכתי בין הנדסת מערכות להנדסת תוכנה

כל המערכות וכל המערכים כיום הם עתירי תוכנה, לכן יש חשיבות עליונה לשילוב נכון וסינרגטי של הנדסת תוכנה והנדסת מערכות. ב-INCOSE הוקמה קבוצת עבודה בראשות Dr. Sara Sheard מ-SEI המובילה מהלך בתחום זה.

המלצתנו: כדאי ללמוד ממהלך זה באינקוסי, ולהיעזר בהם בקידום מהלך כוון זה בישראל. יש לזהות צוות ישראלי המורכב ממהנדסי תוכנה ומהנדסי מערכות לקידום הנושא בארץ.

■ שילוב היבטי מנהיגות וחדשנות בהנדסת מערכות

בעולם של היום, העולם של המהפכה התעשייתית הרביעית, של הרשתות החברתיות, של התפוצצות המידע ועוד, חיוני לשלב בחיים ובעבודה היבטים של מנהיגות וחדשנות. גם מהנדסי מערכות צריכים ליישם היבטים של מנהיגות וחדשנות בעבודתם ופעילותם. שתי הרצאות מליאה הוקדשו להיבטים אלו.

Langdon Morris הציג את היבטי החדשנות המערערת (Disruptive Innovation) לאור השינויים הדרמטיים בטכנולוגיות ובאקוסיסטם: The Big-shift Innovation and Systems Engineering.

Barbara Kellerman הציגה את גבולות המנהיגות בעולם הרשתות ו"קול ההמון": Limits on Leadership – How to Manage Them.

בנושא המנהיגות של מהנדסי מערכות, יצוין שבמסגרת הכנס נערך הסיום של המחזור השלישי של סדנת מנהיגות למהנדסי מערכות (בסך הכל יש כ-60 בוגרים לסדנאות אלו) והותנע המחזור הרביעי. לאחרונה קיימנו בישראל מחזור אחד של סדנא דומה.

המלצתנו: נושאי חדשנות ומנהיגות ראויים לקידום גם בישראל. מומלץ לקיים בישראל עוד סדנת מנהיגות למהנדסי מערכות (נמצאת בתכנון להמשך השנה). בנוסף, מן הראוי שבוגרי הסדנאות הללו יהוו קהילת מנהיגות וישמשו כמנטורים בסדנאות ההמשך.

■ יישום הנדסת מערכות בתחומים שונים

אחד המאמצים העיקריים של INCOSE הוא להרחיב את היישום של מתודולוגיות הנדסת מערכות לתחומים נוספים פרט לתחומי הביטחון, התעופה והחלל. מוכרת לנו הרחבת הפעילות לתחום התחבורה (קיימנו יום עיון בארץ בתחום זה). בנוסף, נעשים מאמצים בתחומי תעשיית הרכב, תעשיית הרפואה, תחום התשתיות, ותחום העסקים הקטנים. השנה נעשו מאמצים מיוחדים בתחום התשתיות.

המלצתנו: לאמץ בישראל מגמות אלו של יישום הנדסת מערכות בתחומים חדשים על ידי זיהוי וגיוס מובילים מתאימים בתחומים השונים.

■ הנדסת מערכות תחבורה

קבוצת העבודה להנדסת מערכות תחבורה ממשיכה בפעילותה ב-INCOSE והמפגש שהתקיים במהלך הכנס התמקד הפעם בדווח על פרויקטים בהם מיושמים תהליכים להנדסת מערכות. יש לציין שבקבוצת העבודה הזו שותפים מהנדסים בכירים מתחום התחבורה שרואים בשילוב הנדסת מערכות אפקטיבית בפיתוח מערכות תחבורה משימה אישית, כאשר במשימה זו הם משלבים הן את מסגרת קבוצת העבודה והן את פעילותם בחברות בהם הם עובדים.

המלצתנו: להמשיך את הקשר שיצרנו דרך אן אוניל עם בכירי ופעילי קבוצת העבודה הזאת, כדי לסייע לקדם את הנדסת מערכות בחברות בישראל.

■ פעילויות באקדמיה לפיתוח הנדסת מערכות

במסגרת INCOSE נעשה מאמץ רב שנתי לקידום הנדסת מערכות באקדמיה במסגרת ה-Academic Council. מועצה זו מנסה לתרום לכווני ההשקעה בקידום הנדסת מערכות (לימוד ומחקר) באקדמיה, וכן לאתר תוצרים של האקדמיה למען קהילת מהנדסי המערכות. הפעילות הזאת מובלת כיום על ידי פרופ' אריאלה סופר מ-GMU. בין הנושאים שהוצגו ונדונו:

- **פיתוח התיאוריה המדעית של הנדסת מערכות.** הוצג המחסור בבסיס מדעי-תיאורטי מעמיק עבור דיסציפלינת הנדסת מערכות, ונדונו צעדים לגיבוש תיאוריה כזאת בעזרת מדעני מערכות, כפי שצוין לעיל.
- **תכניות הכשרה להנדסת מערכות.** להערכת הפורום, תכניות הלימודים באקדמיה אינן מעודכנות במידה מספקת. חסר כיסוי לנושאים חדשניים וכן כיסוי להכשרה לכל הכישורים הנדרשים ב-Competencies Framework שתואר לעיל. נראה גם שתכניות הלימודים הקיימות מעוררות יותר שאלות מתשובות. הוצגה רשימה מפורטת של היכולות הנדרשות ממהנדסי מערכות, וכיצד תכניות הלימודים מכסות תחומים אלו. כמו כן דווח על התקדמות Graduate - GRCSE Reference Curriculum for SE, אשר השימוש בו עדיין קטן.
- **שיפור כתב העת Systems Engineering.** Prof. Oli de Weck מסיים 5 שנים כעורך העיתון ומעביר את השרביט לעורך הבא, הוא תיאר את מאמציו לשיפור ההשפעה המקצועית (Impact Factor) של עיתון זה, על ידי הגברת הציטוטים של מאמרים מתוך כתב העת, שכתוצאה מהם מתקרב מדד ה-IF של העיתון ל-1.0. בנוסף, העיתון מופיע 6 פעמים בשנה במקום 4 פעמים, וזה מאפשר ליותר מאמרים וכותבים להיכלל בו.
- **עדכון על עיתון INSIGHT.** כתב העת הרשמי של INCOSE מכיל מאמרים יותר מעשיים ופחות מדעיים. העורך החדש שלו הוא Bill Miller.

● **שיפור הקשרים בין גוף האקרדיטציה האמריקאי ABET לבין INCOSE.** זהו מאמץ מתמשך כדי לשפר את תהליכי האקרדיטציה של תכניות הנדסת מערכות בארה"ב ובעולם.

סיכום והמלצות: יש להקים ולהתניע פורום אקדמי בישראל. במסגרת INCOSE יש פעילות ענפה ומתמדה לקידום הנדסת מערכות באקדמיה בהיבטים השונים. מומלץ שנהיה מעורבים יותר בפעילויות אלו וגם נשפיע על כווני הפעולה, כדי שהתכניות האקדמיות בארץ יהיו עדכניות. פרופ' אריאלה סופר שעומדת בראש הוועדה האקדמית תשמח לסייע בעניין זה.

■ המדריך המעודכן של INCOSE להנדסת מערכות

במהלך הכינוס הושקה מהדורה 4 המעודכנת של המדריך להנדסת מערכות

INCOSE Systems Engineering Handbook - a guide for system life cycle processes and activities

אשר הותאמה לתקן החדש להנדסת מערכות ISO/IEC/IEEE 15288:2015 ולמדריך לגוף הידע של הנדסת המערכות - SEBok. במהדורה שולבו תפיסות עדכניות שפותחו במסגרת קבוצות העבודה בתחומים כמו lean, תפירת תהליכים, שילוב הנדסות מיוחדות כגון RAMS ואחרות.

כל המסמכים לעיל משמשים גם כבסיס להסמכת מהנדסי מערכות בעולם.

המלצתנו: יש למנות צוות מקצועי שילמד את המדריך של INCOSE וימליץ על הנושאים מגוף הידע המתאימים ביותר לקידום בישראל.

■ אפשרויות לימוד ושיתוף פעולה עם Worcester Polytechnic Institute - WPI

גם בכנס זה נפגשתי עם אנשי האוניברסיטה WPI המקיימים תכניות מעניינות לתארים שני ושלישי בהנדסת מערכות ובחשיבה מערכתית. חלק גדול של התכנית הינו מקוון (Online), כלומר ניתן ללמוד מרחוק, ואפשר למצוא פרטים אודותיה בקישור

<http://www.cpe.wpi.edu/online/systems.html>

אנו נמצאים בקשר קבוע עם Bob Swartz, שהגיע מהתעשייה וכיום עומד בראש תכניות אלו. בוב אירגן ב-WPI יום עיון בשנה החולפת במתכונת ימי גורדון בנושא MBSE, ובנוסף לכך יצר ביחד עם שרון שושני קורס ייחודי של ניתוחי אירועים (Case studies) בהנדסת מערכות, אותו הוא מתכנן להעביר ב-WPI בסמסטר הקרוב.

המלצותינו: להמשיך בשת"פ עם WPI. לבחון אפשרות העברת קורס ניתוחי אירועים בהנדסת מערכות במסגרת התכנית במרכז גורדון/טכניון.

■ השתתפות ותרומת ישראלים לכינוס זה

הישראלים שהשתתפו באופן פעיל בכינוס הציגו מספר מאמרים:

פרופ' דב דורי מהטכניון השתתף בהצגת מספר מאמרים ופאנלים במסגרת קבוצת עמיתים של INCOSE. ד"ר אביגדור זוננשיין הציג מאמר משותף עם פרופ' רון קנת ממוסד שמואל נאמן בטכניון, ופרופ' בוב שוורץ מ-WPI בנושא:

Systems Engineering, Data Analytics, and Systems Thinking: Moving Ahead to New and More Complex Challenges

ד"ראביגדור זוננשיין, הנחה פנל בנושא:

Is systems engineering well-equipped for the fourth industrial revolution?

כפאנל השתתפו:

- Ms. Kerry Lunney, ESEP, THALES, AUSTRALIA- The INCOSE President Elect
- Dr. Cecilia Haskins, ESEP, NTNU, NORWAY
- Dr. Alice Squires, Washington State University, USA
- Prof. Ron Kenett, KPA Ltd & The Neaman Center for Policy Research/TECHNION- ISRAEL
- Prof. Bob Swarz, WPI, USA

המאמרים והפגישות התקבלו בעניין ועוררו שאלות ותגובות רבות. המשתתפים הישראלים לקחו חלק גם במפגשי קבוצות העבודה הרלוונטיות לתחום עיסוקם, יצרו קשרים מקצועיים וחברתיים עם מומחי הנדסת מערכות מובילים, ועניינו בהמשך הקשרים איתנו. הנשיא הנוכחי של INCOSE, גרי רודולר, הוזמן לכנס הלאומי להנדסת מערכות בישראל במרץ 2019.

ד"ר רם אורון קיבל בשם האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL את מדליית הכסף על הישגי האיגוד ב-2017.

יישום הסכם החברות האישית המיוחדת של חברי INCOSE_IL/אילטם ב-INCOSE במסגרת הכינוס טיפלו בהארכת תוקף הסכם החברות האישית המיוחדת של חברי INCOSE_IL ב-INCOSE. בעקבות טיפול זה נחתם הסכם ההארכה לעוד שנה. אנו מקווים שהחברים בישראל ישתמשו יותר בשירותים של INCOSE ללמידה והתעדכנות.

המלצתנו: לעורר את המודעות של החברים באיגוד הישראלי לפוטנציאל התרומה המקצועית בשימוש במאגרי הידע והמידע של INCOSE, ואפשרות השתתפות בכנסים וקבוצות עבודה.

■ הכנסים הבינלאומיים הבאים בהנדסת מערכות

- הסדנא הבינלאומית של INCOSE-IW 26-29 בינואר 2019, לוס אנג'לס, ארה"ב
- הכנס הבינלאומי ה-29 של INCOSE-IS 20-25 ביולי, 2019, אורלנדו, פלורידה, ארה"ב
- הכנס הבינלאומי ה-30 של INCOSE-IS 26-29 ביולי 2020, קיפטאון, דרום אפריקה
- כנס "שילוב אדם-מערכת" (HSD) של INCOSE 11-13 בספטמבר 2019, ביאריץ, צרפת

המלצתנו: לעודד השתתפות חברים וחברות בכנסי INCOSE השונים.

■ סיכום והמלצות

הכנס הבינלאומי של INCOSE הוא בהחלט אירוע טוב ללימוד מהנסיון והידע המצטבר של אחרים. מוצגות בכינוס התנסויות מגוונות, עדכניות ובזמן אמת. גם הקשרים המקצועיים הנוצרים במסגרת זו, הם יקרי מציאות, ולכן מומלץ לקהילת מהנדסי מערכות בישראל להשתתף בהיקף יותר גדול ומשמעותי בכנסים אלו. מן הראוי שהחברות בהן מיושמים תהליכי הנדסת מערכות יעודדו ויתמכו בהשתתפות אנשיהם בכנסים אלו.

במסגרת סיכום זה המלצנו על קידום מספר נושאים חשובים בהנדסת מערכות על ידי דיונים עקרוניים ב-INCOSE_IL, הכללתם בפגישות וכנסים בישראל, והקמת מספר קבוצות עבודה. לשם כך עלינו לרתום מובילים בארץ לתרום מזמנם ולסייע מניסיונם לקדם נושאים אלו בארץ.

חשיבה מערכתית יישומית - APPLIED SYSTEM THINKING סיכום יום עיון להנדסת מערכות על שם ד"ר זאב בונן, 19.6.2018

ד"ר אביגדור זוננשיין, מרכז גורדון להנדסת מערכות, הטכניון

מבוא

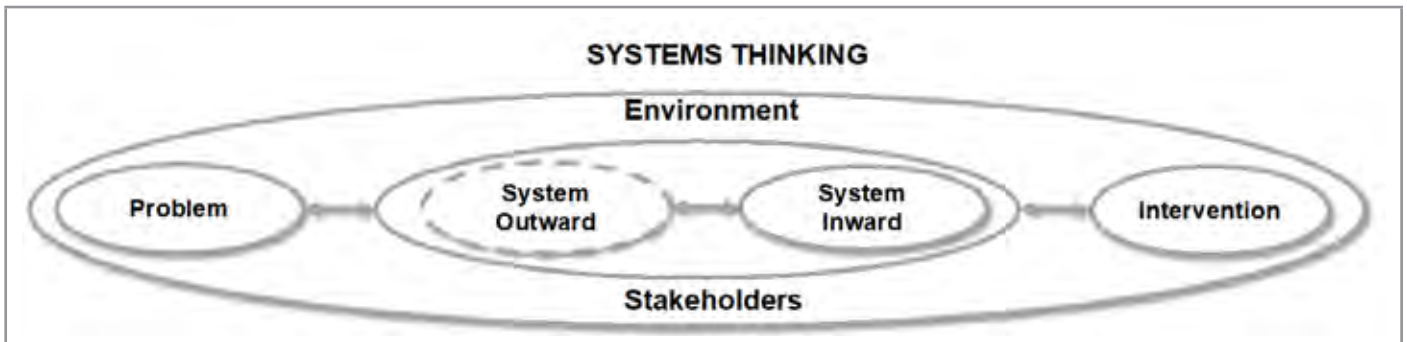
יום העיון החצי שנתי של מרכז גורדון התמקד הפעם בהיבטי חשיבה מערכתית יישומית, ובנוסף הוצגו היבטים של דיסציפלינות הנדסיות אחרות ומה ואיך הנדסת מערכות יכולה ללמוד מהן. הלימוד מדיסציפלינות אחרות נובע משני מקורות: הנדסת מערכות היא דיסציפלינה בהתהוות וראוי שתלמד מפרקטיקות אחרות, מהנדסי מערכות עובדים עם כל הדיסציפלינות בתכן ויצירת מערכות, ולשם כך ראוי שיכירו את השפה והפרקטיקות של דיסציפלינות אחרות.

ביום העיון על שמו של דר' זאב בונן ז"ל, שהתקיים בטכניון השתתפו כ- 200 מהנדסי מערכות ומנהלי פרויקטים מהתעשייה, מהאקדמיה וממערכת הביטחון. אלמנתו של זאב, שוש, נשאה דברים לזכר זאב וציינה עד כמה הנדסת המערכות הייתה חשובה בעיניו.

בפתיחה ברכו השותפים לארגון ימי עיון אלו - פרופ' יוסי בן אשר, ראש מרכז גורדון וד"ר רם אורון, נשיא האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE.IL, בשם האיגוד ואילטם.

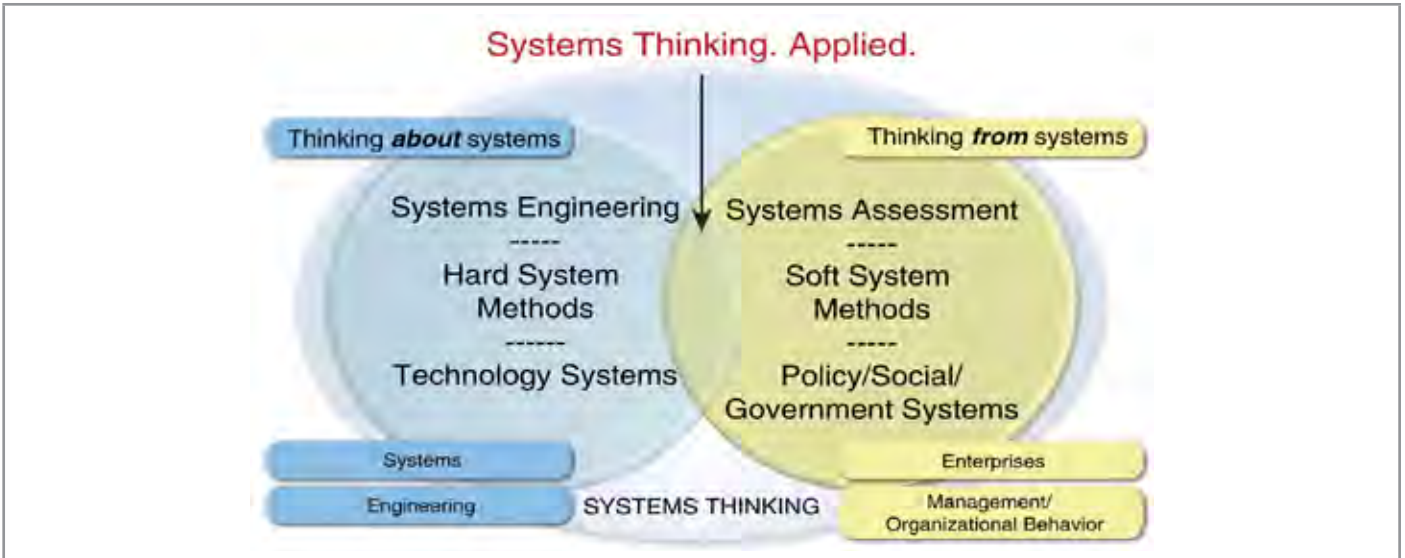
Application of Systems Thinking in Modern Systems Engineering

ד"ר רוברט אדסון, מומחה מארה"ב העובד ב-MITRE, תיאר גישה סדורה ופרקטית ליישום חשיבה מערכתית בהנדסת מערכות מודרנית. לפי גישה זו צריך להתחיל מזיהוי הגדרת הבעיה, הסתכלות על המערכת מבחוץ מבחינת הסביבה ומחזיקי העניין, הסתכלות בתוך המערכת והתערבות, כמתואר בתרשים הבא:

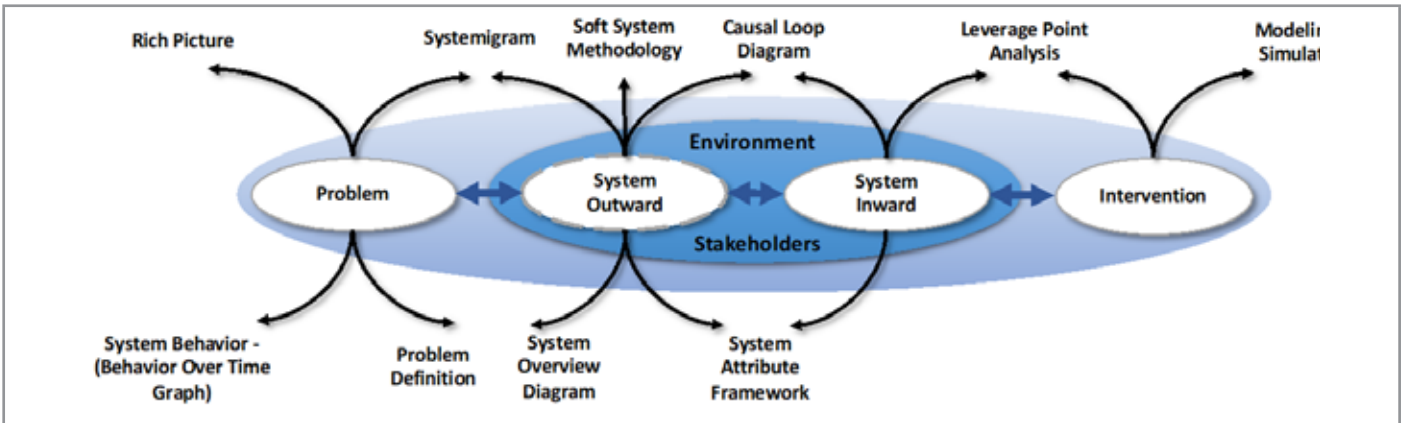


רוברט הציג את הערכותיו לאתגרי הנדסת מערכות, כגון ריבוי תחומי עיסוק כולל חברתי, גידול בהיקף המערכות כולל מערך של מערכות, שינויים מהירים בטכנולוגיות ובסביבה, מציאות איומי סייבר והיקף נתונים גדול (Big Data). לשם כך צריכה הנדסת המערכות להתאים עצמה ולתת מענה באלמנטים המתוארים בתכנית האסטרטגית של INCOSE כגון גישות הוליסטיות, גישות השמות את האדם במרכז, שיתוף פעולה רב דיסציפלינרי והתבססות על מידע ונתונים.

אחד המענים היא בחשיבה מערכתית המשלבת גישות "קשות" וגישות "רכות" כמודגם בתרשים הבא:



לשם יישום הגישה בפועל, גיבש רוברט יחד עם אחרים סדרת כלים לחשיבה מערכתית, המודגמים בתרשים הבא:



רוברט הדגים יישום חלק מהשיטות על תכנון מערכת הבריאות למבוגרים בארה"ב, וכן לפתרון בעיית ההתמכרות לאופיום. לסיכום מוצע:

- להבין ולפתור את הבעייה הנכונה.
- לתקשר עם מחזיקי העניין.
- לקבוע את היחסים בין המרכיבים השונים.
- לגבש קונטקסט למרכיבים לאורך כל מחזור החיים.
- לגבש תחום פיתרון חדש.
- זיהוי נקודות התערבות שנותנות את הערך המוסף הגדול ביותר.

Establishing a Syllabus for Bachelor's Degree in Systems Engineering, Focusing on Technological Optimization

ד"ר אמיר זיו אב הציג הצעה לשילוב לימודי הנדסת מערכות בתואר הראשון בהנדסה. אמיר העלה הצעה זו עקב הצורך לתכנן מערכות מורכבות רב תחומיות הדורשות מיומנויות באופטימיזציה טכנולוגית רב פרמטרית ורב תחומית. אמיר מציע את ההתמחות הדיסציפלינרית לתואר השני. בהרצאה עלו ההתלבטויות האם הסטודנט לתואר ראשון בשל מבחינת ידע, ניסיון ובגרות ללמוד

ולספוג תורות מערכתיות. הוזכר המאמץ שנעשה במוסד שמואל נאמן לגיבוש דמותו של המהנדס במאה ה-21, ואיך צריך להכשיר את המהנדס המודרני בין השאר לרב תחומיות.

Practical Systems Thinking

פרופ' יוסי בן אשר הציג גישות שימושיות לפתרון בעיות בגישה מערכתית. יוסי התחיל באזכור משנתו של דיקרט: לכלול רק את הדברים שאין עליהם ספק, לחלק כל קושייה לכמה חלקים שיהא אפשר לפותרה באופן הטוב ביותר, להתחיל בדברים פשוטים ולעלות אט אט להכרת הדברים המורכבים יותר, לפקוד את הכל במפקד שלם כך שנהיה בטוחים שלא דילגנו על שום דבר. יוסי הציג מספר בעיות וכיצד ניתן לפתורן בצורה יישומית תוך שימוש בעקרונות על (כגון חוק שימור האנרגיה) וגישות מערכתיות.

Challenges for Systems Thinking in Systems Engineering

פרופ' מוטי פרנק התייחס לנושא הראייה המערכתית בשני היבטים:

- יכולת אישית.

- גישה לטיפול בבעיות מורכבות.

והציע מודל של 3 שכבות לפיתוח הנושא וליישומו:

שכבה 1 - הערכת יכולת חשיבה, בדומה למבחני IQ ומבחני יצירתיות בהם מפרקים לגורמים (factors), "מודדים" כל אחד לחוד ומשקללים לאינדקס אחד.

שכבה 2 - "פירוק לגורמים" של יכולת החשיבה המערכתית. הפירוק מתבסס על לימוד ממחקרי מנהיגות, בהם ניסו לזהות את המאפיינים של מנהיגים בולטים.

שכבה 3 - זיהוי המאפיינים של בעלי יכולת חשיבה מערכתית גבוהה, המתבססת על חקר של מאפייניהם של מהנדסי מערכות מוצלחים.

מוטי ציין כמה מאפיינים של בעלי חשיבה מערכתית:

- הבנת השלם מבלי להיתקע בפרטים.

- הבנת ראיית השלם, המערכת השלמה והתמונה הכוללת.

- ראיית קשרי גומלין והשפעות הדדיות בין חלקי המערכת.

- מיצוי תכונת הסינרגיות של המערכת.

- ראיית אנלוגיות, דימיון והקבלות למערכות אחרות.

יחד עם אחרים פיתח מוטי כלים יישומיים לאבחון מהנדסים עם ראייה מערכתית, והוא מציע שיטות שונות לפיתוח של ראייה מערכתית אצל מהנדסים.

The Digital Transformation and its Impact on the Working Models of the Systems Engineers and Analysts

רז הייפרמן הציג את מרכיבי המהפיכה הדיגיטאלית המשפיעים על ההתפתחויות בתחומי טכנולוגיות מידע, על העיסוקים של מנתחי המערכות, שהפכו להיות טכנולוגים של מידע, ועל המערכות המפותחות ומיושמות, הכוללות יותר מערכות הכוללות טכנולוגיות מידע ומבוססות מידע ונתונים. התפתחויות אלו תורמות לפיתוח יותר קשרים בין הנדסת המערכות מבוססת מידע לבין מנתחי המערכות שמשמשים כטכנולוגים של מידע.

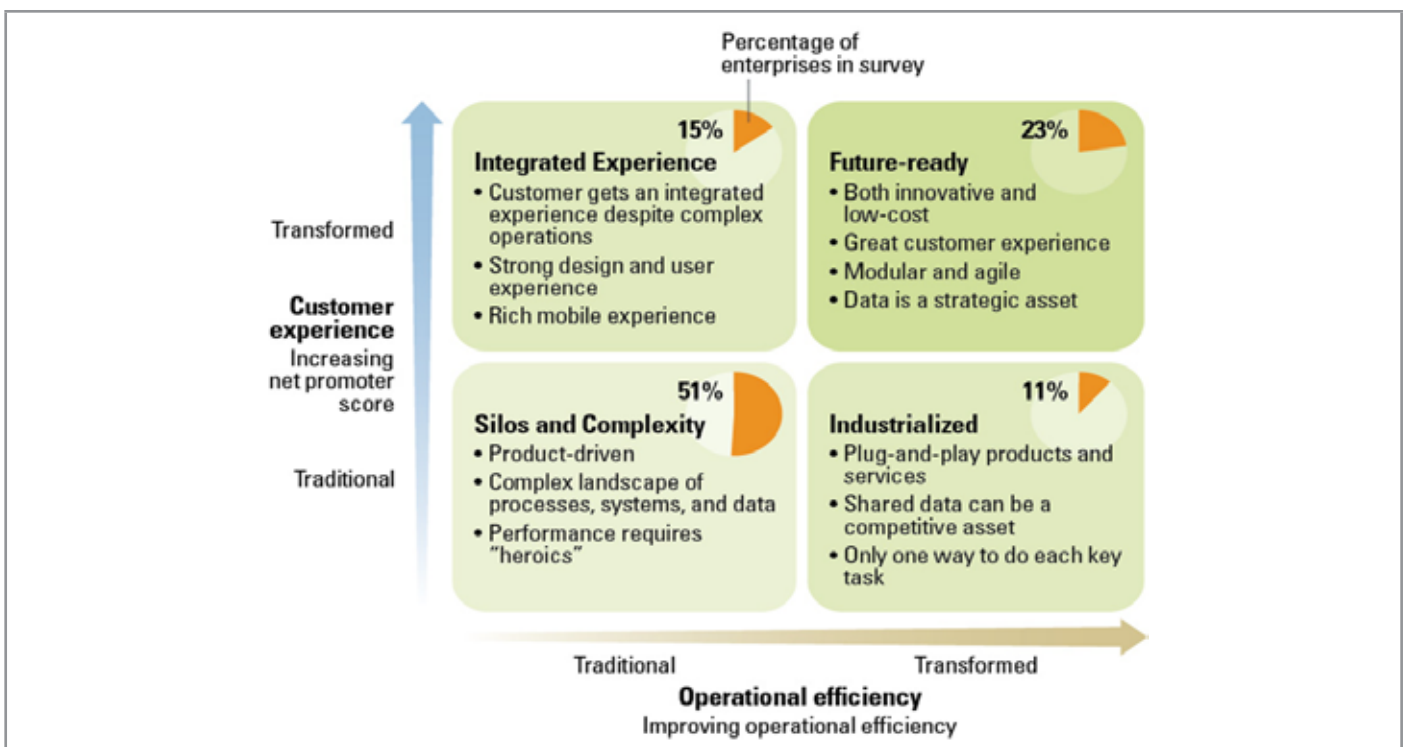
ארבע הטכנולוגיות שמניעות את המהפכה הן:

- רשתות חברתיות (Social Networks)
- מובייל (Mobile)
- אנליטיקה (Analytics)
- מחשוב ענן (Cloud Computing)

טכנולוגיות נוספות:

- אינטרנט של החפצים (Internet of Things)
- אינטליגנציה מלאכותית (Artificial Intelligence) ומכונות לומדות (Learning Machines)
- עיבוד תמונה וקול (Image and Voice Processing)
- מחשוב קוגניטיבי (Cognitive Computing)
- מיקור וחכמת המונים (Crowdsourcing)
- הדפסה תלת מימדית (3D Printing)
- מציאות מדומה ורבודה (Virtual/Augmented Reality)
- רובוטיקה מתקדמת
- מכונות אוטונומיות (Autonomous Vehicles)
- רחפנים (Drones)
- תקשורת רחבת פס וחיבור מתמיד (Hyper Connectivity)
- עיבוד מקבילי מסיבי (Massive Parallel Computing)
- עיבוד בתוך הזיכרון (In Memory Computing)

רוב הארגונים (77%) אינם מוכנים עדיין לעידן הדיגיטאלי, כמוצג בממצאי סקר הבשלות הבא:



לכן יש חשיבות לאיחוד ולשילוב כוחות בין מנתחי המערכות, אנשי טכנולוגיות המידע ומהנדסי המערכות כדי לקדם ארגונים ועסקים בטרנספומציה הדיגיטאלית. שילוב כוחות זה בא להתמודד עם מערכות מורכבות עם מאפיינים חדשים התורמים למורכבות:

- מערכות מבוזרות
- מונעות ע"י אירועים (Event Driven)
- מרובי טכנולוגיות, בסיסי נתונים ופרוטוקולים
- שילוב טכנולוגיות ענן (Cloud Computing)
- נדרשות להתמודד עם אתגרי אבטחת מידע וסייבר
- המיקוד עובר לחווית הלקוח והמשתמש

כדי לענות על אתגרי מערכות מסוג זה בסביבת פיתוח המחייבת מהירות בהגעה לשוק (TTM), נדרשות מתודולוגיות פיתוח חדשניות, כמו:

- DevOps/DevSecOps
- פיתוח מהיר בתפיסות Agile
- שימוש חוזר באובייקטים (Reusable Objects)
- פריסה ב- Containers
- Bi Modal IT
- Minimal Viable Product - MVP
- Open Source

בכולן נדרש שיתוף פעולה הדוק בין הדיספלינות, ובמיוחד הנדסת מערכות ומנתחי מערכות/אנשי טכנולוגיות מידע.

The Essence of Software Engineering and its Application to Systems Engineering

פרופ' עמיר תומר הציג מיזם ומאמץ בינלאומי הנקרא The Essence of Software Engineering שמטרתו היא לעצב גישות מערכתיות להנדסת תוכנה משולבת בהנדסת מערכות שתוכל לתת מענה ראוי והולם לאתגרי המערכות עתירות תוכנה, עתירות מידע וטכנולוגיות דיגיטאליות וטכנולוגיות מידע ומרובות נתונים.

המיזם הזה כולל מאמצים להגדיר:

- דברים שאנחנו תמיד עובדים איתם.
- דברים שאנחנו תמיד עושים.
- יכולות נדרשות כדי לעשות דברים אלה.

כדי לקיים את השילוב החיוני עם הנדסת מערכות נדרשות:

- חשיבה מערכתית.
- הפשטה.
- שפה משותפת.

Operation Research as a Partner to Systems Engineering

דר' עילם גופר הציג בירור ואיפיון של מערכת היחסים בין מהנדס המערכות לבין איש חקר הביצועים, שנועדה למצות את יכולות חקר הביצועים במסגרת הנדסת המערכות. חוקר הביצועים יכול לסייע להנדסת המערכות לפחות בתחומים הבאים:

- הגדרה כמותית ככל האפשר של ההישג הנדרש מהמערכת.
- הגדרה כמותית ככל האפשר של אוסף הקלטים של המערכת – קלטים מבוקרים וקלטים בלתי-מבוקרים.
- מיפוי מרחב הפעילות של המערכת וניסוח קבוצת ההנחות המתארות אותו.
- גיבוש מודל תיאורי של המערכת ובחירת השיטה למימוש (אופטימיזציה, סימולציה, תרחיש).
- הגדרת תוכנית הניתוח – מניפולציות קלט פלט.
- ביצוע ניתוח מערכת מבוסס מודל בהתאם לצורכי המחליטים.
- פריסת מרחב אפשרויות ההחלטה וניתוח השוואתי של החלופות.

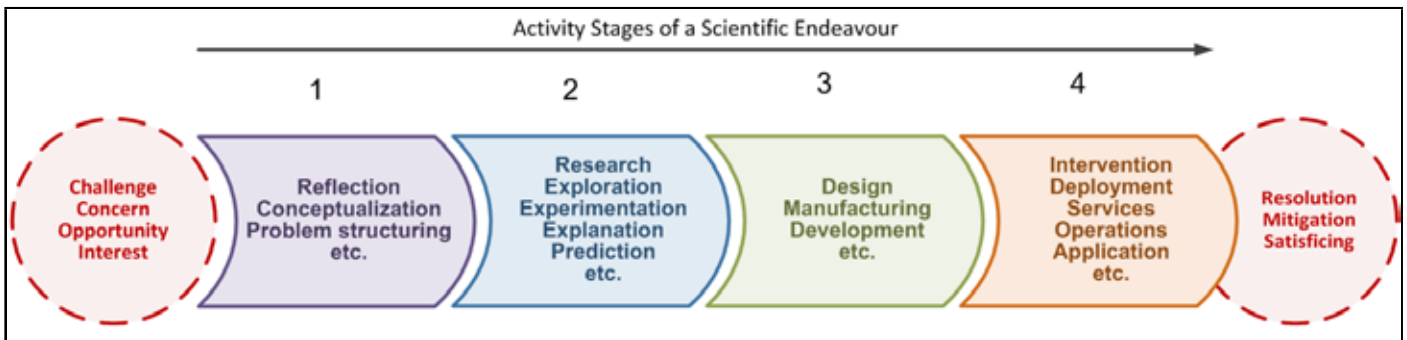
התובנה העולה היא, שמהנדסי המערכת שיודעים למלא את התפקיד בהצלחה, יודעים למצוא אנשי חקר ביצועים ולהסתייע בהם - "לא טוב היות האדם (מהנדס המערכת) לבדו".

?What can Systems Engineers learn from System Science

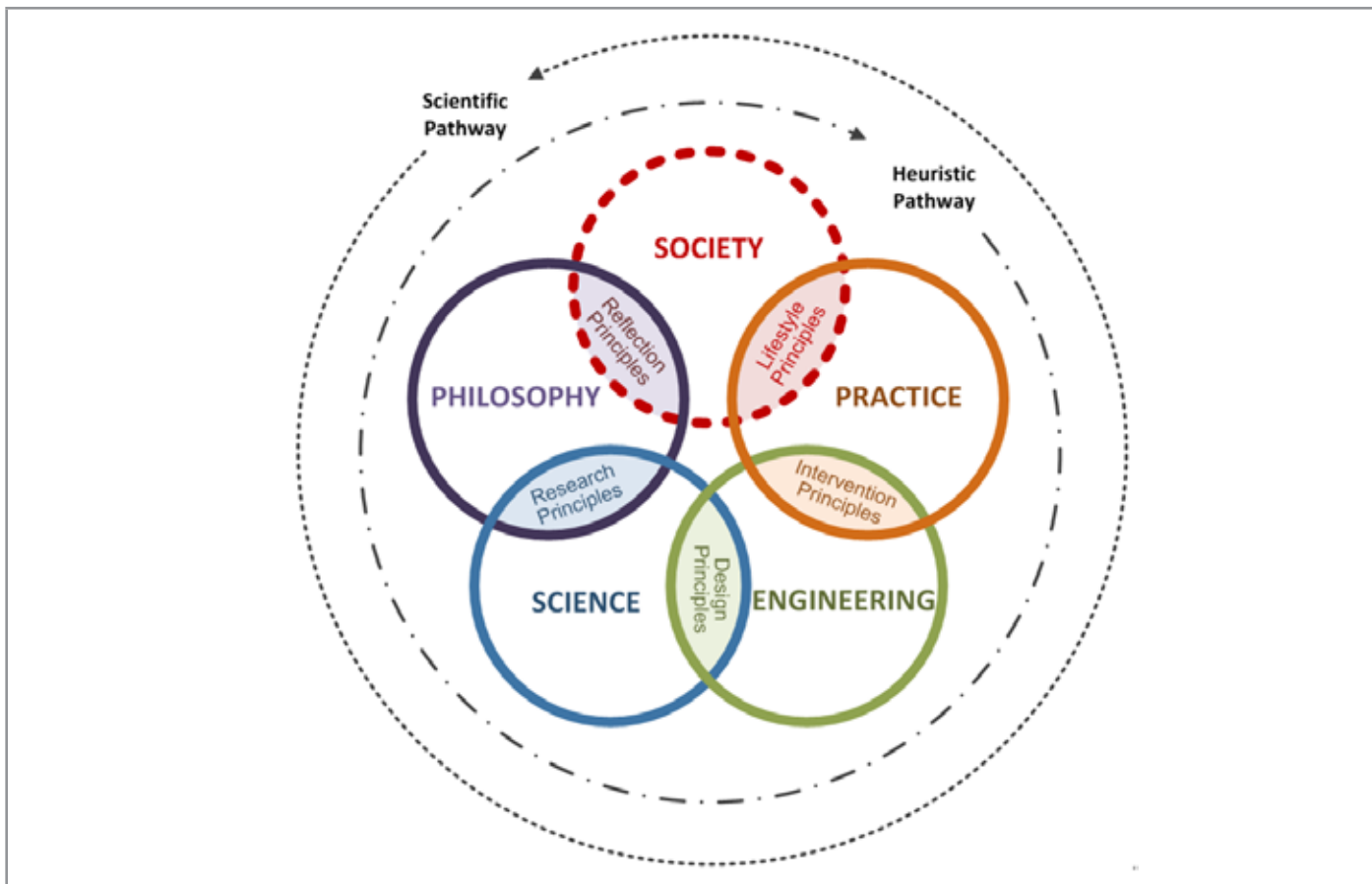
דר' רוברט אדסון טען שמהנדסי המערכות והנדסת המערכות מחפשים במדעי המערכות את התשתית המדעית של הנדסת המערכות. תשתית מדעית זו חייבת לכלול לפחות את שלושת ה-"P" הבאים, היוריסטיים ומדעיים כאחד:

- עקרונות - Principles
- פתולוגיות - Pathologies
- תבניות - Patterns

המאמץ לגיבוש התשתית המדעית לתורת המערכות מחייב מאמץ מתמשך המתואר בתרשים הבא:



בנוסף, הוא מחייב שילוב מאמצים בכוונים שונים, כגון מדע, פילוסופיה, חברה, הנדסה ויישום, כמתואר בתרשים המשולב הבא:



סיכום

יום העיון הציג מגוון תובנות וגישות של חשיבה מערכתית בתחומים מגוונים: הוצגו גישות ופרקטיקות ליישום מעשי של חשיבה מערכתית וראיה מערכתית והוצגו החשיבות וההזדמנות של ביסוס הנדסת המערכות על תורת מדעי המערכות. להלן המסקנות העיקריות העולות מיום העיון:

- חשיבה מערכתית היא כלי חשוב בהנדסת מערכות;
- התחום של מדעי הנתונים מאפשר להפוך את הנדסת המערכות למבוססת נתונים, עובדות וראיות;
- הטכנולוגיות המתקדמות והחדשניות הכלולות בתחום מדעי הנתונים מאפשרות תכן ויישום מערכות מתקדמות וחכמות בכל התחומים, ובהם ביטחון, חלל, רפואה, תחבורה ועוד;
- המהפיכה התעשייתית הרביעית מהווה גם תשתית למהפיכה נדרשת בהנדסת מערכות;
- על מהנדסי מערכות ללמוד ולאמץ פרקטיקות מוצלחות מדיסיפלינות אחרות, ובהן ניתוח מערכות, חקר ביצועים, הנדסת תוכנה ועוד, הן כדי להעשיר את הפרקטיקות של הנדסת המערכות והן כדי לשפר את שיתוף הפעולה עימן בפרויקטים; המשלב על יום העיון היה חיובי מאד (ממצאיו מצורפים כאן כנספח) ועודד להקדיש את ימי העיון האלו לתחומים אתגריים וחד-שניים בהנדסת מערכות. כפועל יוצא מיום זה מן הראוי ליזום קבוצות עבודה וחשיבה לפחות בשלושה תחומים:

- יישום חשיבה מערכתית מעשית בהנדסת מערכות;
- שילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות;
- שילוב בין הנדסת מערכות וטכנולוגיות מידע.

המצגות מיום העיון נמצאות באתר מרכז גורדון:

<https://gordon-se.technion.ac.il/news-events/bonen-day-19-6-18>

סיכום המשוב על יום העיון

להלן השאלות שהוצגו במשוב ואחוז התשובות שזכו לדירוג "במידה רבה" ו"במידה רבה מאוד" מבין כלל 31 המשובים:

1. באיזו מידה ענה יום העיון על ציפיותיך? 87.1%
 2. לחשיבה מערכתית יישומית יכולה להיות תרומה משמעותית להנדסת מערכות. 96.8%
 3. באם תוקם קבוצת עבודה וחשיבה לקידום חשיבה מערכתית יישומית, יש לי עניין להשתתף בה ולתרום מנסיוני. 74.2%
 - באיזו מידה הנדסת מערכות יכולה ללמוד מפרקטיקות של דיסציפלינות הנדסיות אחרות? 93.5%
 4. באם תוקם קבוצת עבודה וחשיבה לשילוב הנדסת תוכנה והנדסת מערכות, יש לי עניין להשתתף בה ולתרום מנסיוני. 41.9%
 5. באם תוקם קבוצת עבודה וחשיבה לשילוב טכנולוגיות מידע והנדסת מערכות, יש לי עניין להשתתף בה ולתרום מנסיוני. 48.4%
 6. ללימוד הנדסת מערכות בתואר ראשון יש פוטנציאל לחינוך מהנדסים להיבטים מערכתיים רב תחומיים. 58.1%
- כמו כן התבקשו המשיבים להציע נושאים לימי העיון הבאים, ולהלן ההצעות:

- אינטגרציה
- הנדסת מערכות מולטי דיסציפלינרית
- הוראת הנדסת מערכות
- שילוב הנדסת מערכות בתחומים חדשים, כגון מדעי הטבע, מדעי חברה וניהול
- יחסי גומלין איכות והנדסת מערכות
- הנדסת מערכות מבוססת מודלים, סימולציות מבוססות מודל
- שילוב הנדסת גורמי אנוש בהנדסת מערכות
- מיזמי חדשנות מערכתית בארגונים
- התאמת מהנדסי מערכות למשימות
- קיצור זמן יציאה לשוק
- שילוב בטיחות בהנדסת מערכות
- החשיבות בראייה מערכתית לפיתוח מערכות צבאיות
- ניהול סיכונים

INCOSE IL 2019

הכנס הבינלאומי העשירי להנדסת מערכות

The 10th Israeli International Conference on Systems Engineering

26-27 במרץ 2019 | מלון דניאל, הרצליה

הנדסה חכמה למערכות חכמות Smart Engineering for Smart Systems

המהפכה הדיגיטלית, או בשמה האחר המהפכה התעשייתית הרביעית, נמצאת בעיצומה, והמערכות המפותחות היום בעולם הולכות ונהיות חכמות יותר, גמישות יותר ומאפשרות יכולות רבות ומגוונות יותר. "הנדסה חכמה למערכות חכמות" היא כותרתו של **כנס INCOSE_IL 2019** - הכנס הבינלאומי העשירי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות, שיתקיים בתאריכים **26-27 במרץ בהרצליה**. מטרתו העיקרית של כנס זה הינה להפנות את הזרקור לעבר התחום והיכולות הגדולות והולכות הן של המערכות עצמן והן של המהנדסים, ובעיקר מהנדסי המערכות, העוסקים בתכנון ובבנייתן.

כנס INCOSE_IL, הנערך אחת לשנתיים, הפך עם השנים לאירוע המרכזי של הנדסת מערכות בישראל והוא לא רק מהווה מוקד משיכה למאות מהנדסי מערכות, אלא גם זוכה להכרה ולהערכה ע"י הקהילות הבינלאומיות, כגון INCOSE ו-IEEE, אשר נציגים בכירים מהם ישתתפו בכנס. בזכות התמיכה של מכון גורדון להנדסת מערכות בטכניון והחסות של התעשיות והאקדמיות בישראל הצלחנו לבנות תוכנית כנס עשירה בתכנים, עדכנית ומעוררת השראה.

- **היום הראשון** של הכנס יכלול הרצאת אורח של **Prof. Edward F. Crawley** מ-MIT, 15 מושבים בחמישה מסלולים שיכללו הרצאות ופאנלים במגוון נושאים, תערוכה מקצועית ופאנל סיכום שיוקדש לתרומתן של הנשים להנדסת המערכות.
 - **ביום השני** ייערכו שלושה סמינרים של מומחים מחו"ל בנושאים של ארכיטקטורה מערכתית, הנדסת מערכות מבוססת מודלים (MBSE) ושילוב של טכנולוגיות מתקדמות, כגון בינה מלאכותית, IoT ומיחשוב ענן, בתוך המערכת.
 - ביום חמישי, 28 במרץ, נערוך סיור באקדמיה ובתעשייה הישראלית לאורחינו המכובדים מחו"ל.
- אנא ראו בהזמנה זו פניה אישית, לכל אחת ואחד מכם, לבוא ולהשתתף בכנס מעניין זה.**

פרופ' עמיר תומר,
המכללה האקדמית כנרת
יו"ר INCOSE_IL 2019



בהשתתפות:





תוכנית היום הראשון של הכנס, יום שלישי // 26.03.2019

					7:45-08:30	התכנסות והרשמה
					08:30-09:30	<p>מושב פתיחה וברכות:</p> <ul style="list-style-type: none"> פרופ' עמיר תומר, יו"ר הכנס ד"ר רם אורון, נשיא INCOSE_IL נשיא INCOSE העולמי - Garry Roedler Prof. Vincenzo Piuri, University of Milano, IEEE Systems Council President-Elect <p>חלוקת תעודות אילטם</p>
					09:30-10:10	<p>הרצאת אורח: Prof. Ed. Crawley, MIT - Model-Based Concepts and Systems</p>
					10:10-10:30	אתגרי הנדסת מערכות בעידן המידע - תא"ל רמי מלאכי, מפקד לוטם
					10:30-11:00	תערוכה והפסקת קפה
מסלול #5 אטלנטיק	מסלול #4 טיפון	מסלול #3 פסיפיק	מסלול #2 ונוס	מסלול #1 פוסידון	מושב	
מושב 5.1 מחקרים בהנדסת מערכות	מושב 4.1 היבטים מערכתיים של פרטיות, אבטחה ובטיחות	מושב 3.1 הנדסת מערכות מבוססת מודלים (MBSE) וסימולציות	מושב 2.1 הנדסת מערכות בעידן המהפכה התעשייתית הרביעית - פאנל מומחים	מושב 1.1 מערכות דיגיטליות IoT-I	מושב בוקר 11:00-12:15	<p>יו"ר: ד"ר משה וילר הטכניון/תע"א</p> <p>יו"ר: ניסן משכיל, אלתא</p> <p>יו"ר: ד"ר ניב מרדכי, מוטורולה</p> <p>יו"ר מושב: פרופ' חן קנת, הטכניון/KPA</p> <p>יו"ר: ישי פלדמן, IBM</p>
					12:15-12:20	מעבר בין מושבים
מושב 5.2 מגמות גלובליות בהנדסת מערכות	מושב 4.2 הנדסת מערכות בחיבה חדשה	מושב 3.2 IEEE Systems	מושב 2.2 מערכים חכמים Smart Systems of (Systems)	מושב 1.2 חדשנות ואגיליות בפיתוח מערכות	מושב צהריים 12:20-13:35	<p>יו"ר: Paul Schreinemakers, INCOSE</p> <p>יו"ר: ניצן ש. רפאל</p> <p>יו"ר: שמואל אוסטר, IEEE ישראל</p> <p>יו"ר: אורן הראל, אלתא</p> <p>יו"ר: שושנה פנחסוב, אלביט מערכות</p>
					13:35-14:35	ארוחת צהריים
מושב 5.3 —	מושב 4.3 הנדסת מערכות שייכת לצעירים	מושב 3.3 שילוב הנדסת מערכות והנדסת גורמי אנוש - HSI	מושב 2.3 אתגרי ארכיטקטורה - ענן, מיקרו שירותים ומדדי איכות	מושב 1.3 מערכות לומדות ואדפטיביות	מושב אחר הצהריים 14:35-15:50	<p>יו"ר: ד"ר אביגדור זוננשיין, מרכז גורדון/טכניון</p> <p>יו"ר: ד"ר נירית גביש, אורט בראודה</p> <p>יו"ר: ד"ר איריס ריינהרץ-ברג, אוני' חיפה</p> <p>יו"ר: צבי פ., רפאל</p>
					15:50-16:05	הפסקת קפה
					16:05-17:15	פאנל בנושא הנדסת מערכת - נשים יוצרות מציאות - יו"ר: ד"ר לאה גולדין, Golden Solutions
					17:15-17:20	סיכום

כנס INCOSE_IL 2019 מתכבד לארח מומחים מחו"ל

שיציגו סדנאות בנושאים טכנולוגיים חדשניים:

- **"Architecture Decisions and Concepts"**
Prof. Edward F. Crawley, Professor of Engineering at MIT, USA
- **"MBSE"**
Matthew Hause, Engineering Fellow at PTC, USA
- **"Artificial Intelligence, IoT and Cloud computing"**
Prof. Vincenzo Piuri, University of Milano, IEEE Systems Council President-Elect



ועדה מארגנת:

- יו"ר הכנס: פרופ' עמיר תומר, המכללה האקדמית כנרת
- ד"ר רם אורון, נשיא INCOSE_IL
- מר חיים רייכמן, אלתא-תעשייה אווירית
- ד"ר ניב מרדכי, מוטורולה
- מר שמואל אוסטר, IEEE Israel BoD Member
- מר משה סלם, אילטם

תוכנית יום הסדנאות, יום רביעי // 27.03.2019

			התכנסות והרשמה	08:30-09:00
אולם 3	אולם 2	אולם 1		
סמינר C "Architecture Decisions and Concepts"	סמינר B-1 MBSE using SysML	סמינר A-1 Convergence of Artificial Intelligence (AI), Internet Of Things (IoT) and Cloud Computing		מושב בוקר 09:00-12:45
Prof. Edward F. Crawley, Ford Professor of Engineering, MIT	Matthew House, Engineering Fellow at PTC, USA	Prof. Vincenzo Piuri, University of Milan, IEEE Systems Council President-Elect		
ארוחת צהריים			12:45-13:45	
-	סמינר B-2 Best practices for adopting MBSE	סמינר A-2 Artificial Intelligence (AI) for Cloud Computing and Internet Of Things (IoT) environments		מושב צהריים 13:45-17:00
	Matthew House, Engineering Fellow at PTC, USA	Prof. Vincenzo Piuri, University of Milan, IEEE Systems Council President-Elect		
Adjourn			17:00	

טופס הרשמה כנס INCOSSE_IL2019
26-27 במרץ 2019 מלון דניאל, הרצליה

אימייל: kfir@iltam.org | טל': 03-6889214 | פקס: 03-6889216 | אתר הכנס: www.iltam.org/incosse_il2019

לכבוד: אילטם

הנני מבקש להירשם לכנס INCOSSE_IL2019 שיתקיים בתאריכים 26-27.03.2019

שם מלא: _____ חברה: _____ תפקיד: _____

טלפון: _____ דואר אלקטרוני: _____

ברצוני להשתתף בתאריכים: 26.3 (היום הראשון בלבד) 27.3 (היום השני בלבד) 26-27.3 (יומיים)

אני מטפל/ת בהשגת מכתב התחייבות מהחברה.

טופס זה מהווה כתב התחייבות. חתימה: _____ חותמת: _____

ח-ן נא לשלוח לכתובת: _____ ליד: _____

הרשמה מראש חובה!!!

סמן את האופציה הרצויה	היום הראשון בלבד 26.03.2019	היום השני בלבד 27.03.2019	יומיים 26-27.03.2019
קהל רחב	₪ 700	₪ 650	₪ 1,300
חברי אילטם, INCOSSE או ולשכת המהנדסים	₪ 550	₪ 500	₪ 950
חברי ועדה / מרצים	₪ 470	₪ 470	₪ 870
סטודנטים להנדסת מערכות	₪ 400	₪ 350	₪ 750

* המחירים אינם כוללים מע"מ



CHAIRS & SPEAKERS



Prof. Amir Tomer, Kinneret College - Conference General Chair

Amir Tomer is the head of the software engineering department at Kinneret College on the sea of Galilee. Previously he held various managerial and technical positions in Software and Systems Engineering at RAFAEL – Advanced Defense Systems, for over 25 years. For the last 24 years he has been a senior lecturer at the Computer Science Faculty and the Systems Engineering Master's program at the Technion, Haifa, and to industrial workshops. Amir was the first person in Israel to be awarded INCOSE's CSEP certification.



Mr. Garry Roedler, INCOSE President



Garry Roedler is a Senior Fellow and the Engineering Outreach Program Manager for Lockheed Martin. His systems engineering (SE) experience spans the full life cycle and includes technical leadership roles in both programs and business functions. He is the President of the International Council on Systems Engineering (INCOSE).



Prof. Edward F. Crawley, Ford Professor of Engineering, MIT USA - Keynote speaker

Edward Crawley is the Ford Professor of Engineering at MIT. From 2011 to 2016 he served as the Founding President of the Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, a new university focused on science and innovation. Prior to that he served as the Director of the Bernard M. Gordon – MIT Engineering Leadership Program, an effort to significantly strengthen the quality of engineering leadership education for competitiveness and innovation. From 2003 to 2006 he served as the Executive Director of the Cambridge – MIT Institute, a joint venture with Cambridge University, funded by the British government and industry, with a mission to understand and generalize how universities act as engines of innovation and economic growth. For the previous seven years, he served as the Department Head of Aeronautics and Astronautics at MIT.



Matthew Hause, Engineering Fellow, PTC, USA - Tutorial Lecturer

Matthew Hause is an Engineering Fellow at PTC, is a member of the OMG SysML specification team, and the co-chair of the UPDM group. He has been developing real-time systems for over 35 years. He started out working in the Power Systems Industry, and has been involved in Process Control, Communications, SCADA, Distributed Control, military systems and many other areas of real-time systems.



Prof. Vincenzo Piuri, University of Milan - IEEE Systems Council President - Tutorial Lecturer



Vincenzo Piuri is a Full Professor in computer engineering (since 2000) and Director of the Department of Information Technology at the Università degli Studi di Milano, Italy. His main research and industrial application interests are: intelligent systems, pattern analysis and recognition, machine learning, signal and image processing, intelligent measurement systems, industrial applications, distributed processing systems, IOT, cloud computing, fault tolerance. He founded a start-up, Sensuresrl, in the area of intelligent systems for industrial applications and was active in industrial research projects. He is Fellow of the IEEE, Distinguished Scientist of ACM, and Senior Member of INNS.



Dr. Avigdor Zonnenshain, Gordon Center for SE, Technion - Tutorials Day Chair

Avigdor Zonnenshain is currently a Senior Research Fellow at The Gordon Center for Systems Engineering at the TECHNION, Israel Institute of Technology. Formerly, he held several senior positions at RAFAEL in Quality & Reliability Management & Engineering, in Project Management & Systems Engineering. Dr. Zonnenshain is a former President of the Israeli Society for Systems Engineering - INCOSE_IL and now he is an active member in the management of the organization. Dr. Zonnenshain is a Fellow of INCOSE.



Dr. Ram Oron, INCOSE_IL President – tour day chair

Ram Oron received his Ph.D. in physics from the Weizmann Institute of Science in the field of lasers. In early days of his career he served as a system engineer at IAI. Later, he was one of the founders and CTO of KiloLambda, a start-up company in the field of optics. In the last 11 years, Ram is with Orbotech, leading system engineering and physics activities in the development of several multi-disciplinary systems. Ram is active in the system engineering community, and since 2017 he serves as the president of the Israeli Chapter of INCOSE.



INVITATION & PROGRAM FOR 15.1.19
INNOVATIONS IN SYSTEMS ENGINEERING AS A RESPONSE TO SCALING UP
CHALLENGE OF SYSTEMS COMPLEXITY

יתקיים במוסד נאמן - בניין פורשהיימר, אולם בטלר, טכניון חיפה

ORGANIZED BY THE GORDON CENTER FOR SYSTEMS ENGINEERING
WITH THE SUPPORT OF IAI, RAFAEL, INCOSE_IL & ILTAM
IN CONJUNCTION WITH **YOSSI LEVINE DAY** FOR SYSTEMS ENGINEERING

08:30 - 09:00	Gathering
09:00- 09:30	Opening: <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Yossi Ben-Asher – The Gordon Center for Systems Engineering, Technion • A Representative of IAI Management • A Representative of RAFAEL Management • Yossi Levine Family • Excellent Systems Engineers Awards
09:30- 10:30	Prof. David Saad, Aston University, UK – Optimization or ruin - infrastructure use in a smart world
10:30- 11:00	Eran Reuveny – Very Large Scale Integrated Systems Engineering-The framework & its Implementation
11:00- 11:30	Coffee Break
11:30- 12:00	Prof. Dov Dori, TECHNION – OPCloud - A Collaborative Web-based Modeling Environment for Agile Systems Engineering
12:00- 12:30	Dr. Roei Diamant , Haifa University – Demonstrating Complex Problems Solving Through Models
12:30- 13:00	Sharon Shoshany Tavory, Haifa University – Self Organizing Of System of Systems Users for Creating New Value
13:00- 14:00	Lunch Break
14:00- 14:30	Hezi Ben-Ari, RAFAEL - System of Systems Optimization under uncertainty
14:30- 15:00	Michal Yohay, Elbit Systems – Lean Engineering Implementation Journey in Large Scale Multi-Disciplinary Organization
15:00- 15:30	Eran Peleg, Metaphor Vision - Model Based Operational Simulation & its Influence on the Systems Requirements
15:30- 16:00	Eran Gery, IBM – The Digital Twin-The Idea & its Implementation
16:00- 16:15	CONCLUSIONS: Prof. Yossi Ben Asher, Dr. Avigdor Zonnenshain, The Gordon Center for Systems Engineering, Technion

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



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

הולקס / - INCOSE_IL ופייה לוקא אפיולות ורבלחמה!

הנני מבקש להצטרף לאיגוד הישראלי להנדסת מערכות

טופס הצטרפות ל- INCOSE_IL-2018

שם: _____ חברה: _____ תפקיד: _____

טל: _____ פקס: _____ אימייל: _____

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

דמי חבר ל- INCOSE_IL לשנת 2017 לקהל הרחב: 500 ש"ח (לא כולל למע"מ). לחברי אילטם ללא תשלום

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

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

הנדסה	
הנדסה	
קיימות	
איכות אמינות ותקינה - חומרה	

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

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

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

שילוב דיסציפלינות	
הנדסת מערכות ותוכנה	
הנדסת מערכות וניהול פרויקטים	
הנדסת מערכות וחומרה	