



קורס הנדסת מערכות מורכבות ומולטי-דיסציפלינאריות בפקולטה להנדסה, באוניברסיטת ת"א בהנחיית עוזי אוריון,

הקורס יתקיים בימי שלישי בין השעות 16:30-19:30 החל מתאריך 11.12.18

כל מפגש ייוחד לנושא מסוים בתהליך הנדסת המערכת, החל משלב זיהוי בעלי העניין והגדרת הדרישות, דרך קביעת הקונספט האופטימאלי של המערכת, דרך הקצאת השגיאות והטולרנסים המערכתיים, דרך שלבי הפיתוח, האינטגרציה והבדיקות ועד לתכן המערכת לייצוריות, ובדיקותיות, אמינות וזמינות ותמיכה שלמה במחזור החיים השלם שלו.

במהלך הקורס נדגיש הן את הצד הפרקטי של תפקוד מהנדס המערכת, סוגי ההחלטות שהוא צריך לקבל במהלך עבודתו והדרכים לקבלתן והן את הצד התיאורטי של הנדסת מערכות כדיסציפלינה מקצועית. בנוסף, לקראת סוף הקורס, יינתנו הצעות, שנצברו במהלך ניסיונו של המרצה לפיתוח מערכות מורכבות תוך שליטה בעלויות ייצור המוצר המפותח, לאורך כל תהליך הפיתוח, ודרכים להאצת בשלות התכן לייצוריות, להוזלת וקיצור תהליך ההעברה לייצור.

במקביל להרצאות, ילווה פרויקט-תרגיל מתגלגל, שיבוצע בצוותים לאורך ההשתלמות. במהלך התרגיל, המשתתפים ישתמשו ויתרגלו את החומר הנלמד ויחד ננתח את ממצאי התרגילים.

הנושאים שיילמדו במהלך הקורס:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • אימות ותיקוף התכן • ניהול סיכונים • תכנון וניהול האינטגרציה המערכתית • ניהול סיכונים האינטגרציה • חיזוי אמינות וזמינות • ניתוח וניהול שגיאות וטולרנסים • תיכון לעלות ואופטימיזציה לוח זמני הפיתוח ע"י האצת בשלות התכן לייצוריות • ניהול אפקטיבי של סקרים טכניים | <ul style="list-style-type: none"> • הנדסת מערכות-למה וכמה? • תהליכי פיתוח לינאריים ואיטרטיביים • ניהול הצרכים, הדרישות והמפרטים • הקצאת המפרטים ליחידות המערכת • ארכיטקטורה וייצוגים ארכיטקטוניים • ניהול חדשנות באירגונים גדולים • התכן המערכתי • ניהול ממשקים • תקצוב וניתוח שגיאות |
|--|---|

מבנה ודרישות הקורס

מפגשים: 14 מפגשים בימי שלישי בין השעות 19:30-16:30.

דרישות קדם: (1) סיום תואר ראשון לפחות, בהנדסה, בממוצע ציונים של 85, במוסד אקדמי מוכר (הכרחי).

(2) ניסיון בעבודה הנדסית של 3 שנים לפחות בתעשייה רלוונטית (הכרחי).

הערה: מועמדים שלא ענו לקריטריון השני יוכלו להשתתף בקורס רק לאחר ראיון וקבלת אישור של מרצה הקורס.

מטרות הקורס: הכרת תהליכי התכן המערכתי, הרציונל שעומד מאחוריהם ויישומם במערכות הנדסיות באמצעות פרויקט-תרגיל מתגלגל.

בסיום הקורס הסטודנט יכיר את התהליכים של פיתוח מוצרים מורכבים חדשים ויוכל להתאים את התהליכים הללו לצרכי הפרויקט שלו. הסטודנט יכיר את תהליך ניהול הדרישות והמפרטים ואת הכלים המשמשים לכך. הסטודנט יכיר שיטות אופטימאליות לתכן מערכת יצירתית, הסטודנט יכיר את הצורך ושיטות התכנון של תהליכי אימות התיקוף, ידע לתכנן אינטגרציה מערכתית אופטימאלית בהשקעה ובזמן, יכיר את השיטות לחיזוי אמינות וזמינות המערכת לאורך כל תהליך הפיתוח ואת הדרכים לניתוח וניהול שגיאות וטולרנסים.

מהלך המפגש: הרצאה פרונטאלית, העלאת נושאים לשיחה עם הסטודנטים ומעבר על הפרויקט המתגלגל.

דרישות הקורס: (1) נוכחות והשתתפות פעילה בהרצאות (מקסימום שתי החסרות) (10%)

(2) ניתוח ביקורתי של 3 מאמרים בנושא הקורס (60%)

(3) מתן הרצאה לפני הכיתה על אחד המאמרים (30%)

סילבוס הקורס

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
11.12.18 מפגש 1 מבוא להנדסת מערכות, תהליכי פיתוח	16: 30-17: 30	1. מבוא להנדסת מערכות-מה זה ולמה? 1.1 למה צריך הנדסת מערכות? 1.2 הסיבות להצלחה וכישלון פרויקטים 1.3 המשימה 1.4 הגדרות 1.5 שילוב ה-ILTIIES 1.6 תרומת הנדסת מערכות לפרויקטים 1.7 סיכום-בעיות אופייניות להנדסת מערכות
17: 45-19: 30	2. מודלים של תהליכי פיתוח 2.1 תהליך פיתוח גנרי 2.2 מודלים סדרתיים בהם מפותח דגם עיקרי יחיד 2.3 מודלים סדרתיים הכוללים דגמים מוקדמים 2.4 מודלים איטראטיביים	
18.12.18 מפגש 2 ניהול דרישות	16: 30-19: 30	3. ניהול דרישות 3.1 מבוא 3.2 זיהוי בעלי העניין ואיסוף צרכיהם 3.3 צרכים תפקודיים ואיתורם 3.4 תרגום צרכי בעלי העניין לדרישות 3.5 כתיבה נכונה של דרישות 3.6 סיווג הדרישות 3.7 תוצרי תהליך הגדרת הדרישות ומסמך ה-MRD 3.8 אימות הדרישות
25.12.18 מפגש 3 ניהול דרישות (המשך)	16: 30-18: 45	3. ניהול דרישות (המשך) 3.9 ניתוח ומיצוי הדרישות 3.9.1 ניתוח מבצעי 3.9.2 ניתוח סביבתי 3.9.3 מבוא לניתוח תפקודי 3.9.4 ניתוח תפקודי בטכניקת FAST 3.9.5 טכניקות תיעדוף 3.9.6 QFD (אם יהיה זמן) 3.9.7 רידוד הדרישות 3.10 סקר הדרישות המערכתיות (SRR) 3.11 מדרישות למפרטים 3.11.1 הכנת המפרטים
18: 55-19: 30	בחירת הפרויקטים ותרגיל בכתיבת דרישות : הכנת הדרישות לפרויקט, מעבר על התרגיל	
01.01.19 מפגש 4 ניהול דרישות (המשך), התכן המערכתי - הארכיטקטורה וייצוגיה	16: 30-17: 30	3. ניהול דרישות (המשך) 3.12 ניהול מפרטי מרכיבי המערכת 3.12.1 הקצאת מפרטים ליחידות 3.12.2 ניהול דרישות בשלב התיכון המפורט 3.13 ניהול דרישות בכלים ממוחשבים
17: 40-18: 50	4. התכן הארכיטקטוני וייצוגיו 4.1 קונספט או ארכיטקטורה 4.2 ייצוגים ארכיטקטוניים 4.3 מסגרות ארכיטקטוניות (Architectural frameworks) 4.4 תיכון ארכיטקטוני של מערכות מורכבות	
19: 00-19: 30	תרגיל: הכנת ייצוגים ארכיטקטוניים לפרויקט, מעבר על התרגיל	

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
08.01.19 מפגש 5	16: 30-17: 30	5. התכן המערכתי (המשך) 5.1 יצירתיות, חדשנות וניהול 5.1.1 יצירתיות וחדשנות-הדומה והשונה 5.1.2 סוגי החדשנות 5.1.3 תרגיל כיתה בחדשנות
	17: 40-18: 00	תרגיל: יצירת חלופות ארכיטקטוניות יצירתיות, מעבר על התרגיל
15.01.19 מפגש 6 התכן המערכתי (המשך) - הטיפול בחלופות קונספטואליות	18: 10-19: 30	5.2 חקר חלופות ארכיטקטוניות 5.2.1 מבוא 5.2.2 יצירת פתרונות לבעיות הבסיסיות 5.2.3 יצירת קריטריונים להערכת הארכיטקטורות 5.2.4 סינתזה של החלופות הארכיטקטוניות המערכתיות
	16: 30-17: 30	5. התכן המערכתי (המשך) 5.3 בחירת הארכיטקטורה העדיפה 5.3.1 תהליכי קבלת החלטות 5.3.2 תהליך בחירת הארכיטקטורה 5.4 הכנת המפרטים המערכתיים PRD וסקר התיכון המערכתי
22.01.19 מפגש 7 אימות ותיקוף התכן	17: 40-18: 30	תרגיל: תכן מערכתי לפרויקט שנבחר, מעבר על התרגיל
	16: 30-17: 30	6. בדיקות מערכתיות 6.1 אימות ותיקוף תכן המערכת 6.1.1 מבוא לאימות ותיקוף 6.1.2 אימות התכן System Verification 6.1.3 מטריצת אימות הדרישות Requirement Verification Matrix 6.1.4 תיקוף התכן System Validation
29.01.19 מפגש 8 תכנון וניהול אינטגרציה	17: 40-18: 30	6.2 בדיקות קבלה ובדיקות תהליך ההעברה לייצור 6.3 דוגמאות לאימות ותיקוף דרישות תרגיל בתכנון הבדיקות בפרויקט, מעבר על התרגיל
	16: 30-17: 30	7. אינטגרציה מערכתית 7.1 למה צריך אינטגרציה 7.2 בדיקות בתהליך האינטגרציה 7.3 גישות לתכנון האינטגרציה 7.4 עקרונות תכנון אינטגרציה אפקטיבית 7.5 ניהול תהליך האינטגרציה 7.6 דוגמה לתכנון אינטגרציה של מוצר מורכב 7.7 הערכת סיכוני האינטגרציה בעת התכנון 7.8 סיכום
05.02.19 מפגש 9 ניהול ממשקים, טולרנסים ותקציבי שגיאות	18: 40-19: 30	תרגיל בתכנון אינטגרציה, מעבר על התרגיל
	16: 30-17: 30	8. ניהול ממשקים 8.1 דרישות ממשקים 8.2 דיאגרמת N2 8.3 תהליך ניהול הממשקים 9. תקצוב, הקצאה וניתוח שגיאות וטולרנסים 10.1 מבוא 10.2 ביצוע ניתוח השגיאות 10. מסמך ה-SEMP (SE Management Plan)
12.02.19 מפגש 10 הנדסת מערכות מבוססת מודלים	17: 40-18: 30	תרגיל: הקצאה וניתוח תקציבי שגיאות בפרויקט, מעבר על התרגיל
	16: 30-17: 30	11. הנדסת מערכות מבוססת מודלים 11.1 מבוא 11.2 הערכת הארכיטקטורה 11.3 SysML-System Models Language 11.4 שימוש ב-OPCAT ככלי מידול לתכן מערכתי
	18: 40-19: 30	12. ניהול אפקטיבי של סקרים טכניים

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
19.02.19 מפגש 11 איתור וניהול סיכונים	16: 30-17: 30	13. ניהול סיכונים והזדמנויות 13.1 מבוא 13.2 איזורי אי ודאות בפרויקט 13.3 זיהוי והערכת סיכונים
	17: 40-18: 30	13.4 מטריקות למדידת סיכון בפרויקטים 13.5 אופן הטיפול בסיכונים בפרויקט 13.6 סיכום 14. ניתוח אופני כשל (Failure Modes and Effects Analysis) 14.1 מבוא 14.2 FMEA 14.3 FMECA
	18: 40-19: 30	תרגיל בזיהוי וניהול סיכונים וזיהוי אופני כשל, מעבר על התרגיל
26.02.19 מפגש 12 תכן לאמינות, זמינות, ניתוח וניהול שגיאות וטולרנסים	16: 00-17: 30	15. חיזוי האמינות בפרויקט 15.1 מבוא 15.2 חישוב האמינות 15.3 התנהגות האמינות לאורך חיי המוצר 15.4 התפלגויות סטטיסטיות של קצב התקלות במוצר, Weibul 15.5 מודל
	17: 40-18: 30	15.6 חיזוי מוקדם של אמינות המערכת בשיטת Part Count תרגיל: חיזוי אמינות הפרויקט בשיטת Part Count 15.7 חיזוי אמינות בהמשך הפרויקט 15.8 בדיקות אמינות 16. חישוב זמינות המערכת
	18: 40-19: 30	17. חישוב וניהול שגיאות וטולרנסים 17.1 מבוא 17.2 מקורות רעש 17.3 מקורות שגיאה
05.03.19 מפגש 13 ניתוח וניהול שגיאות וטולרנסים, ניהול תצורה ושינויים, מדדי ביצוע	16: 30-18: 30	17. ניהול שגיאות וטולרנסים-המשך 17.4 שימוש בסטטיסטיקה לניתוח שגיאות 17.5 דוגמאות לניתוח שגיאות
	18: 40-19: 30	18. ניהול תצורה ושינויים 19.1 ניהול תצורה 19.2 ניהול שינויים 19. מדדי ביצוע טכנולוגיים (Technical Performance Measurement)
	16: 30-17: 30	20. תמיכה במחזור חיי המוצר 21. תכן לעלות, לייצוריות והרכבתיות 21.1 תכן לעלות
12.03.19 מפגש 14 שיפור לוי'ז הפרויקט ועלויותיו, סיכום הקורס	17: 40-18: 30	21.2 האצת בשלות המערכת לייצוריות
	18: 40-19: 30	22. סיכום הקורס

הערה: התכנית כפופה לשינויים בהתאם להתפתחות השיעורים בכיתה, חלוקת הזמן בתוך המושבים נתונה לשינויים.

ביבליוגרפיה:

1. Kossiakoff, Sweet, Seymour, Biemer: Systems Engineering principles and practice, John Wiley & Sons, 2011
2. INCOSE: Systems Engineering Handbook v. 3.2.2 ,INCOSE-TP-2003-002-03.2.2, 2011
3. INCOSE: Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) v1.8, INCOSE, 2017
4. Extreme Chaos, The Standish Group International , Inc., 2012
5. GAO Analysis of DOD data 2011

6. ISO/IEC 15288 /IEEE Std 15288-2008- Systems and software engineering - System life cycle processes
7. Bohdan W. Oppenheim - Lean Product Development Flow, PMI &INCOSE, 2013
8. NASA: Systems Engineering Handbook, NASA/SP-2007-6105 Rev1, 2007
9. Federal Aviation Administration: Systems Engineering Manual, FAA ASD 100, 2003
10. Gilb, T., Principles of Software Engineering Management, Addison-Wesley, 1988
11. Peter H. Sydenhan: Systems approach to engineering design, Artech House, 2006
12. DOD: Systems Engineering Guide for Systems of Systems, Director, Systems and Software Engineering , Deputy Under Secretary of Defense (Acquisition and Technology), Office of the Under Secretary of Defense, 2008
13. ד"ר גושן-מסקין : תהליך התכן ההנדסי של מערכת, אילטם/האיגוד הישראלי להנדסת מערכות, 2012
14. Prof. Reich: System Development in Dynamic Environments, Tools for architecture development and process management' Technion, 2009

על המרצה: מר עוזי אוריון

לאחר שפרש לגמלאות מחברת אלביט מערכות אלקטרו-אופטיקה אלאופ, עוזי אוריון משמש כיום כחוקר באוניברסיטת תל-אביב וכיועץ ומרצה באקדמיה ופעיל בהנהלת האיגוד הישראלי להנדסת מערכות.

עוזי עבד בחברת אלאופ למעלה מ-40 שנים, שם הוא עבר מגוון רחב של תפקידים שכללו פיתוח אלקטרוניקה, תיכון מערכות רבות, ביניהן מערכות לייזרים צבאיים מתקדמים, מערכות לבקרת אש של טנקי המרכבה לזירותיהם וטנקים אחרים, מערכות למדידה ללא מגע של רכיבים מכניים תוך כדי מהלך ייצורם, מערכות צילום חלליות ומערכות תצפית ימיות. כמו כן, הקים וניהל דסק שיווקי ויחידות עסקיות. זאת, בנוסף לניהול יחידות טכנולוגיות ברמה גבוהה.

בין תפקידיו האחרונים, אפשר למנות: אחראי על ייזום ופיתוח טכנולוגיות חדשות בחברת אלאופ. מהנדס ראשי של החברה ומקים וראש מינהל הנדסת מערכות.

כאמור, עוזי פעיל בהנהלת האיגוד הישראלי להנדסת מערכות INCOSE_IL ושימש בעבר כנשיא האיגוד. במסגרת זו, שילב בפעילות האיגוד תעשיות "לא ביטחוניות" רבות, סייע להקים מסגרות לימוד לתואר שני בהנדסת מערכות למהנדסים, טיפח את נושא הנדסת המערכות בקרב בני נוער וכן הרחיב את מעגל פעילויות האיגוד והוסיף קבוצות עבודה חדשות.

לעוזי תואר ראשון בהנדסת אלקטרוניקה (בהצטיינות יתרה) מאוניברסיטת "בן גוריון" בבאר שבע. לפני כן סיים בהצטיינות יתרה את בית הספר להנדסאים של אורט "יד סינגלובסקי"

עוזי פועל, יחד עם גופים בארץ ובחו"ל לפיתוח והטמעת שיטות חדשות בהנדסת מערכות, כגון תהליכים אפקטיביים של אינטגרציה מערכתית רב תחומית וניהול סיכונים אינטגרציה וכן תהליכי פיתוח מהיר שמבוססים על שילוב של Agile ו-Lean. בנוסף לכך, עוזי עוסק בהוראת נושאי הנדסת מערכות לתלמידי תואר שני, כמרצה אורח בטכניון וכמרצה במכון הטכנולוגי חולון ומעביר קורסים שונים בתחומי הנדסת המערכות בחברות שונות, בעיקר בתעשיות הלא ביטחוניות.

לאחרונה, הקים עוזי, יחד עם פרופ' יורם רייך וצוות הקמה קטן את מיזם מחקר הנדסת מערכות באוניברסיטת תל אביב, שמטרתו להכשיר סגל אקדמי להוראה בתחומי הנדסת מערכות ומומחים ברמה גבוהה בתחום וכן לבצע מחקרי תשתית בהנדסת מערכות ומחקרים ישומיים לתעשיות ולגורמי הביטחון.