גליון מס' 9 | ינואר 2012

קול המערכות

כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

The Voice Of The Systems

דבר העורך ד"ר עמיהוד (עמי) הרי

דבר נשיא INCOSE_IL **היוצא** חיים רייכמן

דבר נשיא INCOSE_IL **הנכנס** אריה באט

דבר מנכ"ל אילטם משה סלם

עריכת דרישות מבוססות מודל
אלכס בלכמן, טכניון, המכון הטכנולוגי לישראל
דב דורי, טכניון, המכון הטכנולוגי לישראל MIT, מסצ'וסטס, ארה"ב

ביצוע trade study ואנליזות כמותיות אחרות בעזרת: SysML Parametric Diagrams
אלדד פלצ'י, יבמ ישראל
ד"ר טאקאשי סאקאירי, מעבדות המחקר של יבמ בטוקיו, יאמאטו, יפן

ניהול סיכונים בגישה דטרמיניסטית
שמעון זיירמן, רפאל

חידושים ואתגרים בהנדסת מערכות ד"ר אביגדור זוננשיין

אנשים או תהליכים: מי יותר חשוב? ד"ר אביגדור זוננשיין

הכנס הבינלאומי השביעי להנדסת מערכות INCOSE_IL 2013
תחרות אתגר - קול קורא | הנושא: "כבד לי"
חיים רייכמן נשיא INCOSE_IL
עוזי אוריון יו"ר הכנס הבינלאומי INCOSE_IL 2013

הזמנה ליום עיון 18.1.12
Engineering Leadership By Systems Engineering

תוכן עניינים

קול המערכות - כתב העת של מהנדסי המערכות בישראל

דבר העורך דיר עמיהוד (עמי) הרי	**עמי 1-2**
הזמנה לכנס הבינלאומי של INCOSE, רומא, יולי 2012	**עמי 2**
דבר נשיא INCOSE_IL היוצא חיים רייכמן	**עמי 3-4**
דבר נשיא INCOSE_IL הנכנס אריה באט	**עמי 5**
דבר מנכ"ל אילטם משה סלם	**עמי 6-7**
עריכת דרישות מבוססות מודל **יצירת מפרטים מפורשים בעזרת מתודולוגיית עצמים - תהליכים** אלכס בלכמן, טכניון, המכון הטכנולוגי לישראל דב דורי, טכניון, המכון הטכנולוגי לישראל MIT, מסציוסטס, ארה"ב	**עמי 8-17**
ביצוע trade study ואנליזות כמותיות אחרות בעזרת: **SysML Parametric Diagrams** אלדד פלציי, יבמ ישראל דיר טאקאשי סאקאירי, מעבדות המחקר של יבמ בטוקיו, יאמאטו, יפן	**עמי 18-29**
A Deterministic Approach to Risk Management **ניהול סיכונים בגישה דטרמיניסטית** שמעון זיירמן, רפאל	**עמי 30-41**
חידושים ואתגרים בהנדסת מערכות דיר אביגדור זוננשיין, רפאל	**עמי 42-46**
אנשים או תהליכים: מי יותר חשוב? דיר אביגדור זוננשיין, רפאל	**עמי 47-48**
הכנס הבינלאומי השביעי להנדסת מערכות 2013 INCOSE_IL **תחרות אתגר - קול קורא | הנושא: "כבד ליי"** חיים רייכמן נשיא **INCOSE_IL** עוזי אוריון יוייר הכנס הבינלאומי 2013 **INCOSE_IL**	**עמי 49-52**
הזמנה ליום עיון 18.1.12 **Engineering Leadership By Systems Engineering**	**עמי 53**

דבר העורך

קורא יקר,

גיליון מס' 9 של קול המערכות מוקדש למאמרים שהגיעו לשלב הגמר בתחרות המאמר המצטיין במסגרת כנס INCOSE_IL 2011. חבר השופטים בתחרות היו מר עוזי אוריון, מר חיים רייכמן וד"ר אביגדור זוננשיין. אמות המידה של השופטים להערכת המאמרים היו:

- המאמר מציג גישה חדשה בהנדסת מערכות.
- המאמר יכול להיות בעל תועלת גדולה לקהילת מהנדסי המערכות.
- המאמר מוצג בצורה ברורה ובהירה.

שלושת המאמרים שעלו לשלב הגמר יוצגו בגליון זה:

המאמר הראשון:

Model-Based Requirements Authoring, Creating Explicit Specifications with OPM

פרי עטם של מר אלכס בלכמן ופרופי דב דורי מהטכניון.

המאמר מציג תהליך כללי המבוסס על מתודולוגיית עצמים - תהליכים - Object Process Methodology (OPM) לעריכת מפרטי דרישות מבוססי מודל. תהליך זה כולל ניתוח קונספטואלי של מפרט הדרישות ויצירת מודל של התוכן הטכני על פי מתודולוגיית OPM. לאחר מכן, מבוצעת יצירה של טקסט על בסיס המודל. גישה זו מיישמת את העקרונות הכלליים של הנדסת מערכות מבוססת מודל בתחום עריכת דרישות. השיטה ניתנת להרחבה נוספת לעריכה של סוגים שונים של מסמכים טכניים.

המאמר השני:

Leveraging SysML parametric diagrams to perform trade studies and other quantitative analysis

פרי עטם של של מר אלדד פלציי מ - יבמ ישראל, וד"ר טאקאשי סאקאירי, ממעבדות המחקר של יבמ בטוקיו, יאמאטו, יפן.

במאמר זה מודגם שילוב של כלי מידול (IBM Rational Rhapsody) עם כלים חישוביים (MAXIMA או MATLAB Symbolic Math Toolbox) המסוגלים לפתור מערכת של אילוצים מתמטיים. שילוב זה יוצר פלטפורמת כלים בה כלי המידול משמש כממשק להגדרת התכן המערכתי הכולל את סט האילוצים ולקבלת תוצאות החישוב ישירות אל תוך מודל המערכת בקונטקסט התכנוני, בעוד הכלים החישוביים משמשים כמנוע חישובי המופעל מאחורי הקלעים (ללא הפעלה ישירה ע"י המשתמש) כך שהמשתמש אינו חייב להיות מומחה לשפות הספציפיות של כלים אלו והאילוצים והתוצאות הם חלק אינטגרלי ממודל המערכת. המאמר מציג כדוגמא trade study בו נדרש לבחור מצלמה מבין אוסף קיים של מצלמות על מנת להראות כיצד ניתן לבצע חישובים מתוך מודל ה SysML. טכניקה זו יכולה לשמש לניתוחים חישוביים מסוגים שונים ולא רק עבור trade study.

המאמר השלישי הוא המאמר שנבחר למאמר המצטיין בכנס:

ניהול סיכונים בגישה דטרמיניסטית, פרי עטו של מר שמעון זיירמן מרפאל.

המאמר מציע לשלב גישה דטרמיניסטית לניהול סיכונים בפרויקטים ומוסיף לכלי הניהול הקיימים נדבך חיוני המשלים את הגישה ההסתברותית המקובלת, אשר השימוש בה נפוץ בעולם ונדון בהרחבה בספרות המקצועית העוסקת בניהול סיכונים. על פי הגישה הדטרמיניסטית המוצעת, התכנון של תהליך הסרת הסיכונים מבוסס, בעדיפות ראשונה, על תוצאותיו של ניתוח המיועד לזהות מקור דטרמיניסטי לסיכון ולקשור כל מקור סיכון שזוהה בקשר חד - חד ערכי עם פעילות פרויקטית דטרמיניסטית המיועדת להסרתו. הצלחה בזיהוי מערכת הקשרים "שורש הסיכון/פעולה ממוקדת להסרת סיכון" בפרויקט מעצימה את היכולת לקבל החלטות תכנון מיטביות בהתייחס לאותו חלק של תכנית העבודה המהווה את תכנית הסרת הסיכונים בפרויקט. עקרונות הגישה הדטרמיניסטית לניהול סיכונים מוצגים במאמר זה בשילוב עם מקרה דוגמה הלקוח מניתוח אירוע בפרויקט פיתוח מערכתי רחב - היקף, בו שימשה הגישה הדטרמיניסטית לעדכון תכניות העבודה והסרת הסיכונים שנכתבו ונוהלו, במקור, בגישה ההסתברותית המקובלת. בעקבות כך שיפר צוות הפרויקט את ההישגים התכניתיים והכלכליים שלו תוך שמירה על

מענה מלא למפרט דרישות הפיתוח ובכלל זה דרישות הביצועים ודרישות האיכות של המערכת.

כמו כן תמצאו בעתון שתי כתבות אינפורמטיבית, פרי עטו של דייר אביגדור זוננשיין, על הפעילויות בנושאי הנדסת מערכות שהתקיימו במסגרת הכינוס הבינלאומי להנדסת מערכות INCOSE שהתקיים בדנבר, קולורדו ביוני 2011.

במסגרת כנס INCOSE בדנבר זכה פרופסור דב דורי מהטכניון בתואר היוקרתי של עמית האיגוד (Fellow). הנימוקים להענקת התואר היו כדלקמן: **"עבור תרומות חדשניות לתיאוריה ולפרקטיקה של הנדסת מערכות מבוססת מודל באמצעות מחקר והוראה"**, ברכות לדב על הזכייה.

לסיום, בימים אלה של סגירת המהדורה, הושלם תהליך הבחירה של נשיא INCOSE_IL. בתחילת הגליון תמצאו את דבריהם של הנשיא היוצא והנשיא הנכנס.

אני חוזר וקורא לכם, מהנדסי המערכות בישראל, לתרום מהידע והניסיון שצברתם ולשתף בו את קהיליית הנדסת המערכות שלנו. אנו מזמינים אתכם לכתוב מאמרים, תגובות או להעלות לדיון נושאים שיקבלו כאן במה. כמו כן נשמח לקבל מכם משוב ותגובות על החומר שמועלה ב**קול המערכות**.

כל דעה תתקבל בברכה.

קריאה מהנה,

דייר עמיהוד (עמי) הרי,
עורך העיתון

הזמנה לכנס הבינלאומי של INCOSE, רומא, יולי 2012

דבר נשיא INCOSE_IL היוצא

קוראים יקרים,

ברצוני להודות לכל חברי האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL על הזכות שניתנה לי לעמוד בראש האיגוד ולפעול לקידום וביסוס הנדסת המערכות בארץ בשנתיים האחרונות.

על הארגון, אשר פועל בחסות ובשיתוף אילטם - איגוד משתמשים, לטפח ולקדם את מקצוע הנדסת המערכות, לשתף מידע בשיטות ניהול הנדסת מערכות, לאמץ גישות רב תחומיות ליצירת פתרונות שעונים על הצרכים להצלחת התוכניות והפרויקטים.

אילטם קיבלה אישור פעילות בועדת מגנ"ט בתחילת 2011 ל - 3 שנים. חלק ניכר מפעילות אילטם הוא פעילותה באמצעות INCOSE_IL בתחום הנדסת מערכות.

המוטיב העיקרי שועדת מגנ"ט התוותה הוא שיתוף בידע בין כל החברות באיגוד, שיתוף ידע עם המוסדות האקדמאיים בתחום הנדסת המערכות וייזום פעילות רב תחומית (תוכנה, בטיחות, דירקטיבות ירוקות ועוד).

בשנתיים האחרונות הייתה הפעילות ענפה ורחבה ביותר, יזמנו פעילויות רבות בתחום הנדסת מערכות כדלקמן:

- הוקמו מספר קבוצות עבודה חדשות. חלק מקבוצות העבודה סיימו את פעילותם בנושא אחד והסבו את הפעילות שלהם לנושא חדש.
- הוגדרו תחומי שת"פ ויזום פעילויות משותפות עם המכללות: אורט בראדה, מכללת אפקה ומכון HIT.
- גובשה רשימת מתנדבים מחברי האיגוד להנדסת מערכות INCOSE_IL להנחיית פרויקטים ברשת אורט. הפעילות תהווה גשר לתלמידים לתעשייה ולעולם הנדסת המערכות. תודות לכול המתנדבים שמוכנים לתרום מזמנם וממרצם לחינוך להנדסת מערכות.
- התקיימו פעילויות רבות של שת"פ עם:
  1. IEEE Computer Society
  2. SEI - Software Engineering Institute
  3. System Safety Society
- גובש הסכם עם INCOSE לקבלת 300 רישיונות שמחולקים לחברות השונות בהתאם למפתח שנקבע בהנהלה. רישיונות אלה מאפשרים כניסה לאתר INCOSE, שימוש בכל הידע והנחות בכל פעילויות INCOSE כמו כל חבר אחר.
- הוסדרו והוגדרו נוהלי עבודה לקבוצות העבודה להגדרת תוצרים ותפוקות לכלל ציבור חברי האיגוד.
- הוגדרה רשימה אישית של חברי INCOSE_IL המאפשרת פניה אישית לכל החברים ולא רק תחת המטריה של חברות החברות באילטם.
- התקיים כנס מוצלח ביותר בהשתתפות מאות חברי האיגוד.
- הוגשה הצעה ל - INCOSE לארח את הכנס האירופאי בארץ בשנת 2014. (החלטה צפויה להתקבל בשבועות הקרובים).
- פעילות שוטפת של סמינרים וימי עיון. קורס לחברות האזרחיות הקטנות התקיים כסדרה תוך כדי שמירה על סטנדרטים מקצועיים גבוהים ביותר.

- שונה תקנון הבחירה לנשיאות INCOSE_IL. מעתה יכול להגיש את מועמדותו לנשיא INCOSE_IL עובד בתעשיות ההי-טק, איש אקדמיה, פורש של תעשיות ההי טק ועוד. ממלא מקום והנשיא הבא יכנס לתפקידו חצי שנה לאחר כניסת הנשיא הנבחר לתפקידו.
- האיגוד תמך ותומך בתוכנית ההסמכה האישית CSEP (Certified Systems Engineer Plan) ומעודד חברות ומוסדות להיכנס לנושא.
- נעשים מאמצים רבים לכוון את הפעילות להגברת שת"פ עם חברות קטנות ובינוניות מהתחום האזרחי.
- הצלחנו לעמוד ביעד של הוצאת עיתון קול המערכות פעמיים בשנה. העיתון יוצא ברמה מקצועית גבוהה - תודות לפעילותו של ד"ר עמי הרי ותודתנו נתונה לו.

הצרכים והחידושים בתחום הנדסת המערכות הינם גדולים ביותר.

אנחנו עדים לשינוי הגדרת תפקידו של מהנדס המערכות, המערכות הופכות ליותר ויותר מורכבות. רק אם נתמיד נוכל להמשיך לעמוד בחזית ולהצעיד את מדינת ישראל לנשיאת הדגל בתחום הנדסת המערכות בעולם.

מיקומה של ישראל בפיתוח מערכות מורכבות, כיום מוכיח שהצלחנו עד עכשיו אבל אסור לנוח על זרי הדפנה ותפקיד כולנו להמשיך בפעילות.

אני מאחל לאריה באט הצלחה בתפקיד הנשיא הבא. אני מבטיח לעמוד לצידו ולהמשיך לתרום ככל שיידרש. בפניו של אריה ניצבות מטלות לא פשוטות החל בהמשך הפעילויות השוטפות דרך ארגון הכנס הבא והדבר הקשה ביותר להגדיר ולהתוות את דרך הפעולה שתקבל אישור של ועדת מגנ"ט להמשך פעילויות אילטם משנת 2014 לשלוש שנים נוספות.

אני מודה לכל חברי ההנהלה שעשו ועושים למען האיגוד.

תודה מיוחדת לאביגדור זוננשיין שהינו מנוע טורבו ובלעדיו היה קשה הרבה יותר.

תודה למשה סלם, מנכ"ל אילטם, לחגית וקרן שפועלות מאחורי הקלעים ועושות רבות להצלחת הפעילויות.

בברכה ותודה,
חיים רייכמן
נשיא INCOSE_IL

דבר נשיא INCOSE_IL הנכנס

קוראים יקרים,

העולם העסקי בו אנו פועלים מאופיין במשברים תדירים ובתחרותיות קשה. מציאות זו מביאה אתגרים חדשים לתעשייה בכלל ולתחום הנדסת מערכות בפרט. הנדסת המערכות עומדת מול הצורך בגמישות, מבנה עלויות נמוך, זמני פיתוח קצרים וסביבה עסקית קשה. אתגר זה נתון לפתחה של הנדסת המערכות על כל שלביה וחתכיה. נושאים כמו, Agility, Versatility, Commonality ועוד, צריכים לעמוד מול עיני מהנדס המערכות. אילו דרישות מביאות ערך ללקוח ואלו לא, מהם דרישות מחייבות ועל אילו דרישות ניתן לוותר. מציאות זו מביאה אותנו לעסוק בנושאים כמו Lean Systems Engineering, 'Agile Scrum' in multidiscipline systems וכדומה, הן בתעשייה הביטחונית בה מתודות הנדסת המערכות מבוססת והן בתעשיות האזרחיות בהן דיסציפלינת הנדסת המערכות נמצאת בשלביה הראשונים.

INCOSE_IL מהוה חלק אינטגרלי של אילטם - איגוד משתמשים בטכנולוגיות מתקדמות במערכות משולבות עתירות ידע. האיגוד הינו עמותה, מלכ"ר שהוקם על - ידי חברות תעשייתיות וטכנולוגיות עתירות ידע בישראל, למענן ובבעלותן של החברות החברות באיגוד. האיגוד פועל במסגרת תוכנית מגנ"ט, תחת פיקוחה של לשכת המדען הראשי, במשרד התעשייה והמסחר.

יש צורך בשיתוף פעולה של מספר גורמים, על מנת לתמוך ביעד הארגון להפוך לאיגוד המקצועי של מהנדסי המערכות בישראל ולתרום באופן משמעותי לתחום. מהנדסי המערכות בתעשייה, הנסיון המצטבר בחברות התעשיתיות וגופים כמו צהי"ל ומערכת הביטחון, מהווים בסיס ידע חשוב ללימוד ולהפריה בין החברות. האקדמיה, שתורמת רבות ברמת הידע, מחנכת ומכשירה מהנדסי מערכות, מוסיפה נדבך חשוב בשיפור מתמיד של שיטות וניהול הנדסת המערכות.

ברצוני להודות לחיים רייכמן, הנשיא היוצא, על תרומתו הרבה לתחום, בשנתיים האחרונות, ואני בטוח שנמשיך ליהנות ממקצועיותו והובלתו הטכנולוגית גם בשנים הבאות. חיים קידם את שיתוף הפעולה עם האקדמיה, המשיך לבסס את פעילות קבוצות העבודה, חיזק את שיתוף הפעולה עם איגודים מדיסציפלינות שונות וחיזק את מעמדנו ב INCOSE העולמי.

אני מודה לקהילת מהנדסי המערכות על ההזדמנות שנתתם לי, להמשיך לפתח יחד אתכם את אותם נושאים החשובים לקידום וביסוס המקצוע והתאמתו לעולם הדינאמי בו אנו פועלים.

יבואו על הברכה חברי ההנהלה התורמים מזמנם ומרצם למען האיגוד, למשה סלם - מנכ"ל אילטם, לקרן וחגית שבלעדיהם יהיה קשה מאוד לקיים את הפעילויות הרבות.

מכאן אני קורא לקהילת המהנדסים ולחברות, להירשם כחברים באיגוד, לבוא ולהיות שותפים בעשייה, ללמוד וללמד, ללמוד מניסיונם של אחרים ולחלוק את ניסיונכם עם זולתכם.

קריאה נעימה,
אריה באט
נשיא INCOSE_IL

דבר מנכ"ל אילטם

שלום רב,

אילטם שם לו למטרה לשפר את כושר התחרותיות של התעשייה עתירת הידע בישראל ע"י זיהוי, לימוד, שיתוף בידע וניסיון ובהטמעה של טכנולוגיות מתקדמות, מתודולוגיות ותשתיות המשמשות לפיתוח וייצור מערכות משולבות עתירות ידע.

שיפור כושר התחרותיות משמעו: הובלה טכנולוגית, קיצור Time - To - Market, הוזלת הפיתוח והייצור, עמידה בתקנים בינלאומיים, שיפור האיכות והאמינות, הגברת המצוינות.

האיגוד פועל למען חבריו ואינו בעל עניין בשום פעילות מסחרית. כיום חברות באיגוד 110 חברות מהתעשייה האזרחית והביטחונית.

בשנת 2011 האיגוד מיקד פעילות בתחומים השונים, על מנת לענות לצרכים נדרשים בתעשייה הישראלית. מיקוד זה בא לידי ביטוי בפעילות קבוצות העבודה (בהן שותפים מספר נציגים מחברות שונות), קיום מפגשים וימי עיון הפתוחים לכלל החברים והתעשייה לשם העמקת הידע והצגת יישומים תעשייתיים לנושאים.

פעילות האיגוד פנתה ופונה לקהלי יעד טכנולוגיים שונים, בהם: מהנדסי המערכות, מהנדסי פיתוח תוכנה, מהנדסי פיתוח חומרה, ופעילות רוחבית לאנשי אמינות איכות ואיכות הסביבה.

בשנת 2011 השלמנו ביצוע של 13 סמינרים, עם מומחים טכנולוגיים בינלאומיים, 37 מפגשים ו - 38 מפגשים של קבוצות עבודה. סה"כ השתתפו 3500 מהנדסים בפעילויות.

ברור לנו כי הדרך להתפתחות טכנולוגית מהירה מחייבת ללמוד מניסיונם של האחרים ולא "להמציא את הגלגל" בעצמנו. לכן, האיגוד פיתח רשת של שיתופי פעולה עם איגודים טכנולוגיים בינלאומיים כגון: **INCOSE** ו - **System Safety Society** בהנדסת מערכות, **IEEE Computer Society** בהנדסת תוכנה, **IEEE - EMC Society** ואיגוד **SMTA** בתהליכי פיתוח חומרה ועוד. במקביל יש היום לאיגוד פעילות משותפת עם הטכניון, אוניברסיטת חיפה, מכללת אפקה, מכון טכנולוגי חולון, מכללת אורט בראודה ועוד.

בשנת 2011 יזם וקיים האיגוד ביקורים של מהנדסים מהתעשייה באוניברסיטת בן גוריון ובטכניון. בשנת 2012 נקיים שני ביקורים, של יום שלם, באוניברסיטת בן גוריון בה תציג האוניברסיטה פרוייקטים מערכתיים שהיא עושה. נקיים שני ביקורים של יום שלם בטכניון בו יוצגו מחקרים הנעשים בטכניון ונשמע הרצאות בהנדסת מערכות ממומחים בינלאומיים. בנוסף, נקיים חצי יום ביקור בכל אחת מהמכללות. המכללות יציגו פרוייקטי גמר (לתואר שני) בהנדסת מערכות.

במקביל האיגוד פועל לחיבור כל הסטודנטים להנדסת מערכות באקדמיה, למאגר המידע של אילטם ושל איגוד INCOSE העולמי. במסגרת הידוק הקשרים עם האיגודים המקצועיים בעולם, חתמנו על הסכם החלפת ידע בין אילטם לבין האיגוד העולמי להנדסת מערכות INCOSE. במסגרת ההסכם אנו מאפשרים לנציגי החברות גישה מלאה למאגר הנתונים של INCOSE העולמי הכולל מידע על תובנות ולקחים מהפעילות העולמית, תוצאות ותוצרים של קבוצות העבודה הפועלות באיגוד העולמי. אנו רואים בהסכם שנחתם צעד חשוב ומשמעותי בהבאת הידע הקיים בעולם לפתחה של התעשייה בארץ.

בינואר 2012 נתחיל סידרה של 13 מפגשים (אחת לשלושה שבועות) שיוקדשו לתהליך פיתוח מערכות בחברות בינוניות וקטנות. בפברואר 2012 נתחיל סידרה נוספת של 7 מפגשים שיוקדשו לתהליך פיתוח תוכנה בחברות קטנות. בשתי סדרות המפגשים הנייל בכוונתנו לקחת את גרעין תהליך הפיתוח (שיטות, כלים, מתודולוגיות) הקיים בחברות ממוסדות ולעשות התאמה לסביבת עבודה הקיימת בחברות קטנות ובינוניות. את התוצאה נציג בפני מהנדסי המערכות ומהנדסי התוכנה בחברות קטנות ובינוניות.

האיגוד מבצע בימים אלו סקר מיפוי תחומי עניין ומשוב. המטרה להגדיר לעצמנו את הדרך הטובה ביותר להרחבת ההפריה ההדדית, לשיפור הנגישות למידע הקיים, להרחבת ההפצה של המידע הטכנולוגי ולהרחבת ההפצה והמודעות לפעילויות האיגוד. בכך אנו מאמינים כי נגדיל את התרומה של האיגוד לתעשייה. פרטים נוספים ב www.iltam.org/seker2012

ב - 12 - 13 ביוני 2012 נתקיים את הכנס הבינלאומי להנדסת תוכנה **SWSTE 2012** הכנס מתקיים בשיתוף עם **IEEE Computer Society**. הכנס השנה יעמוד בסימן The Way To The Cloud ויכלול מסלולים בנושאים של Big Data, Security, Multi Sensors בכנס נקיים מסלול בהנדסת מערכות אותו מרכז חיים רייכמן מאלתא. המסלול יעסוק בנושא של מערכות מבוזרות בעלות סנסורים רבים.

בשנת 2012 נערוך 14 סמינרים עם מומחים ברמה בינלאומית בתחומם ונערוך 30 מפגשים מקצועיים בשעות אחר הצהריים.

עוד על תחומי הפעילות באיגוד, צוות המומחים המהווה את הנהלת התחום, נושאי הפעילות, המרצים המשתתפים בפעילות התחום, קבוצות העבודה, תכנית העבודה השנתית ופעילויות הארגון השונות ניתן למצוא באתר אילטם: www.iltam.org

אנו מזמינים אתכם לקחת חלק בפעילות הענפה של האיגוד.

בימים אלו מבוצעת ההרשמה לחברות באילטם לשנת 2012.

בהזדמנות זו ברצוני להודות מקרב לב, למר חיים רייכמן, הנשיא היוצא של INCOSE_IL, על תרומתו הרבה, העשייה הבלתי נלאית, האנרגיות וההשקעה לקידום תחום הנדסת המערכות בישראל. חיים רייכמן, חבר נשיאות אילטם, ממשיך לתרום מיכולתו וכישוריו לחברי INCOSE_IL ולחברי אילטם. חיים, מרכז את הפעילות בנושאים בין תחומיים (מולטי דיסציפלינאריים) באילטם.

אריה באט מאורבוטק מתחיל את תפקידו כנשיא INCOSE_IL. איחולי הצלחה לאריה בתפקידו החדש, יחד נמשיך ונגביר את תרומת INCOSE_IL ואילטם למען התעשייה והאקדמיה.

נשמח לראותכם לוקחים חלק בפעילויותינו

משה סלם
מנכ"ל אילטם
www.iltam.org

סקר על תהליך הגדרת הדרישות בפרויקטים טכנולוגיים:

כחלק מפרויקט הגמר שלי לתואר שני במכון הטכנולוגי חולון (HIT), הנני מבקש את עזרתך בביצוע סקר על תהליך הגדרת הדרישות בפרויקטים טכנולוגיים. הסקר הוא אחד מכלי המחקר בהם אני עושה שימוש שמטרתו היא לאתר ולבחון את הגורמים השונים שתורמים לאיכות תהליך הגדרת הדרישות בפרויקטים טכנולוגיים (Requirement Engineering) ובפרט לאיכות מפרט דרישות המערכת (SRS - Software Requirements Specification).

אוכלוסיית המטרה במחקר זה הינה הגורמים השונים בארגון שמעורבים בתהליך הגדרת הדרישות וכתיבת מסמכי הדרישות של המערכת, כגון: ראשי צוותים, מהנדסי המערכות ומנהלי פרויקטים.

עיקרי תוצאות המחקר ומסקנותיו יפורסמו במסגרת INCOSE_IL, ואילטם לאחר השלמת המחקר.

אודה מראש לממלאי השאלון על הזמן שהושקע והנכונות לעזור.

קישור לשאלון הסקר:

https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dHdhUlVHZlpPeFBYZEtQSHVyNFFWSEE6MQ

בתודה,

רותם וייס. 052-4237950, rotemwiess@gmail.com

המאמר הבא הוצג בכנס 2011 INCOSE_IL:
הכנס הבינלאומי השישי להנדסת מערכות - "סוף מעשה במחשבה תחילה"

עריכת דרישות מבוססות מודל

יצירת מפרטים מפורשים בעזרת מתודולוגיית עצמים - תהליכים (OPM)

אלכס בלכמן
טכניון, המכון הטכנולוגי לישראל

דב דורי
טכניון, המכון הטכנולוגי לישראל
MIT, מסציוסטס, ארה"ב

תקציר

אנו מציגים תהליך כללי המבוסס על מתודולוגיית עצמים - תהליכים לעריכת מפרטי דרישות מבוססות מודל. תהליך זה כולל ניתוח קונספטואלי של מפרט הדרישות ויצירת מודל של התוכן הטכני על פי מתודולוגיית עצמים - תהליכים (OPM). לאחר מכן, מבוצעת יצירה של טקסט על בסיס המודל. גישה זו מיישמת את העקרונות הכלליים של הנדסת מערכות מבוססת - מודל בתחום עריכת דרישות. השיטה ניתנת להרחבה נוספת לעריכה של סוגים שונים של מסמכים טכניים.

Model-Based Requirements Authoring

Creating Explicit Specifications with OPM

Alex Blekhman
Technion, Israel Institute of Technology,
Haifa, Israel
blekhman@tx.technion.ac.il

Dov Dori
Technion, Israel Institute of Technology,
Haifa, Israel
Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, Massachusetts, USA
dori@ie.technion.ac.il

Abstract. We present a general process, supported by Object-Process Methodology (OPM) for authoring model-based requirements specifications. Requirements specifications are first conceptually analyzed and an OPM model of the technical content is created. Then, constrained natural text is derived and adjusted based on the model. This approach is guided by adopting general model-based systems engineering principles to requirements authoring and can be extended and applied broadly for authoring various kinds of technical documents.

I. Introduction

A central part of a systems engineer's work is creating technical specifications. A typical requirements document authoring scenario seems to be simple at first glance, as all that is needed is to create a clear presentation of the function and characteristics required from some the system, product, or service in demand. Describing the function and the main components soon turns out to be complicated, though, as it gets to finer details such as technical features, operating modes, and interfaces, where paying attention to specific fine points while maintaining a clear system vision and avoiding contradictions becomes a real challenge.

As the scenario unfolds, following remarks from peers, superiors, or customers, changes are inevitably made to the specification at various levels, spanning from configuration and high level components to measurement units, weights, etc. These changes have their effect on the acceptance and test plan, adding some new demands and removing some old statements. Sometimes the mission can be temporarily abandoned and then resumed, or the specification can be reviewed by a colleague that has her own personal style and vision. These unavoidable changes to the text leave little chance for the document to remain consistent and precise.

Does this scenario seem all too familiar? ISO (International Standards Organization) has encountered this problem from another perspective (Dori et al, 2010). ISO standards, as well as those of other standards organizations, are often criticized as being difficult to use for a variety of reasons, including inter - and intra - standard inconsistency, low accessibility, poor traceability, and ambiguity. Indeed, given the variety of authors and relationships to other domain standards on top of the usual hurdles renders managing the quality of a technical document such as an ISO standard a daunting task.

A major root cause for this state of affairs is the lack of an underlying analytical process that would accompany the creation and maintenance of technical documents, such as requirements, directives, and standards. This process should provide means for technical document verification and validation, evaluating its scope and implications, and relaying and comparing it to other relevant technical materials. Nevertheless, in order to provide means of communication amongst different, possibly non-technical stakeholders, the end result of the process should have text as the main communication modality.

We have started to explore the issue of text-based document management with International Standard IEC/FDIC 62264 (Enterprise - control system integration) as a test case (Johnsson, 2003, Blekhman et al, 2010). We soon found that converting information to model-based structured form helps pinpoint and resolve ambiguities and refine the author's intent. Furthermore, the extent of inconsistencies we were able to detect while modeling the detailed textual information encouraged us to develop a synthesis procedure for authoring technical documents.

The major objective of this approach is to convey text and figures in a consistent form, so that the rectified text stemming from the model is composed of simple, light, unambiguous sentences. Not less importantly, this text is fully aligned with its underlying Object-Process Methodology (OPM) model.

An early application of this model-based approach to authoring technical documents is the Model-Based Requirement Authoring (MBRA) process, which is the focus of this research. The rest of the paper is organized as follows: Section 2 surveys related work in the fields of requirements engineering and specification authoring. Section 3 presents the general approach that guides our view of requirement authoring and documents authoring in a broader sense. Section 4 contains a review of Object-Process Methodology (OPM), which is then presented as an underlying structural formalism that accompanies MBRA. Section 5 contains an example that illustrates the stages and the benefits of our method in a self-reflective manner. Section 6 concludes with the merits of the proposed methodology and suggests directions for its future utilization and extension.

II. Related Work

Requirements specification is often guided by manuals and templates that mostly specify the structure of the document, without reference to the desired contents, except for syntactic and deontic rules, e.g., using 'shall' instead of 'may', etc. Most of these guides prescribe only generic principles for creating good requirement documents. IEEE Std. 830 - 1998 (IEEE 2008), for example, which relates to Software Requirement Specification – SRS, states that it should be "… correct, unambiguous, complete, consistent, ranked for importance and/or stability, verifiable, modifiable and traceable" (section 4.3, p. 4). While these principles appear to be intuitive and concise, summarizing years of common experience, it is difficult to translate them into practical implementation, as the requirements engineer is given very little, if any, concrete guidance, tool, or procedure.

Much effort is made in order to bridge the gap between requirements and systems engineering in general and systems architecture in particular (Grünbacher et al, 2001). Yet, model-based representation of technical requirements is not mature enough to cope with the problems described above. Existing approaches are not yet ready for prime-time application, as they are mostly focused on narrow fields and purposes.

Most requirement modeling techniques are intended to be used in an analysis phase for constructing an analytical model once the requirement specification is given. One effort of this kind is System Model Acquisition from Requirement Text (SMART, Dori et al 2004). Enterprise Architect's requirement management and modeling tool (http://www.sparxsystems.com.au/downloads/whitepapers/ Requirements Management in Enterprise Architect.pdf), which is a commercial tool, also employs modeling during the requirements analysis phase rather than during synthesis.

Representation tools, requirement methods and languages can be categorized into object-oriented (Kasser, 2003, Liu et al, 2003), process-oriented (Bastani, 2008), and behavioral (Heytmeyer, 2007). Each of these has its advantages and pitfalls.

A particular effort of linking together requirements engineering and modeling was taken by (Soares et al, 2008), applying a Model-Driven Requirements Engineering approach based on SysML Requirements and Use Case diagrams. The authors propose a process that includes classification for each atomic requirement after being written in natural language, and then using the SysML Requirements diagram for graphic representation of requirements and their relations.

Like UML, the SysML notation is comprised of multiple diagram types that provide mainly aspect decomposition. Hierarchical breakdown is supported for a subset of the diagram types. The multiple-view model of SysML makes it difficult to get a good grasp of the whole system, one of the major tenets of conceptual design.

Despite their inherent deficiencies, natural languages seem to be the only widely used and accepted means of requirement specifications. Requirement specification languages are a promising path to avoid ambiguity, but their disadvantages, including the time required to learn them, poor communication ability with non-technical stakeholders, and lack of widespread practice across domains, pose serious challenges to the user. The use of controlled languages, such as ACE - Attempto Controlled English (Kuhn, 2010) has not yet gained extensive spread either due to usability issues and low accessibility to non-experts.

Our approach differs significantly from the common practice in the following issues:

- We address the synthesis phase of requirements specification, providing a procedure for creating structured and unambiguous directives rather than analyzing existing, possibly confusing requirements.
- We use OPM as an underlying formalism, capitalizing on its advantage as a combined object-process method that addresses both structure and behavior in a single diagram and generates natural English sentences (Object-Process Language – OPL) on-the-fly in response to the user's graphic input.
- We build a procedure for constrained natural language representation (as opposed to techniques relying on more formal and less readable notation) on top of a strict logical backbone.

III. Structured Requirements Authoring Principles

Considering technical documents as products in their own right, the concept underlying the proposed methodology is applying the model-based systems engineering (MBSE) product development approach to technical documents. It relies on conceptual modeling, which precedes detailed document design, and extends it to developing and evaluating presentation alternatives and selecting the optimal one given its set of constraints.

The conceptual model of the document increases its reusability, providing the overall view of the document during its evolution. Not less importantly, a current conceptual model enables assessment of newly introduced or requested changes at the conceptual level, before engaging in expensive authoring activities. The cost of problems detected in text is prohibitively high, and it is worse thereafter. Such changes may cause expensive backtracking of relevant clauses throughout the text and further redesign of related paragraphs. The conceptual model is the ultimate instrument for detecting and solving problems starting at early stages of document development, when full text does not yet exist.

In order to provide means of communication amongst different, possibly non-technical stakeholders, the end result of the process has text as the main communication modality, side-by-side with its equivalent graphics-based model. The aims of our approach include (1) improvement of accessibility, as one can take the model that

accompanies the document further to implementation, (2) increased inter - and intra-document consistency, as the modeling expresses the domain ontology, enhancing term definitions and creating links and hierarchies among domain concepts, and (3) provision of a tool for conformity and interoperation testing and evaluation of implementations.

To approach the authoring of technical documents in a systematic, structured way, we propose to treat the technical document as the end system to be delivered and the process of technical document authoring as a the function of the system that delivers the technical document. Just as the whole system is the outcome of the systems engineering process, the specification or standard is the outcome of technical document authoring process. Like any system, the technical document needs to be architected and designed prior to its production, i.e., its actual writing. Moreover, as a system, its complete lifecycle must be addressed.

Continuing the analogy between Systems Engineering and Technical Documents Authoring, a typical system undergoes during its life cycle phases of Specification, Design, Construction (in software: Implementation or Coding), Integration, Validation (in software: Testing and Debugging), Installation, Maintenance, and Retirement. These stages occur practically regardless of the system's lifecycle management methodology, possibly iterating and expanding several times, as in the spiral model. These stages are listed in the left hand column of Table 1.

Technical Document Authoring consists of the following stages: Document Definition, Document Design, Drafting, Checking, Maintenance, and Disposal. These are listed in the right hand column of Table 1 next to their counterparts in Systems Engineering, as explained next.

Viewing the technical document as a system in its own right, we obviously need to first state its 'raison d'etre', the main purpose of being. Specifically, we need to define for the document being authored its Scope, Goal, Objectives, Stakeholders, and Expected Benefit or Value for each stakeholder, possibly referencing to relevant prior material. Calling this stage Document Definition, we consider it to be the counterpart of Requirements Specification phase in a classical system lifecycle.

No.	System / Software Engineering Stages	Document Authoring Stages
1	Requirements Specification	Document Defining
2	Design	Document Designing
3	Construction (Implementation or Coding)	Document Drafting
4	Validation (Integration, Testing and Debugging)	Document Checking
5	Installation and Maintenance	Document Maintenance
6	Retirement	Document Disposal

Table 1: Systems Engineering and Requirements Authoring phases

Once Document Definition is done, the next process is Document Designing, which resembles the Design phase of a generic system. Commonly, this includes in-depth description of the main purpose of the document, its sub-processes, their results, and the attributes they require. This combines elements of Functional Decomposition, Abstraction, Basic Problems Definition and later stages of concept analysis.

Having the document designed, it is time for the Implementation phase, moving from blueprints to bricks and mortar, which, in our case, are words, sentences, and clauses. In the world of Technical Documents Authoring, we call this phase Drafting, and its outcome is the Technical Document Draft.

But have we got the Draft all right? Here is where Checking plays an important role by enabling us to check the outcomes of the Document Design phase with the outcomes of the Drafting phase.

Later, Maintenance of a Technical Document in use is akin to maintenance of a generic system until Disposal stage is reached. The Technical Document needs to be considered for updates stemming from such drivers as the ever changing stakeholder demands, new required capabilities, and new technologies. This requires constant change of the product (the text), and consequent change of the design, effectively yielding a development model that is equivalent to the Spiral Model in Systems Development Lifecycle.

IV. Object-Process Methodology (OPM) And Its Use For Supporting MBRA

As argued, providing a general concept or guidelines is insufficient, as there are many formats and templates for documents. Instead, there is a need for some practical guidance.

We base our guiding method on Object-Process Methodology (OPM) (Dori, 2002), which offers a holistic approach, backed by a formal yet intuitive graphic and textual language, for model-based authoring of technical documents in general and requirements specifications in particular.

OPM is a framework for conceptual modeling of complex systems. It helps identifying essential objects and processes while minimizing ambiguity in functional and architectural requirements (Soderborg, 2003). This makes OPM suitable as a methodology and modeling language for the purpose of streamlining, formalizing, and explicating the specifications, and making them comprehensive, accessible, usable, and consistent both internally and externally.

The principles of OPM suit the need of gradual and consistent system presentation. An OPM model consists of a set of hierarchically organized Object-Process Diagrams (OPDs) that alleviate systems' complexity. Each OPD is obtained by in-zooming or unfolding of a thing (object or process) in its ancestor OPD. The top-level OPD, called the System Diagram (SD), contains the function of the system - its main process along with the enabling agents, instruments, inputs, and outcomes. In successively lower levels, SD is in-zoomed. In parallel, the corresponding objects are decomposed into their parts and specializations, and their features (attributes and operations) are gradually exposed.

Every diagram is limited to 20 - 25 things, catering to humans' cognitive limited capacity and following the principle of context maintaining or complexity management. For example, dealing with Space Exploring as a main process, manufacturing tolerances maintaining is not modeled. Similarly, welding cuts in the third stage of the fourth level engine of the emergency escape module are not modeled either. Instead, each process describes only things that directly affect it, while finer details are encapsulated in in-zoomed and unfolded diagrams.

One or more new things (objects and/or processes) can be specified within a thing in an OPD that was refined from a higher-level OPD. Copies of an existing thing can be placed in any diagram, where some or all the details, such as object states or links to other things, which are unimportant in the context of the diagram, can be hidden. It is sufficient for some detail to appear once in some OPD for it to be true for the system in general even though it is not shown in any other OPD.

OPM comprises entities and links. The three entity types are objects, processes (commonly referred to as "things"), and states. Objects are things that exist and can be stateful (i.e., have states). Processes transform objects: they generate and consume objects, or affect stateful objects by changing their states. Objects and processes are of equal importance, as they complement each other in the single - model specification of the system. Links, which are the OPM elements that connect entities, are of two types: structural and procedural. OPM objects relate statically to each other via structural relations, graphically expressed as structural links. The four fundamental structural relations are aggregation - participation, generalization - specialization, exhibition - characterization, and classification - instantiation. Objects can also be structurally related to each other by unidirectional or bidirectional tagged relations, similar to association links in UML class diagrams. Structural relations specify relations between any two objects. Due to the object - process symmetry, they can also specify relations between any two processes. Conversely, procedural links connect a process with an object or with an object's state to specify the dynamics of the system. Procedural links include (1) transforming links: effect link, consumption link, result link, and the input - output links pair, (2) enabling links: agent and instrument links, and (3) control links: event, condition, invocation, and time exception links.

Object-Process Diagrams (OPDs) are inherently accompanied with auto-generated OPL (Object-Process Language) text. OPL. According to (Dori, 2002), "… OPL is a dual - purpose language. First, it serves domain experts and system architects engaged in analyzing and designing a system, such as an electronic commerce system or a Web - based enterprise resource planning system. Second, it provides a firm basis for automatically generating the designed application".

V. Generating Documents From OPM Diagram

We have established a procedure for producing clear and less ambiguous documents by incorporation of OPM into the authoring process. This procedure was reviewed by learning lessons from authoring real documents.

Taking as an example the OPM-based documents authoring methodology described in the previous section, we will now demonstrate its principles with the aid of OPM modelling.

Below is the OPM model of the proposed OPM-based documents authoring methodology. It was created by examining the text in the above section and analyzing it by following OPM modelling conventions. For example, this forced turning all **process** names to gerund form and aligning the processes from top to bottom according to OPM timeline.

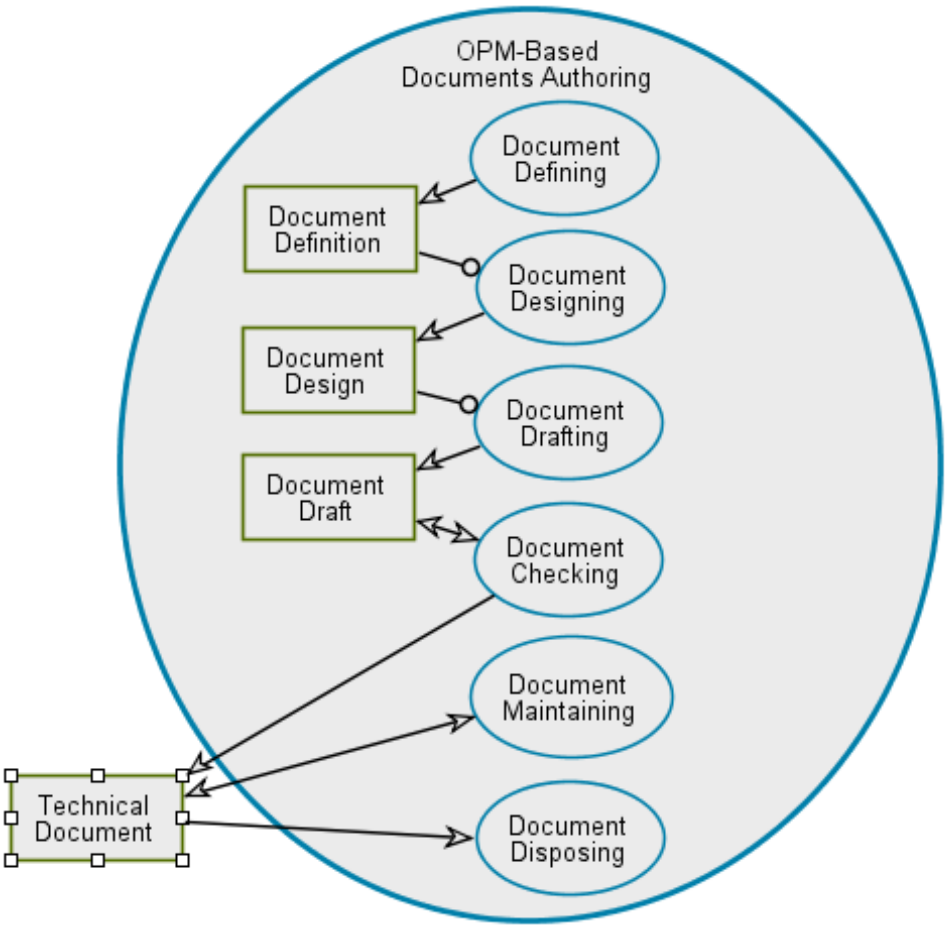

Figure 1: OPM-Based Documents Authoring

During the phase of modelling we have gained deeper understanding of the subject matter along with better distinction between central parts and irrelevant details that can be omitted or moved to subsequent diagrams. As a result, we have added more elaborate objects (like 'Document Design'), shifted objects like 'Scope' etc. to finer sub-levels, explicated the roles of the different items in the diagram and consolidated the overall hierarchy of the process and its attributes. Having this done, we can now automatically generate text that would describe the diagram in a coherent and structured way:

OPM-Based Documents Authoring process is comprised of **Document Defining, Document Designing, Document Drafting, Document Checking, Document Maintaining,** and **Document Disposing** processes.

Document Defining is the process of creating **Document Definition**, which is then used in **Document Designing** process for the sake of creating **Document Design.**

Document Drafting is the process of creating **Document Draft**, with the aid of **Document Design.**

Document Checking is the process of refining **Document Draft**, consequently creating the Technical Document.

Document Maintaining affects Technical Document along its lifetime, until it is discarded through **Document Disposing.**

VI. Conclusion

We have presented our research, addressing Requirement Documents as the scoped system under development, as part of a complete Model-Based Documents Authoring (MBDA) methodology. We intend to further develop the different MBDA aspects and employ it on several ISO standards. Hand-in-hand with developing the methodology, we build a graphical model-text editor to help the document authors - the system designers - to formally convey their thoughts and directives in a structured mode.

Applications of our approach can be diverse. These include linking Requirement Engineering and Project Management, possibly creating a connection between requirement models and a project plan. Another research and development avenue concerns knowledge management, capitalizing on the easier context-based accessibility of models compared with text-only files. This can be a new approach not only to requirement engineering and specification authoring, but also to technical documentation in general, relying on domain models and ontologies.

References

Bastani, B., “Process-oriented abstraction of the complex evolvable systems: problem model construction”, ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, Volume 33, Issue 3, May 2008.

Blekhman, A., Howes, D. B. and Dori, D., “Model-Based Verification and Validation of a Manufacturing and Control Standard”, 2010 MSOM (Manufacturing and Service Operations Management Society) International Conference, Haifa, Israel, June 27 - 29, 2010.

Dori, D., “Object-Process Methodology - A Holistic Systems Paradigm”, Springer Verlag, Berlin, 2002.

Dori, D., Korda, N., Soffer, A. and Cohen, S., “SMART: System Model Acquisition from Requirements Text” LNCS 3080, pp. 179 - 194, 2004.

Dori, D., Martin, R., and Blekhman, A., “Model-Based Meta-Standardization: Modeling Enterprise Standards with OPM”, IEEE International Systems Conference, San Diego, CA, USA, April 5 - 8, 2010.

Soares, M. and Vrancken, J., “Requirements Specification and Modeling through SysML”, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC, pp. 1735 - 1740, Montreal, Canada, 2007.

Grünbacher, P., Egyed, A., Medvidovic, N., “Reconciling Software Requirements and Architectures: The CBSP Approach”, 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering, Toronto, Canada, August 2001.

Heitmeyer, C. L.,”Formal Methods for Specifying, Validating, and Verifying Requirements”, Journal of Universal Computer Science, vol. 13, no. 5, pp. 607 - 618, 2007.

IEEE: Software Engineering Committee of the IEEE Computer Society. IEEE Guide for Software Requirements Specifications (ANSI). IEEE Standard 830 - 1998.

Johnsson, C., “An introduction to IEC/ISO 62264”, 2003. http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2489/Ittf_Home/MoU-MG/Moumg159.pdf, Accessed Nov. 12 2009.

Kasser, J. E.,”Object-Oriented Requirements Engineering and Management”, Systems Engineering Test and Evaluation (SETE) Conference, Canberra, Australia, October 2003.

Kuhn, T.,"Controlled English for Knowledge Representation", Doctoral thesis, Faculty of Economics, Business Administration and Information Technology of the University of Zurich, 2010.

Liu, Z., Jifeng, H., Li, X., and Chen, Y., "A Relational Model for Formal Object - Oriented Requirement Analysis in UML", UNU/IIST Report No. 287, October 2003.

Soderborg, N. R., Crawley, E., and Dori, D., "OPM-Based System Function and Architecture: Definitions and Operational Templates", Communications of the ACM, 46 (10), pp. 67 - 72, 2003.

Biography

Alex Blekhman (blekhman@tx.technion.ac.il) is a Ph. D. student at William Davidson Faculty of Industrial Engineering and Management at the Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel under the supervision of Prof. Dov Dori.

Prof. Dov Dori (dori@ie.technion.ac.il) is a Professor in the William Davidson Faculty of Industrial Engineering and Management at the Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, and a research affiliate at MIT, Cambridge, MA. Dov Dori is a member of the IEEE and the IEEE Computer Society.

המאמר הבא הוצג בכנס INCOSE_IL 2011:
הכנס הבינלאומי השישי להנדסת מערכות - "סוף מעשה במחשבה תחילה"

ביצוע trade study ואנליזות כמותיות אחרות בעזרת: SysML Parametric Diagrams

אלדד פלציי, יבמ ישראל
רחי פקרים 3, פארק ת.מ.ר,
רחובות

ד"ר טאקאשי סאקאירי
מעבדות המחקר של יבמ בטוקיו,
יאמאטו, יפן

תקציר

תהליכי הנדסת מערכות עושים שימוש נרחב בטכניקות מתמטיות שונות לצורך בחינה והערכה של היבטי מערכת שונים כגון: ביצועים, אמינות, עלויות ייצור ותפעול וכויב. טכניקה נפוצה המשמשת להשוואה כמותית בין פתרונות תכנוניים שונים היא ה trade study, בה כל פתרון מוערך על סמך קבוצת מדדים טכניים ולכל מדד טכני ניתן משקל המייצג את חשיבותו ביחס למדדים האחרים. על מנת לבצע חישובים מסוג זה, העלולים להיות סבוכים במערכות מורכבות, יש צורך בשימוש בכלים ייעודיים ע"י צוותי מומחים. בדרך כלל, מהנדסי המערכות שאחראים על ניתוח והגדרת הדרישות, מגדירים לצוותי מומחים אלו את משימות החישוב, ומשתמשים בתוצאות לצורך הגדרת פתרון מערכתי מייטבי להבנתם, שממנו נגזרות תת-הדרישות לצוותי ההנדסה השונים. שפת ה SysML הגדירה סוג חדש של תרשימים (שלא היו קיימים ב UML) בשם Parmatric Diagrams. תרשימים אלו מאפשרים למהנדסי המערכות להטיל אילוצים מתמטיים (משוואות ואי שיוויונים) על פרמטרים מערכתיים שונים (כגון משקל, טמפרטורה, זמני תגובה). במאמר זה אנו מדגימים שילוב של כלי מידול (IBM® Rational® Rhapsody®) עם כלים חישוביים (MAXIMA או MATLAB Symbolic Math Toolbox) המסוגלים לפתור את מערכת האילוצים המתמטיים. שילוב זה יוצר פלטפורמת כלים בה כלי המידול משמש כממשק להגדרת התכן המערכתי הכולל את סט האילוצים, ולקבלת תוצאות החישוב ישירות אל תוך מודל המערכת בקונטקסט התכנוני, בעוד הכלים החישוביים משמשים כמנוע חישובי המופעל מאחורי הקלעים (ללא הפעלה ישירה ע"י המשתמש) כך שהמשתמש אינו חייב להיות מומחה לשפות הספציפיות של כלים אלו והאילוצים והתוצאות הם חלק אינטגרלי ממודל המערכת. אנו מביאים כדוגמא trade study בו עלינו לבחור מצלמה מבין אוסף קיים של מצלמות על מנת להראות כיצד ניתן לבצע חישובים מתוך מודל ה SysML. טכניקה זו יכולה לשמש לניתוחים חישוביים מסוגים שונים ולא רק עבור trade study.

Leveraging SysML parametric diagrams to perform trade studies and other quantitative analysis

Takashi Sakairi
IBM Research - Tokyo, Yamato, Japan
(sakairi@jp.ibm.com)

Eldad Palachi
IBM Rhapsody Development Team, Rehovot Israel
(eldad.palachi@il.ibm.com)

Abstract. Mathematical analysis is widely used in systems engineering for performance analysis, reliability analysis, trade-off analysis between design alternatives (trade study) and more. Traditionally, such analysis activities are performed by specialized teams with specialized tools. Requirements engineers define the requirements for the analysis teams and the analysis results are converted into derived requirements. One of the things the SysML language introduced to Model-Based Systems Engineering (MBSE) is parametric diagrams which enable specifying mathematical equations as constraints imposed on the engineering design model. As we show in this paper, this can improve the consistency and efficiency of the engineering analysis process by providing a more complete specification model that can be validated by tools. We demonstrate combining a SysML modeling tool (IBM® Rational® Rhapsody®) and a Computer Algebra System (CAS) tool (Maxima or MATLAB Symbolic Math Toolbox) capable of solving the mathematics. This combination forms a tool platform in which the modeling tool serve as a frontend to specify the equations and show the results, while the CAS tool serves as a backend engine for solving the equations. We present a case study where we evaluated different digital cameras in the context of a trade study based on a set of quantitative technical measures. The technique from the case study can be applied to other kinds of quantitative analysis.

Introduction

The Systems Modeling Language (SysML) has been under development since 2001 (OMG 2010c) by the International Council of Systems Engineering (INCOSE) and the Object Management Group (OMG) organizations, as a standard modeling language for model-based systems engineering (MBSE). The need for a standard modeling language originates from the fact that interdisciplinary complex systems, which require high-quality efficient systems engineering activities, are being developed by different teams, sometimes across companies in different countries, using a variety of tools and methods.

SysML extends a subset of the Unified Modeling Language (UML) (OMG 2010a, OMG 2010b) targeted mainly for software engineering. This acknowledges the need for continuity from systems engineering to software engineering in the development of software intensive systems.

One significant extension SysML made to UML is parametric diagrams (see Chapter 10 in (OMG 2010c). Parametric diagrams are used to specify constraints and associate them with the design elements as an integral part of the overall engineering model. If these constraints are well-defined, analysis tools can be developed and used to perform various kinds of analyses, such as determining whether the constraints are self-consistent or whether the values of the various systems attributes are consistent with the constraints. More information on parametric diagrams can be found in (Peak 2007) and (Bock 2005).

We found the use of parametric diagram to be of particular interest in conducting trade studies, an activity commonly performed by systems engineers to identify the most balanced design solution out of a set of design alternatives. Each design alternative is evaluated relative to a set of criteria such as accuracy, performance and cost. Normalized technical measures are derived from these criteria and an overall score for each alternative is computed for comparison. While this technique is not specific to MBSE, using parametric diagrams to perform it in the context of an engineering design model has significant advantages. One such advantage is the ability to perform the analysis in the context of the design, without having to shift data between tools.

This paper describes the relevant SysML elements and the tools (IBM 2010) that can be used to conduct the above engineering analysis using parametric diagrams. Our main example is a simple trade study involving the selection of a digital camera from a catalog.

The Sysml Parametric Constraint Language And Its Evaluator

The main SysML elements used for parametric analysis are: constraint blocks, constraint properties, constraint parameters, and binding connectors. Constraint blocks specify a set of equations and inequalities. Unlike the other behavioral UML/SysML diagrams, these blocks specify non-causal mathematical expressions among parameters (e.g. Newton's second law of motion), and not a computational specification (e.g. calculating force by multiplying mass and acceleration). The parameters used by the expressions of the constraints are explicitly specified as constraint parameters owned by the constraint block. The constraint parameters are a specialized type of UML/SysML property and as such they have names, types and multiplicities. A constraint property is an instantiation or usage of a constraint block in a specific context, allowing the same constraint block, defining a set of equations, to be used in different contexts with different values. Constraint properties are connected via the constraint parameters by binding connectors, either to other constraint properties via constraint parameters or to other UML/SysML property uses in the design model. A binding connector between properties means that the values of the properties at each end of the connector are equal. Figure 1 shows a simple example of the above elements. On the left side we see a block definition diagram (BDD) specifying a block named A with two attributes, x and y, of type Real. In addition the diagram specifies a constraint block named Eq with the constraint a=b where a and b are constraint parameters of type Real (shown as small squares on the boundary of Eq). On the right side of the figure we see a parametric diagram showing two parts of type A named a1 and a2 and two constraint properties of type Eq named e1 and e2. These are usages or instantiations of the elements defined

by the BDD on the left side. The constraint parameters (a and b) of each constraint property (e1 and e2) are connected with binding connectors to the attributes x and y of the parts a1 and a2. This implies that parts a1 and a2 parts should have equal x and y values (satisfying the equation a=b).

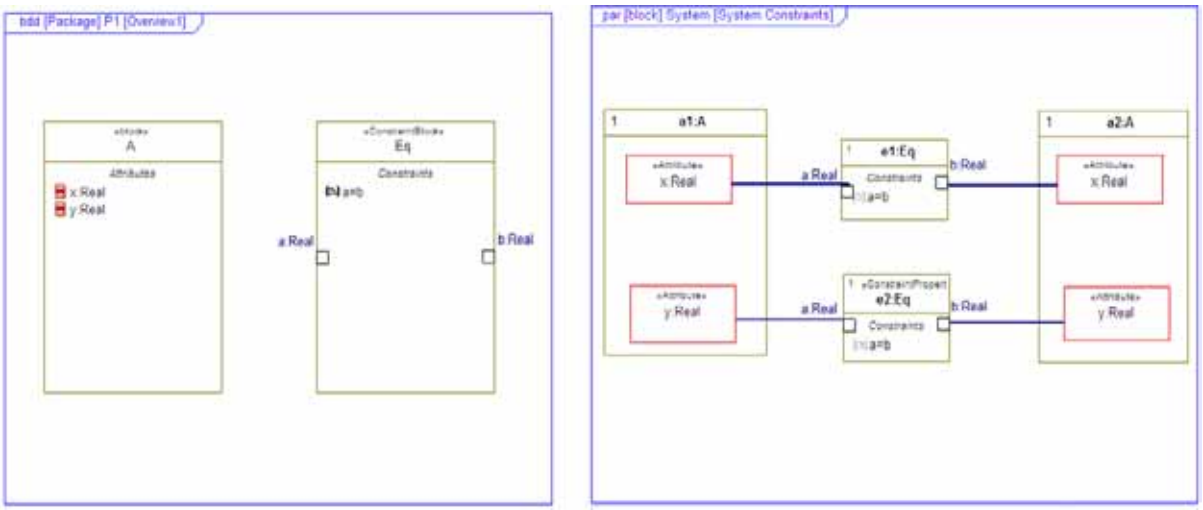

Figure 1: A simple example of parametric diagram elements

The language for specifying the constraints expressions is not defined by SysML. Two types of constraint expression languages can be considered: one is a declarative language such as a mathematical equation, and another is a procedural language such as Java™. We used Java in previous work (Sakairi 2008) because it can evaluate the constraints within a short amount of time. However, these expressions depend on which values are given and which values are computed. For example, the Java expression “f = m * a” contains three variables, and “f” will be calculated from “m” and “a”. We have to modify the expression to “m = f / a” and “a = f / m” to calculate “m” and “a”. Because the parameters of the constraints are intentionally not directional in SysML (Bock 2005, OMG 2010c) we decided to redesign our evaluator to use a declarative language. We chose a subset of the Modelica language (Fritzson, 2003, Modelica Association 2010) since this is a well known, tool-independent, language for describing complex physical systems such as mechanical, electric, or hydraulic systems. In this way, the expressions specified in the constraint blocks are independent of the CAS that is actually used to perform the mathematical evaluation.

In addition to writing declarative expressions using Modelica, we also support causal expressions using the MATLAB language (see MathWorks) by stereotyping constraint blocks «ExpressionFor Matlab». This is particularly useful for conducting computations, such as calculating a weighted sum for a trade study (see below). «ExpressionForMatlab» constraint blocks require an installation of the base MATLAB software (but not necessarily with the symbolic solver).

To enable the evaluation of several parametric diagrams and to allow storing data specific for an evaluation (e.g. modified values, plot settings, etc.), we extended SysML by creating the SysML profile with a specialized PCE (Parametric Constraint Evaluator) profile. This profile defines the notion of a Constraint View, which references one of more parametric diagrams and stores specialized data as UML tag values owned by this stereotype. We perform the evaluation of one or the parametric diagrams using a specialized editor for the constraint view. This editor is used for modifying the original

values and equations of the model for a specific evaluation, invoking the CAS tool, generating reports, producing spread sheets and automatically updating the model automatically with the values obtained by the evaluation.

To clarify the language, let's take a simple example of describing the motion of a point mass attached to a spring performing damped harmonic oscillation. Figure 2 shows a Block Definition Diagram (BDD) describing a PointMass and Spring as SysML blocks, and a Constraint Block named HarmonicOscillation specifying the equations of motion and initial conditions. The top compartment of the HarmonicOscillation constraint block lists the parameters: k is the spring constant, m is the mass, x is the displacement, v is the velocity, a is the acceleration and gamma is the damping coefficient.

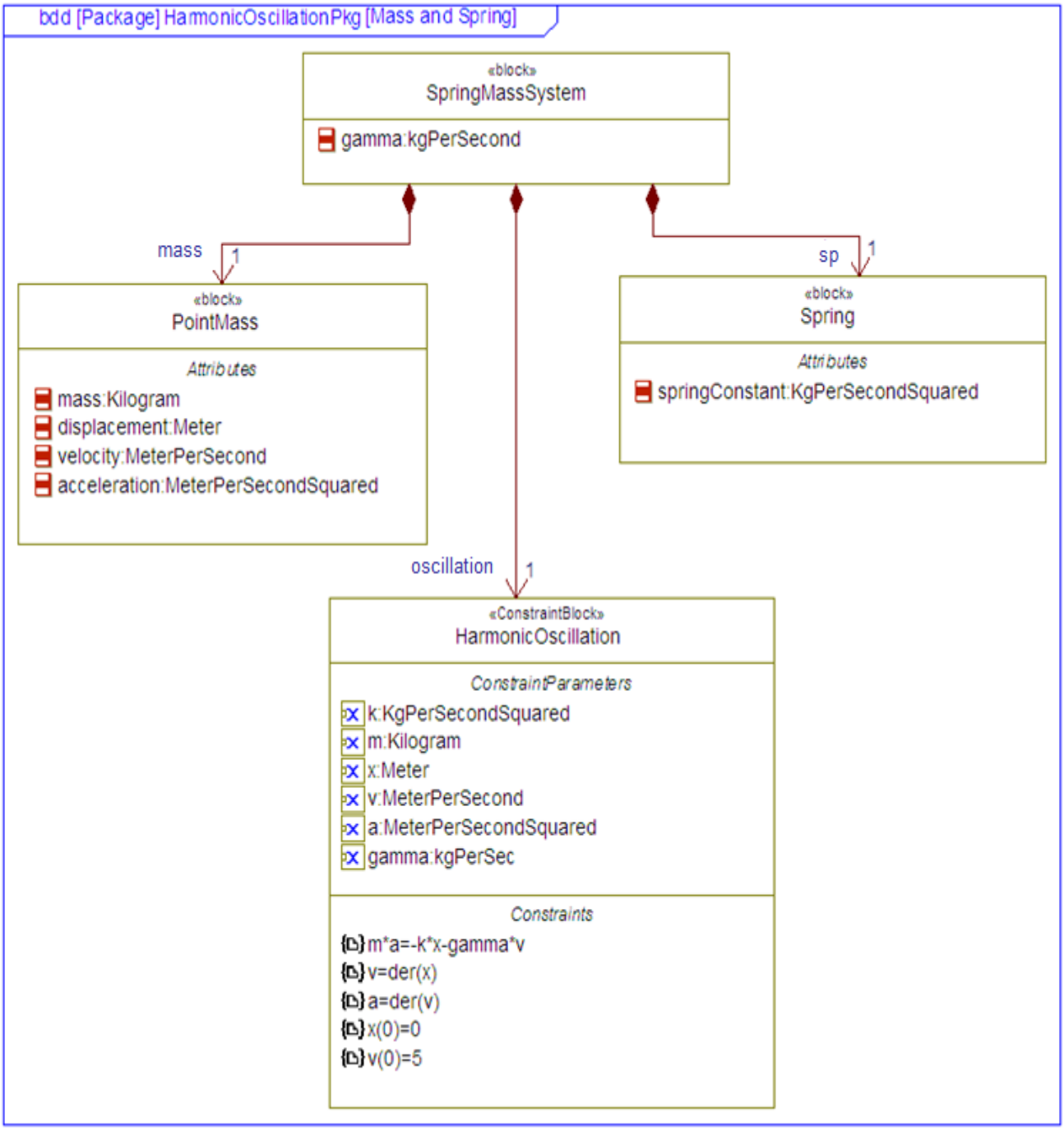

Figure 2: Block Definition Diagram showing a constraint block specifying a damped harmonic oscillation

The bottom compartment of HarmonicOscillation in Figure 2 specifies the equations of motion and the initial conditions of the system. The first three equations are Newtonian equations describing damped harmonic oscillation where the operator der() signifies time derivative. In mathematical notation these constraints translate to:

(1) $m * a = -k * x - gamma * v$

(2) $v = \frac{dx}{dt}$

(3) $a = \frac{dv}{dt}$

The bottom two constraints specify that the initial displacement is zero and the initial velocity is 5 meters per second.

Figure 3 is a parametric diagram showing the use of the constraint block as a constraint property attached to parts (spring:Spring and pointMass:PointMass) within the context of a specific composition. In other words, the diagram models a particular spring and point pass that make up a SpringMassSystem and enforces the equations of motion by attaching the attributes of the parts using binding connectors (blue lines) to the constraint parameters. The constraint property (harmonicOscillation) is a usage of the constraint block; in general we can have more than one usage of a constraint block in a parametric diagram. As seen in the figure, in our particular system the point mass has a mass of 5 Kg, the damping coefficient is 5 Kg/sec and the spring constant is 1 Kg/sec2

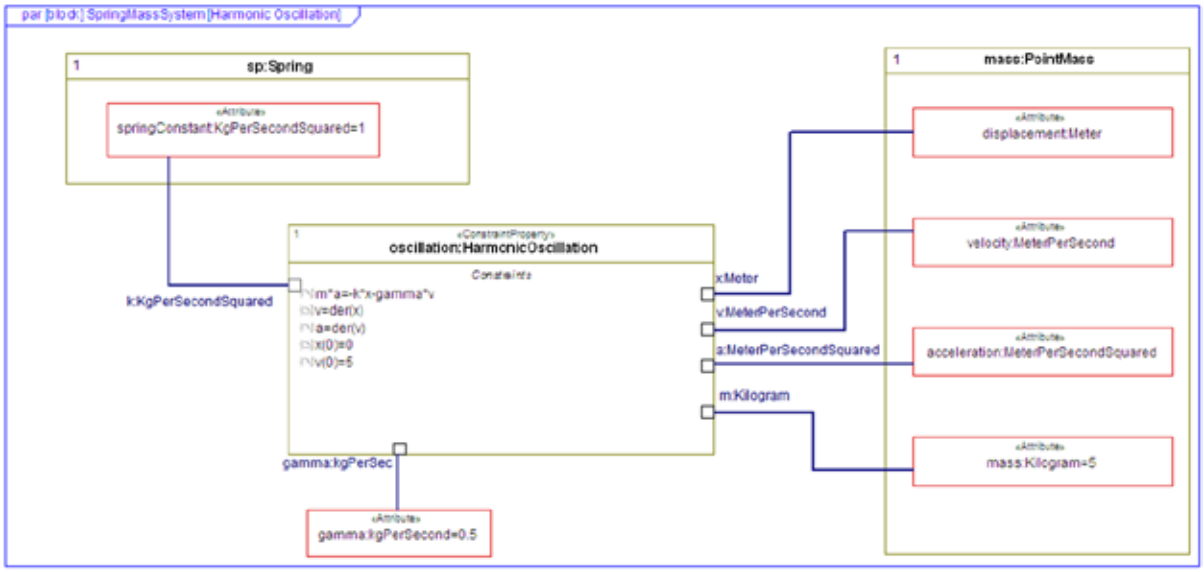

Figure 3: Parametric Diagram applying the equations of motion to a specific Spring and Point Mass

Once we have listed all the values and equations in one or more parametric diagrams, we specify a constraint view to reference the relevant diagrams and perform the evaluation. In this case, we produced a plot showing the motion of the point mass during the first 60 seconds. This is shown in Figure 4.

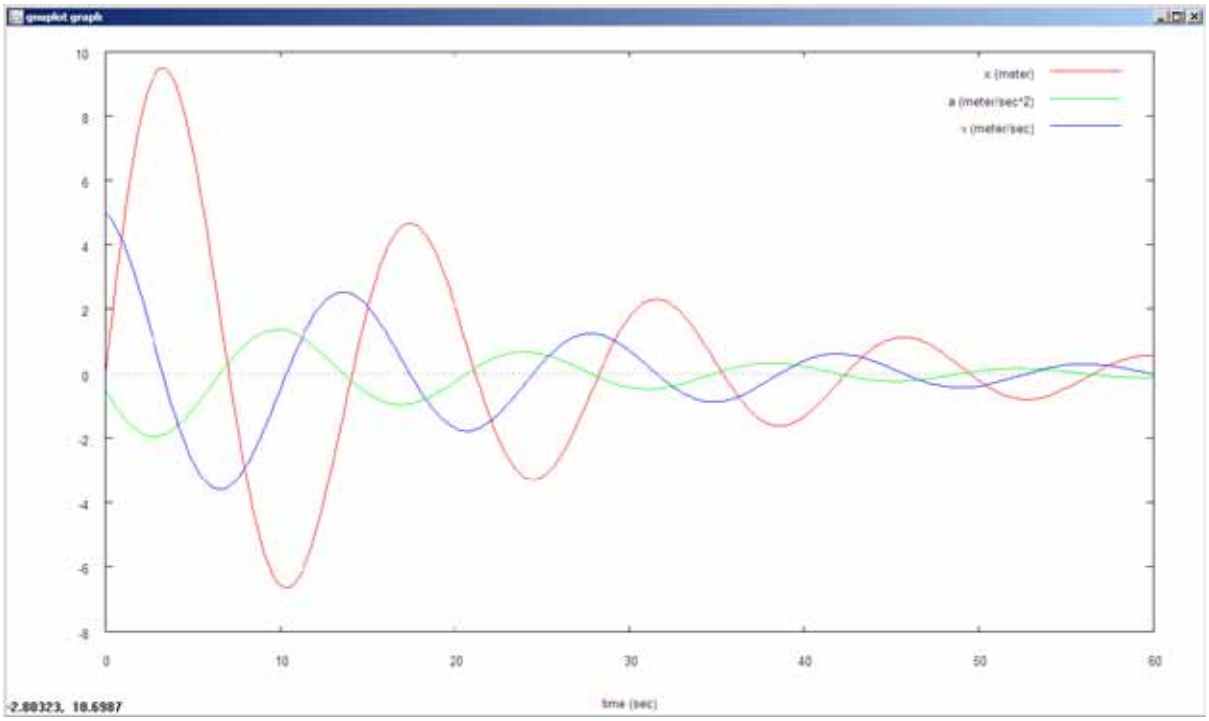

Figure 4: Plot showing the first 60 second of movement of the point mass following the parametric diagram in Figure 2

Example Trade Study: Choosing A Digital Camera

Trade study is a well known technique used for choosing the most balanced design solution out of a set of design alternatives. Such analysis includes the following steps: definition of the objectives, identification of viable alternatives, definition of selection criteria, assignment of weighting factors to selection criteria, assignment of value ratings for alternatives, calculating comparative scores, and analyzing the results (Kossiakoff 2003).

In our example, a man called Joe has decided to buy a digital camera to photograph his young children. He wants to buy one that is not too expensive and will produce high quality photos, especially when it comes to photographing fast-moving objects. The recovery time between photos is important, since Joe often likes to take several pictures in succession. Joe also thinks it would also be nice if the camera could record high-definition video with sound. Of course fitting into Joe's pocket and not weighing too much is also an advantage, since Joe and his family enjoy hiking. The task at hand is to compare several digital cameras so Joe can buy the one that best suites his needs. In other words, we will conduct a trade study among different cameras based on Joe's personal requirements.

Using the classical trade study technique, we must first specify the relevant characteristics or features of cameras to establish a basis for the comparison. Next, we need to assign a weight or score that reflects the significance of the different characteristics, with 1 being low importance and 10 being high importance. We also need a way to calculate a normalized technical measure for each of the characteristics based on the range of acceptable values. For example, a camera that weighs 2 Kg or more would get a measure of 0, meaning it is not an acceptable weight, while a camera that weighs 50 grams or less would get a normalized technical measure of 1, meaning it is the best

weight for Joe's needs since he would prefer a camera that is as light as possible. In this paper, we use the term Measure of Effectiveness (MOE) for any kind normalized technical measure, without making the differentiation for the various technical measure kinds made by (Roedler, 2005). A utility curve is commonly used to calculate the MOE/ normalized technical measure for a specific value of a feature. In a utility curve, the x axis represents the feature value in the acceptable range (e.g. the weight of the camera) and the y axis represents the technical measure value. For example, a weight of 0.5 Kg will get a measure of 0.77, meaning that it is not ideal but still pretty good. For every given camera, we can perform a weighted sum of each technical measure multiplied by the corresponding weight, and then normalize it to a value between 0 and 10. The result is the score of the camera: so in our case, the camera with the highest score is the best one for Joe.

To conduct the trade study we used Rational Rhapsody as the SysML modeling environment and MATLAB Symbolic Math Toolbox as the CAS tool.

Figure 5 is a BDD showing the relevant blocks for the trade study. The GenericDigitalCamera block owns a list of the attributes relevant for the study, including weight, size, screen size, etc. The CameraTradeStudyWeights block lists all the weights corresponding to the characteristics. For example, the screen size (LCD_ SIZE) is much more significant than the overall size. The CameraMOEs block lists the technical measure values calculated from the utility curves, which in turn were used to calculate the overall score of each specific camera.

Figure 5: Digitial camera BDD defining the relevant features of a digitial camera for the trade study by the weights and the technical measures (MOEs). The hyperlinks on the bottom right side open the relevant parametric diagrams

For every MOE, we specified a parametric diagram to calculate the MOE value for a given camera. The diagrams are listed as hyperlinks at the bottom right of the BDD in Figure 5. Figure 6 is an example of such a parametric diagram. In this diagram we used a causal expression expressed in the MATLAB language, rather than an equation expressed in the Modelica language. This allowed us to use the MATLAB function interp1() to conduct one-dimensional linear interpolation, which is easier than computing the same with equations. The first and second arguments of interp1() are the X and Y vectors that characterize the linear function Y=F(X). The linear function corresponding to the constraint in Figure 6 is shown in Figure 7 – this graph shows smaller rate between 0 and 2 and 10 to 12, signifying that the difference in these ranges of color depth is less significant than in the range of 2 to 10. Also the graph is monotonic: the higher the color depth the better the camera. The third argument of interp1() is a specific input value for which interp1() returns the corresponding function value based on the interpolation (e.g. interp1([0,2,10,12],[0,0.05,0.9,1],11) should return 0.95)

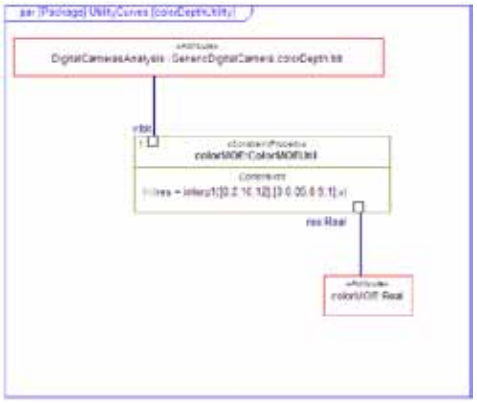

Figure 6: Parametric diagram for color depth utility curve

Using the parametric diagram shown in Figure 6 we can plot the utility graph, as shown in Figure 7, or calculate an MOE for a specific color depth value. For example, 8 - bit color depth has an MOE of 0.6875.

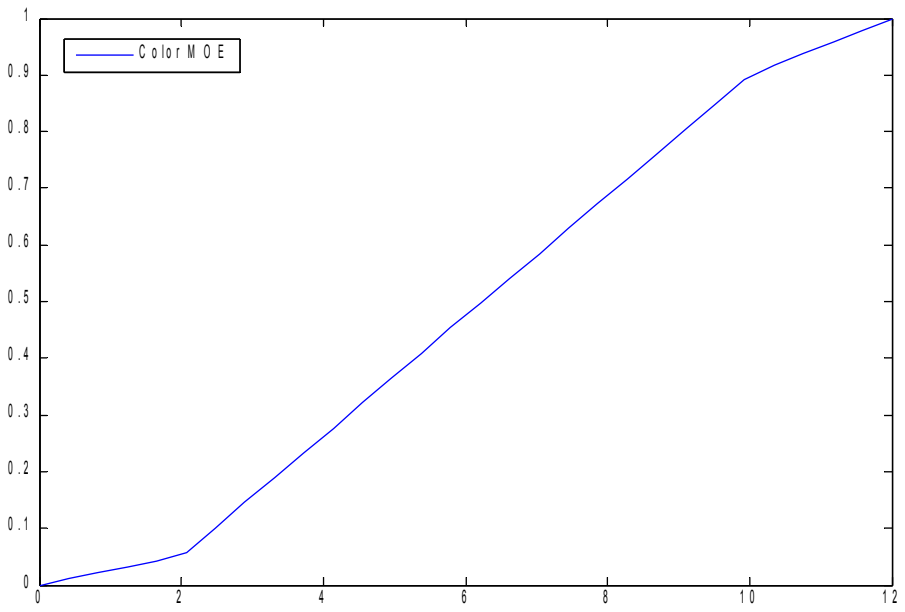

Figure 7: Color depth utility graph

Figure 8 is a parametric diagram specifying how we calculated the overall score of a camera. This score is the normalized sum of the MOEs, multiplied by their corresponding weights.

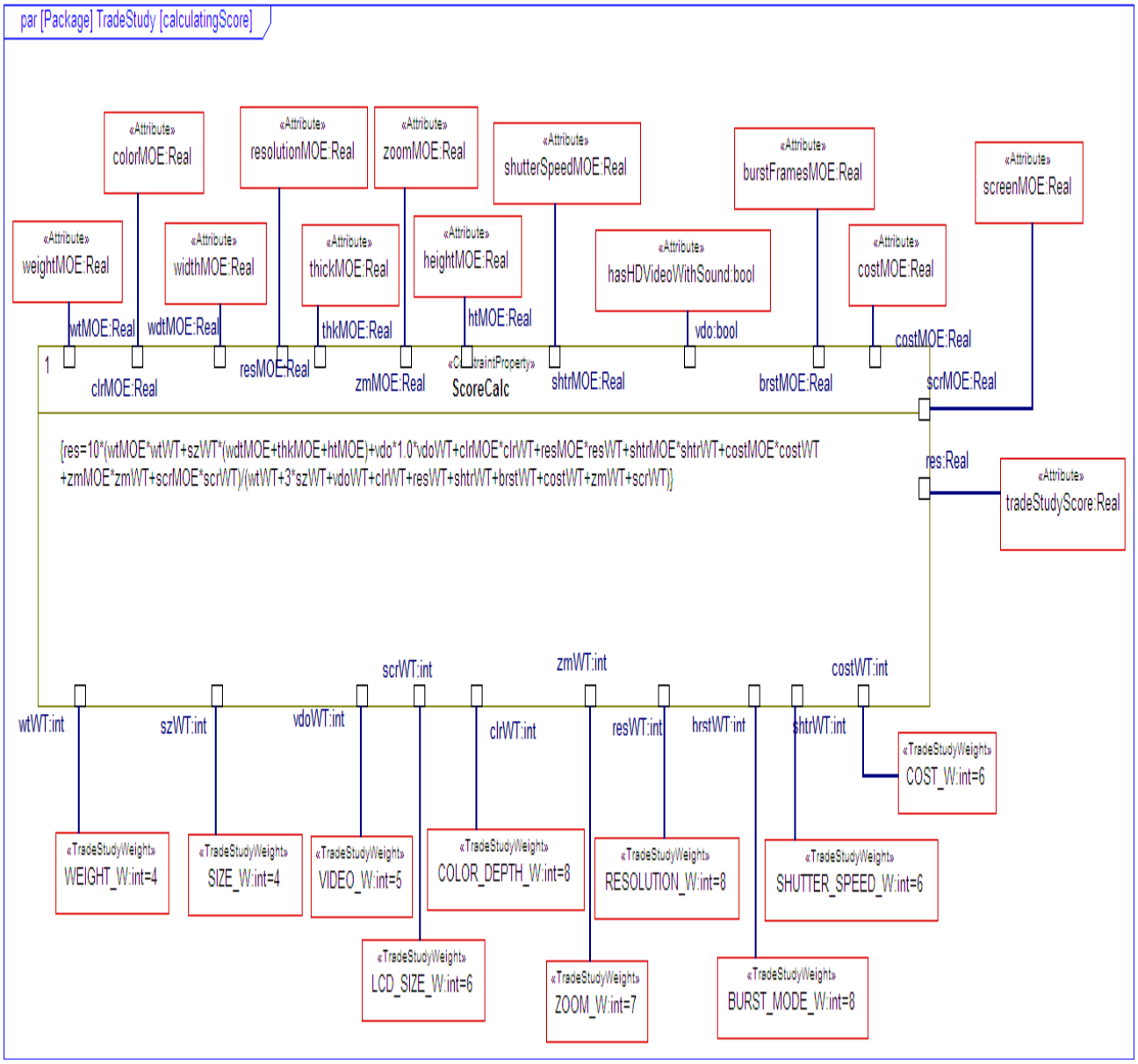

Figure 8: Parametric digarm to calculate the overall score of a camera based on the MOEs

After we specified a constraint view that references all the relevant utility curves and the diagram for calculating the score, we launched the Rhapsody PCE constraint view editor shown in Figure 9. As mentioned previously, this dialog serves as the front end user interface for running the evaluation in the CAS tool, and can also be used to update the results back into Rhapsody. By filling in the set of values per camera and then performing “Evaluate”, we can obtain the overall score of a camera. In Figure 9 we see that this particular camera got a score of 7.0739. After each evaluation we can generate a report in a form of an HTML (also includes the diagrams) or an electronic spread sheet (comma separated value (.csv) file). Another way to enter the values is to specify instances of camera (using SysML/UML Instance Specification), where each of the instances describes a particular camera according to its spec. A constraint view can reference one or more instance specification and read the values from these model elements – this has the advantage of recording the values in the model instead of using external files.

tradeStudyCV

Evaluate | Plot... | Refresh from Model | Update Model | Generate Report | Import Data... | Export Data... | Export Constraints...

Name	Type	Original Value	Value	Min.	Max.	Command
calculatingScore	Parametric Diagram					
weightMOE	Real		1			
widthMOE	Real		0.28571			
WEIGHT_W	int	4	4			Fix
SIZE_W	int	4	4			Fix
thickMOE	Real		1			
heightMOE	Real		1			
tradeStudyScore	Real		7.0739			
VIDEO_W	int	5	5			Fix
hasHDVideoWithSound	bool		1			Fix
colorMOE	Real		0.6875			
COLOR_DEPTH_W	int	8	8			Fix
resolutionMOE	Real		0.675			
RESOLUTION_W	int	8	8			Fix
shutterSpeedMOE	Real		0.90406			
burstFramesMOE	Real		0.92			
SHUTTER_SPEED_W	int	6	6			Fix
BURST_MODE_W	int	8	8			Fix
costMOE	Real		0.65			
COST_W	int	6	6			Fix
zoomMOE	Real		0.8			
screenMOE	Real		0.925			
ZOOM_W	int	7	7			Fix
LCD_SIZE_W	int	6	6			Fix
ScoreCalc	ScoreCalc					
widthUtility	Parametric Diagram					
weightUtility	Parametric Diagram					
heightUtility	Parametric Diagram					
thickUtility	Parametric Diagram					
colorDepthUtility	Parametric Diagram					
resolutionUtility	Parametric Diagram					
shutterSpeedUtility	Parametric Diagram					
burstFramesUtility	Parametric Diagram					
costUtility	Parametric Diagram					
zoomUtility	Parametric Diagram					
zoomMOE	Real		0.8			
maxOpticalZoom	int		15			Fix
zoomMOE	zoomMOE					
screenUtility	Parametric Diagram					
screenMOE	Real		0.925			
lcdScreenSize	inch		4.5			Fix
screenMOE	screenMOE					

Ready [1 free variable(s), 1 equation(s)]

Figure 9: Constraint view window for evaluating the parametric diagrams of the trade study

Summary And Discussion

Through the use of our case study, we showed how to build SysML models with parametric diagrams for engineering analysis using mathematical equations. This

requires a tool set consisting of a SysML modeling tool serving as the frontend tool and a CAS tool serving as the backend system for our evaluation. The advantage of this technique is that the analysis is done in the context of the SysML model, using a CAS independent language, and the results of the analysis can be automatically fed back into the SysML model. This achieves consistency and ease of use, which are two of the key premises of model-based engineering.

IBM, the IBM logo, ibm.com, Rational and Rhapsody are trademarks of International Business Machines Corp., registered in many jurisdictions worldwide. Other product and service names might be trademarks of IBM or other companies. A current list of IBM trademarks is available on the Web at “Copyright and trademark information” at www.ibm.com/legal/copytrade.shtml.

Java and all Java-based trademarks and logos are trademarks or registered trademarks of Oracle and/or its affiliates.

References

- Bock, C. 2005. Systems engineering in the product lifecycle, International Journal of Product Development 2 (1/2): 123 - 137. 2005.
- Fritzson P., Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation using Modelica 2.1, Wiley IEEE Press, Nov. 2003 (also see the Modelica web site: http://www.modelica.org/)
- IBM, Tutorial for Parametric Constraint Evaluator, see: http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg27018723, 2010.
- Kossiakoff, A., and W. N. Sweet. Systems Engineering Principles and Practice, Hoboken: John Wiley & Sons. 2003.
- MathWorks, MATLAB – The Language of Technical Computing, (see http://www.mathworks.com/products/matlab/)
- Modelica Association. Modelica - A Unified Object-Oriented Language for Physical Systems Modeling, Language Specification Version 3.2. 2010.
- OMG. OMG Unified Modeling Language (OMG UML): Superstructure, Version 2.3, 2010a. (http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Superstructure/)
- OMG. OMG Unified Modeling Language (OMG UML): Infrastructure, Version 2.3, 2010b. (http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Infrastructure/)
- OMG, OMG Systems Modeling Language Version 1.2 (OMG SysML), 2010c. (see: http://www.omg.org/spec/SysML/1.2/)
- Peak, R. S., R. M. Burkhart, S. A. Friedenthal, M. W. Wilson, M. Bajaj, M., and I. Kim. Simulation-based design using SysML - Part 1: A parametrics primer. In Proceedings of the Seventeenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (San Diego, CA). Seattle: INCOSE. 2007.
- Roedler, G. J., Jones, Cheryl, Technical Measurement, A Collaborative Project of PSM, INCOSE, and Industry, Version 1.0, Dec. 2005, INCOSE - TP - 2003 - 020 - 01, (see: http://www.incose.org/ProductsPubs/pdf/TechMeasurementGuide_2005-1227.pdf)
- Sakairi, T., and R. Kawahara. Evaluating SysML Parametrics for Analysis, Validation and Simulation. In Proceedings of the Second Asian-Pacific Conference on Systems Engineering (APCOSE), 2008.

Biography

Eldad Palachi is a software architect leading the systems engineering features development for the IBM Rational Rhapsody development team in Rehovot Israel. Eldad is representing IBM in the definition of the SysML language at the OMG and has been involved in the definition of SysML since its inception. He has been working on Rhapsody development since 1999.

Takashi Sakairi joined IBM Japan in 1987 and is a staff researcher in the IBM Research - Tokyo. His research interests include model-driven systems engineering, software development environment, human-computer interaction, information visualization, groupware, and document processing systems. He is also a member of the Association for Computing Machinery and Information Processing Society of Japan.

המאמר הבא הוצג בכנס INCOSE_IL 2011:

הכנס הבינלאומי השישי להנדסת מערכות – "סוף מעשה במחשבה תחילה"

A Deterministic Approach to Risk Management

Shimon Zeierman, Rafael

POB 2250. Haifa 31021

shimonz@rafael.co.il

Abstract. Incorporating the deterministic approach into project risk management adds a vital element to the current managerial tools, which complements the popular probabilistic approach, being widely used by the project management community and well documented and discussed in the professional literature on the subject of risk management.

The proposed deterministic approach suggests to base the risk mitigation process on the results of an analysis which identifies a deterministic source for a risk and to tie each one of the sources identified in a unique link with the deterministic activity aimed at mitigating that risk.

A success in the identification of the system of links "risk source/focused activity to mitigate risk" in a project intensifies the ability to take optimal planning decisions related to that same part of the working plan that forms the risk mitigation plan of the project.

The common reliance on the probabilistic approach is based on a Risk Probability estimation process which is based on subjective judgments and therefore exposed to psychological effects as well as personal dynamics between project stakeholders. This process cannot support optimal decision making.

The attention given by the project team and organization management and the priority given to the mitigation of the risks according to their severity (Top - 10) tends in many cases to draw the attention away of the effect of time, which characterizes the change of risk severity during project's life span and is therefore a most important factor in programmatic decision making. The time factor should be considered when prioritizing risk mitigation, in lieu of risk severity estimation.

Reliance on the probabilistic approach should be the second approach of choice, if and only if it was clarified that it is impossible, usually because lack of data or appropriate knowledge, to complete the deterministic analysis on time or at all. In these cases it is recommended to keep trying to complete the deterministic analysis, investing continuous effort till the project arrives to completion.

The principles of the deterministic approach to risk management are presented in this article, accompanied with a case study based on a multi-disciplinary large scale project in which the deterministic approach was used to update project and risk mitigation plans that were, originally, designed and managed using the probabilistic approach. The project manager was thus able to improve his programmatic as well as financial achievements while being able to deliver the full product fulfilling all customer requirements.

ניהול סיכונים בגישה דטרמיניסטית

שמעון זיירמן
רפאל, ת.ד. 2250 חיפה 31021
shimonz@rafael.co.il

תקציר

שילוב הגישה הדטרמיניסטית בניהול סיכונים בפרויקטים מוסיף לכלי הניהול הקיימים נדבך חיוני המשלים את הגישה ההסתברותית המקובלת, אשר השימוש בה נפוץ בעולם ונדון בהרחבה בספרות המקצועית העוסקת בניהול סיכונים. על פי הגישה הדטרמיניסטית המוצעת, התכנון של תהליך הסרת הסיכונים מבוסס, בעדיפות ראשונה, על תוצאותיו של ניתוח המיועד לזהות מקור דטרמיניסטי לסיכון ולקשור כל מקור סיכון שזוהה בקשר חד-חד ערכי עם פעילות פרויקטלית דטרמיניסטית המיועדת להסרתו. הצלחה בזיהוי מערכת הקשרים "שורש הסיכון/פעולה ממוקדת להסרת סיכון" בפרויקט מעצימה את היכולת לקבל החלטות תכנון מיטביות בהתייחס לאותו חלק של תכנית העבודה המהווה את תכנית הסרת הסיכונים בפרויקט. ההסתמכות הנפוצה על הגישה ההסתברותית, בהיותה חשופה להערכות סובייקטיביות של ההסתברות לכשל (Risk Probability) ובשל כך חשופה גם להשפעות פסיכולוגיות, לדינמיקה הבינאישית בין כלל בעלי העניין בפרויקט, אין בכוחה לתמוך, לבדה, בקבלת החלטות אופטימאלית. התמקדות צוות הפרויקט והנהלות הארגונים וקביעת סדר העדיפות לטפול בסיכונים הגדולים (Top - 10) מסיטה את תשומת הלב מגורם הזמן הרלוונטי להשתנות עוצמת הסיכון במהלך הפרויקט ולפיכך בעל חשיבות רבה לקבלת ההחלטות התכניתיות לטיפול בסיכון והסרתו וראוי שיהיה חלק מהשיקולים לקביעת סדר העדיפות בהסרת הסיכונים, לצד עוצמת הסיכון. ההסתמכות על הגישה ההסתברותית צריכה להיות בעדיפות שניה, ורק לאחר שהובהר שלא ניתן, בדרך כלל בשל מחסור בנתונים או בידע מתאים, להשלים את הניתוח הדטרמיניסטי בכלל או במועד הנדרש. גם אז יש להמשיך ולהתמיד בניסיון להרחיב ולהשלים את הניתוח הדטרמיניסטי, תוך מאמץ שוטף, ועד לסיום הפרויקט.

עקרונות הגישה הדטרמיניסטית לניהול סיכונים מוצגים במאמר זה בשילוב עם מקרה דוגמה הלקוח מניתוח אירוע בפרויקט פיתוח מערכתי רחב-היקף, בו שימשה הגישה הדטרמיניסטית לעדכון תכניות העבודה והסרת הסיכונים שנכתבו ונוהלו, במקור, בגישה ההסתברותית המקובלת. בעקבות כך שיפר צוות הפרויקט את ההישגים התכניתיים והכלכליים שלו תוך שמירה על מענה מלא למפרט דרישות הפיתוח ובכלל זה דרישות הביצועים ודרישות האיכות של המערכת.

רקע

ניהול סיכונים בפרויקט הינו אחד מן התהליכים המסייעים למנהל הפרויקט בביצוע משימתו. בתהליך זה מזהה צוות הפרויקט את הגורמים המסכנים את יכולת הצוות להשלים את הפרויקט בהצלחה ומציג מנגד תכנית פעולה להסרת הסיכונים כולם עד לסיום הפרויקט, המשולבת בתכניות העבודה של הפרויקט. תכנית הפעולה מורכבת ממהלכים שונים הגוזלים ממשאבי לוח הזמנים ותקציב הפרויקט את הנתח הנדרש בכדי להפחית את הסיכון. יש חשיבות רבה בהבלטת הזיקה בין תכנית הסרת הסיכונים לתכנית העבודה של הפרויקט, זיקה הבאה לידי ביטוי בכך שרשימת הסיכונים שזוהתה וסווגה היא בעצם ביטוי חד ובהיר למוטיבציה ולרציונאל של כל פרט ופרט בתכנית העבודה של הפרויקט, באותו החלק של התכנית העוסק בהסרת אותם סיכונים.

בניית וניהול תכנית הורדת הסיכונים מושתתת על הערכות המהוות בסיס לקבלת החלטות לקביעת תכנית הפעולה כמו גם היקף ההשקעה בפעולות המתוכננות להורדת הסיכונים. ההחלטות נשענות על המרכיבים הבאים:

- זיהוי שיטתי של כל הסיכונים - נושא בעל חשיבות עצומה כשלעצמו אך נמצא מחוץ למסגרת הדיון הנוכחי.
- הערכת ההסתברות להתממשות כל סיכון וסיכון שזוהה (ההסתברות לכשל - Risk Probability Assessment).
- הערכת ערך הכשל, קרי משמעות הכשל במידה ויתממש הסיכון, בעיקר במונחי דחיית לו"ז וגידול בעלות אך גם במונחי היכולת לספק מוצר בעל התכונות הנדרשות, כולן.
- הערכת ערך הפעולה המוצעת להורדת הסיכון, הערך נמדד בעיקר במונחי עלות וזמן אך גם במונחי פגיעה אפשרית בתכונות המוצר הסופי.

במידה ותוחלת הכשל (ההסתברות לכשל מוכפלת בערך הכשל) תהיה גדולה מערך הפעולה להורדת הסיכון, יוחלט מן הסתם לשלב את הפעולה המוצעת להורדת הסיכון בתכנית העבודה. במקרה ההפוך בו תוחלת הכשל נמוכה מערך הפעולה המוצעת להסרת הסיכון - יוחלט להתמודד עם הסיכון ללא נקיטת צעדים להסרתו ולהסתפק במעקב אחר התפתחותו. מערכת קבלת ההחלטות מסודרת ומגובה בתוכנות תומכות במקומות מסוימים ומבוצעת באופן מקורב ובסיוע תחושות בטן וניסיון עבר במקומות אחרים. כך או אחרת, ההחלטות נעשות לפי העקרונות שנמנו לעיל.

הקושי בהערכת תוחלת הכשל

הערכת תוחלת הכשל, המורכבת מהערכת ההסתברות לכשל והכפלתה בערך הכשל, הינה קשה ביותר. הערכת ההסתברות לכשל הינה המשימה הקשה מן השתיים, לעיתים בלתי אפשרית, אך גם הערכת ערך הכשל איננה פשוטה כלל ועיקר.

הערכת הסתברות לכשל (Risk Probability Assessment) הינה משימה בה נדרש המתכנן להעריך הסתברות להתרחשותו של אירוע בעתיד. התממשות האירוע בעתיד, כשלעצמה, מושפעת מהפעולות אותן מתכנן המתכנן לבצע בכדי למנוע את ההתרחשות. כיצד משתנה ההסתברות לכשל כתלות בפעולות שאנו נוקטים להסרת הסיכון? האם ניתן להתייחס להסתברות לכשל כמשתנה בלתי תלוי לצורך קבלת החלטות תכנוניות או שיש להתייחס אליה כמשתנה התלוי בפעולות המתוכננות על ידינו להקטנת ההסתברות להתרחשות אותו הכשל?

מעבר לשאלות אלו, יש סימן שאלה באשר להתייחסות הנכונה למשתנה "הסתברות לכשל", באשר הוא משמש לתיאור שני מצבים קוטביים וסותרים: בקוטב האחד, הסתברות לכשל בשיעור של 100%, כלומר הכשל יתרחש בוודאות. בקוטב השני הסתברות לכשל בשיעור של 0% כלומר הכשל לא יתרחש, גם זאת בוודאות! הנתיב העוקף התמודדות עם סתירה זו הוא התעלמות מהקטבים ב - 0% ו - 100% והתייחסות להסתברות כשל שבין 10% עד 90%, בלבד, כפי שמציע ה - PMBOK® [1].

הערכת ההסתברות לכשל עוסקת בהערכה של אירוע עתידי העשוי להתרחש או שלא להתרחש בסביבה מורכבת ביותר. הערכה שכזו הינה משימה קרובה מאד באופייה למשימת נבואה. האם מדובר במשימה אפשרית?

הערכת ערך הכשל סובלת גם היא מקושי מובנה, במיוחד כאשר נדרש להעריך את ערך הפגיעה בתכונות המוצר הסופי, הערכה הדורשת מידע רב, במקרים רבים לא זמין, המתייחס לערך כל תכונה ותכונה של המוצר מנקודת הראות של הלקוח. גם הערכת משך הזמן בו תתארך תכנית הפרויקט עקב התממשות סיכון הינה מורכבת, בכדי לבצעה כהלכה יש לבנות, לפחות ברמה העקרונית תכנית עבודה לפעולת התאוששות מכשל וזאת במועד בו ההגדרה של תכולת העבודה אינה ברורה או אינה קיימת כלל והצורך הקונקרטי בתכנית עבודה כזו הינו מעורפל מכיוון שההסתברות לכשל הספציפי איננה ודאית ואין שום בטחון שנזדקק אי פעם לממש תכנית שכזו. המורכבות של ההערכה, במיוחד בפרויקטי פיתוח בנושאים מתקדמים, הניבה מגוון שיטות מקורבות להערכה כדוגמת סולם בונן שהוצג ע"י ד"ר ז. בונן [2] או RTA שהוצגה ע"י ד"ר ע. הרי ופרופי מ. וייס [3].

בהיעדר מידע מדויק

בניסיון להעריך את תוחלת הכשל, תחת הקשיים המתוארים לעיל, ובהיעדר מידע קונקרטי ומדויק, מתחילות לבוא לידי ביטוי תחושות הבטן של השותפים להערכה. תחושות הבטן תהיינה תמיד מגוונות ושונות במידה רבה זו מזו. מי שיביא את ניסיונו מעברו המקצועי, ניסיון הכולל חוויה של כשל בניסוי קריטי, כשל אותו ניתן היה למנוע באמצעות ניסוי מקדים, במעבדה קרקעית מסוימת לשם הדוגמה, יעריך מן הסתם את הסיכוי לכשל בניסוי באחוז גבוה וקרוב לודאי שילחץ להשקיע בפעילות באותה המעבדה. מי שהיה שותף לאירוע כשל בניסוי והרגיש שהאצבע המאשימה מופנית לעברו במקום לעברם של התהליכים הלקויים המעורבים ביצירת או באי-מניעת הכשל ימליץ גם הוא באופן דומה הן בכדי להפגין מאמץ מירבי להסרת סיכונים מול האצבע המאשימה מתוך חשש ששמו ייקשר שוב לכשל, באם יתרחש חס וחלילה. הגורם האמון על צמצום הוצאות הפיתוח, בין אם הלקוח ובין אם גורם פנים-ארגוני, נוטה להעריך את הסיכוי לכשל כנמוך וילחץ שלא להשקיע במעבדות ובמיוחד אם ההשקעה משמעותית לארגון. גורמים אחרים, חסרי ניסיון או אופטימיים מדי יכולים גם הם להעריך שהסיכוי לכשל הוא קטן

ולהמליץ שלא להשקיע. בהינתן כל אלה, הערך שיינתן לתוחלת הכשל ובעקבות כך תכנית הפעולה להסרת הסיכון, כפי שתיבנה, יהיו תלויים בדינמיקה הבין-אישית הספציפית של אותה הקבוצה הפרויקטלית, על כל בעלי העניין שבה ואף מחוצה לה. כל גורם חזק יכול להטות את ההחלטות על פי נטיותיו, לעיתים בסתירה להחלטה הרצויה.

האם כל הפעולות המתוכננות נחוצות? אילו פעולות נשכחו? האם סדר הפעולות להסרת הסיכונים הינו הסדר האופטימלי? כיצד יוחלט על פרטי תכנית הסרת הסיכונים? מי יחליט?

הצורך

הצוות הפרויקטלי זקוק אם כך לכלים נוספים לסייע לו בקבלת ההחלטות. כלי ניתוח המבטלים את הצורך בשימוש בהערכת הסתברות הכשל או ערך הכשל במעגל קבלת החלטות. כלים אובייקטיביים שאינם רגישים לגורמים הפסיכולוגיים המשפיעים על האומדנים, נמנעים מההשקעה הרבה הכרוכה בהערכת ערך הכשל ומציעים מנגד קריטריונים ברורים לקבלת החלטות בעניין הורדת הסיכונים.

המענה המוצע במאמר זה הוא שימוש בגישה דטרמיניסטית כמסייעת לתכנון וקבלת החלטות.

מקומה של הגישה ההסתברותית השלטת היום עדיין קיים:

- הגישה ההסתברותית יכולה לשמש כנקודת מוצא לתכנון בגישה הדטרמיניסטית,
- כאשר נדרש מענה ראשוני מהיר,
- כאשר אין נתונים זמינים וחסרים הידע והזמן הנחוצים לצורך מתן מענה מבוסס באמצעות הגישה הדטרמיניסטית.

דרישות מתכנית הורדת הסיכונים

תכנית הורדת הסיכונים בפרויקט היא תכנית המסייעת למנהל הפרויקט להשלים את משימתו, ובהצלחה. מנהל הפרויקט נדרש לבצע משימה המוגדרת בדרך כלל באופן הבא: לספק את **התוצר** הנדרש, **במועד** שנקבע, **ובתקציב** שהוקצה.

התוצר הוא התוצר על כל תכונותיו כפי שהן מוגדרות במפרט הטכני שלו ובכלל זה יכולות, פרמטרי ביצועים, מחיר עלות, בטיחות, איכות וכיוב. פרויקט מוצלח הוא פרויקט שהסתיים תוך השגת היעדים בכל שלושת הפרמטרים (תוצר, משך ותקציב) גם יחד. הדרישות מתכנית הורדת הסיכונים נגזרות מהגדרת ההצלחה במשימת הפרויקט וניתן להציגם באופן הבא:

1. **להסיר** את **הסיכונים** בפרויקט **במלואם**.
2. **מבלי להאריך** את משך **הזמן** המוקצה לפרויקט.
3. **ומבלי לחרוג מהתקציב** שהוקצב.

מאפייני הסיכונים והתכנית להסרתם

תהליך זיהוי הסיכונים והגדרתם, קרי זיהוי מקור הסיכון, או שורש הסיכון, הוא בעל חשיבות רבה בהיותו הגורם המניע לקביעת התכנית להסרת הסיכון. לדוגמה, כאשר אנו מזהים סיכון "שערי חליפין" כאשר הזמנת הפרויקט נקובה במטבע חוץ, הרי ששורש הסיכון הוא "השתנות לרעה של שערי החליפין במהלך ביצוע הפרויקט". תכנית הפעולה להסרת סיכון זה יכולה להיות, לדוגמה, "רכישת ביטוח שער" וכדאי יהיה לבצע פעולה זו סמוך לקבלת ההזמנה.

הגדרת סיכון רחבה תניע פעילות הסרת סיכונים רחבה. מצד שני, ככל שהגדרת הסיכון תהיה ממוקדת יותר כך ניתן יהיה לתכנן פעולה ממוקדת יותר להסרת אותו הסיכון. כאשר אנו מזהים סיכון "תנאי סביבה" הרי ששורש הסיכון הוא "פעולה בתנאי סביבה", או "התיישנות מוצר בתנאי סביבה" או שורש אחר. אם נתמקד בשורש הסיכון הראשון, "פעולה בתנאי סביבה", הרי שניתן למקד אותו יותר, על פי תכונות המוצר הספציפי. שורש הסיכון יכול להיות, לדוגמה, "פעולה בטמפרטורות משתנות" במוצר הרגיש לשינויים בטמפרטורה, או "פעולה בתנאי הרעדה" למוצר הרגיש לרעידות מכאניות. התמקדות נוספת באחד משורשים אלה יכולה לגלות שורש נוסף, ממוקד יותר. היקף תכנית הפעולה שיתוכנן יהיה

עצום באם נתכנן לבצע בדיקות תנאי סביבה בכל המעבדות השונות הבוחנות רגישות לכל תנאי הסביבה הנזכרים בתקנים (טמפרטורה, רעידות, לחות, אבק וכו'). היקף התכנית יקטן במידה משמעותית אם הסיכון ממוקד בשינויי טמפרטורה בלבד והפעולה להסרת הסיכון תהיה לפיכך בחינת המוצר ב"ניסוי בתא טמפרטורה".

בדרך כלל ההתמקדות במקור הסיכון אפשרית אך ורק במהלך ביצוע הפרויקט, באותם הרגעים בהן נקבעות החלטות תכן המייצגות בחירה בין אלטרנטיבות. לדוגמה, בחירת חומרי מבנה רגישים לטמפרטורה כאלטרנטיבה לחומרים אחרים שאינם רגישים אך אינם גבוליים בהיבט הביצועים תחייב להסיר את סיכון הרגישות לטמפרטורה במעבדה המתאימה. בחירת האלטרנטיבה השנייה היתה ממקדת אותנו מן הסתם להורדת הסיכון המוגדר כ"יכולת להגיע לביצועים הנדרשים" במעבדה הרלוונטית. נובע מכאן שתהליך זיהוי הסיכונים ובעיקר ניתוחם וקביעת תכנית הפעולה להסרתם הינו תהליך מתמשך המחייב טיפול שוטף מתחילת הפרויקט ועד סופו המתייחס גם לשינויים בזמן המופע של הסיכונים.

תהליך הניתוח וההתמקדות אינו פשוט כלל ועיקר. הוא מחייב הכרות טובה עם הסיכון ועל כן אין דרך אלא לשתף בתהליך את איש המקצוע הרלוונטי לסיכון עצמו. כאשר הסיכונים מתמקדים בתנאי סביבה, כדאי לבצע את תהליך הניתוח וההתמקדות יחד עם מומחה לתנאי סביבה. כאשר הסיכונים מתמקדים בביצועים אווירודינמיים, כדאי לשתף את המומחה האווירודינמי בתהליך. למומחה המקצועי קל לסייע בתהליך זיהוי הסיכונים כמו גם בתהליך בניית תכנית להסרת סיכונים. התכנית תהיה מורכבת לעתים קרובות מסדרת פעולות, כל פעולה ופעולה מסירה נתח אחד בלבד משורש הסיכון וסך הפעולות מסיר את סך הנתחים כלומר את שורש הסיכון כולו. לדוגמה כאשר הסיכון הוא "השגת תכונות אווירודינמיות של טיל" תכנית הפעולה תתפצל, כך ייתכן, לשתי פעולות טוריות כאשר פעולת ההסרה הראשונה היא "מדידת התכונות במנהרת רוח" והפעולה השניה היא "מדידת התכונות בניסוי אווירי" הלא הוא ניסוי טיסה בו מוטס הטיל באויר ונמדדות בו אותן התכונות האווירודינמיות. מומחים מקצועיים מגדירים בקלות ובמהירות את תכנית הפעולה להסרת הסיכון הואיל והם מורגלים בכך כמעשה של יום ביומו. משימת הגדרת שורשי סיכון, בהיותה משימה המבוצעת לעתים רחוקות יותר ומחייבת לעתים חקירה לעומקן של הסיבות להיווצרותם של דפוסי הפעולה המקצועיים, דפוסי פעולה שנקבעו, ברוב המקרים, על ידי מומחים אחרים, ובכן משימה זו אינה טבעית כמו משימת הגדרת תכנית הפעולה. על כן, התשובה הראשונה של המומחה המקצועי לשאלה מדוע נבחרה פעולה מסוימת להסרת סיכון תבוטא במונחים של פערים בין האמצעים השונים המסייעים להסרת הסיכון. בדוגמה לעיל קל להגדיר את שורש הסיכון במונחים של הפער בין טיב המדידה במנהרת הרוח המדמה תנאי טיסה אך לא בשלמות לבין טיב המדידה בניסוי האוירי, "פער מנהרת רוח/ניסוי אווירי". מנתח הסיכונים אינו יכול להסתפק בכך. עליו להגדיר, יחד עם המומחה המקצועי ובמדויק את שורש הסיכון הספציפי המוסר בניסוי האווירי ולזהות את ההבדל בינו לבין שורשי הסיכון המתוכננים להסרה בניסוי מנהרת הרוח. במקרה הדוגמה זיהוי אפשרי הוא ששורש הסיכון המוסר בניסוי האווירי הוא התכונות האווירודינמיות הלא-לינאריות של הטיל בקצה מעטפת הטיסה, אותן לא ניתן לדמות בניסוי המנהרה בשל המגבלות הפיזיות שלה.

שיתוף המומחה בתהליך זיהוי וניתוח הסיכונים מחויב המציאות אולם יש לנקוט בזהירות בהתייחסות לתכנית הסרת הסיכונים המוצעת על ידי מומחה מקצועי. הצעותיו של המומחה משקפות את מיטב ניסיונו המקצועי הספציפי יחד עם זאת היכרותו עם המערכת כולה ועם תכניות הסרת הסיכונים של הפרויקט כולו כפי שנבנו על ידי מנתח הסיכונים תהיה תמיד מוגבלת. לעיתים תהיינה הצעות המומחה בעלות כיסוי רחב הכולל הורדת סיכונים שאינם נכללים במערכת הנוכחית או שהסרתם אפשרית במסגרת פעולה מערכתית שאותו המומחה אינו שותף מלא לה. על מנתח הסיכונים המערכתי להשלים את הניתוח, לזהות את הסיכון המוסר בכל פעולה ופעולה ולבחון את התאמת הסיכון והפעולה להסרתו לתכן המערכת ולתכנית הסרת הסיכונים המערכתית. הגישה הדטרמיניסטית המוצגת בהמשך תומכת במאמץ זה.

ואחרי כל אלה, עדיין קיימים מקרים בהם יש קושי להגדיר את שורש הסיכון בעטיו הומלצה הפעולה להסרת הסיכון. לדוגמה, אם נתייחס לסיכון "פעולה בתנאי סביבה" של מערכת המורכבת על רכב שטח, הרי שתכנית הפעולה יכולה להיות מורכבת מניסוי לעמידה בתנאי סביבה במעבדה קרקעית ולאחריו ניסוי בו המערכת מורכבת על הרכב ונבדקת עמידתה בניסוי דרך. שורש הסיכון המוסר בניסוי הרכוב אינו מוגדר במונחים של המערכת המפותחת אלא במונחים של הפער בין הדימוי של תנאי דרך במעבדה

הקרקעית לבין האפקט של תנאי הדרך בפועל בניסוי הדרך, "פער מעבדה/ניסוי רכוב" ואנו מתקשים להגדיר שורש סיכון ספציפי לפער זה.

בחלק מהמקרים תכנית הפעולות להסרת הסיכונים נדרשת על פי החוזה. אפשר לפגוש מקרים כאלה בעיקר בדרישה חוזית לביצוע ניסוי מסכם על פיו מאשר הלקוח את הפרויקט כולו. בחוזים מסוימים מוכתב אף ביצועם של ניסויים במהלך ביצוע הפרויקט. במקרים אלה תבוצענה שתי הפעולות להסרת הסיכונים גם אם לא זוהה שורש סיכון ספציפי המחייב את שתיהן, והמאמץ יופנה לפיצול סך הפעילות בין שני אמצעי הסרת הסיכונים משיקולים תכניתיים (תזמון ועלות כוללת).

במרבית תהליכי ניתוח הסיכונים אנו נותרים בתום הניתוח עם סיכון שיורי שאינו מוגדר באופן ספציפי ועם פעולה שאיננו יכולים לשייכה להסרת סיכון ספציפי. סיכון שיורי זכה לתואר "Unknown-Unknown" בספרות ואת הפעולה הלא משויכת אנו מכנים כפעולה אשר אין בעבורה שורש סיכון ידוע. יש להקצות כנגד הסיכונים השיוריים ולנהל מולם רזרבות זמן ותקציב ברמת הפרויקט כולו, למקרה שיתממשו. אין לתכנן פעולות ספציפיות להסרת סיכונים שיוריים. לדוגמה, כאשר אנו מתכננים שילוב של מכשור אלקטרוני על מטוס ייעודי, מסירים את סיכוני האינטגרציה במעבדת אינטגרציה, מסירים את סיכוני הפעולה בתנאי הסביבה של המטוס במעבדות המדמות את תנאי הסביבה הרלוונטיים, אנו עומדים בפני סיכון שיורי המאופיין דווקא על ידי פער בין הפעולות בתכנית הסרת הסיכונים, פער בין סביבת הפעולה האמיתית שתתקיים בהתקנת המכשור על מטוס היעד לבין סביבת הפעולה הקיימת במעבדות הקרקעיות השונות. אכן, יש לנו סיבה לחשוש היות וההיסטוריה לימדה אותנו פרקים רבים על כישלונות במעבר ממעבדות קרקעיות אל מטוס היעד הנובעים מפערים שלא זוהו מראש. מאידך, כל עוד איננו מזהים מקור ספציפי, שורש סיכון ברור כנגדו ניתן לנקוט בפעולה תכניתית ספציפית, אין לתכנן כנגדו פעולה ספציפית. בדוגמה לעיל הסיכון יוסר בניסוי הטיסה המסכם, בו יופעל וייבדק המכשור האלקטרוני על מטוס היעד.

לסיכום פרק זה, ניתן בעזרת ניתוח סיכונים המשלב אנשי מקצוע העוסקים בעולם התוכן של הסיכון לזהות, למקד ולחדד את שורש הסיכון באופן שיאפשר לבנות תכנית הסרת סיכונים הממוקדת בהסרת שורשי הסיכונים השונים כפי שהתגלו ונמנעת מפעולות הסרת סיכונים כלליות המתמודדות עם סיכונים רבים, רובם אינם רלוונטים לשורש הסיכון הספציפי בפרויקט המדובר. באופן מעשי ניתן לבחון את הרלוונטיות של הפעולות המתוכננות להסרת הסיכונים לסיכונים הקיימים בפועל בהפעלת קריטריון היחידות והייחודיות האומר שכל שורש סיכון צריך להיות מזוהה עם פעולה ייחודית המכוונת להסרתו. פעולה שאינה מזוהה עם שורש סיכון ייחודי הינה פעולה מיותרת. שורש סיכון המזוהה עם שתי פעולות או יותר הנדרשות להסרתו דורש ניתוח נוסף למיקוד נוסף של שורשי הסיכון. את שורשו של רעיון היחידות והייחודיות ניתן למצוא בעיון בספרות בנושא הפילוסופיה של מערכות דטרמיניסטיות המתוארת גם בוויקיפדיה [ראה מקור 4].

עקרונות הגישה הדטרמיניסטית

הגישה המקובלת לניהול סיכונים מבקשת להעריך את עוצמת הסיכון כמדד אינטגרלי האוסף בתוכו את ההיבטים השונים של משמעויות הסיכון, בין אם הן טכניות, לו"ז או עלות, מדרגת את הסיכונים לפי עוצמת הנזק שהם יכולים לגרום (תוחלת הכשל) ומתעדפת את הטיפול והפוקוס הניהולי בסיכונים העוצמתיים ביותר תוך ויתור על טיפול בסיכונים הקטנים יותר והשארתם תחת מעקב בלבד. קיים קושי להעריך מלכתחילה את תוחלת הכשל כפי שתואר בפתח המאמר, כמו גם קושי לזהות ולהעריך השתנות תוחלת הכשל (ירידה או עליה), או את עוצמת הסיכון עם התקדמות הפרויקט, תופעה העלולה לחמוק בקלות מעיני מנהלי הסיכונים בשל התיוג שניתן לסיכונים השונים עם ההצגה הראשונה של תכנית ניהול הסיכונים וההילה העוטפת את הסיכונים הגדולים (Top - 10) ומסתירה מאחוריה סיכונים רבים אחרים שאינם מטופלים, במרבית המקרים, כהלכה.

הגישה הדטרמיניסטית מוותרת על תהליך סווג הסיכונים לפי עוצמתם ומתייחסת לכל סיכון וסיכון במידה שווה מתוך נקודת השקפה שבסופו של דבר יש להסיר את כל הסיכונים בכדי להגיע להישגים הנדרשים בפרויקט וכל סיכון גם הקטן ביותר לכאורה, יכול לפגוע בהצלחה המלאה של הפרויקט כפי שהוגדרה לעיל, באם לא טופל בעוד מועד.

נשאלת מן הסתם השאלה כיצד ניתן להתמודד עם המספר העצום של הסיכונים וכיצד לתעדף את הטיפול בהם באם ויתרנו על עוצמת הסיכון כקריטריון לתעדוף? התשובה נעוצה בכך שהטיפול בתכנית הסרת הסיכונים צריך להתבצע במשך כל מהלך חיי הפרויקט במקביל לניהול השוטף של הפרויקט ולתהליכי קבלת ההחלטות בנושאים המרכזיים של הפרויקט בין אם הם פיתוח, ייצור או כל נושא מרכזי אחר. מאמץ ההתמודדות עם כל סיכון וסיכון צריך שייעשה באופן מדורג על ציר זמן הפרויקט. מעבר לכך, יש לפזר את המאמץ בין כל אנשי המקצוע הפועלים לביצוע הפרויקט ולא למקדו בידי ראש הפרויקט, מהנדס המערכות או מנתח הסיכונים הפרויקטלי.

אפשר לומר אם כן בצורה ציורית, המתייחסת למונחי הגישה ההסתברותית, שהגישה הדטרמיניסטית מניחה שכל שורש סיכון יתממש בוודאות (סבירות 100% לכשל) ומכיוון שכך יש לתכנן כנגדו פעולה אחת ייחודית (unique) המאפשרת את הסרתו המלאה (ב - 100%). ברור שהנחה קיצונית שכזו יכולה לגרור אותנו לתכנית הסרת סיכונים עשירה ומגוונת, אך ארוכה, יקרה ומיותרת. מכיוון שכך, אנו מצרפים לדרישה הקיצונית דרישה קיצונית נוספת לשם האיזון והדרישה היא לבצע את הפעולה להסרת הסיכון ב"אפס זמן ובאפס תקציב". בסופו של תהליך בניית תכנית הסרת הסיכונים נמצא את עצמנו בכל זאת עם פעולות הנמשכות זמן ותובעות תקציב מסוים, גם אם קטן, והבחינה תהיה אינטגרלית, לסך הסיכונים בתכנית, ותוודא שאף אחד מהסיכונים הפרטניים אינו גורם להארכת משך הזמן הכולל המוקצה לפרויקט ומבלי לחרוג מהתקציב הכולל שהוקצב לו.

התבוננות בהגדרה לעיל מצביעה על כך שמהלך תכנון תכנית הסרת סיכונים בגישה הדטרמיניסטית הינו בעצם מהלך של איתור אופטימום גלובלי של סך הפעולות המתוכננות להסרת סך שורשי הסיכונים שזוהו, תחת אילוצי זמן ותקציב. המטרה הינה, אם כך, לבנות תכנית פעולה אופטימאלית המסירה את כל הסיכונים במסגרת הזמן והתקציב המיועדים לפרויקט.

הגישה הדטרמיניסטית נעזרת בשני כללים מסייעים:

- תכנון הזמן והתקציב לפעולה ייעשה בגישת "הצלחה בפעם הראשונה" (success oriented). לא יבוצע תכנון מראש של פעולות לפיצוי על כשל אפשרי בפעולה קודמת שבוצעה להסרת הסיכון (לדוגמה, אם הפעולה להסרת הסיכון היא פעולת הכללה, לא תתוכנן פעולת הכללה חוזרת כחלק מתכנית הסרת הסיכונים).
- כנגד הסיכונים השיוריים (Unknown-Unknowns) בעבורם לא ניתן לבנות תכנית פעולות ספציפית, וכנגד הסיכון שבפועל לא תהיה "הצלחה בפעם הראשונה", יש להקצות רזרבות זמן ותקציב (Buffer) ברמת הפרויקט כולו.

על פי הגישה הדטרמיניסטית, ובכדי לבנות תכנית הסרת סיכונים יעילה. שיטת התכנון היא שיטת איתור אופטימום באמצעות איטרציות:

- קובעים תכנית הסרת סיכונים ראשונית (יכולה להיות גזורה מן הדרישות החוזיות או להתקבל כתוצר מניהול סיכונים בגישה ההסתברותית)
- בוחנים באם התכנית אופטימאלית בעזרת שלוש השאלות הבאות הנשאלות על כל פעולה ופעולה בתכנית המוצעת. לסדר השאלות יש חשיבות ואין לשנותו:
  1. האם הפעולה התכניתית הספציפית המוצעת מביאה להסרה מלאה של שורש הסיכון הספציפי?
  2. אם כן, האם הפעולה התכניתית מבוצעת ב"אפס זמן" ובכל מקרה אינה גורמת לחריגה מיעד סיום הפרויקט?
  3. אם כן, האם הפעולה התכניתית מבוצעת ב"אפס תקציב" ובכל מקרה אינה גורמת לחריגה מהיעד התקציבי לפרויקט?
- תשובה שלילית לאחת מן השאלות תהיה הגורם המדרבן לביצוע איטרציה נוספת, שמטרתה היא פירוק הפעולה התכניתית המוצעת לסדרת פעולות הנמשכות זמן קצר יותר וצורכות תקציב נמוך יותר, מסירות כל אחת חלק משורש הסיכון וכולן ביחד את הסיכון כולו במלואו.
- האיטרציה הנוספת תחל בפירוק הסיכון המדובר לתת-מרכיבים (שורשי סיכון), הכנת תכנית פעולות תכניתיות להסרת שורשי הסיכון שנחשפו וחזרה לבחינת אופטימליות התכנית.
  1. בכל איטרציה ואיטרציה יש לוודא שקיים קשר ייחודיות (uniqueness) בין הפעולה האחת המתוכננת להסרת הסיכון לבין הסיכון אותו היא אמורה להסיר.
  2. פעולה תכניתית להסרת סיכונים, שאינה מזוהה עם סיכון ייחודי או שמתברר כי היא מזוהה עם סיכון שיורי - תבוטל ותוצא מן התכנית - אין בה צורך.

תהליך ניהול הסיכונים, העמקת הניתוח של שורשי הסיכון כמו גם העמקת התכנון האופטימלי של הפעולות להסרתם הינו תהליך המתחיל עם התנעת הפרויקט ונמשך עד לסיום הפרויקט. התהליך קשור קשר הדוק לתהליכי בניית תכנית העבודה המפורטת של הפרויקט ועומק ניתוח וניהול הסיכונים צריך להקביל לעומק הפירוט של תכנית העבודה.

הרחבת ההסבר לשיטת התכנון בגישה הדטרמיניסטית תושתת על מקרה לדוגמה.

אירוע פרויקטי לדוגמה

רקע. תכנית העבודה של פרויקט פיתוח של מערכת רחבת היקף תכלול בתוכה בדרך כלל שלב של אישור ביצועים בניסוי בקנה מידה מלא. מחירו של ניסוי שכזה הוא עצום, מחיר כשל בניסוי - מעבר למחיר הפיתוח הנוסף הנדרש להתגבר על התקלה - הינו גדול במיוחד ובניסיון לצמצם את הסיכון הרב מושקעים זמן ומשאבים בבדיקות מקדימות, חלקיות אמנם, אך מקיפות ככל שניתן, במעבדות המדמות את סביבת העבודה של המערכת המפותחת. זהו מהלך מוכר ושגרתי של הסרת סיכוני פיתוח מתחילת הפרויקט ועד לניסוי המסכם.

אחת המעבדות הפופולאריות בפרויקטים הקשורים בפיתוח מערכות מוטסות היא מטוס המעבדה. לעיתים קרובות מטוס המעבדה זמין יותר וזול יותר ממטוס היעד של הפרויקט. מאידך, במקרים אחרים הכנתו לניסוי דורשת השקעת משאבים רבה ומציבה סימן שאלה לגבי כדאיות השימוש בו. על הנהלת הפרויקט, מנהל הפרויקט, המהנדס הראשי, מנתח הסיכונים ואיש התכנון והבקרה הפרויקטלית להגיע לידי החלטה מול הדילמה באם להוסיף לתכנית הסרת הסיכונים ולהשקיע בהסרת סיכונים במטוס המעבדה (או בניסוי ספציפי אחר) או לבחור בחלופות אחרות.

מוותרים על מטוס מעבדה? באירוע הפרויקטלי לדוגמה נדרשה התאמת מצלמה אלקטרואופטית מוטסת למטוס חדש. סיכון ספציפי שזוהה היה קשור למעטפת הטיסה של המטוס, שהיתה מורחבת ביחס למטוסים הקיימים עליהם הורכבה המצלמה עד היום. הסיכון הוגדר כאי ודאות ביכולת המצלמה לפעול ולהציג את הביצועים הנדרשים בתנאי הטיסה בגובה רב ובמיוחד בטמפרטורות הנמוכות השוררות בגובה זה.

תכנית הפיתוח והסרת הסיכונים נבנתה בגישה המקובלת. הביצועים האופטיים והפעולה התקינה של המצלמה בטמפרטורה נמוכה בטיסה בגובה רב זוהו כסיכון העיקרי בפרויקט ותכנית הסרת הסיכון (טבלה 1) כללה ניסוי בתא טמפרטורה לבחינת הפעולה התקינה של המצלמה בטמפרטורות נמוכות במיוחד, התאמת מטוס מעבדה לקליטת המצלמה ועריכת ניסוי מקדים לבחינת הביצועים בטיסה על מטוס זה טרם הטסת המצלמה על מטוס היעד בניסוי הטיסה המסכם. הסיבה העיקרית לכך היתה המועד המאוחר בו ניתן יהיה לבצע ניסוי במטוס היעד, מועד סמוך מאד למועד החוזי של סיום הפרויקט, ואילו את הסיכונים בפרויקט יש להסיר, ככלל, מוקדם ככל שניתן. הפרויקט הותנע על בסיס תכנית זו שקיבלה אישור ותמיכה מכל בעלי העניין בפרויקט, החל מגורמי הביצוע, הקבלן הראשי וכלה בגורמי הלקוח.

טבלה מס' 1: תכנית הסרת הסיכונים בהתנעת הפרויקט

תיאור הסיכון: ביצועים אופטיים ופעולה תקינה בטמפרטורה בגובה רב			
מס'	**פעולה תכניתית להסרת הסיכון**	**מועד סיום (המוקדם ביותר)**	**תקציב (לפעולה מוצלחת)**
1	ניסוי בתא טמפרטורה	4	1,000
2	ניסוי טיסה במטוס מעבדה	6	5,000
3	ניסוי טיסה מסכם (חוזי)	12 (חוזי)	11,000 (חוזי)

זמן מה לאחר התנעתו החל הפרויקט לסבול מלחצים תקציביים שהובילו למהלך של ניתוח ובחינה מחודשת של תכנית הפיתוח. תכנית הסרת הסיכונים נבנתה על בסיס הידע הארגוני שנצבר עם השנים בכל הקשור לניסויי פיתוח, ידע שתמך ברעיון הניסוי המקדים במטוס מעבדה אשר הצליח לסייע בהסרה מוקדמת של סיכונים בפרויקטים רבים ומוצלחים בעבר. עלות ההיערכות לניסוי במטוס המעבדה וביצוע

הניסוי נאמדה ב - 5,000 יחידות כסף. מהי תוחלת הסיכון שאותו אמורה פעילות זו להסיר? מהי עלותו של ביצוע ניסוי חוזר במטוס היעד החדש במקרה של כשל? מהו הסיכוי לכשל בניסוי הראשון במטוס היעד? הדעות בנושא הסיכוי לכשל נחלקו לכאן ולכאן. תחושות הבטן שולטות באירועים שכאלה. כל בטן עם אחוזי סיכוי אופייניים לה. ולא די בכך. בתכנית הפיתוח הנוכחית, בגלל היקפה ומורכבותה, עלו סימני שאלה גם בנושא עלות ניסוי חוזר במטוס היעד. הואיל ובמסגרת התכנית פותחו מספר מרכיבים ותוכננו מספר ניסויים שונים על מטוס היעד נוצרה הזדמנות לשילוב יעדי ניסוי שונים בטיסה אחת עם פוטנציאל להוזלה בעלות האפקטיבית של כל ניסוי חוזר, במידה ויידרש. פוטנציאל הוזלה שניתן למימוש, ואולי לא... ובכדי להוסיף למורכבות, הועלתה טענה נוספת: כשל בניסוי המסכם במטוס היעד, הנחשב ניסוי משמעותי ומסכם, יפגע במוניטין של הארגון, פגיעה שערכה קשה לכימות. האיום הוא בהיקף של אלפי יחידות כסף בשל אובדן היכולת לקבל הזמנות חדשות, חובה לבצע ניסוי טיסה מקדים במטוס המעבדה להסרה מוקדמת מספיק של הסיכונים, כך נאמר.

מכינים מטוס מעבדה לניסוי? עורכים ניסוי מטוס מעבדה? מוותרים עליו? על כף המאזניים מצד אחד הוצאה וודאית של 5,000 יחידות כסף בפעולה שמטרתה היא הסרת הסיכונים. מנגד - אומדנים שונים וקוטביים של תוחלת הכשל, ערך הנזק העלול להיגרם בשל הויתור על עריכת הניסוי במטוס המעבדה. בשל הקוטביות בהערכות ניתן היה להצדיק באמצעותן החלטה כלשהי. ניתן היה להעריך את תוחלת הכשל בסכומים הגבוהים מעלות הורדת הסיכון ולהחליט על ביצוע הניסוי המקדים במטוס המעבדה ובאותה המידה ניתן היה להעריך את תוחלת הכשל בסכומים הנמוכים מעלות הורדת הסיכון ולתמוך בהחלטה שלא לבצע את הניסוי הזה. הגישה ההסתברותית קרסה, מבלי להותיר כלים להחלטה בידי הצוות המנהל. הלחצים התקציביים נותרו בעינם. נדרשה לפיכך גישה שונה לסיוע בקבלת ההחלטה. כאן באה לעזרה הגישה הדטרמיניסטית.

הגישה הדטרמיניסטית - מסייעת לקבלת החלטות. תכנית הסרת הסיכונים נבחנה מחדש על פי הגישה הדטרמיניסטית. צעד ראשון היה ניתוח הסיכון ורישום שורש הסיכון הרלוונטי לכל פעולה תכניתית המוצעת להסרת הסיכון והתוצאה מוצגת בטבלה 2.

טבלה מס' 2: תכנית הסרת הסיכונים מוצגת על פי עקרונות הגישה הדטרמיניסטית

תיאור הסיכון: ביצועים אופטיים ופעולה תקינה בטמפרטורה בגובה רב				
מס'	**שורש הסיכון**	**פעולה תכניתית להסרת הסיכון**	**מועד סיום (המוקדם ביותר)**	**תקציב (לפעולה מוצלחת)**
1	**פעולה** בטמפרטורה נמוכה במעבדה	ניסוי בתא טמפרטורה	4	1,000
2	**ביצועים** בטמפרטורה נמוכה בטיסה	ניסוי טיסה במטוס מעבדה	6	5,000
3	פער מטוס מעבדה/מטוס יעד (אין שורש סיכון ידוע)	ניסוי טיסה מסכם (חוזי)	12 (חוזי)	11,000 (חוזי)

צעד שני היה התנעת מהלך האופטימיזציה. ההתמקדות הראשונה היתה בפעולה היקרה ביותר הלא היא פעולה מס' 2: ניסוי טיסה במטוס מעבדה. הפעולה נבחנה וצלחה את שתי השאלות הראשונות של תהליך האופטימיזציה. בהתייחס לשאלה הראשונה, שאלת ההסרה המלאה של הסיכון, הפעולה אמנם מסירה את סיכון הביצועים בטמפרטורה נמוכה בטיסה, עד כדי הפער בין מטוס המעבדה לבין מטוס היעד כנגדו אין שורש סיכון ידוע. בהתייחס לשאלה השנייה, שאלת הזמן, הרי הפעולה לא נעשית ב"אפס זמן" אולם היא עומדת ביעדי הזמן של הפרויקט כולו. השאלה השלישית הנוגעת לתקציב זיהתה תקציב גבוה לביצוע ניסוי מטוס מעבדה ודירבנה חזרה לבחינת התכנית וניסיון לאתר פעולות חליפיות להסרת הסיכון, פעולות זולות יותר. נשאלה אם כן השאלה האם ניתן להסיר את הסיכון הספציפי של

"ביצועים בטמפרטורה נמוכה בטיסה" במעבדה אחרת, זמינה וזולה יותר, ואכן תוך זמן קצר אותרה מעבדה שכזו, המדמה היטב את תנאי הטמפרטורה והלחץ בגובה הטיסה הרב ומאפשרת בעת ובעונה אחת את בחינת הביצועים המדוברת בהיותה מצוידת בחלון אופטי. כל שנדרש היה היערכות לפתרון הבעיות האדמיניסטרטיביות והעסקיות הקשורות לבדיקה במעבדה ספציפית זו, מאמץ ניהולי לא קטן אך בטל בשישים ביחס למאמץ שנדרש היה להיערכות ולביצוע הניסוי במטוס המעבדה. העלות הכוללת של ההיערכות וניסוי הביצועים במעבדה הוערכה ב - 1,000 יחידות כסף, זולה במידה משמעותית מהעלות הכוללת של ניסוי הטיסה במטוס המעבדה.

טבלה מס' 3: הסרת סיכון הביצועים במעבדה קרקעית ובתקציב קטן יחסית לתקציב ניסוי הטיסה

תיאור הסיכון: ביצועים אופטיים ופעולה תקינה בטמפרטורה בגובה רב				
מסי	**שורש הסיכון**	**פעולה תכניתית להסרת הסיכון**	**מועד סיום (המוקדם ביותר)**	**תקציב (לפעולה מוצלחת)**
1	**פעולה** בטמפרטורה נמוכה במעבדה	ניסוי בתא טמפרטורה	4	1,000
2	**ביצועים** בטמפרטורה נמוכה במעבדה	ניסוי בתא לחץ/טמפרטורה עם חלון אופטי (דימוי תנאי טיסה)	4	1,000
3	פער מעבדה/מטוס מעבדה (אין שורש סיכון ידוע וייחודי)	ניסוי טיסה במטוס מעבדה	6	5,000
4	פער מטוס מעבדה/מטוס יעד (אין שורש סיכון ידוע)	ניסוי טיסה מסכם (חוזי)	12 (חוזי)	11,000 (חוזי)

בשלב הזה לא נותר אף שורש סיכון ייחודי אותו ניתן לשייך לניסוי מטוס המעבדה. נותרו סיכונים אחרים שהועלו על ידי הצוות בזמנו כנימוק תומך לטובת ההחלטה המקורית לקיים ניסוי במטוס מעבדה, כגון סיכון של פגיעה בשם הטוב של הארגון עקב כשל של הניסוי במטוס הסופי, ניסוי שהיה לו ערך תקשורתי, ערך של מוניטין אצל הלקוח, וכן סיכון שאינו ידוע מראש (Unknown-Unknown), הנובע מהפער הקיים בין מטוס המעבדה לבין מטוס היעד. על פי הגישה הדטרמיניסטית יש להתייחס לכל סיכון וסיכון שעולה ועל כן נשאלה השאלה האם ניתן להסיר את סיכון המוניטין בדרך אחרת ונמצא כי הפתרון לבעיית המוניטין יכול לבוא בפעולות הסברה והכנת הלקוח אשר עלותן היא אפסית ביחס לעלות ניסוי מטוס מעבדה. כנגד אותו הסיכון שאינו ידוע מראש אין צורך להוציא הוצאה ודאית של מיליוני שקלים בהסרת הסיכון (שאולי אינו קיים כלל), ניתן וכדאי להסתפק במענה שנותנת הרזרבה התכניתית, בה משוריינים זמן ותקציב, בין היתר גם לסיכונים שאינן ידועים מראש.

הוחלט להוציא את ניסוי מטוס המעבדה מתכנית העבודה ולהוסיף במקומו ניסוי בתא לחץ/טמפרטורה עם חלון אופטי, ניסוי שלא היה מתוכנן קודם לכן.

טבלה מס' 4: תכנית הסרת הסיכונים לאחר הוצאת ניסוי מטוס המעבדה מהתכנית

תיאור הסיכון: ביצועים אופטיים ופעולה תקינה בטמפרטורה בגובה רב				
מסי	**שורש הסיכון**	**פעולה תכניתית להסרת הסיכון**	**מועד סיום (המוקדם ביותר)**	**תקציב (לפעולה מוצלחת)**
1	**פעולה** בטמפרטורה נמוכה במעבדה	ניסוי בתא טמפרטורה	4	1,000
2	**ביצועים** בטמפרטורה נמוכה במעבדה	ניסוי בתא לחץ/טמפרטורה עם חלון אופטי (דימוי תנאי טיסה)	4	1,000
3	פער מטוס מעבדה/מטוס יעד (אין שורש סיכון ידוע)	ניסוי טיסה מסכם (חוזי)	12 (חוזי)	11,000 (חוזי)

בשלב הזה נחשפה הזדמנות לחסכון נוסף בתקציבי הורדת הסיכונים. ניתן לראות כי ניתן לבצע פעולה תכניתית משותפת להסרת שני הסיכונים, הן סיכון פעולה בטמפרטורה נמוכה והן סיכון ביצועים בטמפרטורה נמוכה, בניסוי יחיד במעבדת תא לחץ/טמפרטורה עם חלון אופטי. אמנם, נדרשה הוצאה נוספת של 200 יחידות כסף לביצוע שתי הפעולות במסגרת ניסוי אחד אולם החיסכון הכולל היה בסך 800 יחידות כסף, כפי שניתן לראות בתמונת האיטרציה האחרונה של תהליך תכנון הסרת הסיכונים.

טבלה מסי 5: תכנית הסרת הסיכונים בתום הניתוח והתכנון בגישה הדטרמיניסטית

תיאור הסיכון: ביצועים אופטיים ופעולה תקינה בטמפרטורה בגובה רב				
מסי	**שורש הסיכון**	**פעולה תכניתית להסרת הסיכון**	**מועד סיום (המוקדם ביותר)**	**תקציב (לפעולה מוצלחת)**
1	סיכון לפעולה בטמפרטורות נמוכות יוסר יחד עם סיכון 2	ניסוי בתא טמפרטורה אוחד עם ניסוי בתא לחץ/ טמפרטורה/חלון		800 נחסכו
2	פעולה וביצועים בטמפרטורה נמוכה במעבדה	ניסוי בתא לחץ/טמפרטורה עם חלון אופטי (דימוי תנאי טיסה)	4	1,200
3	פער תא לחץ - טמפ/טיסה (אין שורש סיכון ידוע)	ניסוי טיסה מסכם (חוזי)	12 (חוזי)	11,000 (חוזי)

הגישה הדטרמיניסטית סייעה אם כן בתהליך קבלת ההחלטות ליצירת תכנית הסרת סיכונים אופטימאלית מבלי להזדקק להערכות של תוחלת הכשל. התכנית האופטימלית מסירה את כל הסיכונים המזוהים בזמן ובתקציב מינימליים ובכל מקרה מבלי לחרוג מיעדי הזמן והתקציב של הפרויקט.

סוף דבר. קבלת ההחלטה להוציא את ניסוי מטוס המעבדה מתכנית העבודה לוותה בקשיים רבים. חלק מבעלי העניין פירשו את ביטול הניסוי במטוס המעבדה כניסיון לחסוך בהוצאות הפרויקטליות על חשבון עמידה בדרישות המיפרטיות ודרישות האיכות של המוצר, אחרים התקשו לוותר על מטוס מעבדה בו עשו שימוש מוצלח ביותר בפרויקטים אחרים והפגינו חשש מכך שההחלטה פזיזה וכי יבוא "יום הדין". האמוציות סביב ההחלטה היו רבות. נדרשה נחישות רבה והשקעת מאמץ ניהולי רב להרגעת הרוחות הסוערות ולעמוד על קבלתה ומימושה של ההחלטה. גם כך, השקעת המאמץ הניהולי נתנה החזר גדול עשרות מונים בחסכון בזמן ובכסף.

סיכום

הוצגה גישה דטרמיניסטית לניהול הסיכונים בפרויקט, כחלופה לגישה ההסתברותית וכגישה מומלצת בכל מקום בו ניתן, מנקודת המבט של זמינות נתונים, ידע והזמן הנדרש לניתוח, להשתמש בגישה זו. הגישה גמישה מאד במובן שניתן להפעילה בכל רגע ורגע במהלך הפרויקט ובכלל זה על בסיס תכניות הסרת סיכונים שנבנו בגישות אחרות.

הגישה מבוססת על ניתוח הסיכונים עד לשורש הסיכון, על ניתוח הפעולות להסרת הסיכונים עד לשורשיהן, ואיתור קשר ייחודי בין סיבת השורש לסיכון לבין הפעולה הייחודית הנדרשת להסרתו. על סמך מערכת קשרים זו ניתן לגבש ולקבל החלטות לביצוע תכניות פיתוח ותכניות הסרת סיכונים אפקטיביות: ממוקדות יותר בהסרת הסיכונים כולם, מתוזמנות היטב, נקיות מפעולות בעלות יחס תועלת/עלות קטן מדי ועקב כך זולות יותר.

הגישה מתגברת על החולשות של הגישה ההסתברותית הנהוגה היום, המתבססת על הערכת תוחלת הכשל עקב התממשות סיכון ומציעה לסווג את הסיכונים ולטפל בהם על פי עוצמת הסיכון. החולשות של הגישה ההסתברותית נובעות מכך שהיא אינה מציעה דרך קונקרטית להתייחסות לשינויים של עוצמות הסיכון עם הזמן ואינה נותנת פתרון לקושי הרב ולסובייקטיביות הרבה המלווה את תהליך הערכת עוצמת הסיכון, תוחלת הכשל. מעבר להתגברות על חולשות הגישה ההסתברותית, מוסיפה הגישה הדטרמיניסטית כלי לידי המתכנן, המשמש אותו לגיבוש תכנית אופטימאלית המסירה מצד אחד את

הסיכונים כולם ועושה זאת בזמן ועלות מינימליים ובמסגרות הזמן והתקציב של הפרויקט כולו.

חולשתה של הגישה הדטרמיניסטית היא בכך שהיא מחייבת עבודת צוות מצוינת בין כל אנשי הפרויקט ובכלל זה איש ניתוח סיכונים שיצורף לצוות הפרויקט ויקבל על עצמו משימה אינטגרטיבית ומאתגרת, במיוחד במקרים בהם אווירת שיתוף הפעולה בקרב צוות הפרויקט הינה חלקית.

הגישה הופעלה ומופעלת בהצלחה בפרויקטים פשוטים ומורכבים כאחד.

מקורות

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition
2. ז. בונן, תכנון העבודה בפרויקט פיתוח, קול המערכות, גיליון מס' 8, יולי 2011 (פורסם במקור בפברואר 1969 כדו"ח פנימי ברפא"ל)
3. A. Hari, M.P. Weiss, Analysis of Risk and Time to Market During the Conceptual Design of New Systems, presented at the Int. Conf. on Engineering Design, ICED 03, Stockholm August 19-21, 2003
4. "Deterministic System (philosophy)", Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Deterministic_system_(philosophy)

קורות חיים

שמעון זיירמן הוא מהנדס אווירונאוטי בעל תואר B.Sc ו - M.Sc מהטכניון. בשנת 1980 החל עבודתו ברפאל בתפקידי פיתוח וניהול במחלקת אווירודינמיקה. בשנים 2000 - 2007 ניהל שמעון פרויקטי פיתוח בהיקף רחב ברפאל. בשנים 2007 - 2008 שימש כסמנכ"ל מו"פ והנדסה בפלסן ומאז 2008 הוא עובד ברפאל בתפקיד ניהול שונים.

חידושים ואתגרים בהנדסת מערכות

נכללו במסגרת האירועים העיקריים בחודשים יוני - יולי 2011

ד"ר אביגדור זוננשיין
מהנדס מערכות ותהליכים, רפאל

בכתבה זו נסקר שני אירועים מרכזיים בתחום הנדסת המערכות שהתקיימו בחויל ובארץ בחודשים האחרונים: הכינוס הבינלאומי להנדסת מערכות שהתקיים בדנבר, קולוראדו ביוני 2011 ויום העיון על גישות חדשניות ומחקרים בניהול מורכבות שהתקיים בטכניון ב 5.7.2011.

דרוש מהנדס מערכות עם חוצפה

דווח על הכינוס הבינלאומי להנדסת מערכות שהתקיים בדנבר, קולוראדו ביוני 2011

כללי

האיגוד הבינלאומי להנדסת מערכות INCOSE מקיים מדי שנה כנס בינלאומי בנושאי הנדסת מערכות. השנה התקיים הכנס בדנבר/קולוראדו בו השתתפו כ 1000 מהנדסי מערכות מ 20 מדינות. בכנס השתתפה קבוצה של כ - 5 ישראלים.

בכנס זה מוצגות עבודות המבוצעות בחברות ובאקדמיה בהיבטי הנדסת מערכות. כמו כן, מתקיימים דיונים במתכונת של פנלים או קבוצות עבודה שבהן נדונות שאלות חשובות לקהילת מהנדסי המערכות ולתחום המקצועי של הנדסת מערכות.

הכנס התקיים על רקע שני משברים: המשבר הכלכלי בעולם, והאסון של הצונאמי בכורים הגרעיניים ביפן.

מגמות בהנדסת מערכות

אנו ממשיכים לעקוב אחרי המגמות בהתפתחות הנדסת המערכות כתחום מקצועי ואקדמי. המגמות העיקריות שבלטו בכינוס זה היו:

- המשך התהליכים לאימוץ תפישת הנדסת המערכות בתעשיית האנרגיה, הן בהיבטי פיתוח מערכות אנרגיה חלופית והן בהיבטי אופטימיזציה אנרגטית.
- התנעת תהליכי הנדסת מערכות בתחומי תחבורה, הן בהיבטי אופטימיזציה מערכתית והן בהיבטי בטיחות בדרכים.
- צורך הולך וגובר שמערכות תהיינה בטוחות וחסונות מבחינת הבטחת מידע והבטחה ברשת (Security Engineering).
- המשך הטמעת שיטות ותהליכי MBSE - Model Based Systems Engineering.
- המשך ההבנה שהנדסת מערכות מוצלחת תלויה במהנדסי מערכות מצטיינים וחוצפנים (ראה פירוט בהמשך).
- השקעה מתמשכת בגיבוש תהליכי הנדסת מערכות למערכות מסובכות ולמערכים (SoS).
- השקעה בפיתוח של עולם הידע של הנדסת מערכות - BKCASE - Body of Knowledge and Curriculum to Advance Systems Engineering - עולם הידע הזה יכול לבוא לידי ביטוי בהדרכות והשתלמויות בארץ ובחויל.
- פתיחת תכניות לימודים חדשות להנדסת מערכות במקומות שונים בעולם (באוניברסיטאות ובמפעלים).
- המשך הגידול במספר מהנדסי מערכות המוסמכים בתכנית CSEP - Certified Systems Engineer Plan

- איתור גישות לפיתוח והנדסת מערכות הגמישות לדרישות ולשינויים.
- השלמת המחקר לדוקטוראט של מיודענו אריק הונור על ROI של הנדסת מערכות. יש ממצאים מעניינים במחקר זה. אושש הנתון שהאחוז האופטימאלי להשקעה בהנדסת מערכות הוא 15%.
- העמקת השילוב של היבטים סביבתיים (Sustainability) בתכן מערכות בהיבטי עמידה בדירקטיבות ירוקות והן בהיבטי תכן המערכות לעמידה בכל מחזור החיים.
- אימוץ גישת ה Assurance Case לוידוא עמידת המערכות בכל הדרישות.
- המשך פיתוח גישות חדשות להנדסת מערכות, כמו: Based Engineering Capability, Contract Based Systems.
- המשך המאמץ להטמיע גישות רזות להנדסת מערכות (Lean SE) - הוכנו הנחיות בנושא והן משולבות במדריך להנדסת מערכות של INCOSE.

דרוש מהנדס מערכות עם חוצפה - Wanted a Systems Engineering with Moxie

הצגה בנושא זה ניתנה במספר פורומים ע"י גיון תומאם הנשיא, הנבחר של INCOSE. לפי תפיסתו (שאת עיקריה הוא הציג בכנס INCOSE_IL במרץ), מהנדס מערכות צריך להיות טיפוס כזה שגורם למשימה להתבצע גם אם ישנם מכשולים, סיבוכים ואילוצים. במסגרת זו מצופה ממנו להתנהג ולהתנהל בצורות הבאות:

- **עליו ל"שבור מחסומים"**. מהנדס מערכות לא יחשוש ממחסומים, מנהלים ארגוניים, מפערים טכנולוגיים ואפילו לא יחשוש מהמנהלים שלו.
- **עליו להתמקד בתפוקות ולא בתהליכים**. הוא אינו רואה את הצלחתו בעמידה בתהליכים או במילוי רשימות התיוג, אלא בביצוע מוצלח של המשימה.
- **עליו לנהוג בשיתוף ולא בתחרותיות**, כיוון שכל הישג הוא תוצאה של עבודת צוות מוצלחת.
- **עליו לפתור בעיות סבוכות** תוך בחינה מערכתית של כל ההיבטים והחלופות.
- **עליו לקחת אחריות** על פתרון בעיות שלא נמצא להם אחראי.
- **עליו לפתור בעיות מערכתיות** בצורה מעמיקה ורחבה.

מגמות ארגוניות ב INCOSE

האיגוד הבינלאומי להנדסת מערכות INCOSE בוחן בשנים האחרונות את דרכי פעולתו. במסגרת זו בכינוס בדנבר הוצגו מספר יוזמות:

- יצירת מבנה ארגוני חדש להנהלת INCOSE בו יינתן ביטוי רב יותר לאיגודים הלאומיים ע"י חברות של נציגי נשיאי האיגודים הלאומיים בהנהלת INCOSE. בדרך זו האיגוד מצפה להשיג יותר מעורבות של האיגודים הלאומיים והגדלת מספר החברים ברמה הלאומית. יש לציין שיוזמה זו נדחפת כבר מספר שנים ע"י INCOSE_IL.
- יצירת שותפויות אסטרטגיות עם גופים רלוונטיים. בכנס בדנבר הושקה שותפות עם האיגוד הבינלאומי לניהול פרויקטים PMI ועם ה MIT. השותפות מתמקדת ביצירת תובנות ותהליכים לניהול רזה - Lean Program Management Initiative.
לפרטים אפשר להיכנס לאתר: www.lean-program-management.org
- גיבוש אסטרטגיה מעודכנת ל INCOSE לשנת 2025. Heintz Stower, הנשיא לשעבר של INCOSE הציג מחשבות ראשונות שלו בנושא זה.

יש לנו FELLOW INCOSE שני מישראל - פרופי דב דורי

בטקס הפתיחה התמלאה ליבנו גאווה כאשר הוכרז פרופי דב דורי מהטכניון כעמית INCOSE לשנת 2011. פרופי דב דורי קיבל את ההערכה הגבוהה הזאת על תרומתו רבת השנים לפיתוח מודלים ממוחשבים לתהליכי הנדסת מערכות כמו ה OPM. נימוקי המעריכים לפרופי דורי נוסחו בצורה הבאה:
"עבור תרומות חדשניות לתיאוריה ולפרקטיקה של הנדסת מערכות מבוססת מודל באמצעות מחקר והוראה"

פרופסור דב דורי מקבל את תואר עמית מנשיאת איגוד INCOSE, הגבי סמנטה רוביטיל, דנבר, קולורדו, יוני 2011

ביקור במעבדות אנרגיה מתחדשת NREL

במסגרת הכינוס אורגן ביקור ב National Renewable Energy Laboratory - NREL הממוקמות בגולדן, לא רחוק מדנבר. זוהי מעבדה מובילה במחקר ופיתוח של טכנולוגיות אנרגיה מתחדשת ומופעלת ע"י משרד האנרגיה האמריקאי. המעבדה עוסקת במגוון נושאים כמו: תחליפי נפט, אנרגיית שמש, אנרגיית רוח ותאים סולריים מתקדמים.

הביקור היה מעניין ומאלף והציג הישגים עולמיים בתחומי יעילות של תאים סולאריים.

פרטים על המעבדות של NREL אפשר למצוא באתר www.nrel.gov.

תרומת הישראלים לכינוס

אנחנו משתדלים שבכל כינוס תהיה נציגות פעילה של קהילת מהנדסי המערכות מישראל. הפעם התרומה הישראלית כללה את:

- פרופי דב דורי מהטכניון, הציג סמינר של יום שלם (TUTORIAL) בנושא:
Synergistic Model-Based Systems Engineering with SysML & OPM
- פרופי מוטי פרנק מהמכון הטכנולוגי חולון, הציג מאמר משותף עם אריק שדה (HIT) ושרון אשכנזי (תע"ש) בנושא:
Capacity for Engineering Systems Thinking (CEST) and project Success
- גבי מיכל שבתאי הציגה יחד עם דרי אביגדור זוננשיין מרפאל את עבודתם בנושא:
Challenges Based Risk Management
- דיר אביגדור זוננשין מרפאל הנחה פנל יחד עם עוזי אורין מאלביט-אלאופ, פרופי גיו קסר מסינגפור, הילרי סיליטו מבריטניה, אריק הונור מארה"ב, ססיליה הסקינס מנורבגיה בנושא:
People or Process: Which one is more important ? - ראה כתבה נפרדת.

מאמרים מצטיינים ומעניינים

במסגרת כנסי INCOSE נהוג להעריך את המאמרים המוגשים לכינוס ולציין את המאמרים המצטיינים. דירוג והערכת המאמרים המצטיינים נעשה ע"י צוות מעריכים בינלאומי. בחלק ממאמרים אלו השתתפתי כמעריך של המאמרים המצטיינים. כמו כן, השתתפתי במושב הכנס בו הוצגו המאמרים המצטיינים. להלן סיכום והתייחסות לחלק מהם:

- **הרצאתו של Hillary Sillitto מנהל הנדסת מערכות של חברת Thales UK:**

Unraveling Systems Engineers from Systems Engineering: Framework for describing the extent, variety and ambiguity of systems engineering and systems engineers.

הכותב ממשיך במאמרו את המאמץ המתמשך להגדרת רמות שונות של הנדסת מערכות ומהנדסי מערכות. המאמר הזה מרחיב את מודל 5 הרמות של Hitchin - Kasser על ידי ניתוח שלושה תחומים:

- מודלים שמסבירים ומבנים (structure) את ההיקף והשונות של הנדסת מערכות מכאניות בין הקבוצות.
- מודלים המסבירים את השונות ביישום הנדסת מערכות בעולם ובארץ.
- דיון מי אחראי ליישום הנדסת מערכות ולחשיבה מערכתית.

כתוצאה מניתוח זה מוצע להרחיב את תחומי העיסוק של מהנדסי המערכות להיבטים גלובאליים יותר, הן בהגדרת רמת השונות בתחומי העיסוק בתוך הדיסציפלינה ובין הדיסציפלינות והן בהתייחסות לריבוי המשמעויות של הנדסת מערכות בהתאם למשימות המוטלות עליה, במיוחד במערכות מאד מורכבות ומתפתחות. יש לציין גם את החשיבות שנותן הכותב להיבטי החשיבה המערכתית במסגרת הנדסת מערכות וכן להיבטים הרכים של מהנדסי מערכות, כמו: מנהיגות, עבודת צוות, תקשורת בין אישית.

- **הרצאתו של פרופי Joseph Elm מ SEI, Carnegie Mellon University:**

A Study of Systems Engineering Effectiveness: Building a Business Case for SE

הכותב מדווח על ממצאי מחקר וסקר להערכת התרומה והאפקטיביות של הנדסת מערכות בניהול פרויקטים ובהקמה ופיתוח מערכות. בעבודה זו נבחנו עשרות פרויקטים בעיקר בתחום הביטחוני מבחינת הגורמים המביאים להצלחת הפרויקטים. לפי ממצאי מחקר - סקר זה, מתקבל שהנדסת מערכות ברמה גבוהה תורמת להצלחת 56% מהפרויקטים, לעומת הנדסת מערכות ברמה נמוכה, מביאה להצלחה רק ב 15% מהפרויקטים.

- **הרצאתו של Eric Honour בנושא הדוקטוראט שלו:**

Sizing Systems Engineering Activities to Optimize Return on Investment

זהו מאמר המדווח על המשך המחקר והסקר לבחינת החזר ההשקעה של הנדסת מערכות בפרויקטים. המחקר מבוסס על תחקור באמצעות שאלונים וראיונות בכ - 50 פרויקטים בכל העולם. בעבודה זו אוששה מחדש ההערכה שהיקף ההשקעה הנכונה - אופטימאלית בהנדסת מערכות היא 15%. בנוסף מאופיינים הפרמטרים המשפיעים ביותר על היקף הנדסת מערכות כמו: גודל המערכת, שיטות פיתוח, רמת האינטגרציה. כמו כן, הוערכה ההשקעה האופטימאלית לכל משימה בתכן המערכתי.

- **הרצאתם של Sarah Sheard ו Ali Mostashari בנושא:**

Complexity Types: From Science to Systems Engineering

המאמר הזה הוא דווח ביניים על מחקר לדוקטוראט של Sarah Sheard בהנחיית Ali Mostashari מ Stevens Institute of Technology - המחקר בוחן כיצד למדוד איכותית וכמותית מורכבות של מערכות. בשלב הראשון מתוארים 6 סוגים שונים של מורכבות:

- מורכבות מבנית: גודל (כמו: מספר אלמנטים, מספר אירועים בפיתוח)
- מורכבות מבנית: קישוריות (כמו: מספר קשרים, סוג הקשרים, חוזק הקשרים)
- מורכבות מבנית: ארכיטקטורה (כמו: תצורות, הומוגניות, גבולות, יכולת הפרדה)
- מורכבות דינאמית: טווח קצר (כמו: אי ליניאריות, שינויים תכופים, אפקט הפרפר)
- מורכבות דינאמית: טווח ארוך (כמו: שינויים במבנה וביחסים בין מבנים)
- מורכבות חברתית - פוליטית (כמו: מספר מחזיקי עניין, מגבלות אנושיות, קיימות)

הכותבת אוספת מידע מעשרות פרויקטים ומערכות מפותחות, כאשר בכל פרויקט ומערכת היא מאפיינת באמצעות מנהל הפרויקט ומהנדס המערכות את מאפייני המורכבות וכיצד ניהול הפרויקט והנדסת המערכות מתמודדת עם המורכבות בתכן ובניהול. המדידה לפי 6 הסוגים שצוינו לעייל מקילה על מנהלי הפרויקט לגבש את דרכי ההתמודדות.

סיכום

כנס INCOSE 2011 היה כנס מוצלח ומעניין בכל ההיבטים המקצועיים והחברתיים. הוצגו מאמרים טובים, חדשניים ומעניינים עיי מיטב מומחי הנדסת מערכות מכל העולם. הכנס גם שימש ליצירת קשרים מקצועיים עם מומחים מכל העולם וחידש קשרים קודמים. קשרים אלו מהווים בסיס ליצירת פעילויות משותפות עם המומחים בארץ במסגרת כנסים ומפגשים בעולם.

מומלץ להמשיך את המסורת שלנו להשתתף בכנסים אלו בצורה פעילה עיי הצגת מאמרים, פנלים וסמינרים פרי ההתנסויות והמומחיות שלנו.

יום עיון בנושא:
INNOVATIVE APPROACHES & RESEARCHES FOR MANAGING COMPLEXITY

התקיים בטכניון בתאריך 5.7.2011. יום העיון אורגן על ידי מכון גורדון להנדסת מערכות בתמיכת INCOSE_IL ו - ILTAM. היום הוקדש לתכן, הנדסה וניהול מערכות מורכבות. ביום העיון השתתפו כ 200 מהנדסים ממגוון רחב של תעשיות וארגונים. תכנית היום כללה את ההרצאות הבאות:

- The Role of Complexity in Systems Safety and Reliability and How to Manage It - Prof. Nancy Leveson, MIT.
- Lessons Learned From Managing a Large Matrix and Complex Organization - Dr. Tuvya Ronen, VP & Head of R&D and Engineering Directorate, Missiles Division, RAFAEL.
- Complexity Management via OPM Built - In Mechanism: Theory and Practice - Prof. Dov Dori, Technion.
- Managing Projects Complexity with Design Structure Matrix and the Interdisciplinary Engineering Knowledge Genome - Prof. Yoram Reich and Offer Shai, School of Mechanical Engineering, Tel Aviv University.
- A Systems Engineering Approach to Designing Complex Systems - Dr. Michael Winter & Dr Ravi Rajamani, Pratt & Whitney, United Technologies Corporation.
- Reducing System Complexity Using Design Simplicity Approach - Prof. Menachem Weiss, Technion, Dr. Dan Leshem, RAFAEL.

יום העיון זכה למשובים טובים מאוד מהמשתתפים. את המצגות שהוצגו במהלך הכנס ניתן למצוא באתר של מרכז גורדון.

קורות חיים

ד"ר **אביגדור זוננשיין** משמש כיום כמהנדס מערכות ותהליכים באחד מפרויקטי רפאל. בנוסף, ד"ר זוננשיין הוא בעל מינוי של עמית מחקר בכיר, במסגרתו הוא מקדם הנדסת מערכות ותהליכים מערכתיים בפרויקט, בחטיבה וברפאל. כמו כן, ד"ר זוננשיין משמש כיוייר וועדת ההיגוי של רפאל בקהילה במסגרתה הוא מוביל את יישומי האחריות החברתית של רפאל ואנשיה.

ד"ר זוננשיין שימש בסדרת תפקידים בכירים ברפאל במגוון תחומים: אמינות, ניסויים, תכ"מ, איכות, הנדסת מערכות ותפעול.

במישור הלאומי, ד"ר זוננשיין מכהן כיוייר וועדה מרכזית לתקינת ניהול ואיכות במכון התקנים. כמו כן, הוא משמש כיוייר וועדת השיפוט בתכנית האיכות והמצוינות בעסקים.

בעבר שימש ד"ר זוננשיין בסדרת תפקידים במישור הלאומי, כמו: מנהל המרכז לאיכות ומצוינות במשרד ראש הממשלה, ראש אגף איכות והסמכה במכון התקנים, נשיא האיגוד הישראלי למהנדסי מערכות INCOSE_IL.

אנשים או תהליכים: מי יותר חשוב?

ההצבעה: אנשים: 25, תהליכים: 6, שניהם: 20

דייר אביגדור זוננשיין
מהנדס מערכות ותהליכים, רפאל

הקדמה

בדרך כלל, הנדסת מערכות נתפסת כמוטת תהליכים. התקנים של הנדסת מערכות ISO15288, IEEE 1220, ANSI/EIA 632 ואחרים גם הם מתמקדים בתהליכים. מכאן שהטענה האפשרית שעל ידי יישום תהליכי הנדסת מערכות אפקטיביים, אפשרי לתכנן וליצור מערכות טובות אפילו עם מהנדסי מערכות בינוניים.

למרות זאת INCOSE וארגונים אחרים דוחפים ותומכים בתהליכי הדרכה והסמכה של מהנדסי מערכות מצטיינים בתכניות ההסמכה כמו: CSEP ו ESEP.

הטענה הנובעת מההשקעה בתהליכי הדרכה והסמכה היא שהנדסת מערכות אפקטיבית ניתן להשיג רק ע"י אנשים אפקטיביים, שהם מהנדסי מערכות מנוסים.

במסגרת כנס הנדסת מערכות של INCOSE ב 2011 בדנבר/ארה"ב הוצג פנל שדן בדילמה הרגישה: להיות מוטה אנשים? או להיות מוטה תהליכים? או שניהם. חברי הפנל היו: דייר אביגדור זוננשיין מישראל מנחה, Hillary Sillitto מבריטניה, פרופי Joe Kasser מסינגפור, Eric Honour מארה"ב, דרי Cecilia Haskins מנורבגיה, עוזי אוריון מישראל.

הויכוח

הפנל התנהל כויכוח - Debate: Eric Honour ייצג את העמדה מוטת אנשים, Joe Kasser הציג את העמדה מוטת תהליכים, הפנליסטים האחרים הציגו את הגישה שצריך לשלב בין שתי הגישות. הויכוח הער נמשך גם בשלב התגובות והשאלות של הקהל והפנל.

הטענות העיקריות התומכות בגישה מוטת אנשים (PEOPLE ORIENTED):

- ספרות הניהול תומכת בצורך בהשקעה בעדיפות באנשים טובים לעומת ההשקעה בתהליכים.
- תהליכים עובדים ומצליחים היטב כאשר הם מופעלים ע"י אנשים טכניים חזקים שיצליחו במשימה הטכנית בכל מקרה.
- מערכות, ואפילו מערכות גדולות במיוחד, אינן מפותחות ע"י כלים של הנדסת מערכות, אלא ע"י מהנדסים המשתמשים בכלים.
- במחקר על SE – ROI שנמצא בשלבי השלמה ע"י אריק הונור לא נמצאה קורלציה בין יישום תהליכי הנדסת מערכות לבין איכות המערכת. כמו כן, נמצאה קורלציה הפוכה בין תהליכי הנדסת מערכות לבין גישות מצליחות לטיפול במערכות מורכבות.
- במשך כ 20 שנה הדיסציפלינה של הנדסת מערכות מקדמת תהליכים, והתוצאות הן שוליות ומאכזבות.
- הגדרת תהליכים היא מאד אטרקטיבית לכל הגורמים המעורבים, כיוון שכאילו מובטחת הצלחה בעקבות אימוץ תהליכים בלבד.
- אנחנו נתקלים במחסור מהותי של מנהיגים של הנדסת מערכות, ולכן חברות נוטות להשקיע בהדרכת תהליכים של הנדסת מערכות ויישום התהליכים הבסיסיים.
- בכל החברות העומדות בפני פיתוח מערכות מורכבות ואתגריות, נבחרים האנשים הטובים ביותר למשימות הפיתוח והנדסת המערכות.

הטענות העיקריות התומכות בגישה מוטת תהליכים (PROCESS ORIENTED)

- בהתבסס על המדריך של משרד ההגנה האמריקאי US DOD 5000 היישום המוצלח של תהליכי הנדסת מערכות מוכחים מביא לפתרון מערכתי כולל שהינו רובוסטי, מותאם לצרכי הלקוחות, ומאוזן מבחינה תקציבית.
- ISO9000 מקדם את השימוש והיישום בתהליכים מבוקרים.
- תהליכים מתועדים הם הבסיס לחזרה על תהליכים.

- תהליכים מתועדים עוזרים לצמצם שונות בתוך התהליך ובכך לשפר יעילות.
- ניתן להשיג רווח משופר והפחתה בעלויות על ידי התאמה לתהליכים ממוסדים ורובוסטיים.
- המורל של העובדים עולה אם הם שולטים בתהליכים שהם מבצעים.
- הנדסת מערכות נכשלת במקרים בהם אין תהליך.

הטענות העיקריות התומכות בגישה המשלבת אנשים ותהליכים

- תהליכים טובים להנדסת מערכות הם תנאי הכרחי ליצירת מערכות אפקטיביות, אבל התנאי הזה אינו מספיק. אנחנו גם נדרשים לשים לב לאנשים.
- תהליך הנדסת המערכות הוא משלים חיוני ולא תחליף לכישרון אישי, ליצירתיות, לאינטואיציה ולשיפוט.
- אנשים חדשניים חייבים להבין גם את התהליכים וכיצד הם יכולים לעבוד למענם, ולא להיות עבדים של התהליכים.
- תהליכי הנדסת מערכות יוצרים מסגרת למינוף יצירתיות וחדשנות כדי להשיג תוצאות שהן יותר טובות מהיכולת היצירתית של הבודדים - התוצאות הן תכונה יוצאת (emergent property) של היכולת של הבודד, התהליך, הארגון והמנהיגות.
- אם אנחנו מעוניינים בהנדסת מערכות ברמה גבוהה, אנחנו צריכים אנשים מצטיינים (וגם אנשים לא כל כך מצטיינים....), ותהליכים מצטיינים ופרקטיקות מוצלחות.
- בעולם הנדסת המערכות מבוססת מודלים (MBSE) נדרשים תהליכים חדשים וגם יכולות חדשות ממהנדסי המערכות.

סיכום

הפנל היה מעניין מאד, מבדר, פרובוקטיבי וסטירי והוא דן בדילמה קריטית ל INCOSE, לקהילת הנדסת המערכות ולחברות המיישמות הנדסת מערכות. כל החברות צמאות לדעת את "נוסחת הפלא" ליישום אפקטיבי של הנדסת מערכות כדי להשיג מערכות מוצלחות ומצליחות.

במהלך הכנס בדנבר, מר גיון תומאס, הנשיא הבא של INCOSE הציג את עמדתו בהרצאה חשובה בכותרת "דרוש מהנדס מערכות עם חוצפה!" בה הוא הדגיש את חשיבות מהנדסי המערכות המצטיינים במקצועם וכן ניחנים ביכולות מנהיגות, התמדה ואסרטיביות.

בסיום הפנל קיימנו הצבעה בין הנוכחים בפנל, והתוצאות היו:

- מוטה אנשים: 25
- מוטה תהליכים: 6
- שילוב אנשים ותהליכים: 20

לדעתי, הממצאים נותנים עדיפות לאנשים על פני תהליכים.

חברי הפנל, משמאל לימין:

Dr. Cecilia Haskins,
Mr. Hillary Sillitto,
Mr. Eric Honour,
Mr. Uzi Orion,
Dr. Avigdor Zonnenshain,
Prof. Joe Kasser

הכנס הבינלאומי השביעי להנדסת מערכות INCOSE_IL 2013

תחרות אתגר 2013 - קול קורא

הנושא: "כבד ליי"

רקע

תחרות אתגר נערכת לקראת מסגרת הכנס הארצי הדו-שנתי של האיגוד הישראלי להנדסת מערכות. מטרת התחרות הינה להגביר את המודעות לנושא הנדסת מערכות ולעודד שימוש בתהליכי הנדסת מערכות תוך מתן מענה לצורך אמיתי.
תחרות אתגר מיועדת לצוותים מהתעשייה, לארגונים בהם עוסקים בהנדסת מערכות ולסטודנטים להנדסת מערכות או מקצועות קרובים.
המתחרים יתבקשו להציג ולהוכיח יכולת של התמודדות עם פיתוח מערכת מורכבת וחדשנית בעזרת עבודת הנדסת מערכות שיטתית.
השיפוט בתחרות יתבצע על ידי צוות מעריכים בלתי תלויים ומומחים בהנדסת מערכות שיעריכו את העבודות על פי אמות מידה שיפורסמו מראש במסמך אמות המידה לשיפוט. תקנון התחרות מפורט במסמך תקנון התחרות. התוצאות המפורטות של השיפוט יפורסמו לכל המשתתפים. בנוסף יקבל כל צוות משוב מפורט על הצעתו. התוצאות של תחרות אתגר יתפרסמו בכתב העת "קול המערכות" ובאתר האיגוד הישראלי להנדסת מערכות.
שתי המערכות שיזכו במקום הראשון ובמקום השני יוצגו בפני משתתפי הכנס INCOSE_IL 2013 ויפורסמו בעיתון האיגוד "קול המערכות". בנוסף, המערכת שתזכה במקום הראשון תזכה בפרס כספי של 4,000 שח.

תיאור הצורך

הבעיה של נשיאת משקל כבד לאורך זמן בתנאים קשים וללא קשר למקורות אנרגיה קיימת מאז שחר ההיסטוריה האנושית. האדם הקדמון פתר בעיה זו במקומות שונים באמצעות ביות של בעלי חיים מקומיים.
אנו מבקשים בתחרות זו להציג ולפתח עבור צורך זה מערכות אמינות, זמינות ובעלות ביצועים משופרים.
להלן שלושה תרחישים תפעוליים הממחישים את הצורך הנ"ל:

1. מטייל תרמילאי שצריך לטפס על הר גבוה או להיכנס ליער סבוך, מסלול שאינו עביר לכלי רכב, למשך מספר ימים (טרק יכול להמשך מספר ימים) עם כל הציוד.
2. עובד חברת תקשורת שצריך לשאת משקל כבד בתנאי שטח שאינם מאפשרים מעבר רכב ואין בהם גישה למקורות אנרגיה במשך משימה שלמה (יום - יומיים). (עובר מסהרה לאלסקה להרים המסולעים באלפים ומשם לגיונגל)
3. חייל בקרב חיי"ר או בדרך אל היעד שצריך לשאת משקל כבד בתנאי שטח קשים (לא עבירים לרכב) במשך משימה שלמה (יום - יומיים) וללא גישה לאספקת אנרגיה.

בנוסף לתרחישים התפעוליים על המערכת לעמוד גם בתרחישים נוספים כמו:

- תרחישי שגרה - נשיאת המערכת כשאינה פועלת, אחסונה במחסן בין משימות וטעינתה לקראת איחסונה לתקופה ארוכה.
- תרחישי תקלה
- תרחישי הדרכה - למשתמשים חדשים ועד למשתמשים מיומנים

מובן שהצלחת המערכת תיבחן ביחס לכמות התרחישים שהיא תוכל לעמוד בהן.
המתחרים מתבקשים להציע תרחישים נוספים לפי הבנתם בתחום **הצורך "כבד ליי"**.

תוצרים נדרשים

התוצר שיוגש לצוות השופטים יכלול דו"ח במתכונת של **חבילת סקר תיכון מערכתי ראשוני (Preliminary System Design Review)** שמרכיביו יפורטו למטה, וכן מצגת בת כ - 20 דקות שתציג את הפתרון והשיקולים לבחירתו.

אמות המידה לבחירת הצוות הזוכה תהיינה:

1. הצורך במוצר המוצע (כולל תרחישים), מפרט דרישות (שיכלול את הדרישות התפקודיות, דרישות לא תפקודיות כגון תנאי סביבה, אמינות, תחזוקה, איחסון, ממשקים של המערכת לסובב אותה ודרישות תפעול), ומידת העמידה של הפתרון שנבחר במפרט ובצורך (Compliance Table)
2. איכות הפתרון הנבחר, המענים שנבחנו (מענה למפרט, עלויות ייצור, ייצוריות, סיכוני פיתוח, וחדשנות) ומידת יכולת ההוכחה של הפיתרון המוצע לבצע את תרחישי הייחוס ודרישות המפרט
3. שימוש בכלים ממוחשבים, איכות הנדסת המערכות ואיכות הצגת החומר בדו"ח ובמצגת

כל אחת מאמות המידה הנ"ל תפורט בנספח. לגבי כל תת סעיף יוסבר כיצד יינתנו הציונים. ההישגים בכל אחת מאמות מידה אלה ישפטו על פי הערכת הצוותים וחישוביהם ועל פי שיפוט השופטים את נכונות הערכות אלה.

הנחיות למשתתפים

צוות ההצעה יבחר אדם שישמש כנקודת קשר (Point of contact) עם מארגני הכנס.

החומר שיוכן על ידי הצוות לתחרות (דו"ח ומצגת) יוגשו עד ה - 15.9.2012.

הצוות יציג את המצגת לצוות השיפוט במועד שיקבע בתאום איתו.

אם צוות ההצעה יהיה מעוניין, הוא יוכל להגיש את הדוח והמצגת פעם שניה, לאחר יישום המשוב של צוות השיפוט לא יאוחר מה - 15.11.2012.

שתי הקבוצות שיזכו במקום הגבוה ביותר בתחרות יוזמנו להציג את הפתרון שלהן במסגרת הכנס הבינלאומי השביעי של הנדסת מערכות שיתקיים בהרצליה ב - 15.3.2013, ויפורסמו בעיתון האיגוד "קול המערכות". **הקבוצה שתגיע למקום הראשון, תזכה בפרס כספי של 4,000 שח.**

לפרטים נוספים נא לפנות בדוא"ל לחגית במשרדי אילטם:
incose_il@iltam.org או בטלפון 03 - 5118112

תקנון התחרות

1. הנהלת INCOSE_IL תתחזק מאגר של מעריכים שהם מומחים ישראליים בהנדסת מערכות, מ - 3 קבוצות: אקדמאיים, אנשי תעשייה, ומוסדיים (צה"ל, ממשלה, מכון התקנים).
2. כל הצעה תוערך ע"י 3 מעריכים לפחות, שיבחרו מתוך המאגר, תוך מניעת ניגוד אינטרסים: ראש צוות, אחד לפחות מהאקדמיה ואחד לפחות מהתעשיה.
3. אם אין הבדלים משמעותיים בין ההערכות השונות - יבוצע מיצוע של ההערכות. אם יהיו הבדלים משמעותיים בין 3 ההערכות של אותו פרויקט, תיערך פגישה בין מעריכי הצעה לקביעת הקונצנזוס. אם לא תהיה כזו, העבודה תמסר להערכה ע"י שני מעריכים נוספים והציון יקבע ע"י נשיא האיגוד הישראלי להנדסת מערכות.
4. בכל מקרה - כל המעריכים צריכים לחתום על הציון הסופי של כל עבודה ולהכין דו"ח הסבר/משוב מנומק לכל צוות.
5. הצוותים שיבחרו יעלו לשלב הגמר. צוותי ההצעות שיעלו לגמר, יוכלו לשפר את העבודות לפני תחילת שלב הגמר.

6. בשלב זה כל הצעה תוערך ע"י 2 צוותי הערכה (לפחות 6 מעריכים) שלא השתתפו בהערכה הראשונה של ההצעה.
7. ההצעות שיגיעו לשני המקומות הראשונים, יוצגו בכנס הבינלאומי להנדסת מערכות שיתקיים ע"י האיגוד הישראלי להנדסת המערכות, קרוב למועד ההכרזה.
8. צוות ההצעה שיגיע למקום הראשון יזכה בפרס של 4000 ש"ח שינתן ע"י אילטם במעמד הכנס.

ב ה צ ל ח ה !!!!

חיים רייכמן נשיא INCOSE_IL **עוזי אוריון** יו"ר הכנס הבינלאומי INCOSE_IL 2013

נספח ל"תחרות אתגרי"

1. פירוט תוצרים נדרשים

1.1. תיאור הצורך

1.1.1. הגדרה תמציתית של הצורך

1.1.2. תרחישי הייחוס (אלה שהוגדרו בקול הקורא ועוד לפחות אחד ביוזמת הצוות)

1.2. מפרט :

לכל שורה במפרט יקבע ערך יעד כמותי וערך סף כמותי לקבלת המערכת.

1.2.1. מפרט תפקודי

1.2.2. מימדים כלליים

1.2.3. מימדי יכולת הנשיאה

1.2.4. משקל המערכת (לפחות בתרחיש בו על המשתמש לשאת את המערכת כשהיא אינה פועלת בצירוף מקורות אנרגיה שיספיקו ל - 5 ימי פעולה)

1.2.5. יכולת משקל הנשיאה של המערכת כשהיא מופעלת

1.2.6. מהירות הנשיאה של המערכת, במטען מירבי וחצי מטען מירבי

1.2.7. זמן פעולה רצופה של המוצר ללא תוספת אנרגיה

1.2.8. מידת ההפרעה למשתמש בנשיאה שגרתית

1.2.9. מפרט לא תפקודי

1.2.9.1. תנאי הסביבה בהם נדרשת המערכת לפעול

1.2.9.2. תנאי הסביבה בהם המערכת אמורה להיות מאוחסנת

1.2.9.3. רמת הרעש של המערכת בפעולתה

1.2.9.4. זמן ההערכות ממצב של מערכת ארוזה למערכת פועלת

1.2.9.5. יעד העלות של יחידה בייצור הדיר של כ - 50 יחידות

1.2.9.6. יעד MTBF (או מדד אמינות אחר)

1.2.9.7. זמינות המערכת לאחר איחסון של שנתיים

1.2.9.8. משך ודרך השבת אנרגיה תפעול למערכת

1.2.9.9. ממשקי המערכת: מכניים, חשמליים ואחרים (אם יש)

1.2.9.10. מפרט התפעול של המערכת

1.3. תהליך יצירת ובחירת החלופות, שיכלול לפחות

1.3.1. תיאור חלופות (לפחות 3) שנבחנו, כולל (בקצרה) תהליך היצירה שלהן, ההערכה והבחירה

1.3.2. תיאור התוצאות של כל חלופה שנבחנה: יתרונות, חסרונות, קריטריונים, סיכונים, מימדי עלות, צריכת אנרגיה

1.3.3. בחירה מנומקת כמותית של הקונספט הנבחר לתכן מפורט

1.4. תכן העל המערכתי של החלופה שנבחרה שיכלול לפחות:

1.4.1. קונספט תפקודי של החלופות ותכן על של הדיסציפלינות העיקריות (למשל מכניקה, אלקטרוניקה, תוכנה)

1.4.2. הגדרת הממשקים הפנימיים של החלופות ברמת מערכת ותתי מערכת עיקריים (ICD מערכתי)

1.4.3. פתרונות ממשקי המשתמש (HMI)

1.4.4. הגדרה ראשונית של קוספטי ייצור והרכבה, תהליך שילובים, תפעול, תחזוקה

1.4.5. ניתוח הביצועים הפונקציונאליים

1.4.6. ניתוח אופני כשל פוטנציאליים עיקריים

1.4.7. ניתוח עלויות ראשוני

1.4.8. ניתוח הסיכונים העיקריים

1.5. מצגת בת כ 20 דקות שתתמוך בהצגת המסמך

2. אמות המידה לניקוד עיי צוות ההערכה

2.1. הצורך במוצר המוצע (תרחישים, מפרט דרישות, ומידת העמידה של הפתרון במפרט ובצורך (סה"כ משקל: 35 נקודות):

2.1.1. מענה ל - 3 התרחישים התפעוליים שצויינו (עד 5 נקודות)

2.1.2. מענה לתרחישים תפעולים נוספים (2 נקודות לכל תרחיש מקורי - עד סך 5 נקודות)

2.1.3. מענה לתרחישי תקלה, תחזוקה, הדרכה (עד 5 נקודות)

2.1.4. איכות המפרט (נכונות, שלמות, צורת רישום, בהירות, אי סתירה) (עד 20 נקודות)

2.2. איכות הפתרון שנבחר, המענים שנבחנו (מענה למפרט, עלויות ייצור, ייצוריות, סיכוני פיתוח, וחדשנות) ומידת יכולת ההוכחה של הפיתרון המוצע לבצע את תרחישי הייחוס ודרישות המפרט (סה"כ משקל: 35 נקודות):

2.2.1. איכות הפתרון הנבחר ומידת העמידה של הפתרון המוצע בדרישות המפרט (מידת המענה לתרחישים). (עד 25 נקודות)

2.2.2. מידת ההוכחה של יכולת הפתרון המוצע לעמוד בדרישות המפרט. (עד 10 נקודות).

2.3. איכות הנדסת המערכות, שימוש בכלים ואיכות הצגת החומר בדו"ח ובמצגת. (סה"כ 30 נקודות):

2.3.1. איכות הנדסת המערכות (שימוש במתודות, בתהליך החשיבה המערכתי ובמודלים, תהליך ניהול הדרישות ושימוש בתוכנות של הנדסת מערכות (כגון ניהול דרישות ומודלים) (עד 25 נקודות)

2.3.2. מידת החדשנות והיצירתיות של הפתרון (חדשנות, אלגנטיות, כלליות הפתרון) (עד 5 נקודות)

2.3.3. איכות הצגת החומר בדו"ח ובמצגת (שלמות, צורה, תמציתיות, נכונות) (עד 10 נקודות)

הערה:

הצעה שתקבל פחות מ - 50% מהניקוד המירבי בכל אחת משלוש אמות המידה הראשיות - תיפסל ולא תעבור לשלב הבא.

הטכניון מכון טכנולוגי לישראל
מרכז גורדון להנדסת מערכות

Technion
Israel Institute
of Technology

הזמנה ליום עיון 18.1.12

Engineering Leadership By Systems Engineering

יתקיים במוסד נאמן - אולם בטלר, טכניון חיפה

Organized By The Gordon Center For Systems Engineering
With The Support Of IAI, RAFAEL, INCOSE_IL & ILTAM In Conjuction
With **Yossi Levine Day** For Systems Engineering

08:30 – 09:00	Gathering
09:00 – 09:30	Opening: • Prof. Aviv Rosen - the head of the Gordon Cente - Technion • A Representative of IAI Management • A Representative of RAFAEL Management • Yossi Levine Family • Excellent Systems Engineers Awards
09:30 – 11:00	Norman Augustine, Former CEO of Lockheed Martin - The Principles of Engineering Leadership
11:00 - 11:30	Coffee Break
11:30 – 12:00	Prof. Miriam Erez, Technion - Innovation Leadership
12:00 – 13:00	Giora Shalgi, Former CEO of RAFAEL, Lessons Learned from Organizational Transformation
13:00 – 14:00	Lunch Break
14:00- 14:30	Arik Shefer, Ori Cohen - Fence Without Fence
14:30 – 15:00	Miri Sitton, Eran Reuveni, Dr. Moshe Weiller - Systems Engineering Processes for Developing Unsynchronized system of systems
15:00 – 15:30	Dr. David Harari, Former VP of IAI, Systems Engineering - The Path for Real Leadership
15:30 – 16:00	Prof. Daniel Czamanski - Dealing with Urban Complexity by Systems Approaches
16:00 – 16:15	CONCLUSIONS: Prof. Aviv Rosen,Technion, Gordon Center, Dr. Avigdor Zonnenshain, RAFAEL, Dr. Michael Winokur, IAI

ההשתתפות ביום העיון הינה ללא תשלום

נא אשר/י השתתפותך עד תאריך: 18.12.11 בדוא"ל: shulase@aerodyne.technion.ac.il

ההרשמה הינה מראש ואישורה על - ידינו ישמש אישור כניסה לטכניון אשר יועבר בדוא"ל

אל: מרכז גורדון - טכניון, אני מאשר השתתפות ביום העיון, בתאריך - 18.1.12

שם: _____ חברה: _____ תפקיד: _____

טל: _____ אימייל: _____

ecommunity
אקולוגיה לקהילה מוגנת בע"מ

אקולוגיה לקהילה מוגנת

כולנו ביחד נהפוך את הפסולת האלקטרונית מנֵטל אקולוגי לנֶכֶס חברתי

מנטל לנכס

אקולוגיה לקהילה מוגנת הינו מיזם ייחודי העוסק במיחזור פסולת אלקטרונית על-ידי אנשים בעלי צרכים מיוחדים, וכך יוצר מקורות תעסוקה ומימון לשיקום אוכלוסיה זאת. **שירותי המיזם ניתנים בחינם** והם מגובים באישורים מתאימים ומחמירים מכל הרשויות הרלוונטיות.
מרגע יצירת הקשר עם **אקולוגיה לקהילה מוגנת** הופכת החברה לשותפה פעילה ביצירת מקומות עבודה לאוכלוסיות מיוחדות, ומצהירה כי היא רואה בעזרה לזולת ובשמירה על איכות הסביבה ערכים בלתי נפרדים מהפעילות השוטפת שלה.

על המיזם

ב**אקולוגיה לקהילה מוגנת** אוספים ממשרדי הלקוח פסולת אלקטרונית מכל הסוגים, כגון: מחשבים ישנים, כרטיסים אלקטרונים, בקרים, מרכזיות, פלאפונים, ציוד תקשורת ועוד, ומעבירים אותה למרכזי פירוק מיוחדים. בעזרת עמותות המעסיקות אנשים בעלי צרכים מיוחדים (בית קסלר של איל"ן, כוכב הצפון, אלווין חיפה, ביה"ס עמל בחולון, שילובים ואחרים), מלמדים את העובדים לפרק את הציוד לרכיביו, שולחים למחזור כל רכיב לתחומו, ומתגמלים את העובדים בהתאם.

החזון שלנו

ב**אקולוגיה לקהילה מוגנת** מזמינים אתכם להשתתף במיזם המספק מענה הולם, מקצועי וחוקי למיחזור פסולת אלקטרונית, ובה בעת לסייע לתעסוקה של אוכלוסיה מיוחדת ולשמור באמת על איכות הסביבה. בואו גם אתם לקחת חלק בחזון שלנו התורם תרומה משמעותית לכלל הציבור הישראלי, בתחומי החינוך, הרווחה, תברואה ואיכות סביבה ותקציב המדינה.
ביחד נהפוך את הפסולת האלקטרונית מנטל אקולוגי לנכס חברתי!
היו גם אתם שותפים לתעסוקת אנשים בעלי צרכים מיוחדים.

קיבוץ יסעור ד.נ. משגב 20150 | **טל.** 04-9960159 | **נייד** 052-5556818 | **פקס** 04-9960158
אתר www.ecommunity.org.il | **אי-מייל** sivan@ecommunity.org.il

פרסומת

קול המערכות

The Voice of the Systems

גליון מס' 9 | ינואר 2012

סטודיו mediahut | studio@mediahut.co.il

INCOSE_IL – האיגוד הישראלי להנדסת מערכות

אילטם איגוד משתמשים בטכנולוגיות מתקדמות במערכות משולבות עתירות ידע

כתובת: המרד 29 בית התעשיינים ת.ד. 50232 תל-אביב 61500

טלפון: 03-5118112 פקס: 03-5100622

מייל: iltam@iltam.org אתר: www.iltam.org

מרכז גורדון להנדסת מערכות

הטכניון- מכון טכנולוגי לישראל

קרית הטכניון, חיפה 32000

www.gordon-se.technion.ac.il