

נספח א – סילבוסים מפורטים

בנספח זה מופיעים הסילבוסים של קורסי החובה. חלקם קורסים קיימים וחלקם חדשים.

אופטימיזציה מרובת מטרות

אופן ההוראה: הקורס מתבסס על הרצאות בכיתה וביצוע פרויקט.

קורס חובה: תואר שני בהנדסת מערכת

ש"ס: 3

נ"ז: 3

דרישות קדם: תואר שני

מטרת הקורס: הקורס יתמקד בגישות לאופטימיזציה מרובת-מטרות ושילובן עם שיטות לקבלת החלטות תחת ריבוי קריטריונים. בתחילת הקורס יוצגו שיטות קלאסיות לטיפול בבעיות מרובות-מטרות ויוסברו החסרונות שלהם. בהמשך יוצגו שיטות מתקדמות המבוססות על אופטימיזציה בגישת פרטו. עיקר הקורס יתמקד בגישות אבולוציוניות לבעיות אופטימיזציה בלי ועם אילוצים. יוצגו ויושוו מספר אלגוריתמים מובילים בתחום, כגון: NSGA-II, SPEA-2, ES-CMA-MO. יפורטו שיטות להשוואת ביצועי האלגוריתמים כולל פונקציות בדיקה ומדדים לניתוח התוצאות המקורבות של החזית והסט האופטימאלי של פרטו. יובהרו המגבלות הנומריות של האלגוריתמים שיוצגו. יתוארו גישות להתמודדות עם בעיות נומריות שונות ובמיוחד בעיית קללת המימד של חזית פרטו. בחלקו האחרון של הקורס יוצגו שיטות מתחום קבלת החלטות תחת ריבוי קריטריונים ואופן שילובן עם אופטימיזציה מרובת מטרות. יושם דגש על הדגמת שימושים מתחומים כגון: תכן מכאני, רובטיקה ובקרה. לסטודנטים יתאפשר לעשות פרויקט תכנות באחד מהתחומים הנזכרים, או מתחומים הנדסיים אחרים כגון: למידת מכונה, תכן אווירונאוטי, הנדסת סביבה, הנדסת תעשייה, ואלקטרוניקה.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) Introduction: Motivation and applications. Introduction to optimization. Introduction to evolutionary algorithms. Introduction to Pareto-optimality: Concept of domination, Strong and weak domination, Non-dominated set, sorting methods, Pareto-optimal set and front.
- (2) Classical Methods: Weighted-sum, Epsilon-constraint, Goal-programming.
- (3) Multi-objective Evolutionary Algorithms: NSGA-II, SPEA-2, MO-CMA-ES; Handling Constraints.
- (4) Comparison Techniques: Test functions, measures, and examples.
- (5) Numerical difficulties: Issues and tailored algorithms for high-dimensional objective space.
- (6) Introduction to multi-criteria decision-making.
- (7) Combining multi-criteria decision-making and multi-objective optimization.
- (8) Demonstrations from various application areas.

דרישות הקורס:

- (1) בצוע פרויקט.
- (2) תרגול אלגוריתמים במעבדה.
- (3) עמידה במבחן הסיום.

ביבליוגרפיה:

- (1) K. Deb, *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*, J. Wiley, 2001.
- (2) C.A.C. Coello, G.B. Lamont, and D.A. Van Veldhuizen, *Evolutionary algorithms for solving multi-objective problems*, Springer, 2nd ed., 2007.
- (3) B. Li, J. Li, K. Tang, and X. Yao, Many-objective evolutionary algorithms: A survey, *ACM Computing Surveys*, Vol. 48, No. 1, Article 13, Publication date: September 2015.
- (4) A. Zhou, B-Y. Qu, H. Li c, S-Z. Zhao, P. N. Suganthan and Q. Zhang, Multiobjective evolutionary algorithms: A survey of the state of the art, *Swarm and Evolutionary Computation*, Vol. 1, Issue 1, pp. 32–49, March 2011.
- (5) R.C. Purshouse, K. Deb, M.M. Mansor, S. Mostaghim, and R. Wang, A review of hybrid evolutionary multiple criteria decision making methods. *Proceedings of the 2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2014)*, pp.1147–1154. IEEE, 2014.

מבוא להנדסת מערכות

אופן ההוראה: הרצאות בכיתה וביצוע תרגיל בית מתגלגל בקבוצות של 4-5 סטודנטים.

ש"ס: 3

נ"ז: 3

דרישות קדם: סטודנט בתוכנית הנדסת מערכות

מטרת הקורס: הכרת שיטות, תהליכים וכלים לתכן מערכות של מערכות בעלות רמת סיבוכיות גבוהה.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) מבוא: צורך בהנדסת מערכות. הסיבות להצלחת וכישלון פרויקטים, קיצור משך הפיתוח. המשימה של מתכנני המערכת. הגדרות. שילוב ה-ilities. תרומת הנדסת מערכות לפרויקטים ובעיות אופייניות בהנדסת מערכות.
- (2) תהליכי פיתוח: תהליך פיתוח גנרי. מודלים סדרתיים בהם מפותח דגם עיקרי יחיד. מודלים סדרתיים הכוללים דגמים מוקדמים. מודלים איטרטיביים
- (3) ניהול דרישות: מבוא לניהול דרישות. צרכים ותפוקדיים ואיתורם. תרגום צרכי בעלי העניין לדרישות. כתיבה נכונה של דרישות. סיווג הדרישות. הכנת מסמך הדרישות וסקר SRR. המעבר מדרישות למפרטים. ניהול מפרטי מרכיבי המערכת.
- (4) ניהול יצירתיות וחדשנות.
- (5) תכן מערכות: ארכיטקטורה של מערכות מורכבות, ניתוח וחקר חלופות ארכיטקטוניות, בחירת הארכיטקטורה העדיפה.
- (6) אימות ותיקוף המערכת: מבוא. אימות התכן (System Verification). תיקוף התכן (System Validation). ובדיקות בתהליך ההעברה לייצור. מסמכי הבדיקות-TEMP ו-SysTP. כלכלת ניסויים. דוגמאות לאימות ותיקוף דרישות.
- (7) ניהול ממשקים: דרישות ממשקים. דיאגרמת N^2 . תהליך ניהול הממשקים.
- (8) תכנון וניהול אינטגרציה מערכתית: למה צריך אינטגרציה. בדיקות בתהליך האינטגרציה. גישות לתכנון האינטגרציה. עקרונות תכנון אינטגרציה אפקטיבית. ניהול תהליך האינטגרציה. דוגמה לתכנון אינטגרציה של מוצר מורכב. הערכת עלות האינטגרציה בעת הכנת הצעת מחיר לפרויקט. ניהול סיכונים בתהליך האינטגרציה.
- (9) ניהול שגיאות וטולרנסים: מקורות שגיאה ורעש. שימוש בסטטיסטיקה לניתוח שגיאות.
- (10) ניהול סיכונים והזדמנויות: אזורי אי ודאות בפרויקט. זיהוי והערכה. מטריקות למדידה. אופן הטיפול.
- (11) ניהול אפקטיבי של סקרי פרויקט.
- (12) מבוא לחשיבה מערכתית: סיבוכיות מערכתית. דינאמיקה מערכתית, עקרונות סיבוכיות בתכן המערכת הארכיטקטוני, הבעייתיות בפיתוח מערכת של מערכות, חשיבה מערכתית רכה וקשה.
- (13) מבוא לחקר ביצועים וניתוח מערכות ומבוא להנדסת מערכות מבוססת מודלים.

דרישות הקורס:

- (1) נוכחות והשתתפות פעילה בהרצאות.
- (2) תרגיל בית מתגלגל ומסירתו במועדים שיקבעו. תרגיל הבית יכלול שימוש בכלי מחשוב במעבדה.
- (3) מבחן הסיום.

ביבליוגרפיה:

- (1) Kossiakoff A., Sweet W. N., Seymour S. J., Biemer S. M., "Systems Engineering Principles and Practice" 2nd ed. John Wiley & Sons ISBN-13: 978-0470405482, ISBN-10: 9780470405482 (2011).
- (2) Charles S. W., System Analysis, Design, and Development, John Wiley & Sons, Inc., ISBN-13 978-0-471-39333-7, ISBN-10 0-471-39333-9 (2006).
- (3) DOD: "Systems Engineering Guide for Systems of Systems", V. 1.0. Office of the Deputy under Secretary of Defense for Acquisition and Technology, Systems and Software Engineering. Washington, DC: (2008).
- (4) Rick Adcock et al, "Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)", v. 1.9.1, INCOSE (Oct. 2018).

תכן מערכות

אופן ההוראה: שיעור ודיונים בכתה, תרגילי בית וביצוע פרויקט תכן

ש"ס: 3

נ"ז: 3

דרישות קדם: (1) קורס תכן הנדסי או מקביל לו בתואר ראשון, (2) מבוא להנדסת מערכות

מטרת הקורס: העמקת הבסיס התיאורטי של הנדסת מערכות ותכן מערכת, לימוד תיאוריות רלוונטיות ומושגים מתקדמים לתכן ארכיטקטורות מודרניות של מערכות (פלטפורמות, מודולריות, מגוון), והקניית ארגז כלי לתכן מערכתי ולמחקר בהנדסת מערכות.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) עקרונות תיאורטיים של תכן: פרדוקס התכן, מסגרת מטריצת ה-PSI, הקונטקסט של תהליך התכן, מושגים של שפה, דיאלוג, מודל, כתשתית לתכן. סתירות כהזדמנות (TRIZ, תיאורית אילוצים (TOC)), תופעות תלויות זמן בתהליך התכן: קו-אבולוציה של תכן, ידע ודרישות; התכנסות והתבדרות; אופטימיות ופסימיות.
- (2) מודלים: מהם ותכונותיהם, מידול פורמלי (עקרונות הליבה של UML, OPM, ו-PROVE).
- (3) תיאוריות תכן: GDT, אופטימיזציה, קבלת החלטות, C-K, Axiomatic Design, FBS, PSI, וכד'.
- (4) מבוא ליצירתיות: ASIT, TRIZ, ביומימיקרי, תיאורית C-K.
- (5) פיתוח חלופות תכן: מורפולוגיה כללית וטבלה מורפולוגית, יצירת חלופות באופן ידני וממוחשב (SOS), שיטות בחירה (באופן כללי ובין חלופות תכן): QFD, Pugh, ו-AHP, בחירה ע"י הצבעה, שיטת בורדה, שיפור חלופות: טבלה מורפולוגית, יצירתיות, הגדרת חלופה נבחרת ובדיקות.
- (6) פיתוח ארכיטקטורה: מהי ארכיטקטורה, הגדרת מערכת על בסיס החלופה הנבחרת כולל תפיסת הפעלה, עדכון תרחישי מערכת, תרגום חלופה לארכיטקטורה, ניתוח ממשקים, הגדרת ארכיטקטורה נבחרת ובדיקות. פלטפורמה ומגוון, אסטרטגיות מודולריות וסטנדרטיות. תכן לשינויים, סגילות.
- (7) שימושי תורת הגרפים, DSM (Design Structure Matrix): עקרונות תורת הגרפים ו-DSM, שימוש ב-DSM וגרפים לניתוח ושיפור תכן מערכתי וניהול פרויקט.
- (8) פסיכולוגיה של קבלת החלטות כולל בצוות והשפעת על הנדסת מערכות.
- (9) אופטימיזציה בתכן: שימוש באופטימיזציה לתכן מערכת כולל פיתוח שיטות תכן ע"י אופטימיזציה: SOS, AMISA, RQFD

דרישות הקורס:

- (1) השתתפות פעילה ונוכחות בהרצאות.
- (2) בצוע תרגילי בית ופרויקט והגנה עליו. אלו יכללו שימוש בכלי תוכנה במעבדה.

ביבליוגרפיה:

- (1) Ulrich K. T., Eppinger S. D. (2004) *Product Design and Development*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York.

יוגדרו מאמרים מומלצים לנושאים פרטניים

הנדסת מערכות מונחית מודלים וסימולציה

אופן ההוראה: שיעור ודיונים בכתה: הקורס מתבסס על הרצאות בכיתה, קריאת פרקים בספר הקורס וביצוע תרגיל בית מתגלגל בקבוצות של 3-4 סטודנטים. לקראת סיום הקורס יוצגו התרגילים הנ"ל ויבוקרו במסגרת סקרים פורמליים. התרגילים יבוצעו תוך שימוש במודלים שילמדו.

ש"ס: 3

נ"ז: 3

דרישות קדם: (1) מבוא להנדסת מערכות. (2) תכן מערכת.

מטרת הקורס: ניתוח הנדסי ועיצוב של מערכות מורכבות כולל שני סוגים של מידול. הראשון הוא התיאור של המערכת עצמה, והשני הוא תיאור של פעולה או שינוי שנדרש לבצע, על מנת להבין טוב יותר את ההיבטים והשלכות של אותה פעולה או שינוי. הקורס עוסק בשני סוגי המידול תוך מיקוד בתמיכת תהליכי הנדסת המערכת. מטרת הקורס הינה להציג מתודולוגיות מובילות של MBSE (model based systems engineering) וסימולציה לתמיכה במגוון תהליכי הנדסת מערכות כגון: יכולת פעולה משולבת של מרכיבי מערכת, הגדרת ארכיטקטורה, הערכת פתרונות ארכיטקטוניים, סימולציה להערכת פתרונות ושיקולי תכן, הערכת מעטפת הסייבר להגנה על מערכת וכן מידול של ארגון (Enterprise). יבוצע שימוש בכלים כגון SysML ו OPM לתרגול ויישום.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) **מבוא ל MBSE:** מהי הנדסת מערכת מבוססת מודל (MBSE), מתודולוגיות מובילות של MBSE, מידול בתהליכי הנדסת מערכת: יכולת פעולה משולבת של מרכיבי מערכת, הגדרת ארכיטקטורה, הערכת פתרונות ארכיטקטוניים, הערכת מעטפת הסייבר להגנה על מערכת. סימולציה
- (2) **כלי מידול:** SysML, Object Process Methodology
- (3) **שימוש ב MBSE:** מידול דרישות ותכן, מידול ארכיטקטורה, מידול תהליכי אינטגרציה, מידול של ארגון (Enterprise)
- (4) **סימולציה:** Simulation packages (Matlab/Simulink). סימולציה להערכת פתרונות ושיקולי תכן. סימולציה להערכת RAM(Reliability, Availability, Maintainability). סימולציה לתכנון תהליכי ייצור, סימולציות מונטה קרלו ושימושיהן.
- (5) **הצגה / בדיקה של תרגילי סטודנטים בכתה.**

דרישות הקורס:

- (1) השתתפות פעילה ונוכחות בהרצאות.
- (2) בצוע תרגיל בית מתגלגל שיבוסס ברובו על כלי תוכנה מהמעבדה.
- (3) עמידה במבחן הסיום.

ביבליוגרפיה:

- (1) Bellinger, G. 2004. "Modeling & Simulation: An Introduction," in Mental Model Musings. Available at <http://www.systems-thinking.org/modsim/modsim.htm>
- (2) Dori, D. 2002. Object-Process Methodology: A Holistic System Paradigm. New York, NY, USA: Springer.
- (3) Estefan, J. 2008. "A Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies," rev. B, Seattle, WA, USA: International Council on Systems Engineering. INCOSE-TD-2007-003-02.
- (4) Sage, A. P. and Rouse, W. B. (Eds.), Handbook of Systems Engineering and Management, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, 2009.
- (5) Friedenthal, S., A. Moore, R. Steiner, and M. Kaufman. 2012. A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language, 2nd Edition. Needham, MA, USA: OMG Press.
- (6) Law, A. 2007. Simulation Modeling and Analysis, Fourth ed. New York, NY, USA: McGraw Hill.

שיטות מחקר באינטראקציית אדם מחשב

אופן ההוראה: הקורס מתבסס על הרצאות בכיתה וביצוע פרויקט.

ש"ס: 2

נ"ז: 2

דרישות קדם: קורס בסטטיסטיקה

מטרת הקורס: הקורס נועד להקנות ידע בסיסי בשיטות מחקר באינטראקציית אדם מחשב בדגש על שיטות כמותניות, אמפיריות וסיבתיות. הקורס יתמקד השנה בשיטות לניתוח מאגרי מידע רחבי היקף המתארים התנהגות אנושית כלשהי, וילמד כלים לבניית מודלים היכולים להסביר קשרים מתאמיים (קורלציות) וקשרים סיבתיים. לצורך זה, הקורס יעסוק במודלים של רגרסיה ובמודלים אקונומטריים ומבניים היכולים להוות את הבסיס לזיהוי קשרים סיבתיים. הקורס יאפשר לתלמידים לקרוא בביקורתיות את הספרות המקצועית, ולתכנן ולבצע מחקרים אמפיריים משלהם, לנתח את התוצאות בעזרת כלים סטטיסטיים ולדון בתוצאות. הנושאים העיקריים בהם נעסוק: הגדרת בעיות מחקר, תכנון מחקרים, הגדרת ניסויים, מציאת ניסוי דמה, בעיות מדידה, מדגם, תוקף ומהימנות, איסוף וניתוח נתונים (כולל ניתוח טבלאות, מדדי קשר, רגרסיה, מבחנים סטטיסטיים), בחינת שימושיות, הקדמה לשיטת מחקר איכותניות, ולבסוף כתיבה, דיון וויזואליזציה של נתונים.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) Defining research questions in human-computer interaction.
- (2) Research design, including experiments, surveys, usability testing etc.
- (3) Defining variables.
- (4) Statistical analysis with R, including tabular relations, correlations, regressions and statistical tests.
- (5) Qualitative research and grounded theory.
- (6) Discussing, framing, visualizing and writing research results.

דרישות הקורס:

- (1) השתתפות פעילה בכיתה.
- (2) בצוע עבודות בית.
- (3) ביצוע פרויקט.

ביבליוגרפיה:

- (1) Jonathan Lazar, Jinjuan Heidi Feng and Harry Hochheiser, Research Methods in Human-Computer Interaction, Wiley; 1 edition (February 9, 2010). (Course book)
- (2) Introductory Econometrics: a modern approach, Jeffrey M. Wooldridge, 5th Edition, South-Western College Pub
- (3) Tom Tullis & Bill Albert. Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
- (4) Alan Dix, Janet Finlay, Gregory Abowd & Russell Beale. Human-Computer Interaction. 3rd Edition. Prentice Hall, 2004.

אימות, תיקוף ובדיקת מערכות הנדסיות

אופן ההוראה: שיעור ודיונים בכתה: הקורס מתבסס על הרצאות בכיתה, קריאת פרקים בספר הקורס וביצוע תרגיל בית מתגלגל בקבוצות של 1-2 סטודנטים. לקראת סיום הקורס יוצגו התרגילים הנ"ל ויבוקרו במסגרת סקרי VVT פורמליים.

ש"ס: 3

נ"ז: 3

דרישות קדם: (1) מבוא להנדסת מערכות, (2) תכן מערכות.

מטרת הקורס: הבנת תהליכי אימות, תיקוף ובדיקה (VVT) של מערכות הנדסיות וכן הקניית ידע בנושאי תכנון אסטרטגי וטקטי וביצוע של תהליכי VVT.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) **מבוא:** תיאוריה כללית של מערכות ותהליכי VVT
 - מושג האיכות, ההיסטוריה של האיכות ואינדיקטורים ומודלים של איכות.
 - תהליכי אימות, תיקוף ובדיקה (VVT), ההבדלים ביניהם והחשיבות של כל מושג בפני עצמו
 - הקשר בין תהליכי VVT לבין מושגי היסוד בהנדסת מערכות: מושגי המערכת, מחזור החיים, התהליכים הפרויקטליים והארגון המבצע
 - מחזור החיים הגנרי של תהליכי ה-VVT: פעילויות אופיניות בפאזות השונות של מחזור החיים של ה-VVT והקשרם למחזור החיים המערכתי
- (2) **תכנון על של תהליכי ה-VVT:**
 - הכרת השיטות הראשיות להוכחה שהמערכת מקיימת את הדרישות שהוגדרו לה - יצירת (RVM) Requirements Verification Matrix: מבנה המטריצה לאימות הדרישות, אופן הקצאת אופני אימות לכל דרישה וכן קביעת המועד והתנאים לביצוע תהליכי האימות הללו
 - הכרת המנגנון לתכנון אסטרטגי של מכלול תהליכי ה-VVT - יצירת (VVT-MP) Verification, Validation and Test - Master Plan: רקע ומבנה של מסמך ה-VVT-MP.
- (3) **קביעת אסטרטגיה ספציפית לבצוע אופטימלי של תהליכי ה-VVT:**
 - מודלים היסטוריים להערכת עלויות: המודל הקלסי, המודל של ג'ורן (Juran) ושל קרוסבי (Crosby)
 - איסוף, איגוד וסיכום נתוני איכות ונתוני VVT עבור מודל אופטימיזציה של תהליכי VVT
 - מודל מודרני להערכה מדויקת של עלויות, זמנים וסיכונים לביצוע תהליכי אימות, תיקוף ובדיקת מערכות
 - אופטימיזציה תהליכי VVT: קביעת אסטרטגיה ספציפית לביצוע תהליכי VVT, שיטות ידניות לזיהוי אסטרטגיה אופטימיזציה חלקית (השיטה הבינרית, השיטה הלא לינארית)
- (4) **תכנון ובצוע בפועל של בדיקות מערכת**
 - תכנון, בצוע ודוח של בדיקות מערכת: System Test Plan, Description & Report
 - רמות הביצוע של בדיקות: קופסה לבנה ושחורה, בדיקת רכיבים, מודולים, תתי-מערכות ומערכות
 - טקסונומיה (רישום/מיון) של בדיקות מערכת
- (5) **ביצוע סקרי VVT:** הצגה / בדיקה של תרגילי סטודנטים בכתה.

דרישות הקורס:

- (1) השתתפות פעילה ונוכחות בהרצאות.
- (2) בצוע תרגיל בית מתגלגל ומסירתו במועדים שיקבעו. תרגיל הבית יכלול מרכיבים שיבוצעו במעבדה.
- (3) עמידה במבחן הסיום.

ביבליוגרפיה:

- (1) Avner Engel, "Verification, Validation and Testing of Engineered Systems", Wiley, ISBN-10: 047052751X, ISBN-13: 978-0470527511, 712 pages, 15 June, 2010
- (2) O'Connor D.T.P., "Test Engineering: A Concise Guide to Cost-effective Design, Development and Manufacture", Wiley, ISBN-10: 0471498823, ISBN-13: 978-0471498827, 2001
- (3) R. Black, "Critical Testing Processes: Plan, Prepare, Perform, Perfect", Addison-Wesley Professional, ISBN-10: 0201748681, ISBN-13: 978-0201748680, 2003
- (4) J.O. Grady, "System Validation and Verification", CRC, ISBN: 0849378389, 1997

סיבוכיות ומערכת של מערכות

אופן ההוראה: שיעור ודיונים בכתה: הקורס מתבסס על הרצאות בכיתה, קריאת פרקים בספר הקורס וביצוע תרגיל בית מתגלגל בקבוצות של 3-4 סטודנטים. לקראת סיום הקורס יוצגו התרגילים הנ"ל ויבוקרו במסגרת סקרים פורמליים. התרגילים יבוצעו תוך שימוש במודלים שילמדו.

ש"ס: 3

נ"ז: 3

דרישות קדם: (1) מבוא להנדסת מערכות. (2) תכן מערכות.

מטרת הקורס: הבנת מאפייני מערכת של מערכות (System of Systems) ומערכות מסובכות, זיהוי אתגרים עיקריים ומודלים לייצוגם. יישום המודלים כבסיס לתהליכי תכן בהנדסת מערכות. הקורס יעסוק בזיהוי אתגרים עיקריים באפיון מערכות System of Systems ומערכות מורכבות תוך מיקוד בחשיבות הדינאמיקה בין המרכיבים והיכולת להסתגל לשינויים בסביבה ובמערכות לאורך זמן. ילמדו מודלים לא ליניאריים, פרקטלים, כאוס, והתארגנות גמישה הבאה לידי ביטוי ביכולת להתאים את "תפקוד" המערכת כולה לסביבה משתנה של אילוצים. באמצעות מודלים אלה נלמד להגדיר את מרכיבי המערכת, אופן הפעולה שלהם ואת האינטראקציות ביניהן. יבוצע ניתוח של מערכות מורכבות בעולם האמיתי לשם יישום מודלים אלה לצורך אפיון מערכות, קביעת מדיניות וארכיטקטורה.

הנושאים שילמדו בקורס:

- (1) **מבוא ל SOS:** מהי מערכת של מערכות ומאפייניה, הבדל ודמיון בין מערכת ל SOS. סוגים שונים של SOS (Virtual, Collaborative, Directed). תהליכי ואתגרים של הנדסת מערכת במערכות SOS. ארכיטקטורה של SOS (שיקולים כגון ריכוז מול ביזור, תהליכי בקרה, Net Centricity וכו').
- (2) **מודלים:** Agent-based modeling
- (3) **מבוא למערכות מורכבות:** מהי מערכת מורכבת, Collective Phenomena. התנהגות אופיינית של מערכת מורכבת: מספר סוכנים גדול, משוב עצמי, גבולות לא ברורים, הסתגלות לשינויים, Emergent properties, תבניות. דוגמאות מעולם החי (קן נמלים, נחיל דבורים). דוגמאות מעולם הרשתות החברתיות וה- smart grid
- (4) **מודלים:** מודלים מופשטים לתיאור מערכות מורכבות כגון משוואות טורף-טרף (Lotka-Volterra) predator prey model. מודלים פרקטלים וכאוס. התארגנות גמישה (self-organized) כגון מודל ערימת החול (Bak-Tang-Wiesenfeld sandpile model)
- (5) **שימוש במודלים לתכן מערכות:** ניתוח מערכות מורכבות באמצעות מודלים. מאפייני חוסן וגמישות של מערכות. הגדרת מדיניות ותהליכי בקרה. הגדרת ארכיטקטורת מערכת וסימולציה למידול התנהגות.
- (6) **יישומים:** הנדסת מערכת להתמודדות עם מערכות מורכבות: סביבה מורכבת מרובת קשרים, סביבה משתנה, משימות מורכבות, ריבוי בעלי עניין וכדומה. סיווג מערכות כשלב מקדים לתכן. ניתוח מערכות מורכבות והגדרת ארכיטקטורה. Enterprise Systems Engineering
- (7) **הצגה / בדיקה של תרגילי סטודנטים בכתה.**

דרישות הקורס:

- (1) השתתפות פעילה ונוכחות בהרצאות.
- (2) בצוע תרגיל בית מתגלגל. תרגיל הבית יכלול מרכיבים שיבוצעו במעבדה.
- (3) עמידה במבחן הסיום.

ביבליוגרפיה:

- (1) Bar-Yam, Yaneer. Dynamics of complex systems. Vol. 213. Reading MA: Addison-Wesley, 1997.
- (2) Bar-Yam, Yaneer (2002). "General Features of Complex Systems" (PDF). Encyclopedia of Life Support Systems. EOLSS UNESCO Publishers, Oxford, UK. Retrieved 16 September 2014.
- (3) Maier, Mark W., Architecting principles for systems-of-systems, Systems Engineering 1(4):267-284, 1998.
- (4) Waldrop, M. M. (1993). Complexity: The emerging science at the edge of order and chaos. Simon and Schuster.

סמינריון בהנדסת מערכות

אופן ההוראה: הסמינריון מתבסס על קריאת מאמרים וחומרים אחרים בבית והצגה ודיון עליהם בכתה. בסמינריון ישתתפו לעיתים מעבר לסטודנטים ולמרצה, חוקרים אחרים שעוסקים בנושאים עליהם יהיה דיון.

ש"ס: 2

נ"ז: 0

דרישות קדם: (1) מבוא להנדסת מערכות. (2) סטודנט בתוכנית לתואר שני בהנדסת מערכות

מטרת הסמינריון: חשיפת הסטודנטים למגוון מחקרים בהנדסת מערכות ממגוון נושאים. בעזרת שיטת הלימוד, סטודנטים ירכשו מיומנויות של חשיבה ביקורתית, חשיבה יצירתית ומערכתית, יכולת הצגת מחקרים וידע בשיטות מחקר ובנושאי הנדסת מערכות מתקדמים. הסמינר גם יאפשר היכרות של הסטודנטים עם מגוון המחקרים עליהם יוכלו לעבוד במסגרת התזה או עבודת הגמר. וכמוכן, היכרות של אנשי הסגל וחוקרי מיזם המחקר להנדסת מערכות עם הסטודנטים.

הנושאים שילמדו בקורס:

נושאי הסמינר יבחרו כך שיכסו ארבעה שטחים עיקריים:

1. תשתית תיאורטית כגון: תורת המערכות, קיברנטיקה ודינמיקת מערכות
 2. נושאים קלאסיים כגון: ניהול שינויים ותכן ארכיטקטורות
 3. נושאים מתקדמים כגון: תכן מערכות של מערכות, מערכות סגילות ושיטות פיתוח מתקדמות
 4. נושאים חדשניים כגון: שילוב סייבר, בינה מלאכותית ואוטונומיה בהנדסת מערכות.
- מגוון המחקרים עצמם בכל שטח נתונים לבחירת המרצה וישתנו כל שנה.

דרישות הקורס:

- (1) השתתפות פעילה ונוכחות בהרצאות.
- (2) אין בחינה או ציון בקורס. (מאידך, הוא מאפשר להכיר את יכולות הסטודנטים ולפי זה להציע להם פרויקטים).

ביבליוגרפיה:

תבחר בהתאם לנושאים. לכל נושא יהיו מספר מקורות שיפרשו מגוון נקודות מבט למחקר בנושא.