

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

הקורס יתקיים בימי שני בין השעות 16:30-19:30 החל מתאריך 4.3.24

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:

- 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
- אימות ותיקוף התכן
- ניהול סיכונים
- תכנון וניהול האינטגרציה המערכתית
- ניהול סיכוני האינטגרציה
- חיזוי אמינות וזמינות
- תיכון לעלות ואופטימיזציה לוח זמני הפיתוח ע"י
- האצת בשלות התכן לייצוריות
- ניהול אפקטיבי של סקרים טכניים
- Artificial Intelligence והנדסת מערכות

מבנה ודרישות הקורס

- מפגשים: 13 מפגשים בימי שני בין השעות 16:30-19:30.
- דרישות קדם: (1) סיום תואר ראשון לפחות, בהנדסה, בממוצע ציונים של 85, במוסד אקדמי מוכר. (2) ניסיון בעבודה הנדסית של 3 שנים לפחות בתעשייה רלוונטית.
- 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 מערכתי יצירתי, 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: תיאור אירוע מפרויקט בינלאומי. הרצאה פרונטאלית, העלאת נושאים לשיחה עם הסטודנטים ומעבר על הפרויקט המתגלגל.
- דרישות הקורס: (1) נוכחות והשתתפות פעילה בהרצאות (מקסימום שתי החסרות) (10%) (2) תמצות וניתוח ביקורתי של מאמר בנושא מתקדם בהנדסת מערכות (60%) (3) מתן הרצאה לפני הכיתה על אחד המאמרים (30%)

סילבוס הקורס

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
04.03.24 מפגש 1 מבוא להנדסת מערכות	16:30-18:00	1. מבוא להנדסת מערכות-מה זה ולמה? 1.1 למה צריך הנדסת מערכות? 1.2 הסיבות להצלחה וכישלון פרויקטים 1.3 המשימה 1.4 ההגדרות המתחדשות של הנדסת המערכות 1.5 שילוב ה-ILITIES
	הפסקה	
	18:15-19:00	1. מבוא להנדסת מערכות-מה זה ולמה? (המשך) 1.6 תרומת הנדסת מערכות לפרויקטים 1.7 סיכום-בעיות אופייניות להנדסת מערכות
	19:00-19:30	בחירת הקבוצות והפרויקטים לתרגיל המתגלגל
11.03.24 מפגש 2 תהליכי פיתוח	16:30-18:00	2. מודלים של תהליכי פיתוח 2.1 תהליך פיתוח גנרי 2.2 מודלים סדרתיים בהם מפותח דגם עיקרי יחיד
	הפסקה	
	18:15-19:30	2. מודלים של תהליכי פיתוח (המשך) 2.3 מודלים סדרתיים הכוללים דגמים מוקדמים
18.03.24 מפגש 3 תהליכי פיתוח (המשך)	16:30-18:00	2. מודלים של תהליכי פיתוח (המשך) 2.4 מודלים איטראטיביים למערכות חומרה-תוכנה (Agile, Lean)
	הפסקה	
	18:15-19:30	2.4 מודלים איטראטיביים למערכות חומרה-תוכנה (Agile, Lean) (המשך)
25.03.24 מפגש 4 הנדסת דרישות	16:30-18:00	3. הנדסת דרישות 3.1 מבוא 3.2 זיהוי בעלי העניין ואיסוף צרכיהם 3.3 צרכים תפקודיים ואיתורם 3.4 תרגום צרכי בעלי העניין לדרישות וניהול הדרישות
	הפסקה	
	18:15-19:30	3.5 כתיבה נכונה של דרישות 3.6 סיווג הדרישות 3.7 אימות הדרישות
01.04.24 מפגש 5 הנדסת דרישות (המשך)	16:30-18:45	3. הנדסת דרישות (המשך) 3.8 ניתוח ומיצוי הדרישות (ניתוח מבצעי וסביבתי, ניתוח תפקודי) 3.9 תוצרי תהליך הגדרת הדרישות, מסמך ה- MRD וה- SRR
	הפסקה	
	18:55-19:30	3. ניהול דרישות (המשך) 3.10 מדרישות למפרטים 3.10.1 הכנת המפרטים 3.10.2 הקצאת מפרטים ליחידות 3.10.3 ניהול דרישות בשלב התיכון המפורט

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
08.04.24 מפגש 6 התכן הארכיטקטוני וייצוגי	16:30-17:30	תרגיל 1. כתיבת דרישות בעלי עניין לפרויקט, מעבר על התרגיל
	17:30-18:00	4. התכן הארכיטקטוני וייצוגי 4.1 קונספט או ארכיטקטורה 4.2 ייצוגים ארכיטקטוניים
	18:15-19:00	הפסקה 4. התכן הארכיטקטוני וייצוגי (המשך) 4.2 ייצוגים ארכיטקטוניים (המשך)
	19:00-19:30	תרגיל 2. הכנת ייצוגים ארכיטקטוניים לפרויקט, מעבר על התרגיל
15.04.24 מפגש 7 התכן המערכתי	16:30-18:00	5. התכן המערכתי 5.1 יצירת חלופות ארכיטקטוניות 5.1.1 מבוא 5.1.2 יצירת פתרונות לבעיות החדשות 5.1.3 יצירת קריטריונים להערכת הארכיטקטורות 5.1.4 סינתזה של החלופות הארכיטקטוניות המערכתיות
	18:15-19:30	הפסקה 5. התכן המערכתי (המשך) 5.2 יצירת חלופות ארכיטקטוניות 5.3 בחירת הארכיטקטורה הסופית 5.4 הכנת המפרטים המערכתיים וסקר ה-SDR
	16:30-18:00	תרגיל 3. תכן מערכתי של הפרויקט, מעבר על התרגיל
06.05.24 מפגש 8 תכנון וניהול ממשקים	18:00-18:45	6. ניהול ממשקים 6.1 תוכנית ניהול הממשקים 6.2 דרישות ממשקים
	19:00-19:30	הפסקה 6.3 דיאגרמת N^2 6.4 השימוש במטריצת מבנה התכן (DSM) 6.5 תהליך ניהול הממשקים 6.6 דוגמאות לסכמות ממשקים
	16:30-18:00	7. אינטגרציה מערכתית 7.1 למה צריך אינטגרציה 7.2 בדיקות בתהליך האינטגרציה 7.3 עקרונות תכנון אינטגרציה אפקטיבית 7.4 ניהול תהליך האינטגרציה
20.05.24 מפגש 9 תכנון וניהול אינטגרציה אפקטיבית	18:15-19:00	הפסקה 7.5 דוגמה לתכנון אינטגרציה של מוצר מורכב 7.6 הערכת סיכוני האינטגרציה בעת התכנון 7.7 סיכום
	19:40-19:30	תרגיל 4. תכנון אינטגרציה, מעבר על התרגיל

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
27.05.24 מפגש 10 בדיקות מערכתיות	17:30-18:00	8. בדיקות מערכתיות 8.1 מבוא לאימות ותיקוף
		8.2 אימות התכן System Verification 8.3 מטריצת אימות הדרישות RVM 8.4 תיקוף התכן System Validation
	הפסקה	
	18:15-19:00	8. בדיקות מערכתיות (המשך) 8.5 מסמך ה-TEMP 8.6 מסמך ה-SysTP
	19:00-19:30	8.7 דוגמאות לאימות ותיקוף של פרויקטים בינלאומיים
03.06.24 מפגש 11 בינה מלאכותית והנדסת מערכות. איתור וניהול סיכונים	16:30-17:00	5. תרגיל 5. תכנון הבדיקות בפרויקט, מעבר על התרגיל
	17:00-18:00	9. AI והנדסת מערכות 9.1 מבוא 8.2 AI והנדסת מערכות 9.3 הנדסת מערכות שכוללות AI הקשר בין הנדסת מערכות מורכבות ו-AI
		הפסקה
	18:15-19:00	10. ניהול סיכונים והזדמנויות 10.1 מבוא 10.2 איזורי אי ודאות בפרויקט 10.3 זיהוי והערכת סיכונים 10.4 מטריקות למדידת סיכון בפרויקטים 10.5 אופן הטיפול בסיכונים בפרויקט
	19:00-19:30	6. תרגיל 6. זיהוי וניהול סיכונים, מעבר על התרגיל
11.06.24 מפגש 12 תכן לאמינות, ניתוח זמינות	16:30-18:00	11. ניהול יצירתיות וחדשנות 11.1 יצירתיות וחדשנות – הדומה והשונה 11.2 חדשנות באירגונים גדולים 11.3 סוגי החדשנות
		הפסקה
	18:15-19:00	12. חיזוי האמינות בפרויקט 12.1 מבוא 12.2 חישוב האמינות 12.3 התנהגות האמינות לאורך חיי המוצר 12.4 התפלגויות סטטיסטיות של קצב התקלות במוצר, מודל Weibul 12.5 חיזוי מוקדם של אמינות המערכת בשיטת Part Count 12.6 חיזוי אמינות בהמשך הפרוייקט 12.7 בדיקות אמינות
		19:00-19:15
19:15-19:30		7. תרגיל 7: חיזוי אמינות הפרויקט בשיטת Part Count

שם המפגש	שעות ההרצאה	תוכן ההרצאה
17.06.24 מפגש 13 שיפור לו"ז הפרויקט ועלויותיו, סיכום הקורס	16:30-17:30	13. תמיכה במחזור חיי המוצר
	17:30-18:00	14. תכן לעלות, לייצוריות והרכבתיות 14.1 תכן לעלות
	הפסקה	
	18:15-19:15	14. תכן לייצוריות והרכבתיות 14.2 תכן לייצוריות והרכבתיות
	19:15-19:30	15. סיכום הקורס
24.06.24 מפגש 14 מערכות במובן הרחב של המילה	16:30-18:00	16. מערכות במובן הרחב של המילה 16.1 מבוא לחשיבה מערכתית (System Thinking) 16.2 דינאמיקה מערכתית (System dynamics) 16.3 ארכי-טיפסים (ARCHETYPES) של חשיבה מערכתית
	הפסקה	
	18:15-19:30	16.4 סיבוכיות מערכתית (System complexity) 16.5 מודולאריות, צימוד ולכידות 16.6 סיכום

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

ביבליוגרפיה:

1. INCOSE: Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) v2.7, INCOSE, 2022
2. INCOSE: Systems Engineering Handbook. 4th edition, 2015
3. DOD Systems Engineering Guidebook 2022
4. NASA: Systems Engineering Handbook, NASA SP-2016-6105 Rev2, 2016
5. ISO/IEC 15288 /IEEE Std 15288-2015- Systems and software engineering - System life cycle processes
6. Federal Aviation Administration: Systems Engineering Manual V1.0.1, 2014
7. Bohdan W. Oppenheim - Lean Product Development Flow, PMI & INCOSE, 2013
8. Extreme Chaos, The Standish Group International, Inc., 2012
9. Kossiakoff, Sweet, Seymour, Biemer: Systems Engineering principles and practice, John Wiley & Sons, 2011
10. GAO Analysis of DOD data 2011
11. Subrahmanian E., Reich Y. and Krishnan, S., *We are Not Users: Dialogues, Diversity, and Design*, MIT Press, 2020
12. Prof. Reich: System Development in Dynamic Environments, Tools for architecture development and process management' Technion, 2009
13. ד"ר גושן-מסקין: תהליך התכן ההנדסי של מערכת, אילטם/האיגוד הישראלי להנדסת מערכות, 2012.

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 לדורותיהם 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, באוניברסיטת תל-אביב, במכון הטכנולוגי חולון ובתוכנית ליזמות טכנולוגית במכללת עזריאלי בירושלים וכן כמרצה אורח בטכניון. בנוסף, מעביר 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 לתואר שלישי סגל אקדמי להוראה בתחומי הנדסת מערכות ומומחים ברמה גבוהה בתחום וכן לבצע מחקרי תשתית בהנדסת מערכות ומחקרים ישומיים לתעשיות ולגורמי הביטחון.