

1. תוכנית הלימודים

1.1 מבנה כללי של תוכנית הלימודים

תוכנית הלימודים המוצעת כוללת 5 אשכולות

- קורסי ליבה בהנדסת מערכות
- קורסים תפקודיים לעבודת מהנדס המערכת
- סמינר חקר בהנדסת מערכות
- פרויקט גמר בהנדסת מערכות
- 'סמינר אורחים' להנדסת מערכות

להלן פירוט הקטגוריות:

2.1.1 קורסי ליבה בהנדסת מערכות (3 נק"ז כ"א)

- הנדסת מערכות – מבט כולל
- תכן מערכתי מבוסס מודלים (OPM ו-SySML)
- אינטגרציה, אימות ותיקוף של מערכות
- הנדסת מערכות משובצות / עתירות תוכנה וסייבר במערכות הנדסיות
- תכן מערכתי באמצעות אופטימיזציה רב-תחומית
- תכן ופתוח מוצר חדש

2.1.2 קורסים תפקודיים למהנדס המערכת (3 נק"ז כ"א)

- ניהול פרויקטים וכלכלה למהנדסי מערכות
- הגורם האנושי בהנדסה
- מערכות בקרה מתקדמות (בקרה דיגיטלית, מניפולטורים ברובוטיקה, מערכות הנדסיות אוטונומיות)
- אמינות ובטיחות בהנדסת מערכות
- ניהול לוגיסטיקה ושרשרת אספקה (כולל תמיכה כוללת במוצר ILS)

2.1.3 סמינרים ופרויקט גמר

- סמינר חקר בהנדסת מערכות (2 נק"ז)
- פרויקטי גמר 1+2 בהנדסת מערכות (3 נק"ז $2 \times 6 = 6$ נק"ז)
- 'סמינר אורחים' בהנדסת מערכות (ללא נק"ז)

בטבלה 2 ניתנת פריסה של תוכנית הלימודים לתואר שני בהנדסת מערכות ללא תזה עפ"י הסימסטריום ופרטים על המרצים. בטבלה 3 מפורטים התכנים של כל אחד מהקורסים. הרחבה של מידע על כל אחד מהמרצים ניתן בקורות החיים שלהם בנספח.

טבלה 2: תוכנית ללימודי תואר שני (ללא תזה) בהנדסת מערכות באוניברסיטת בן גוריון
סה"כ נק"ז 41 (בהתנעה ללא קורסי בחירה)

שנה וסימסטר	שם הקורס	שעות הרצאה	נקודות זיכוי	מרצה
שנה א' סימסטר חורף	הנדסת מערכות – מבט כולל	3	3.0	ד"ר מוטי ליבוביץ ר' התוכנית
	תכן מערכתי מבוסס מודלים (SysML, OPM)	3	3.0	פרופ' ארנון שטורם אוניברסיטת בן גוריון
	הגורם האנושי בהנדסה	3	3.0	ד"ר אבינועם בורובסקי אוניברסיטת בן גוריון
	'סמינר אורחים'	2	ללא	מרכז ד"ר מוטי ליבוביץ מרצים אורחים מהאקדמיה והתעשייה
שנה א' סימסטר אביב	תכן ופתוח מוצר חדש	3	3.0	ד"ר מוטי ליבוביץ ר' התוכנית
	אינטגרציה, אימות ותיקוף מערכות	3	3.0	סרגיי טוזיק תעשייה, יועץ עצמאי
	ניהול פרויקטים וכלכלה למהנדסי מערכות	3	3.0	ד"ר ישראל טירקל אוניברסיטת בן גוריון / תעשייה
	מערכות בקרה מתקדמות	3	3.0	פרופ' אבישי כרמי אוניברסיטת בן גוריון
	הנדסת מערכות משובצות / עתירות תוכנה	3	3.0	פרופ' עמיר תומר מכללת כינרת / תעשייה
שנה ב' סימסטר חורף	אופטימיזציה של תכן מערכתי רב-תחומי	3	3.0	ד"ר אוהד גור אוניברסיטת בן גוריון / תעשייה תע"א
	'סמינר אורחים'	2	ללא	מרכז ד"ר מוטי ליבוביץ מרצים אורחים מהאקדמיה והתעשייה
	פרויקט גמר בהנדסת מערכות – חלק 1	-	3.0	ד"ר מוטי ליבוביץ ר' התוכנית + מנחים

טבלה 2: תוכנית ללימודי תואר שני (ללא תזה) בהנדסת מערכות באוניברסיטת בן גוריון
סה"כ נק"ז 41 (בהתנעה ללא קורסי בחירה)

שנה וסימסטר	שם הקורס	שעות הרצאה	נקודות זיכוי	מרצה
שנה ב' סימסטר אביב	אמינות ובטיחות בהנדסת מערכות	3	3.0	ד"ר לינה טפר / ד"ר עמית טלר (תעשייה, רפאל מערכות לחימה מתקדמות בע"מ)
	ניהול לוגיסטיקה ושרשרת אספקה (כולל תכ"מ)	3	3.0	צחי שגיב (תעשייה יועץ עצמאי, מרצה במכללות)
	סמינר חקר בהנדסת מערכות	3	2.0	מרבז ד"ר רם אורון (תעשייה אורבוטק) + מנחים
	פרויקט גמר בהנדסת מערכות – חלק 2	-	3.0	ד"ר מוטי ליבוביץ ר' התוכנית + מנחים
	סה"כ	40	41	

תכנים	קורס
<p>הגדרות ומינוחים ומוטיבציה, מנהיגות של הנדסת המערכות (Technical Leadership in SE), תהליכי פתוח בפרויקט, הנדסת מערכת מהירה Agile SE, בעלי עניין (אנליזת בעלי עניין, QFD, ניהול פרויקטים בעולם ובארץ), ניהול דרישות מערכת (משימת פרויקט, TLR, הגדרה וניתוח דרישות, ניהול דרישות) תכן קונספטואלי ICDM (מפרטי דרישות, אנליזה פונקציונאלית, יצירת קונספטים, הערכה ובחירה של קונספט נבחר, ארכיטקטורה, תכן ממשקים DSM, מסמך תכן מערכתי), סוגיות בתכן מערכתי (ייצוריות, ארגונומיה, תכן תעשייתי), אמינות ובטיחות (בטיחות - תכן הנדסי לבטיחות, הערכת התכן לבטיחות, ניהול הבטיחות, אמינות – מושגים, שיטות לקביעת אמינות, אופני כשל קונסטרואליים), אבי טיפוס וסימולציות, ניתוח וניהול סיכונים והזדמנויות, אימות ותיקוף, ניסויים, אינטגרציה ושילובים (אינטגרציה מכאנית, לוגיקת השילובים, תוכנית בדיקות מערכתיות ומכלולים, תכ"מ), איכות בפרויקטים (איכות, שערים סקרי תכן אפקטיביים), תקנים להנדסת מערכות, בין ראש פרויקט למהנדס מערכת</p>	<p>הנדסת מערכות – מבט כולל</p>
<p>גישות לתכן הנדסי ומורכבות התכן (complexity), היערכות לפתוח מוצר, תהליכי פתוח מוצר וגישות לפתוח זריז (Agile), הדגמת תהליך פתוח בחברת IDEO, צרכי הלקוח, אפיון מוצר וגיבוש קונספטים, הערכה ובחירת חלופות, תכן ניסויי פתוח ובדיקות, היבטים שונים של התכן – לייצוריות (כולל השלכות המהפיכה התעשייתית הרביעית, הדפסה תלת מימדית), מחזור חיים, שימושיות, בדיקותיות, תחזוקתיות, הרכבה ופירוק, שימוש חוזר, רובוסטיות, תיקוף, בטיחות, לסביבה, לאיכות, לאמינות, ולעלות. אבי טיפוס (כולל אבי טיפוס פיזיים בייצור זריז - גישות בהדפסה תלת מימדית), יישום טכני הנדסי של פתוח מוצר חדש, ניתוח עסקי, מסחר ושיווק המוצר החדש</p>	<p>תכן ופתוח מוצר חדש</p>
<p>הנדסת מערכות מבוססת מודלים ושיטת ה-Object-Process-Methodology (OPM), OPM ו-SysML – אוביקטים, תהליכים, מצבים, קשרים בין הישויות, יצירה וצריכה של אוביקטים, מעבר בין מצבי אוביקטים, היבטים מערכתיים – פונקציות, מבנים והתנהגויות, שפת ה-OPM, מטרות הכלי יתרונות וחסרונות, אפסור תהליכים, גבולות וסביבת המערכת, יכולות בתוך המערכת (הגדלה, נקודות מבט של דיאגרמות, סנכרון), תצוגה מערכתית, תקינה ב-ISO</p>	<p>תכן מערכתית מבוססת מודלים (OPM ו-SysML)</p>
<p>בקרה דיגיטלית: מוטיבציה לבקרה דיגיטלית ובקרה מבוססת מודלים, ייצור דיסקרטי למערכות רציפות - הפונקציות טרנספר דיסקרטיות ומבט על תאור מרחב המצבים, אנליזת יציבות, תכן מערכת בקרה בתחום הדיסקרטי, אנליזה קלסית של התחום הדיסקרטי, תכן בקרה של רובוט בתנועה בתחום הדיסקרטי</p> <p>זיהוי 'חתימה' של מערכות (System Identification): דוגמה לבעיית זיהוי (חתימה) של מערכת, מדידות, וסטטיסטיקה, שיטות שאינם פרמטריות: זמן ותדר, statistic foundation\Least square problem st, שיטות פרמטריות, תכנון הקלט, תיקוף</p> <p>מניפולטורים של רובוטים: מבוא, מפעילים וחיישנים, קינמטיקה ותכנון מסלול, דינמיקה, בקרת רב משתנים</p> <p>מערכות אוטונומיות: הקדמה להסתברות, מבוא למערכות אוטונומיות, אי-ודאות בהתקדמות במערכות אוטונומיות, מיפוי ומיפוי מבוסס מיקום, ניווט ריאקטיבי, תכנון מסלול, יישומים</p>	<p>מערכות בקרה מתקדמות</p>
<ul style="list-style-type: none"> - הכרת נושאים בסיסיים הנוגעים לתכנון ותפעול ותחזוקת מערכות, תכונות מערכות, ניתוח וקביעת מדיניות אחזקה, תכנון וניהול מערכי האחזקה והתחזוקה שלהן: אפקטיביות, יעילות אמינות, אחזקתיות, זמינות, בטיחות, תמיכה תחזוקתית משולבת (ILS) והתאמתה לשלבים בחיי המערכת הנתמכת. - הכרת תהליכי רכש בפרויקט, החל בעיתוד ראשוני, דרך עיתוד שוטף, וכלה בהוצאה משרות. מגישות פריטיות מסורתיות ועד למודלים מערכתיים מתקדמים. - הכרת תהליכי תכנון, ניהול ובקרת מלאי מרמת דרג אחסנה בודד ועד שרשרת האספקה. - הקניית יכולת טיפול בבעיות ניהול לוגיסטי משולבות, הכוללות סוגים שונים של פרמטרים בעלי זיקות ביניהם ומגוון פתרונות אפשריים. - הכרת יכולות הטיפול ביישומי ניהול המלאי ותמיכה תחזוקתית במערכות IT. 	<p>ניהול לוגיסטיקה ושרשרת האספקה (כולל תכ"מ)</p>

<p>מבוא לאופטימיזציה של תכן מערכתי רב תחומי (רציונאל ומטרות, תתי מערכות, האופטימיזציה בהנדסת המערכת, תהליך פתוח מוצר – דוגמאות), ניסוח הבעיה (מהי אופטימיזציה לתכן רב-תחומי, דיספלינות בתכן, היבטים רב-תחומיים בתכן כמו בקרה, מבנאות, אווירודינמיקה), אופטימיזציה ברמת המערכת (דוגמת אופטימיזציה של מטוס, היבטים של ממשקי אדם מכונה באופטימיזציה, כמותי לעומת איכותי, ארכיטקטורה לעומת תכן, סוגיות של אופטימיזציה בתכן, ניסוח הבעיה, המטרות, משתני התכן, פרמטרים, אילוצים, מטרות לעומת אילוצים), מידול וסימולציה (הגדרות למודל וסימולציה, שיטות אנליזה, פיתוח תהליך המידול – מטרות, אילוצים, משתני התכן, מודל פיזיקאלי דוגמת FEM, מודל אמפירי, פירוק מערכת והגדרת מודול, סימולציה למודול, דיאגרמת DSM, קוד), פירוק וצימודים (בעיית אופטימיזציה סטנדרטית, זרימת המידע, צימודים והפרדת צימודים, רמה אחת והרבה רמות ואופטימיזציה), חקר מרחב המערכת (תכן ניסויים, טכניקות של דרגות חופש, חקר פרמטרי, אפקטים), אופטימיזציה נומרית I (בחירת אלגוריתם, אופטימיזציה לליניארית לעומת אי-ליניארית, תהליכים איטרטיביים, שיטות גרדיינט, Hessian...., פונקציות לאגרנג'י, עם/בלי אילוצים), אופטימיזציה נומרית II (Sequential Linear Programming, Penalty and Barrier Methods, Sequential Quadratic Programming), אנליזת רגישות (שיטות חישובי גרדיינט כמו הפרשים סופיים, ניתוח אנליזת רגישות לאחר חישוב – אפקטים של שינוי משתנים, שינוי פרמטרים, שינוי אילוצים), טכניקות (כמו אלגוריתם גנטי), אופטימיזציה של מספר מטרות (דוגמאות, אופטימיזציה פארטו, גישת סכום המשקלים שיטות נוספות...), שיטות קירוב (שיטת התאמת נתונים, הורדת סדר המודל...), תכן רובוטי, הנדסת ערך, ניתוח סיכונים בתהליך.</p>	<p>תכן מערכת באמצעות אופטימיזציה רב-תחומית</p>
<p>הגדרת האינטגרציה המערכתית, יעדי האינטגרציה, תכנון מוקדם ונכון, מודלים וכלי תוכנה של אינטגרציה במערכות הנדסיות, סיכוני תהליך האינטגרציה וטיפול באי-ודאויות, תכנון אופטימאלי מבוסס פרמטרים, מאפיינים חוצי ארגון של אינטגרציה, תכנון וניהול תהליך אינטגרציה, גישות הנדסיות לביצוע (היררכית, תפקודית), תכנון והקמת צוותים חוצי ארגון לביצוע אינטגרציה, מגוון בדיקות בביצוע אינטגרציה, בדיקות ממשקים.</p> <p>אימות ותיקוף (הגדרות, תכנון אימות ותיקוף, הגדרות אינטגרציה, שילוב, ניסוי, מסמכי בדיקות, תכנון תהליך האימות והתיקוף, תכנון סביבת הבדיקות, נוהלי אימות ותיקוף, מאפייני אימות ותיקוף), שילובים (דוגמה למסלול שילובים טיפוסים, מאפייני תהליך השילובים, עקרונות התכנון, סוגיות בתהליך השילוב דוגמת ממשקים), אחריות בפרויקט ובקבוצות ההנדסה, בדיקות (דרישות, מסמכי בדיקות), סימולציות (פתוח סימולציה מערכתית, זרימה בין סימולציות, מטרות הסימולציות)</p>	<p>אינטגרציה, אימות ותיקוף מערכות</p>
<p>ניהול פרויקט וכלכלה למהנדסי מערכות</p> <p>הגדרות (פרויקט, מערכת, מדדים להצלחה, ניהול פרויקט, בין מחקר ופתוח טכנולוגי לבין פתוח מוצר, קשיים בניהול פרויקטים, משימות בפרויקט ושימוש ב-OPM, הסטורית ניהול פרויקטים), נתיב קריטי בפרויקט (גאנט, הנחות בנתיב קריטי, ייצוג משימות, WBS – תכולת העבודה בפרויקט, רשימת משימות, ייצוג גרפי, נתיב קריטי), DSM - Design Structure Matrix (הצגת השיטה, pert ונתיב קריטי, סדר המשימות בפרויקט, DSM יישום בבנית פרויקט), ניהול דינמי של פרויקט (פרויקט על ציר הזמן, חריגות בפרויקט, כלים למעקב אחר פרויקט והערכה), תכנון פרויקט שנתי ורב שנתי, בקרת פרויקט, תקציב (אומדן עלות, בקרת תקציב), כלים לניהול פרויקטים וסימולציה להתנהגות פרויקט, הערכת לו"ז תכנון ובקרה, ניהול סיכונים בפרויקט, תקשורת בפרויקט, הבטי הגורם האנושי בפרויקט (מח"ע, מהנדסי מערכת, תו"ב, ...הנעה בפרויקט,...), ניהול פורטפוליו – מספר פרויקטים, דוגמאות בניהול פרויקטים מורכבים, הצלחה בפרויקטים</p> <p>כלכלה הנדסית</p> <p>מהי כלכלה הנדסית, סוגי עלויות, עלות מיטבית של פרויקט, השוואת חלופות לעלויות, עלות הזמן, תזרים מזומנים, מושגים כמו ערך נטו נוכחי, תקופת החזר, החזרת ההשקעה, חשבונאות בפרויקט, שיטות אומדן עלות, עלות מחזור חיים</p>	<p>ניהול פרויקטים וכלכלה למהנדסי מערכות</p>
<p>הקורס נועד להפגיש את מהנדסי המערכות עם שיקולים, פעילויות ותוצרים אופייניים למערכות המבוססות על כמות משמעותית של תוכנה. כמו כן יכירו הלומדים את המאפיינים והמשמעויות של טכנולוגיות תוכנה</p>	<p>הנדסת מערכות</p>

<p>משובצות ועתירות תוכנה</p>	<p>מתקדמות, וביניהן מיחשוב ענן, Big Data, בינה מלאכותית (AI), למידת מכונה (machine learning) והגנת סייבר.</p> <p>במהלך הקורס יכירו הלומדים את המאפיינים והייחודיות של פיתוח תוכנה, וכיצד יש להתייחס אליהם במהלך מחזור החיים הכולל של פיתוח המערכת, ובפרט בתכן הארכיטקטורה הלוגית שלה. תהליך האפ והתכן יתבצע הלכה למעשה בגישה מבוססת-מודלים (MBSE) תוך שימוש בשפת UML ובכלי מידול מקצועי.</p> <p>הלומדים יתנסו בבניית מפרטי אפיון ותכן ארכיטקטורה של מערכת עתירת תוכנה ובתכנון בדיקתה.</p>
<p>אמינות ובטיחות בהנדסת מערכות</p>	<p>קורס זה יעסוק באופן מעמיק בנושאים שונים של הנדסת אמינות ובטיחות ויביא בפני התלמידים גישות מודרניות ויישומים שונים.</p> <p>מגמות עכשוויות בהנדסת אמינות שמות את הדגש על שימוש בנתונים המתקבלים על המוצר, סביבתו התפעולית ותהליכי ייצורו לאורך חייו לצורך מניעת כשלים, הערכת אמינות ושיפור האמינות.</p> <p>בנוסף יעסוק בכלים ועקרונות מרכזיים של תחום הנדסת הבטיחות ובהם זיהוי גורמי סיכון, בטיחות בתכן, הערכת סיכוני הבטיחות ויישום פעילויות מתקנות על גורמי הסיכון המזוהים אשר יגרמו לסילוק גורם הסיכון או, אם לא ניתן, להפחתת החומרה וההסתברות להתממשות הסיכון (תאונה), תוך קיום בקרה על סטאטוס גורם הסיכון.</p> <ul style="list-style-type: none"> • הכרת העקרונות של הנדסת האמינות והבטיחות כחלק מ RAMST והנדסת מערכת. • הכרת שיטות מרכזיות לשיפור התכן לאמינות ובטיחות המוצר. • שיטות הערכת אמינות ושיפור אמינות • מתודולוגיות וטכניקות לניתוח האמינות והבטיחות (FMEA, FTA) • תכנית בטיחות בסיסית למערכת. • שילוב ניתוחי בטיחות ועקרונות בטיחות בתכן בשלבי פיתוח מערכות
<p>הגורם האנושי בהנדסה</p>	<p>סביבת העבודה (דוגמאות לתאונות בהם היה מעורב הגורם האנושי, אדם/מכונה), HIS – Human System Integration – האדם כחלק מהמערכת, ראייה (אבחנה, ראייה מרחבית, אוריינטציה, תאורה, עומק, זיהוי תנועה, גודל ותצורה, צבעים), ניסויים בגורם האנושי (מטרות, מתי נדרש, שיטות חקר איכותי – תופעות טבעיות, מודלים, ניסויים פיזיים, שיטות מחקר כמותיות – תצפיות, לימוד מניסיון של אחרים, מבחני שימושיות, סטאטיסטיקה), חוששים (תחושה של תנועה, שמיעה, גורמים קוגניטיביים בזיהוי אוריינטציה), תצוגות (מינוחים והגדרות, פנים / חוץ, סוגיות בתכן התצוגה), בקרה ידנית (רמת הבקרה, תגובה לבקרה, תגובה ראקטיבית או פרואקטיבית, זמני תגובה ואינטרפרטציה, ביצועי אדם, תכן ליציבות בבקרה, מידול תגובת האדם, ביצועים אופטימאליים), שמיעה (הגדרות, תחום תדרים ועוצמה, שמע מקומי / כיווני, אופן תיאור השמע שמיעה לעומת תצוגה חזותית, תכנון התראות / חירום), קבלת החלטות (תהליך קבלת מידע וזיהוי אותות – רגישות, ביאס, תיאור מודליים נורמטיביים או תיאוריים להחלטה, אופן קבלת ההחלטות והתנהגות), תשומת לב ועומסים בעבודה (איך רוכשים תשומת לב, מידול תשומת לב, הדגמת תשומת לב שמיעה / חזותי, multi-tasking, עומס עבודה מנטלי) התעייפות (מצבים בהם התעייפות מתרחשת, אפקטים של התעייפות, שינה, גורמי התעייפות, מדידת התעייפות, מניעה), ארגונומיה ואנתרופומטריה (הגדרה למדידה ואפיון הסביבה והאדם, ניטור, בקרה, ממשקים, שגיאות נפוצות, שיקולי תכן, תכן תהליכים ארגונומיים ושיקולים), תגובה ובקרת תנועה.</p>

פרויקט הגמר

- פרויקט הגמר יתבצע ב-2 הסימסטרים האחרונים בשנה האקדמית האחרונה של התוכנית
- ייבנו קבוצות פרויקטאליות שכל אחת תמנה 2-3 סטודנטים בקבוצה. בשאיפה מאפייני הקבוצה הם שילוב של סטודנטים ממקצועות התמחות שונים ומארגונים שונים

- כל אחת מהקבוצות תבחר נושא לפרויקט, בשאיפה נושא שמאפיין את הפעילות של הסטודנטים. המיקוד יהיה על פתוח מערכת חדשה או שיפור מהותי למוצר קיים. ניסוח הפרויקט, היקפו ותכולתו יאושרו ע"י המרצה / המנחים.
- אילוצי פרויקט הבחירה של הסטודנטים:
 - מערכת שמכילה מספר מרכיבים (סביב ה-10)
 - המערכת אינה תוכנה "נטו" ואינה שירות אלא ישות פיזית (רצוי עם מנגנונים, לוגיקה, תהליכים כימיים / מכאניים / פיזיקאליים. עם שלוב של חישנים, מרכיבי תוכנה, בקרים...)
 - אבני הדרך של הפרויקט הם הנושאים שמופיעים מטה במאפיינים.
 - המנחה של הפרויקט ישמש כלקוח / מזמין ("וירטואלי") והוא יאשר, יגדיר, יקפא דרישות, החלטות במהלך הדרך.
 - הפרויקט ייבחר וייבנה בהיקף שניתן יהיה לסיימו במועד ויכיל את נושאי הקורס.
- במהלך פרויקט הגמר ובסיומו יש לייצר מסמך הפרויקט שמכיל את כלל האלמנטים שנלמדו בקורס (MSWord)
- כתיבת מסמך הפרויקט תהיה עפ"י מתווה שיוגדר מראש
- במהלך הסימסטר ייערכו מספר מפגשים (פעם בשבועיים) שבו הקבוצות יציגו הצגות ביניים ויצטרכו לסיים את הפרקים הרלוונטיים במסמך הפרויקט. מתוכננים כ-20 דקי למצגת של פרויקט והגשת מסמך הפרויקט לפרק הרלוונטי.

• **בסימסטר א' – גיבוש חלופה קונספטואלית מובילה**

- שבוע 1 - בחירת הפרויקט, הצגת "סיפור המעשה" הבעייה, הצורך, האילוצים, גידור הפרויקט, דרישות-על מזמין והתוצרים. כל קבוצה תציג כ-20 דקי וייתן אישור המנחה.
- שבוע 3 – מתווה של ספר הפרויקט ותכנון הנדסת מערכות בפרויקט – SEMP (תמציתי)
- שבוע 5 - QFD, מפרט הדרישות המערכתי וניתוח
- שבוע 7 - ניתוח חלופות קונספטואליות
- שבוע 9 – בחירת חלופה נבחרת (איטרציות) כולל שימוש ב-CAD / תוכנה גרפית
- שבוע 11 – ניתוח פונקציונאלי וארכיטקטורה וממשקים חיצוניים (DSM) ומענה עקרוני לדרישות
- שבוע 13 – מידול מערכתי לארכיטקטורה / מצבים / התנהגות
- שבוע 15 – הצגת הפרויקטים החלק של סימסטר א' ומסירת המצגות / ספר הפרויקט (לאחר עידכנו ומשוב במהלך הקורס).

• **בסימסטר ב' - ניתוח לתכן אופטימאלי ומענה לדרישות**

- שבוע 1 - הצגת התכן הקונספטואלי הראשוני ועידכון תכנון מתווה הנדסת מערכות - ה-SEMP (התמציתי)
- שבוע 3 – ניתוח הנדסת אנוש (כולל ניתוח 5 הבעיות המרכזיות ופתרונות מוצעים)
- שבוע 5 - ניתוח תכן לייצוריות והרכבה (כולל טכנולוגיות עיקריות, תהליך ההרכבה ותכן להרכבה. תכן לעלות הפרויקט על בסיס עץ מוצר עקרוני. ניתוח והצעה כיצד ניתן להקטין עלויות
- שבוע 7 - ניתוח אמינות (דיאגרמת תהליכים, ניתוח אופני כשל, ניתוח עץ תקלות, עבור 2 כשלים מרכזיים להעריך אנליטית את האמינות ואת הרגישות – הסתברות כולל לתקלה / אמינות חזויה של המערכת, האם יש אופן כשל משותף ומהו, מהו המכלול הקריטי המשפיע על האמינות, מה ישפר בצורה מהותית את האמינות – בדיקות? שינוי תכן?, שינוי

ארכיטקטורה?): ניתוח בטיחות – דרישות בטיחות עיקריות, ניתוח אופני כשל בטיחותיים / עץ אירועים / עץ תקלות, מענה עיקרי לבטיחות (עפ"י עקרונות התכן), הערכה המענה לדרישות הבטיחות

- **שבוע 9** – ניתוח סיכונים והזדמנויות (Top 10 לסיכונים, Top 5 להזדמנויות). זה כולל הגדרת מדדים לשיפוט, זיהוי הסיכון, ניתוח כמותי של הסיכון / ההזדמנות, תכנון המענה לצמצום הסיכון להגדלת ההזדמנות, טבלת ניתוח סיכונים / הזדמנות והצגה גרפית של הסיכונים, עבור 2-3 סיכונים להראות גרפית את הורדת הסיכונים.
- **שבוע 11** – תוכנית אינטגרציה ושילובים- דרישות לקוח, ניתוח הסביבה, הגדרת בדיקות "קופסה שחורה" – ניתוח שחזור המודל המערכתי, תכן ממשקים (דיאגרמה, טבלת 2N) פונקציונאלית, תכן לבדיקתיות, בדיקת "קופסה לבנה" – לאימות מודל המערכת, בחירת גישת האינטגרציה, תוכנית אינטגרציה, תוכנית תמיכה כוללת במוצר ILS / תכנון תחזוקה – מדיניות התחזוקה, תוכנית ILS, עלות מחזור חיים LCC, הגדרת תשתיות לתחזוקה, ציוד בדיקה, ציוד תפעול ותחזוקה, תוכנית הכשרה והטמעה
- **שבוע 13** – תוכנית אימות ותיקוף / תוכנית ניסויים ותוכנית סימולציות מרמת הרכיבים עד הרמה המערכתית. הדגמה של כתיבת תוכנית ניסוי מערכתית
- **שבוע 15** – מסירת תיק הפרויקט והצגה של המענה לפרויקט של סימסטר ב' (ספר הפרויקט לאחר עידכונו במהלך הקורס, עד 25 שקפים, לקראת יום עיון סיום פרויקטים).
- בסוף שנת פרויקט הגמר ייערך יום עיון מרכזי בהשתתפות האקדמיה והתעשייה מלווה בפוסטרים / אבי טיפוס / סימולציה והצגה (סדר גודל 25 שקפים מתוך המצגות שהוצגו בסוף כל סימסטר. על בסיס המצגות יוכן פוסטר). כמו כן יימסר ספר הפרויקט לאחר עידכונו (יועבר למשתתפים)

סמינר החקר בהנדסת מערכות

- **מטרת סמינר החקר** להתמקד בהרחבה והעמקה במבחר נושאים חדשניים בהנדסת מערכות מתוך הנושאים הנלמדים בקורסי החובה. השיטה תהיה לבצע סקר ספרות - לסקור מאמרים עדכניים שונים בהנדסת מערכות. הקורס יתבסס על עבודה עצמית של הסטודנטים (קבוצה של 2-3 סטודנטים), דיון כתתי מונחה ומשימות קבוצתיות. היעד להגיע לרמה של כתיבת מאמר בנושא והצגת עמדה מקצועית.
- יהיו למעשה 2 סמינרים וכל קבוצה תתעמק בשני נושאים. כל המשתתפים בקורס יהיו חשופים לכל נושאי החקר. הציון יינתן לכל חלק בסמינר בנפרד.
- השלבים של סמינר חקר במהלך סימסטר נתון הם:
 - א. גיבוש הקבוצות (התכנון לכ-7 קבוצות של 2-3 אנשים בקבוצה)
 - ב. בחירת נושא החקר והצגת בעיית החקר (לסטודנטים גם תינתן רשימת מקורות "התחלתית")
 - ג. חיפוש מתקדם של פרסומים ומאמרים מקצועיים בנושא הנבחר – לימוד, ניתוח והצגה (כאשר כל חבר בקבוצה לוקח חלק ברור בנושא ובצגה)
 - ד. שלבים עיקריים במהלך הסמינר
 1. **מפגש 1**: בחירת הנושא והצגת הבעיה
 2. **מפגש 2**: הצגת תקציר הנושא הנבחר – כולל מה ידוע, מה הסוגיה, איך הולכים להתמודד עם הסוגיה, מה ההשערה לגבי התוצאות / התוצרים, פרטי שלבי המחקר ורשימת מקורות – 10 דק' לקבוצה, דיון פתוח ואישור המנחה
 3. **מפגש 3**: הצגת ראשי הפרקים (המתווה) של עבודת החקר וחלוקת העבודה בין חברי הקבוצה (כ-15 דק' לקבוצה)

- 4.ד. מפגשים 4-11 : הצגת התקדמות של של הקבוצות. כל קבוצה תציג לפי תכנון מראש 3 הצגות התקדמות כשכל הצגה תהיה 20-30 דק' עפ"י ראשי הפרקים שיסוכמו ויקבלו משוב
- 5.ד. מפגשים 12-15 : הגשת העבודה בפורמט MS Word הרצאת סיכום של כל כיווני המחקר וכיוונים עתידיים במצגת (כ-30 דק' לחקר).

- דוגמאות לנושאי חקר בהנדסת מערכות :
 - MBSE תכן מערכתי מבוסס מודלים
 - יישומים של OPM או SySML או שילוב כלי מידול לדוגמה לארכיטקטורת מערכת
 - שילוב כלי מידול
 - ניהול סיכונים
 - אופטימיזציה בתכן מערכתי - פשוט, רובוסטי, וסטנדרטיזציה
 - מערך של מערכות System of Systems
 - יתירות במערכות – תרומה / סיכונים
 - יישום חדשנות בפתוח מוצר
 - מהו מהנדס המערכת
 - הנדסת מערכות 'זריזה' (Agile SE) ו/או גמישה (Lean SE)

'סמינר אורחים'

- ב'סמינר האורחים' יחשפו הסטודנטים ליישומים מערכתיים / סוגיות בהנדסת מערכת / שיטות וכלים בהנדסת המערכת באמצעות אורחים מהאקדמיה / התעשייה.
- מטרות הסמינר הן : א. ליצור גירוי אינטלקטואלי ממגוון דיספלינות, ב. להדגים צורת מימוש , ג. לשתף בדילמות וסוגיות מערכתיות, ד. להדגים חדשנות ויזמות מערכתיים
- במהלך התוכנית להנדסת מערכות יתקיימו 2 סמינרים – בסימסטר א' ובסימסטר ג'. במהלך כל סימסטר יתקיימו כ-7 מפגשים (אחת לשבועיים).
- מהלך כל מפגש יתנהל עפ"י המתכונת הבאה : 10 דק' – הצגת המרצה וארגונו, 60 דק' - הצגת הנושא, 30 דק' – דיון והתייחסויות
- להלן דוגמאות למשפחות נושאים פוטנציאליים (כחלק מההכנה יאותרו המרצים) :
 - חשיבה יצירתית / המצאתית (דוגמת TRIZ)
 - חדשנות בהנדסת מערכות ובניהול פרויקטים
 - ניטור בריאות מבנים (structural health monitoring)
 - תחזוקת מצב
 - מערכות חישה והפעלה
 - יישום של המהפיכה התעשייתית הרביעית
 - יישום הנדסת מערכת זריזה (Agile SE)
 - בינה מלאכותית Artificial Intelligent
 - Machine Learning
 - Big Data
 - שימוש בכלים להנדסת מערכת (דוגמת CORE – Vitech Corporation)
 - מערכות תחבורה אוטונומיות
 - טיסנים ורובוטים לחקלאות

- סיפורם של פרויקטים מורכבים וזריזים
- כור גרעיני כמערכת
- תכן ופתוח של מתקנים מערכתיים במפעל כימי
- חדשנות / יזמות / רובוטיקה ליישומי רפואה (אורטופדיה, שיניים...)
- תנאי סביבה ביישומים קרקעיים ומוטסים
- אימות ותיקוף בפתוח בתעשייה הביטחונית (דוגמת מל"ט, טיל...)
- תמיכה כוללת במוצר / תפיסת תחזוקה במערכת
- לקחים ותובנות מפרויקטים גדולים (דוגמאות דרישות יתר...)
- מערך תעופה כדוגמה למערכת של מערכות (System of Systems)