



## סילבוס קורס מספר 336522 סמסטר אביב

שם הקורס מבוא לבקרה במערכות ביו-רפואיות נקודות זיכוי 3.0

### צוות הוראה בקורס

מרצה: פרופ"ח אמיר לנדסברג

שעת קבלה: יום ה': 15:00-16:00 (גם בצורה מקוונת עם תאום מראש)  
פרטי התקשרות: [amir@bm.technion.ac.il](mailto:amir@bm.technion.ac.il)

מתרגלים:

**ניסים וטורי**

- אחראי על התרגולים  
שעת קבלה: יום ה': 14:00-15:00 (גם בצורה מקוונת עם תאום מראש)  
פרטי התקשרות: [nisim.vatury@gmail.com](mailto:nisim.vatury@gmail.com)

**תומר הייטנר**

- אחראי על הסדנאות והפרויקט המתגלגל  
פרטי התקשרות: [josheitner@gmail.com](mailto:josheitner@gmail.com)

### מהלך הקורס

ימים ושעות הרצאה: ימי ה' בשעות 8:30-10:30 כיתה 201  
ימים ושעות תרגול: ימי ה' בשעה: 10:30-12:30 כיתה 201

בלי הערכה: שעורי בית, פרויקט מתגלגל, ובחינה סופית

1. 20% - תרגילי בית – מגן
  2. 15% - פרויקט מתגלגל, חובה, שיתבסס גם על סדנאות בנושאים של Simulink ותכנון בקרים.
  3. בחינה סופית 65-85% מהציון הסופי.
- מבחן בקורס תאריך מועד א' 17.7.2022  
מבחן בקורס תאריך מועד ב' 2.10.2022

### דרישות קדם לקורס:

קורס 044130 - אותות ומערכות (בציון עובר)

### שיטות ההוראה

- הוראה פרונטלית תוך דיון בסוגיות השונות, ויהיה ניתן להשתמש בהקלטות של ההרצאות והתרגולים.
- הקורס יכלול מספר סדנאות, בשעות התרגול, בהנחיית חברת סיסטמטיקס ( Matlab & Simulink), שיתקיימו במעבדת המחשבים או ב-Zoom, ויהיו מוקלטות.
- למידה מעצבת על ידי פרויקט מתגלגל, שיהיה משולב בסדנאות, שבמסגרתו תיבחן בשלבים אחת מהמערכות הפיזיולוגיות שילמדו בקורס.





## מטרת על:

התנסות בתיאור וניתוח מערכות בקרה פיזיולוגיות, פעילות איברי הגוף השונים, והתקנים מלאכותיים שפועלים בשילוב עם מערכות פיזיולוגיות. לקורס שתי מטרות על: (1) ללמוד ולהתנסות כיצד להפוך מודל פיזיולוגיה לתיאור הנדסי מתמטי (2) ללמוד שיטות הנדסיות לכימות תכונות הבקרה של המודל ושיטות לשיפור ביצועים של מערכות בקרה.

## מטרות הקורס:

- א. התנסות ופיתוח יכולת להפוך מערכת פיזיולוגית וביו-רפואת למודל בקרה אנליטי.
- ב. אפיון תכונות של מערכות בקרה פיזיולוגיות שונות: קביעת נקודת עבודה, יציבות, תגובה זמנית, שגיאה.
- ג. פיתוח כלים לשיפור הביצועים של מערכות בקרה בתחום ההנדסה ביו-רפואית.

## פירוט מטרות הקורס:

הקורס עוסק בניתוח ותכנון מערכות בקרה פיזיולוגיות ומערכות הכוללות מכשור הנדסי ביו-רפואי, ועוסק בנושאים הייחודיים למערכות אלו. בתחילה הקורס מלמד כיצד ניתן לתאר מערכות פיזיולוגיות שונות, הכוללות מערכות חשמליות (פעילות עצבית), מערכות מכאניות (שלד, שריר, מערכת הלב או הריאות), מערכות ביוכימיות (בקרת סוכר, בקרת פיזור תרופות) ומערכות תרמיות, כמערכות בקרה, וכיצד לתאר אותם בתחום התדר או על ידי מערכת משתני מצב.

בשלב שני הקורס דן בפיתוח כלים לאפיון התנהגות של המערכות השונות. מאחר ותגובת המערכות תלויה בנקודת העבודה שלהם, ולמערכות מסוימות תחום דינמי רחב, הקורס עוסק בניתוח עבודת העבודה של המערכות, תוך ניצול ניתוח ואפיון סטטי של מערכות פיזיולוגיות שונות. לאחר מכן נבחנות שלושת התכונות החשובות של מערכות בקרה כלליות: יציבות, התגובה הזמנית, והשגיאה במצב יציב.

בשלב השלישי הקורס דן בפיתוח בקרים לשיפור התפקוד של מערכות בקרה והתקנים שונים. הדבר כולל ניתוח מיקום הקטבים (Root locus analysis) של המערכות ביו-רפואיות, ובניה של רשתות תיקון שונות (PID controllers).

הדוגמאות, התרגילים והפרויקט המתגלגל בקורס מתארים מערכות פיזיולוגיות שונות (חשמליות, מכאניות, ביוכימיות, ותרמיות), ודנים בדברים ייחודיים למערכות אלו – כחוסר לינאריות, תגובה לרעשים, אילוצים ואופטימיזציה, והקשר שבין התנהגות המודלים במצבים שונים על פתולוגיות שונות.





**נושאי ההרצאות בקורס**

מספר	נושא ההרצאה
1	מאפייני המערכות הביו-רפואיות והפיזיולוגיות.
2	תיאור מערכות פיזיולוגיות ע"י מערכות חשמליות ומכאניות.
3	ניתוח ואפיון סטטי של מערכות פיזיולוגיות (בקרת תפוקת הלב).
4	אפיון במישור הזמן והתדר.
5	אפיון התגובה הארעית (Transient response).
6	אפיון השגיאה במצב יציב.
7	דוגמאות של מערכות פיזיולוגיות: בקרת רמת סוכר בדם, תפוקת הלב, תנועת השריר וכד'.
8	מיפוי שורשים (מיקום קטבים) - Root Locus Analysis.
9	רשתות תיקון (PID Controller (Proportional + Integral + Derivative Controller).
10	אופטימיזציה של בקרה פיזיולוגית (בקרת נשימה).
11	יציבות של מערכות לא ליניאריות.
12	Controllability & Observability

**מקורות מומלצים לקורס:**

- Khoo, M.C.K. Physiological Control System. Analysis, Simulation and Estimation, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley-IEEE Press, 2018
- Norman S. Nise. Control System Engineering. Wiley; 7th edition, 2014
- James Keener, James Sneyd (eds.)-Mathematical Physiology II Systems Physiology. 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 2008

