

# סילבוסים של המחלקה למתמטיקה

## הסילבוסים מסודרים בסדר עולה לפי מספרי הקורסים

20021 - הסתברות

### Probability

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 1

הנושאים שילמדו בקורס:  
הסתברות: מרחב המדגם, מאורע, מאורעות זרים, אקסיומות וחוקי הסתברות בסיסיים, הסתברות מותנית, הסתברות שלמה ונוסחת בייס.  
קומבינטוריקה: עקרונות החיבור והכפל, מדגמים סדורים ולא סדורים, בחירות. המקדמים הבינומיים, הבינום של ניוטון.  
משתנה מקרי בדיד: מושגים בסיסיים, תוחלת ושונות. התפלגות אחידה, בינומית, גיאומטרית ובינומית שלילית, התפלגות היפרגיאומטרית, התפלגות פואסונית.  
משתנה מקרי רציף: מושגים בסיסיים, פונקציות התפלגות מצטברת ופונקציות צפיפות, תוחלת ושונות. התפלגות אחידה, התפלגות נורמלית, התפלגות מעריכית והקשר להתפלגות פואסונית, תכונת חוסר הזיכרון.  
משתנה מקרי דו מימדי: התפלגויות משותפות ושוליות, אי תלות, קווריאנס ומקדם המתאם, משתנים מקריים בלתי מתואמים.  
משפטי גבול: אי שוויון מרקוב וצ'בישב. משפט הגבול המרכזי, החוק החלש של המספרים הגדולים.

ספרי לימוד:

שלדון, ר. הסתברות – קורס ראשון. מהדורה חמישית: האוניברסיטה הפתוחה, 2001.  
Ross, S. A First Course in Probability. 6th ed., Prentice Hall, 2002.  
Ross, S. Introduction to Probability Models. 8th ed., Academic Press, 2003.  
Grinstead, C.M. and Snell, J.L. Introduction to Probability, 2nd ed., AMS, 1997.

## Linear Algebra

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 6 (שיעור - 4, תרגיל - 2)  
 נקודות זכות: 5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שילמדו בקורס:  
 אלגברה וקטורית: חיבור, כפל בסקלר, מכפלה סקלרית ואורתוגונאליות, מכפלה וקטורית במרחב, מכפלה מעורבת.  
 גיאומטריה אנליטית במישור ובמרחב: ישרים ומישורים במרחב הדו-ממדי והתלת-ממדי. היטלים ומרחקים.  
 שדות: הגדרה ותכונות יסודיות, מספרים מרוכבים ושדות סופיים.  
 מערכת משוואות ליניאריות: שיטת החילוף של גאוס, פעולות שורה אלמנטריות, פתרון וחקירת מערכות משוואות ליניאריות  
 מטריצות: מושגים יסודיים, אלגברה של מטריצות. גדלים הקשורים למטריצות ומטריצות מיוחדות. מטריצה הפיכה ומטריצות אלמנטריות.  
 דטרמיננטות: הגדרת דטרמיננטה, הוכחת תכונות יסודיות של דטרמיננטות, המטריצה המצורפת, כלל קרמר.  
 מרחב ווקטורי: תתי-מרחבים, תלות לינארית, בסיס ומימד, חיתוך וסכום של תתי-מרחבים ומשפט המימד, דרגה של מטריצה.  
 העתקות לינאריות: הגדרה, הוכחת תכונות יסודיות, גרעין ותמונה ותכונותיהן, חד-חד-ערכיות ועל. ייצוג מטריציאלי של העתקות לינאריות, מטריצות מעבר.  
 ערכים עצמיים ווקטורים עצמיים: פולינום אופייני, לכסון מטריצות.

ספרי לימוד:

א. יעקובוב, ד. גולדשטיין, ד. גרבר, ר. שקליאר, אלגברה לינארית - תיאוריה, תרגילים ופתרונות. 2006.

ס. ליפשיץ, אלגברה לינארית. הוצאת סטימצקי, האוניברסיטה הפתוחה, 1993.

Lay, D. Linear Algebra and its Applications. Addison – Wesley Pub. Comp., 1991.

Anton, H. Elementary Linear Algebra. Wiley, 1998.

## Calculus 1

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 8 (שיעור - 5, תרגיל - 3)  
 נקודות זכות: 6.5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 מבוא: אלמנטים של תורת הקבוצות, חסם עליון וחסם תחתון. סדרות: גבול הסדרה, אריתמטיקת גבולות, סדרות מונוטוניות וחסומות, מספר  $e$ . פונקציות: מושג הפונקציה, פונקציות אלמנטאריות, פעולות בפונקציות, פונקציות היפרבוליות, פונקציות הפוכות, פונקציות וגרפים. גבולות ורציפות: הגדרות גבול, גבול חד-צדדי, אריתמטיקת גבולות, תנאים מספיקים לקיום הגבול, גבולות מיוחדים, רציפות של פונקציה, אי-רציפות, מיון האי-רציפות, תכונות של פונקציות הרציפות בקטע סגור. נגזרת ודיפרנציאל: הגדרת הנגזרת, טבלת הנגזרות, תכונות יסודיות, הנגזרות של פונקציות סתומות, הפוכות, פרמטריות, כלל שרשרת, דיפרנציאל, תכונות יסודיות, חישוב בקירוב, נגזרות ודיפרנציאלים מסדר גבוה, פולינום טיילור. משפטים יסודיים של החשבון הדיפרנציאלי: משפטי פרמה, רול, לגרנז', קושי, טיילור, כלל לופיטל. חקירת פונקציה: תחומח עליה וירידה, מינימום ומקסימום, קמירות, קעירות, אסימפטוטה, גרף של פונקציה. אינטגרל אי-מסוים: פונקציה קדומה, תכונות יסודיות, טבלת האינטגרלים, תכונות של האינטגרל האי-מסוים, אינטגרציה עם הצבה, אינטגרציה בחלקים, פונקציות רציונאליות, אינטגרציית שברים חלקיים, פירוק הפונקציות הרציונאליות לשברים חלקיים, אינטגרציית ביטויים הכוללים פונקציות טריגונומטריות, אינטגרציית ביטויים הכוללים שורשים. אינטגרל מסוים: תכונות יסודיות, משפטים יסודיים של החשבון האינטגרלי, יישומי האינטגרל המסוים: חישוב שטחים, נפחי גוף סיבוב, אורך קשת. אינטגרל לא אמיתי מסוג ראשון ושני.

ספרי לימוד:

יעקובזון, פיאנה, טולדנו, דבורה, שוחט, דוד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי במשתנה אחד, מאגנס/ האוניברסיטה העברית, תשס"ט 2008.  
 אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי א', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז.  
 אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי ב', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז.  
 קון, בן-ציון, חדו"א 1: [תאוריה ותרגילים], בק-ספרי לימוד, 1993  
 Walker, Peter, Examples and Theorems in Analysis, Springer, 2004,

## Calculus 2

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 6 (שיעור - 4, תרגיל - 2)  
 נקודות זכות: 5  
 דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 1 למהנדסים

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 פונקציות של יותר ממשתנה אחד: מושג פונקציה, קווי הרמה, גבול ורציפות, נגזרת חלקית, דיפרנציאל שלם וקירובים ליניאריים, כלל השרשרת, נגזרות כיווניות וגרדינט, מישור משיק ונורמל. נגזרת של פונקציה סתומה, קיצון מקומי, מוחלט ובתנאי, שיטת כופלי לגרנז'. אינטגרלים כפולים ומשולשים: הגדרות והתכונות היסודיות. אינטגרל חוזר. חישוב האינטגרלים בקואורדינטות קרטזיות ובעזרת החלפת המשתנים: בקואורדינטות קוטביות, גליליות וכדוריות. שימושים גיאומטריים ופיסיקליים.  
 אינטגרל קווי: אינטגרל קווי מסוג ראשון ומסוג שני. ישומים של אינטגרל קווי. תלות של אינטגרל קווי מסוג שני במסילה, משפט גרין.  
 אינטגרל משטחי מסוג ראשון ומסוג שני. שטח המשטח. שטף.  
 אנליזה וקטורית: שדה סקלרי, שדה וקטורי, גרדינט, דיורגנץ ורוטור. משפטי גאוס וסטוקס.

ספרי לימוד:  
 אברמוביץ, בומה, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי במשתנים אחדים, מאגנס/ האוניברסיטה העברית, תשס"ח 2008.

אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי א', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ד זכות.  
 אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי ב', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ד זכות.  
 קון, בן-ציון, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי 2: תאוריה ותרגילים, בק-ספרי לימוד, 1992.  
 Walker, Peter, Examples and Theorems in Analysis, Springer, 2004.

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:

אינדוקציה מתמטית: תיאוריה ודוגמאות.

לוגיקה: ביטויים לוגיים, קשרים לוגיים: דיסיונקציה, קוניונקציה, שלילה, גורר ושקילות, ולוחות אמת שלהן. קבוצה מינימלית של קשרים. טאוטולוגיה וסתירה. פישוט ביטויים. צורה קוניונקטיבית נורמלית וצורה דיסיונקטיבית נורמלית.

תורת הקבוצות: הקבוצה ואיבריה, תת-קבוצה, איחוד חיתוך והפרש קבוצות, קבוצה אוניברסלית וקבוצה ריקה, משלים של קבוצה, כללי דה-מורגן ועיקרון הדואליות. קבוצת החזקה. דיאגרמות ואן.

יחסים: מכפלה קרטזית, יחס על קבוצה, תחום וטווח של יחס, הרכבת יחסים. יחס רפלקסיבי, סימטרי וטרנזיטיבי, יחס שקילות, מחלקות שקילות, חלוקה של קבוצה וקבוצת המנה.

פונקציות: הגדרת פונקציה. תחום וטווח של פונקציה, פונקציה שלמה, פונקציה חד-חד-ערכית ועל, הרכבת פונקציות, פונקציה הפיכה.

יחס סדר: הגדרת יחס סדר חלקי ויחס סדר מלא, איבר מינימלי ומקסימלי, איבר קטן ביותר ואיבר גדול ביותר, דיאגרמת הסה של יחס סדר.

קומבינטוריקה: עיקרון החיבור והכפל (המוכללים), בחירת  $k$  איברים מתוך  $n$  – עם או בלי חשיבות לסדר, ועם או בלי חזרות. תמורות, זהויות קומבינטוריות, הבינום של ניוטון ומשולש פסקל. משפט ההכלה וההדחה. תמורות אי-סדר מלא, עקרון שובך היונים.

פתרון נוסחאות נסיגה: פתרון בעיות קומבינטוריות באמצעות נוסחאות נסיגה, פתרון נוסחאות נסיגה לינאריות במקרה ההומוגני ובמקרה הלא-הומוגני.

ספרי לימוד:

מתמטיקה בדידה, נתי ליניאל ומיכל פרנס, מהדורה שניה מתוקנת, הוצאת בן-צבי מפעלי דפוס, 2005.

מתמטיקה דיסקרטית, שי גירון ושוני דר, מהדורה שניה, סדרת קוויז, הוצאת אקדמיה, 2000.

גינזבורג, אברהם, מתמטיקה דיסקרטית, האוניברסיטה הפתוחה, 1993.

Discrete mathematics, Kenneth A. Ross, Charles R. B. Wright, Upper Saddle River 4 N.J. Prentice-Hall Pearson, c2005.

Discrete mathematics by example, Andrew Simpson, London : McGraw-Hill, 2002

Schaum's outline of theory and problems of discrete mathematics Seymour Lipschutz and Marc Lars Lipsonn, New York : McGraw-Hill, c1997.

2000 solved problems in discrete mathematics, Seymour Lipschutz, New York: McGraw- Hill, 1992.

## Ordinary Differential Equations

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אלגברה ליניארית, חשבון אינפיניטסימלי 2

- משוואות דיפרנציאליות מסדר ראשון
1. משוואות דיפרנציאליות מסדר ראשון, פתרון כללי ופתרון פרטי, בעיית התחלה, משפט קיום יחידות.
  2. ומשוואות עם משתנים מופרדים ומשוואה הומוגנית.
  3. משוואה ליניארית מסדר ראשון, משוואת ברנולי.
  4. משוואה מדויקת וגורם אינטגרציה.

- משוואות ליניאריות מסדר שני יותר:
1. פתרון יסודי של משוואה ליניאריות הומוגנית, ורונסקיאן, פתרון כללי.
  2. משוואות הומוגניות עם מקדמים קבועים.
  3. פתרון של משוואה לא הומוגנית בשיטת המקדמים הלא מוגדרים.
  4. שיטת ווריאציית הפרמטרים.
  5. התמרת לפלס.
  6. פתרון של משוואות דיפרנציאליות ליניאריות ע"י התמרת לפלס.

- מערכות משוואות ליניאריות עם מקדמים קבועים:
1. exponential של מטריצה
  2. חישוב  $e^{tA}$  לפי הערכים העצמיים של המטריצה A
  3. פתרון מערכות משוואות ליניאריות עם מקדמים קבועים.

ספרי עזר:

- W. Boyce and R. DiPrima, Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, John Wiley & Sons, Inc. 2001.  
 P. Blanchard, R. Devaney and G. Hall, Differential Equations, 3rd Editions, Thomson, 2006.  
 R. Bronson, Differential Equations, Schaum's easy outlines, 2003.  
 M.R. Spiegel, "Applied Differential Equations", Prentice-Hall (Chapters 1,2,4,6,8).  
 R. Nagle, E. Saff, A. Snider, Fundamental of Differential Equations, Addison-Wesley.

## Mathematical Modeling A

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: הסתברות וסטטיסטיקה, משוואות דיפרנציאליות רגילות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 מבוא פתרון של בעיות, יחסים כמותיים, דרגה של פרטיים, מתן תוקף חוקי.  
 סוג המודלים: דינאמי- לא דינאמי, דטרמיניסטי- סטוכסטי, רציף-בדיד, תיאורטי- ניסיוני.  
 מסגרת של מודל, בחינת גבולות שימוש במודל. תיאור מילולי, משורטט סכימתי, גרפי, ערוך  
 בטבלאות. הגדרת המטרה, התאמה ושיפור.  
 ניסוח דטרמיניסטי - משוואות אלגבריות, אנליזה דטרמיניסטית. שיטות של אנליזה ממדית,  
 משוואות הפרש, מערכות משוואות הפרש. - שיטות פתרון וניתוח. אופטימיזציה של  
 פונקציות.  
 משוואות דיפרנציאליות רגילות ומערכות משוואות דיפרנציאליות - פתרון אנליטי של מערכות  
 ליניאריות. ניתוח איכותי: יציבות, נקודות שבת. מערכות אי-ליניאריות: ליניאריזציה, וניתוח  
 איכותי, משפטי ליניאריזציה. מערכות שקולות איכותי, שינוי מבנה איכותי שתלוי בפרמטר  
 המודל.  
 דוגמות מעשיות. שימוש בספת המחשב MAPLE לבניית וניתוח המודלים.

ספרי לימוד:

- Bender, E.A., An Introduction to Mathematical Modeling. Dover Publications, 2000.  
 Enns, R.H., McGuire, G.C., Computer Algebra Recipes : An Introductory Guide to the Mathematical Models of Science. Springer, 2006.  
 Fowkes, N.D., Mahony, J.J., An Introduction to Mathematical Modeling, Wiley, 1994.  
 Lynch, S. Dynamical Systems with Applications using Maple. Birkhauser, 2000.  
 Meerschaert, M.M., Mathematical Modeling. Academic Press, 1993.  
 Richards, D., Advanced Mathematical Methods with Maple. Cambridge University Press, 2001.  
 Strogatz, S.H., Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering. Perseus Books Group, 2001.

## Partial Differential Equations

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות רגילות, טורי פורייה והתמרות אינטגרליות (אפשר במקביל)

הנושאים שיילמדו בקורס:

- מיון של משוואות חלקיות.
- משוואות חלקיות מסדר ראשון. משוואות מסדר ראשון ליניאריות. מבוא לשיטת מאפיינים. קיום יחידות של פתרון המשוואה. פתרון כללי ופתרון פרטי. משוואות חלקיות מסדר ראשון קווי-ליניאריות.
- בעיות שטורם-ליוביל ((Sturm-Liouville). מבוא לבעיות שטורם-ליוביל: שיטת הפרדת המשתנים במשוואת חום. מקרים פרטיים. של בעיות שטורם-ליוביל. אופרטור של שטורם-ליוביל. פונקציות עצמיות וערכים עצמיים של האופרטור. תכונות של פונקציות עצמיות וערכים עצמיים. אורתוגונאליות וטורי פורייה (Fourier) מוכללים.
- משוואות חלקיות מסדר שני.
- משוואת חום ליניארית הומוגנית חד ממדית. פתרון דרך הפרדת המשתנים. תנאי שפה הומוגניות ולא הומוגניות.
- משוואת גלים ליניארית הומוגנית חד ממדית. שיטת הפרדת המשתנים. שיטת מאפיינים. בעיית קושי. נוסחת דאלמבר (D'Alembert)
- משוואת לפלס (Laplace equation) דו-ממדית במלבן. שיטת הפרדת המשתנים. תנאי שפה שונים. משוואת לפלס בקואורדינטות קוטביות.
- משוואות לא הומוגניות. שיטת פיתוח לטור פורייה מוכלל בפונקציות עצמיות של בעיית שטורם-ליוביל. משוואות חום וגלים חד-ממדיות לא הומוגניות. משוואת פואסן (Poisson) דו-ממדית במלבן.
- משוואות גלים וחום דו-ממדיות בקואורדינטות קרטזיות (משוואות עם 3 משתנים). משוואת לפלס במקבילון.
- משוואות גלים וחום בקואורדינטות גליליות, פונקציות בסל (Bessel function). משוואות גלים וחום במרחב בקואורדינטות כדוריות

ספרי לימוד :

פינצ'ובר יהודה. מבוא למשוואות דיפרנציאליות חלקיות, הפקולטה למתמטיקה, הטכניון--  
 מכון טכנולוגי לישראל, 2003.

Arnold, V. I, Lectures on Partial Differential Equations, Springer, 2004.

Boice, W.E., DiPrima, R.C., Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems - 7th ed., Wiley, 2001. (Chapters 10, 11).

Constanda, C., Solution Techniques for Elementary Partial Differential Equations – 2nd ed., Chapman & Hall, 2010.



Pinchover, Y., Introduction to Partial Differential Equations, Cambridge University Press, 2005.

Tyn, M-U, Lokenath, D., Linear Partial Differential Equations for Scientists and Engineers - 4-th ed., Birkhäuser, 2007.

## Complex Valued Functions

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 2

הנושאים שיילמדו בקורס:

מספרים מרוכבים: הגדרה, צורה אלגברית, קוטבית ומעריכית. פעולות יסוד, מישור C.

פונקציות מרוכבות אלמנטאריות:  $\log z$ ,  $e^z$ ,  $\sqrt[n]{z}$ ,  $z^n$ , פונקציות טריגונומטריות

והיפרבוליות, טריגונומטריות הפוכות. חלקן ממשי ומדומה של פונקציה מרוכבת.

גזירות: נגזרת של פונקציה מרוכבת, משוואות קושי-רימן, פונקציות אנליטיות. פונקציות הרמוניות.

אינטגרל: הגדרה ותכונות, משפט אינטגרלי של קושי.

טורים: טורי חזקות, תחום התכנסות, פיתוח לטור טיילור ולורן.

נקודות סינגולאריות: הגדרה, מיון של נקודות סינגולאריות מבודדות. שארית, משפט שארית,

וחישוב אינטגרלים. עקרון הארגומנט ומשפט רושה.

מיפוי ע"י פונקציות מרוכבות: פונקציות אלמנטאריות, העתקות קונפורמיות

ספרי לימוד:

בן-ציון קון. פונקציות מרוכבות, הוצאת בק-ספרי לימוד, 2002.

פונקציות מרוכבות. א"פ קורס מס' 202423, יחידות 1 – 10. או"פ 1988.

Brown, J.W., Churchill, R.V. Complex Variables and Applications, 6th ed.

McGraw-Hill, 1996.

Duffy, D., Advanced Engineering Mathematics, CRC Press, 1998.

Kwok, Y.K. Applied, Complex Variables for Scientists and Engineers, Cambridge University Press, 2002.

Milewski, E.G., The Complex Variables Problem Solver, 1987.

Bak and Newman, Complex Analysis 1996, Springer.

Saff, E.B., Snider, A.D. Fundamentals of Complex Analysis with Applications to Engineering and Science., Pearson Education, 2003.

## Fourier Series and Integral Transforms

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 1, אלגברה לינארית, פונקציות מרוכבות (במקביל)

הנושאים שיילמדו בקורס:

**טורים מספריים.** התכנסות והתבדרות, תנאי מספיק להתכנסות. טורים חיוביים, המבחן האינטגרלי, מבחני ההשוואה. מבחן המנה (D'Alembert) ומבחן השורש (Cauchy). טורים מתחלפים, מבחן לייבניץ. התכנסות בהחלט והתכנסות בתנאי. מבחני Abel ודיריכלה.

**טורי פונקציות.** סדרות פונקציות, התכנסות נקודתית. טורי פונקציות, טורי חזקות. תחום ההתכנסות, הצגת פונקציה כטור חזקות, טורי טיילור. התכנסות במידה שווה, גזירה ואינטגרציה של טורי חזקות.

**מרחב מכפלה פנימית.** מערכות אורתונורמליות. תהליך גרם-שמידט, היטלים. אי-שוויון בסל, שוויון פרסבל.

**טור פורייה.** טור פורייה ממשי וטור פורייה מרוכב. התכנסות בנורמה, משפט דיריכלה (Dirichlet). תופעת גיבס (Gibbs). קירוב פונקציה בקטע סופי על-ידי פולינום טריגונומטרי לפי נורמה. שוויון פרסבל (Parseval) עבור טורי פורייה. התכנסות במידה שווה. גזירה ואינטגרציה של טורי פורייה.

**התמרת פורייה.** תכונות ונוסחאות. ההתמרה ההפוכה, משפט פלנשראל. קונבולוציה, משפט הקונבולוציה.

ספרי לימוד ועיון מומלצים:

J. Stewart, Calculus, 7th Edition, Brooks/Cole, 2012.

טורי פוריה והתמרות אינטגרליות", סמי זעפרני, אלן פינקוס, טכניון, הפקולטה למתמטיקה  
 Gasquet, C., Witomski, P., and Ryan, R. Fourier Analysis and Applications.  
 Springer, 1999.

D. Kammier, A first course in Fourier Analysis, Cambridge University Press,  
 2007.

Spiegel, M. R. Schaum's Outline of Fourier Analysis with Applications to  
 Boundary Value Problems. McGraw-Hill, 1974.

**Digital Signal Processing**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 2)  
 נקודות זכות: 4  
 דרישות קדם: טורי פורייה והתמרות אינטגרליות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 דגימה: הגדרה, תדר, משפט הדגימה, קונטיזציה אחידה, שחזור. מערכות בזמן בדיד:  
 תכונות, קונבולוציה בדידה. התמרת פוריה בדידה: הגדרה ותכונות, התמרה הפוכה, צורה  
 מטריציאלית, ריפוד באפסים, קונבולוציה ציקלית. התמרת פוריה מהירה (FFT): הגדרה,  
 קונבולוציה ו-FFT). ניתוח בתחום התדר: שימוש בחלון מלבן, חלונות נפוצים.  
 התמרת Z: הגדרה, תכונות, פונקצית מעבר. מערכות מתוארות ע"י משוואות הפרש,  
 התמרה הפוכה. מסננים דיגיטליים: תכונות, פונקצית מעבר, מבוא למסנני FIR ו-IIR, מסנני  
 Butterworth, Chebyshev, Notch, Winer.

ספרי לימוד:

פורת ב., עיבוד אותות ספרתי, ביה"ס לטכנולוגיה, האוניברסיטה הפתוחה, 1987.  
 Allen, R. L. and Mills, D. W. Signal analysis : time, frequency, scale,  
 structure. Wiley-IEEE, 2004  
 Baher, H. Analog and Digital Signal Processing. Wiley, 1990.  
 Lynn, P.A. and Fuerst, W. Introductory Digital Signal Processing with  
 Computer Applications. Wiley, 1994

## Introduction to Modern Analysis

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 מרחבים מטריים: התכנסות במרחבים מטריים, קומפקטיות, העתקות רציפות בין מרחבים מטריים, מרחבים שלמים, משפט ההעתקה המכוזת. מרחבים נורמיים: פונקציונלים ליניאריים, משפט האן-בנך, אופרטורים ליניאריים במרחבי בנך, משפט ההעתקה הפתוחה. מרחבי הילברט: מערכות אורתונורמליות, אופרטורים במרחבי הילברט. מבוא לתורת המידה: מידת לבג, קבוצות מדידות, פונקציה מדידה, פונקציה רציפה בהחלט, אינטגרל לבג, פונקציה קדומה ונוסחת ניוטון-לייבניץ, מרחב  $L_p$ , טורים אורתוגונאליים ב- $L_2$ .

ספרות מומלצת:

Hirsch, F. and Lacombe G. Elements of Functional Analysis. Springer, 1999.  
 Kolmogorov, A.N. and Fomin, S.V. Elements of the Theory of Functions and Functional Analysis. Dover Publications, 1999  
 Rudin, W. Functional Analysis. McGraw-Hill, 1991.  
 Edwards R. E., Functional Analysis : Theory and Applications. Dover Publications, 1995.  
 Brokate, M. and Siddiki, H. Functional Analysis With Current Applications in Science, Technology and Industry. Addison-Wesley, 1998.

Python Programming and Applications to Big Data and Multimedia

שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 5

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: מבוא למדעי המחשב (61101), אלגברה לינארית (20077), אינפי 2 (21152)  
הסתברות וסטטיסטיקה (21019)

הקורס מהווה בסיס לקורסים מתקדמים במולטימדיה, למידת מכונה וביג דאטה עם כתיבת יישומים פייתון. משתתפי הקורס ילמדו את יסודות התכנות בפייתון, יכירו ארגזי כלים המיועדים לעבודה עם קבצי מולטימדיה (תמונות ואודיו) וניתוח מאגרי נתונים. במהלך הקורס סטודנטים יחשפו לשיטות זיהוי פנים המשלבות השקות למולטימדיה, למידת מכונה והתמודדות מול מאגרי מידע.

נושאים שיילמדו בקורס הם: קונספט ובסיס השפה; יסודות תכנות מונחה עצמים בפייתון; מולטימדיה בפייתון; מטריצות, SVD ו-PCA; עבודה עם מאגרי תמונות; זיהוי פנים בעזרת פנים עצמיות (Eigenfaces); מבוא לפיתוח ממשק משתמש גרפי.

ספרי לימוד:

- Langtangen, H.P., *A Primer on Scientific Programming with Python*, Springer, 2014
- Lubanivich, B., *Introducing Python: Modern Computing in Simple Packages*, O'Reilly, 2015
- Hilpisch, Y., *Python for Finance: Analyze Big Financial Data*, O'Reilly, 2014
- Slatkin, B., *Effective Python: 59 Specific Ways to Write Better Python*, Addison-Wesley, 2015
- Chityala, R., Pudipeddi, S., *Image Processing and Acquisition using Python*, Chapman & Hall/CRC, 2014
- Richert, W., Coelho, L.P., *Building Machine Learning Systems with Python*, Packt Publishing, 2013
- Pilgrim, M., *Dive Into Python 3*, CreateSpace, 2012

## Numerical Analysis

שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 6

נקודות זכות: 5.0

דרישות קדם: 20152 חשבון אינפי 2, 20077 אלגברה ליניארית, 21171 משוואות דיפרנציאליות רגילות

הקניית כלים למימוש של תיאוריות מתמטיות מן חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי, מן אלגברה ליניארית, משוואות דיפרנציאליות רגילות וחלקיות ועוד. בנוסף ללימוד התיאורתי מימוש של שיטות הפתרון (כתיבה והרצת תכניות מחשב המיישמות הלכה למעשה את התיאוריה).

חישובים בעזרת מחשב. שיטות לפתרון משוואות לא לינאריות. ההתכנסות של תהליך איטרטיבי. שיטות לפתרון מערכת משוואות לינאריות: פירוק  $LU$ , שיטת חולסקי. בעיות בעלות הצבה גרועה. שיטות איטרטיביות, פירוק  $QR$ ,  $pseudo\ inverse$ , מערכות חסרות ועודפות, פירוק  $SVD$ , ערכים עצמיים ווקטורים עצמיים. אינטרפולציה. אינטרפולציה פולינומיאלית ואינטרפולציה ע"י ספליינים. אינטגרציה וגזירה נומרית. קירובים (  $curve\ fitting$  ) וקירובים פולינומיאליים. קירוב על ידי פולינום טיילור. שגיאת קיטוע ועיגול. מידת דיוק בקירובים פולינומיאליים. קירוב מינימקס. פולינומי צ'בישב. פולינום ריבועים פחותים. קירובי ריבועים פחותים ומינימקס. משוואות דיפרנציאליות רגילות. שיטות רונגה-קוטה. שיטות  $Predictor-Corrector$ . משוואות חריפות (  $Stiff\ equations$  ). בעיות השפה. משוואות דיפרנציאליות חלקיות. שיטת הפרשים סופיים למשוואות אליפטיות, פרבוליות והיפרבוליות.

ספרי לימוד:

- חישוב נומרי, יחידות 1-2, האוניברסיטה הפתוחה.
- חישוב נומרי, יחידות 3-4, האוניברסיטה הפתוחה.
- חישוב נומרי, יחידות 5-7, האוניברסיטה הפתוחה.
- S.Chapra and K.Canal, Numerical Methods for Engineering, McGraw-Hill, 2006
- S.Rao, Applied Numerical Methods for Engineers and Sciences, Prentice-Hall, 2002
- G. Lindfield and J. Penny, Numerical Methods using MATLAB, Prentice-Hall, 2nd ed., 2000.
- John H. Mathews, Numerical Methods for Mathematics, Science, and Engineering, Prentice-Hall Pearson, 2005
- Ackleh, Azmy S, Classical and modern numerical analysis :theory, methods, and practice, Chapman & Hall/CRC, 2010

שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימאלי 2, משוואות דיפרנציאליות רגילות (אפשר במקביל).

הקניית ידע הן תיאורי והן מעשי בשיטות האופטימיזציה היסודיות ורווחות ביותר. שיטות אלה מופיעות באין ספור תחומים יישומיים.

הקורס מתחלק לחמישה חלקים עקרים:

1. שיטות אופטימיזציה חד-ממדיות: שיטת הדיכוטומיה (dichotomy), שיטת החתך הזהב (golden section), שיטת פיבונצ'י (Fibonacci), שיטת ניוטון-רפסון (Newton – Raphson).
2. שיטות אופטימיזציה רב-ממדית בלי אילוצים: שיטת הגרדיאנט, שיטת ההרפיה (relaxation), שיטת ניוטון, שיטת גרדיאנטים צמודים.
3. שיטות אופטימיזציה רב-ממדית עם אילוצים. אילוצים מסוג שוויונות – כופלי לגרנג' (Lagrange). אילוצים מסוג אי-שוויונות – כופלי קרוש – קוהן – טאקר (Karush – Kuhn – Tucker).
4. אופטימיזציה לא חלקה: תכנות ליניארית. משפטים בסיסיים. ראייה גיאומטרית. שיטת הסימפלקס. בעיות דואליות.
5. מבוא לחשבון ווריאציות. עקרונות של חשבון הוריאציות. תנאי הכרחי למינימום. משוואת אוילר (Euler). דוגמאות שימוש במשוואת אוילר.

#### ספרי לימוד:

1. Chong, E.K.P., Zak, S.H., An Introduction to Optimization, 4<sup>th</sup> Ed., John Willey & Sons, 2013.
2. Elsgolc, L.D., Calculus of Variations, Dover Publications, 2007.
3. Fletcher, R., Practical Methods of Optimizations, 2<sup>nd</sup> Ed., John Willey & Sons, 2003.
4. Jahn, J. Introduction to the Theory of Nonlinear Optimization, 3<sup>rd</sup> Ed., Springer, 2007.
5. Venkataraman, P., Applied Optimization with MATLAB Programming, 2<sup>nd</sup> Ed., John Willey & Sons, 2009.



## Machine Learning

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: הרצאה - 3 שעות, תרגול - 1 שעה, סה"כ שעות - 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: הסתברות, אלגברה לינארית, חשבון אינפיניטסימלי

הנושאים שיילמדו בקורס:

למידה מפוקחת: רגרסיה לינארית, רגרסיה לוגיסטית, מודלים לינאריים מוכללים, אלגוריתמי למידה גנריים, SVM, בחירת מודל, Boosting.  
תיאורית הלמידה: פשרה בין סטייה לשונות, אי-שיוון Hoeffding/Charnoff, ממד VC  
למידה לא מפוקחת (Clustering): שיטת ה-K-means, אלגוריתם EM וצירוף התפלגויות נורמליות, ניתוח גורמים, PCA, ICA.  
למידת חיזוק (Reinforcement Learning): תהליכי החלטה של Markov, משוואות Bellman, אלגוריתם איטרציית הערך (value iteration), קירוב פונקציה.

ספרי לימוד:

David Barber, Bayesian Reasoning and Machine Learning, Cambridge University Press, 2012.

Mehryar Mohri, Afshin Rostamizadeh, Ameet Talwalkar, Foundations of Machine Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), The MIT Press, 2012.

Sergios Theodoridis and Konstantinos Koutroumbas, Pattern Recognition, 4<sup>th</sup> Edition, Academic Press, 2009.

Trevor Hastie, Robert Tibshirani and Jerome Friedman, The Elements of Statistical Learning, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 2009.

## Science Data in Models Sequential

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: 20152 חשבון אינפי 2, 20077 אלגברה ליניארית, 20019 הסתברות, אלגוריתמים באופטימיזציה 21312

מטרת הקורס הנה להקנות ידע עיוני וכלים למימוש מודלים רציפים במדע הנתונים. במהלך הקורס, הנושאים הבאים יילמדו: יסודות שיטת BAYES בסטטיסטיקה, מבוא ל-RELEVANCE VECTOR MACHINE, שיטות MONTE\_CARLO לחישוב אינטגרל, סינון בייס רציף: כללים, סינון KALMAN, סינון מבוסס רשת (GRID\_BASED FILTER), סינון חלקיים (PARTICLE FILTER), שרשרות MARKOV, שרשרות MARKOV נסתרות (HIDDEN MARKOV MODELS).

## ספרי לימוד ומאמרים:

1. A. Gelman, J. Carlin, H. Stern and Donald Rubin, *Bayesian Data Analysis*, Chapman & HALL.2009 ,
2. M. Tipping, *Bayesian Inference: An Introduction to Principles and Practice in Machine Learning*, 2004. Available at : <http://www.miketipping.com/papers.htm>
3. D. Fox, J. Hightower, L. Liao, D. Schulz, G. Borriello, *Bayesian Filtering for Location Estimation*, In *Pervasive Computing*, IEEE.2003 ,
4. S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, T. Clapp, *A Tutorial for Online Nonlinear/Non-Gaussian Bayesian Tracking*, *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol.2002, (2)50 .
5. C. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer.2006 ,

# סילבוסים של קורסי שירות במתמטיקה

## הסילבוסים מסודרים בסדר עולה לפי מספרי הקורסים

20020 – הסתברות לניהול טכנולוגיה –

### Probability for Management of Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 1 לניהול טכנולוגיה

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מושגי יסוד: ניסוי אקראי, מרחב מדגם, מאורע, אלגברת מאורעות וסוגי מאורעות; שלוש גישות להסתברות; פונקציית ההסתברות.  
קומבינטוריקה: חליפות, תמורות, צירופים, הבינום של ניוטון ומשולש פסקל.  
הסתברות מותנית: הסתברות מותנית ושלמה, משפט בייס; אי תלות של מאורעות.  
משתנה מקרי חד ממדי בדיד: פונקציית ההסתברות, פונקציית התפלגות מצטברת.  
מדדי מ"מ: תוחלת, שונות, סטיית תקן ושכיח.  
התפלגויות בדידות מיוחדות: התפלגות אחידה, בינומית, גיאומטרית, בינומית שלילית, היפרגיאומטרית, פואסון.  
מ"מ דו ממדי בדיד: פונקציות ההסתברות משותפת ושוליות, תלות ומתאם, שונות משותפת ומקדם מתאם.  
מ"מ רציף: פונקציית צפיפות ופונקציית התפלגות מצטברת.  
התפלגויות רציפות מיוחדות: אחידה, מערכית ונורמאלית.  
משפטי גבול: אי שוויון מרקוב וצ'בישב. משפט הגבול המרכזי, החוק החלש של המספרים הגדולים.

ספרי לימוד:

שלדון, ר. הסתברות – קורס ראשון. מהדורה חמישית: האוניברסיטה הפתוחה, 2001.  
Ross, S. A First Course in Probability. 6th ed., Prentice Hall, 2002.  
Ross, S. Introduction to Probability Models. 8th ed., Academic Press, 2003.  
Grinstead, C.M. and Snell, J.L. Introduction to Probability, 2nd ed., AMS, 1997.

## Calculus 1 for Management of Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 7 (שיעור - 4, תרגיל - 3)  
נקודות זכות: 5.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:

מבוא לתורת הקבוצות.

מושג הפונקציה: תחום הגדרה, תמונה וטווח, זוגיות ואי-זוגיות, חד-חד ערכיות ועל. פונקציה זוגית ואי-זוגית, פעולות בפונקציות, פונקציות הפוכות, פונקציות אלמנטאריות. גבולות: הגדרה, חישוב, תכונות יסודיות (סכום, כפל, מנה), תנאים מספיקים לקיום הגבול, גבולות מיוחדים.

רציפות הפונקציה: רציפות בנקודה, מיון נקודות האי-רציפות, תכונות של פונקציות רציפות בקטע סגור.

גזירות: תכונות יסודיות, הנגזרות של פונקציות סתומות, הפוכות, פרמטריות, כלל השרשרת, משוואת המשיק, דיפרנציאל, תכונות יסודיות, קירוב ליניארי.

נגזרות ודיפרנציאליים מסדר גבוה: משפטי רול, לגרנז', קושי, כלל לופיטל, נוסחת טיילור וטור טיילור.

חקירת פונקציות: קיצון ותחומי עליה וירידה, קמירות, קעירות, נקודת פיתול, אסימפטוטות, גרף של פונקציה.

האינטגרל הלא-מסוים: פונקציה קדומה, תכונות יסודיות, טבלת האינטגרלים, תכונות של האינטגרל הלא-מסוים.

שיטת אינטגרציה: הצבה, אינטגרציה בחלקים, אינטגרציית שברים חלקיים, פירוק הפונקציות הרציונאליות לשברים חלקיים.

איטגרל מסוים: הגדרה ותכונות עקריות ונוסחת ניוטון-לייבניץ.

ספרי לימוד:

יעקובזון, פיאנה, טולדנו, דבורה, שוחט, דוד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי במשתנה אחד, מאגנס/ האוניברסיטה העברית, תשס"ט 2008.

אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי א', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז.

אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי ב', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז.

קון בן ציון, זעפרני סמי, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי 1, הוצאה ספרי לימוד, מהדורה מורחבת ומתוקנת, 1994.

Walker, Peter, Examples and Theorems in Analysis, Springer, 2004.

## Calculus 2 for Management of Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 6 (שיעור - 4, תרגיל - 2)  
נקודות זכות: 5

דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 1 לניהול טכנולוגיה

הנושאים שיילמדו בקורס:

האינטגרל המסוים: הגדרת האינטגרל המסוים של רימן, פונקציות אינטגרביליות, התכונות היסודיות של האינטגרל המסוים, אינטגרציה לפי חלקים, שיטת הצבה. שימושים של האינטגרל המסוים: שטח של התחום המישורי, נפח ושטח פנים של גוף סיבוב, אורך של קשת, שימושים פסיקליים. אינטגרל לא אמיתי: הגדרה ודוגמאות של אינטגרל לא אמיתי מסוג ראשון ושני, משפטי התכנסות והתבדרות. מספרים מרוכבים ותכונותיהם.

פונקציות ממשיות רבות משתנים: הגדרה ודוגמאות, קווי רמה, גבולות ורציפות, נגזרת חלקית, דיפרנציאל שלם, נגזרת מכוונת ווקטור גרדיאנט, כלל שרשרת, פונקציות סתומות ונגזרותיהן, נגזרות חלקיות מסדר גבוה. קיצון מקומי, מוחלט ובתנאי, שיטת כופלי לגרנז'. מבוא למשוואות דיפרנציאליות: דוגמאות ומיון משוואות דיפרנציאליות. משוואות מסדר ראשון: משוואות עם משתנים מופרדים, משוואות הומוגניות, משוואות ליניאריות, משוואות ברנולי, משוואות מדויקות. משוואות מסדר שני: משוואות ליניאריות מסדר שני עם מקדמים קבועים, שיטת וריאציה של פרמטרים.

ספרי לימוד:

יעקובזון, פיאנה, טולדנו, דבורה, שוחט, דוד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי במשתנה אחד, מאגנס/ האוניברסיטה העברית, תשס"ט 2008.  
בומה אברמוביץ, מרים ברזינה, לודמילה שוורצמן, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי במשתנים אחדים, תוצרת מאגנס, ירשלים, תשס"ח 2008.  
אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי א', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז.  
אנטון, הווארד, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי ב', האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז.  
קון בן ציון, זעפרני סמי, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי 1, הוצאה ספרי לימוד, מהדורה מורחבת ומתוקנת, 1994.  
קון, בן-ציון, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי 2: תאוריה ותרגילים, בק-ספרי לימוד, 1992.  
דגן, מרים, מדריך במשוואות דיפרנציאליות רגילות להנדסה, המכללה האקדמית להנדסה סמי שמעון, 2007.

Walker, Peter, Examples and theorems in analysis, Springer, 2004.

## Linear Algebra for Management of Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שילמדו בקורס:  
אלגברה וקטורית: חיבור, כפל בסקלר, מכפלה סקלרית ואורתוגונאליות, מכפלה וקטורית במרחב, מכפלה מעורבת.  
גיאומטריה אנליטית במישור ובמרחב: ישרים ומישורים במרחב הדו-ממדי והתלת-ממדי.  
מערכת משוואות ליניאריות: שיטת החילוף של גאוס, פעולות שורה אלמנטריות, פתרון וחקירת מערכות משוואות ליניאריות  
מטריצות: מושגים יסודיים, אלגברה של מטריצות. גדלים הקשורים למטריצות ומטריצות מיוחדות. מטריצה הפיכה ומטריצות אלמנטריות.  
דטרמיננטות: הגדרת דטרמיננטה, תכונות יסודיות של דטרמיננטות, המטריצה המצורפת, כלל קרמר.  
מרחב ווקטורי: תתי-מרחבים, תלות לינארית, בסיס ומימד, דרגה של מטריצה.  
העתקות לינאריות: הגדרה, תכונות יסודיות, גרעין ותמונה ותכונותיהן, חד-חד-ערכיות ועל. ערכים עצמיים ווקטורים עצמיים: פולינום אופייני, לכסון מטריצות.

ספרי לימוד:  
א. יעקובוב, ד. גולדשטיין, ד. גרבר, ר. שקליאר, אלגברה לינארית - תיאוריה, תרגילים ופתרונות. 2006.  
ס. ליפשיץ, אלגברה לינארית. הוצאת סטימצקי, האוניברסיטה הפתוחה, 1993.  
Lay, D. Linear Algebra and its Applications. Addison – Wesley Pub. Comp., 1991.  
Anton, H. Elementary Linear Algebra. Wiley, 1998.

Discrete Mathematics for Computer Science

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 6 (שיעור - 4, תרגיל - 2)  
 נקודות זכות: 5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 לוגיקה: פסוקים, קשרים לוגיים, גורר ושקילות, לוחות אמת. אקסיומות ומשפטים, תנאי הכרחי ותנאי מספיק, עקרונות יסודיים ושיטות הוכחה מרכזיות: ישירה, בדרך השלילה, הוכחת ה-contrapositive; אינדוקציה מתמטית; דוגמאות תורת הקבוצות: הקבוצה ואיבריה, תת-קבוצה, קבוצת החזקה, איחוד, חיתוך והפרש קבוצות, משלים של קבוצה, כללי דה-מורגן ועיקרון הדואליות, דיאגרמות ואן. יחסים: מכפלה קרטזית, יחס על קבוצה, תחום וטווח של יחס, הרכבת יחסים. יחס רפלקסיבי, סימטרי וטרנזיטיבי. סגור טרנזיטיבי, יחס שקילות, מחלקות שקילות, חלוקה של קבוצה וקבוצת המנה; יחס סדר חלקי ויחס סדר מלא, איבר מינימאלי ומקסימאלי, איבר קטן ביותר ואיבר גדול ביותר, דיאגרמת הסה של יחס סדר. פונקציות: הגדרת פונקציה. תחום וטווח של פונקציה. פונקציה חד-חד-ערכית ועל, הרכבת והרחבת פונקציות, פונקציה הפיכה. קצב גידול פונקציות. עוצמות: קבוצות בנות מנייה; עוצמת הרצף; עוצמת קבוצת החזקה, משפט קנטור. משפט קנטור-ברנשטיין. קומבינטוריקה: עיקרון החיבור ועיקרון הכפל, בחירת  $k$  איברים מתוך  $n$  – עם או בלי חשיבות לסדר, ועם או בלי חזרות, תמורות, פיזור כדורים בתאים. זהויות קומבינטוריות. הבינום של ניוטון ומשולש פסקל. המשפט הקטן של פרמה; מקדמים מולטינומיים. משפט ההכלה וההדחה. תמורות אי-סדר מלא, נוסחה לפונקצית אוילר. עקרון שובך היונים ודוגמאות לשימושיו. פתרון נוסחאות נסיגה: פתרון בעיות קומבינטוריות באמצעות נוסחאות נסיגה, פתרון נוסחאות נסיגה לינאריות במקרה ההומוגני ובמקרה הלא-הומוגני. דוגמאות (מספרי Fibonacci). פונקציות יוצרות ושימוש בפונקציות יוצרות לפתרון יחסי רקורסיה. מספרי Catalan ומספרי Stirling מסוג שני.

ספרי לימוד:

גינזבורג א., מתמטיקה דיסקרטית, כרכים 1, 4, האוניברסיטה הפתוחה, 1994  
 ליניאל נ., פרנס מ., מתמטיקה בדידה, נ. בן-צבי מפעלי דפוס בע"מ, 2005  
 גירון ש., דר ש., מתמטיקה בדידה (דיסקרטית), אקדמיה הוצאה לאור, 2000

ספרי יעץ:

R. P. Grimaldi, Discrete and combinatorial mathematics. An applied introduction, Addison- Wesley, 1998  
 E. G. Goodaire, M. M. Parmenter, Discrete mathematics with graph theory, Prentice Hall, 2nd ed., 2002  
 R. Brualdi, Introductory combinatorics, Prentice Hall, 3rd ed., 1999  
 J. Truss, Discrete mathematics for computer scientists, Addison-Wesley, 1999  
 K. A. Ross, C. R.B. Wright, Discrete mathematics, Upper Saddle River, N.J. : Prentice-Hall Pearson, 2005.  
 Simpson, Discrete mathematics by example, London : McGraw-Hill, 2002  
 Schaum's outline of Theory and Problems of Discrete Mathematics: S. Lipschutz and M. L. Lipson, 1997  
 Schaum's solved problems series:

Lipschutz and M. L. Lipson, 2000 solved problems in discrete mathematics,  
1992

V. K. Balakrishnan, Theory and problems of combinatorics, McGraw-Hill, 1995



## Complex Functions for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 2 למהנדסים, טורים והתמרות אינטגרליות (במקביל)

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 מספרים מרוכבים: הגדרה, צורה אלגברית, גיאומטרית ומעריכית. פעולות יסוד, מישור מרוכב הטלה הסטריוגרפית.  
 פונקציות אלמנטריות:  $\text{Log } z, e^z, \sqrt[n]{z}, z^n$ , פונקציות טריגונומטריות ופונקציות טריגונומטריות הפוכות. רציפות. נגזרת של פונקציה של משתנה מרוכב, משוואות קושי-רימן. פונקציות אנליטיות והרמוניות. מיפוי על ידי פונקציות אלמנטריות מושג קונפורמיות בנקודה.  
 אינטגרל: הגדרה ותכונות, פונקציה קדומה בתחום פשוט קשר. משפט האינטגרל של קושי טורי חזקות: תחום התכנסות, פיתוח לטור טיילור ולורן.  
 נקודות סינגולריות: הגדרה, מיון של נקודות סינגולריות מבודדות. שארית, משפט שארית, חישוב אינטגרלים ממשיים בעזרת משפט השארית.  
 משפט רושה ועקרון ארגומנט.

ספרי לימוד:

- בן-ציון קון. פונקציות מרוכבות, הוצאת בק-ספרי לימוד, 2002.  
 פונקציות מרוכבות. א"פ קורס מס' 202423, יחידות 1 – 10. או"פ 1988.  
 Brown, J.W., Churchill, R.V. Complex Variables and Applications, 6th ed. McGraw-Hill, 1996.  
 Duffy, D., Advanced Engineering Mathematics, CRC Press, 1998.  
 Kwok, Y.K. Applied, Complex Variables for Scientists and Engineers, Cambridge University Press, 2002.  
 Milewski, E.G., The Complex Variables Problem Solver, 1987.  
 Bak and Newman, Complex Analysis 1996, Springer.  
 Saff, E.B., Snider, A.D. Fundamentals of Complex Analysis with Applications to Engineering and Science., Pearson Education, 2003.

## Ordinary Differential Equations for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 2 למהנדסים (במקביל), טורים והתמרות אינטגרליות (במקביל), אלגברה ליניארית.

הנושאים שיילמדו בקורס:

מבוא למשוואות דיפרנציאליות, מיון, משמעותן ושימושיהן, דוגמאות ממכאניקה וחשמל, מושגים יסודיים, משוואות מסדר ראשון, משפט קיום ויחידות של הפתרון, שיטות פרטיות לפתרון של משוואות מסדר ראשון, משוואות מסדר שני, הורדת סדר, משוואות ליניאריות מסדר n, האופי הליניארי של פתרונות, תלות ואי-תלות ליניארית של פתרון, ורונסקיאן, משוואות ליניאריות והומוגניות ולא הומוגניות. אפיון של פתרון כללי. פתרון של משוואות ליניאריות בעלות מקדמים קבועים, שיטות וריאציית פרמטרים והשוואת המקדמים. פתרון של משוואות ליניאריות בעזרת טורי חזקות סביב נקודה רגולרית וסינגולארית. מערכות משוואות ליניאריות מסדר ראשון. התמרת לפלס ושימושה לפתרון משוואות דיפרנציאליות. פונקציה דיראק והוויסייד. קונבולוציה.

ספרי לימוד:

דגן, מרים, מדריך במשוואות דיפרנציאליות רגילות להנדסה, המכללה האקדמית להנדסה סמי שמעון, 2007.

לרון, יאן, משוואות דיפרנציאליות: התמרות לפלס וטורי פוריה – להנדס, שורש, 2004.

Boyce, William E, Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, 2005.

Nagle, R. Kent, Fundamentals of Differential Equations, Addison-Wesley, 2000

## Partial Differential Equations for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות רגילות למהנדסים, טורים והתמרות אינטגרליות

הנושאים שיילמדו בקורס:

משוואות דיפרנציאליות חלקיות, מיון, משוואות חלקיות מסדר ראשון, משוואות קווי-ליניאריות, שיטות מאפיינים והפרדת המשתנים. טורי פורייה המוכללים. בעיות שטורם-ליוביל. משוואת חום במרחב החד ממדי, הפרדת משתנים, משוואת חום במרחב החד ממדי, שוטות הפרדת משתנים ומאפיינים. משוואות גלים וחום במישור ומרחב, פונקציות בסל. משוואות לפלס במישור ומרחב. משוואת פואסון. משוואות חום ולפלס בתחום לא חסום, התמרת פורייה. שיטת פונקציית גרין לפתרון מד"ר ומד"ח.

ספרי לימוד:

פינצ'ובר יהודה. מבוא למשוואות דיפרנציאליות חלקיות, הפקולטה למתמטיקה, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, 2003.

Arnold, V. I, Lectures on Partial Differential Equations, Springer, 2004.

Boice, W.E., DiPrima, R.C., Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems - 7th ed., Wiley, 2001. (Chapters 10, 11).

Constanda, C., Solution Techniques for Elementary Partial Differential Equations – 2nd ed., Chapman & Hall, 2010.

Pinchover, Y., Introduction to Partial Differential Equations, Cambridge University Press, 2005.

Stanoyevitch, A., Introduction to Numerical Ordinary and Partial Differential Equations using Matlab, Wiley, 2005.

Tyn, M-U, Lokenath, D., Linear Partial Differential Equations for Scientists and Engineers - 4-th ed., Birkhäuser, 2007.

Series and Integral Transforms for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 1 למהנדסים

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 טורים מספריים, התכנסות של טורים, תנאי הכרחי להתכנסות. טורים חיוביים, מבחני התכנסות של טורים חיוביים: מבחן דלמבר, מבחן קושי, מבחן אינטגרלי ומבחן השוואה. טורים כלליים, התכנסות בהחלט והתכנסות בתנאי. טורים מתחלפים, מבחן לייבניץ. טורים פונקציונליים, טורי חזקות וטורי טיילור. טורי פורייה בצורה טריגונומטרית ואקספוננציאלית. שחזור פונקציה ממקדמי פורייה (משפט דיריכלה), חישוב סכומים בעזרת טורי פורייה. שוויון פרסבל. טור סינוסים וטור קוסינוסים. התמרת פורייה, תכונות ונוסחאות. התמרת פורייה ההפוכה, שוויון פלנשראל, נוסחת הדואליות. קונבולוציה, משפט הקונבולוציה. התמרת לפלס, תכונות ונוסחאות. התמרת לפלס ההפוכה. התמרת  $Z$ , תכונות של התמרת  $Z$ , פתרון משוואות הפרשים בעזרת התמרת  $Z$ .

ספרי לימוד:  
 אנטון, ה., חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי א', תל-אביב, האוניברסיטה הפתוחה, תשנ"ז. (פרק 11).

זעפרני, ס., פינקוס, א., טורי פוריה והתמרות אינטגרליות. הטכניון, הפקולטה למתמטיקה, 1997.

קון, ב-צ., חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי: 2 תאוריה ותרגילים. חיפה, בק - ספרי לימוד, 1992.

בעז פורת. עיבוד אותות ספרתי. אוניברסיטה פתוחה. (חלק ג': פרקים 1, 2.)  
 Chu, E., Discrete and Continuous Fourier Transforms: Analysis, Applications and Fast Algorithms, CRC Press, 2008.

Gasquet, C., Witomski, P., and Ryan, R. Fourier Analysis and Applications: filtering, numerical computation, wavelets. NY, Springer, 1999.

Dyke, P. P. G, An Introduction to Laplace Transforms and Fourier Series (Springer Undergraduate Mathematics Series), London, Springer, 2000.

W.E.Boyce, R.C.DiPrima. Elementary differential equations and boundary value problems, 7th ed. Wiley, 2001. – (Chapters: 6, 10.2, 10.3, 10.4).

D.W. Jordan, P. Smith. Mathematical Techniques. 2nd edition, Oxford University Press, 2001. – (Chapters: 6, 21, 25, 26.10, 37).

E. Kreyszig. Advanced Engineering Mathematics. 8th edition, Wiley, 1999. – (Chapters: 3, 5, 7, 10.5, 12.1, 12.2).

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שילמדו בקורס:

אינדוקציה מתמטית: תיאוריה ודוגמאות.

מבנים בסיסיים של השפה המתמטית: לפחות, בלבד, לכל היותר, אחד ויחיד; מילות הקישור גם ואו; הכמתים לכל וקיים; שלילת טענות; תנאי הכרחי ומספיק; לוגיקה: ביטויים לוגיים, קשרים לוגיים: דיסיונקציה, קוניונקציה, שלילה, גורר ושקילות, ולוחות אמת שלהן. טאוטולוגיה וסתירה. שקילות לוגית וזהויות. צורה קוניונקטיבית נורמלית וצורה דיסיונקטיבית נורמלית. קבוצה מינימלית של קשרים. תחשיב הפרדיקטים, נוסחאות, מבנים, שקילות של נוסחאות, פעולות על נוסחאות עם כמתים, צורה פרנקסית נורמלית. תורת הקבוצות: הקבוצה ואיבריה, תת-קבוצה. דיאגרמת וואן, איחוד חיתוך והפרש קבוצות, קבוצה אוניברסלית וקבוצה ריקה, משלים של קבוצה, כללי דה-מורגן ועיקרון הדואליות. קבוצת החזקה.

יחסים: מכפלה קרטזית, יחס על קבוצה, תחום וטווח של יחס, הרכבת יחסים ויחס הפוך. יחס רפלקסיבי, סימטרי, אנטי-סימטרי וטרנזיטיבי.

יחסי שקילות: הגדרה, מחלקות שקילות, חלוקה של קבוצה וקבוצת המנה.

יחס סדר: הגדרת יחס סדר חלקי ויחס סדר מלא, דיאגרמת הסה של יחס סדר, איבר מינימלי ומקסימלי, איבר קטן ביותר ואיבר גדול ביותר.

פונקציות: הגדרת פונקציה. תחום וטווח של פונקציה, פונקציה שלמה, פונקציה חד-חד-ערכית ועל, הרכבת פונקציות, אפיון ח"ע ועל באמצעות הרכבת פונקציות, פונקציה הפיכה, תמונה ותמונה הפוכה של פונקציה.

מערכות דיסקרטיות: מבוא ודוגמאות, מערכות לינאריות, משוואות הפרשים ופתרון. התמרת Z ותכונותיה, שימוש בהתמרת Z לפתרון משוואות הפרשים.

ספרי לימוד:

1. מתמטיקה בדידה, נתי ליניאל ומיכל פרנס, מהדורה שניה מתוקנת, הוצאת בן-צבי מפעלי דפוס, 2005.
2. מתמטיקה דיסקרטית, שי גירון ושוני דר, מהדורה שניה, סדרת קוויז, הוצאת אקדמיה, 2000.
3. מתמטיקה דיסקרטית, אברהם גינזבורג, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1993.
4. Rosen, K.H., Discrete mathematics and its applications, 5th ed., New York : McGraw-Hill, 2003.
5. Simpson, A., Discrete mathematics by example, London : McGraw-Hill, 2002.
6. Anderson, I., A first course in discrete mathematics, London : Springer, 2001.
7. Lipschutz, S., 2000 Solved Problems in Discrete Mathematics, McGraw-Hill, 1992.

## קורסי בחירה עיקריים במתמטיקה שימושית

21186 - מבוא לעיבוד אותות דיבור -

### Introduction to Speech Signal Processing

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: מבוא לעיבוד אותות

הנושאים שיילמדו בקורס:

מבוא, אפליקציות של עבוד אות דיבור וסיווג של מערכות, סקירת מערכות לעבוד אות דיבור בעבר ובהווה.

מבנה פיזיולוגי ואקוסטי של איברי הדיבור והשמיעה.

תורת ההיגוי והדקדוק, התורה האקוסטית של היווצרות הדיבור, התדר היסודי והפורמנטות. מודלים אקוסטיים של אות הדיבור: מודל הצינורות, מודל מקור-מסנן.

התכונות הסטטיסטיות של אות הדיבור.

שיטות לניתוח אות הדיבור, תרשים עבוד כללי, מיצוי מאפיינים, מאפייני AMDF, קורלציה, חציית אפסים, אנרגיה, תדרי יסוד.

ניתוח בעזרת סדרות זמניות, מקדמי החיזוי הליניארי, שיטות לשערוך מקדמי החיזוי הליניארי.

ניתוח קפסטרלי, הקשר בין המאפיינים השונים.

כימות ווקטורי

מדדי מרחק.

מבוא לזיהוי תבניות.

ספרי לימוד:

Deller, J., J. Proakis, "Discrete Time Processing of Speech Signals",  
Prentice-Hall, 1995.

Rabiner, L.R., R.W. Schafer, "Digital Processing of Speech Signals",  
Prentice-Hall, 1978.

ספרי עיון:

Oppenheim, A.V., R.W. Schafer, "Discrete Time Signal Processing", 2nd  
Ed., Prentice-Hall, 1999.

Oppenheim, A.V., R.W. Schafer, "Digital Signal Processing",  
Prentice-Hall, 1991.

Rabiner, L.R., B. Gold, "Theory and Application of Digital Signal  
Processing", Prentice-Hall, 1975.

Frank Fallside, William A. Woods, "Computer Speech Processing"  
Prentice/Hall, 1985

## Image Processing

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: עיבוד אותות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
פרמטרים בסיסיים של תמונה, קליטה ואיכסון של תמונה, ייצוג תמונה דיגיטלית, ייצוג תמונת גוני-אפור, תמונת צבע, תמונה בינרית, ייצוג תמונת גוני-אפור באמצעות תמונה בינרית. שיפור תמונה בעזרת התמרת פורייה, חידוד תמונה, החלקה, סילוק טשטוש, הקטנת הפרעה מחזורית, התמרה בעזרת קונבולוציה, קורלציה, התמרת KLT. היסטוגרמות של גוני-אפור, שינוי ניגודיות (contrast), שינוי בהירות, מסננים לניקוי רעשים בתמונה, להחלקת תמונה, לחידוד תמונה, לזיהוי קצוות, ניתוח מסננים באמצעות אנליזת פורייה.

ספרי לימוד:  
בן-צבי, ד. עיבוד ספרתי של תמונות. האוניברסיטה הפתוחה, 1996.

Gonzalez R.C. and Woods, R.E. Digital Image Processing. Addison-Wesley, 2nd ed., 1993.

Castleman, K.R. Digital Image Processing. Prentice Hall, 1989.

Bernd, J. Digital Image Processing: Concepts, Algorithms, and Scientific Applications. Springer, 2005.

**21201 - מבוא למערכות מידע גיאוגרפי (ממ"ג) -  
Introduction to Geographic Information Systems**

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מקורות המידע, מודלים גיאומטריים, סוגיות גיאודטיות, דאטום, היטלים ומערכות  
קואורדינטות, דיגיטציה וקליטת מידע מרחבי ממקורות שונים, סוגי בסיסי נתונים למימוש  
מידע מרחבי ומידע תיאורי ב GIS, שיטות לאנליזה מרחבית, שיטות לתשאל בסיס  
הנתונים, קרטוגרפיה וסימבולוגיה, הפקת מפות ועזרים מורכבים, ויזואליזציה. שיטות  
בעיבוד וניתוח של נתונים לפני השטח במודל תלת ממדי. הצגת דוגמאות לפרויקטים מעשיים  
בתחום ה-GIS.

ספרי לימוד:

- P. Bolstad , GIS Fundamentals A First Text on Geographic Information Systems, 2005. Second Edition.  
[R. Burke](#), [A. Arana](#) , Getting to Know ArcObjects, 2003.  
R. Burke, [Getting to Know ArcGIS Desktop](#), Second Edition, 2004.  
J. Star, J. Estes. Geographic Information Systems: An Introduction, Prentice Hall, 1990.  
T. Bernhardsen, Geographic Information System, VIAK IT, 1992.  
D. J. Maguire. Computers in Geography, Longman, 1989.  
D. J. Maguire et al, Geographical Information Systems, Principles and Applications, v. 1 & 2, Longman, 1991.



21202 - מערכות מידע גיאוגרפיות 2 (ממ"ג)  
Geographic Information Systems 2 -

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: מבוא למערכות מידע גיאוגרפי

הנושאים שיילמדו בקורס:  
בסיסי נתונים גיאומטריים. שיטות מתקדמות לאנליזה מרחבית בממ"ג וקטורי ובממ"ג  
רסטרי, אינטרפולציה מרחבית, ואלגברה של מפות. טכניקות חישוב וניתוח של נתונים ופני  
השטח במודל תלת-ממדי. Model Builder לבנייה והרצה של מודלים מרחביים.  
רשתות (Networks), הרכבת Hybrid Model לשמירת נתוני הרשת ושיטות לניתוח רשתות  
תנועה. שיטות לניתוח שגיאות ובדיקת תקינות של נתונים גיאוגרפיים ועריכתם.

ספרי לימוד:

- K.-T. Chang, geographic information systems, 2002.  
T. Bernhardsen , Geographic Information Systems, 2002.  
R. Laurini, D. Thompson, Fundamentals of Spatial Information Systems, AP,  
London, 1992.  
D. J. Maguire et al, Geographical Information Systems, Principles and  
Applications, v. 1 & 2, Longman, 1991.  
NCGIA Core Curriculum 1994 ([www.ucgia.ucsb.edu/giscc/](http://www.ucgia.ucsb.edu/giscc/)).

## Statistical Inference

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: הרצאה - 3 שעות, תרגול - 1 שעה, סה"כ שעות - 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: 20152 חשבון אינפי 2, 20077 אלגברה לינארית, 20019 הסתברות, 21312 אלגוריתמים באופטימיזציה.

מטרת הקורס הנה להקנות ידע עיונים וכלים למימוש הסקה סטטיסטית. במהלך הקורס, הנושאים הבאים יילמדו: *Sufficiency Principle*, *Maximum Likelihood Principle*, *BAYES*, *PRIOR*, *BAYES* משערך, בדיקת השערות, שערך טווח, עקרון שערך *BAYES*, תאוריית ההחלקה, *BAYES* משערך של *BAYES*, בחירת *PRIOR*, בדיקת השערות, חישובי *BAYES*

ספרי לימוד ומאמרים:

1. G. Casella, R. Berger, *Statistical Inference*, 2<sup>nd</sup> Edition, Duxbury, 2002.
2. J. Ghosh, M. Delampady, T. Samanta, *An Introduction to Bayesian Analysis*, Springer, 2006.

## Introduction to Cryptography 1 – Algorithms

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: הרצאה - 3 שעות, תרגול - 1 שעה, סה"כ שעות - 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: מתמטיקה דיסקרטית, אלגברה לינארית

הנושאים שיילמדו בקורס:

מבוא לתורת ההצפנה, אלגוריתמים סימטריים, אלגוריתמים סימטריים קלאסיים, אריתמטיקה מודולארית, Stream Ciphers, מספרים אקראיים ופסבדו-אקראיים וייצור של מספרים אקראיים ופסבדו-אקראיים, LFSRs, Trivium, RC4, Block Ciphers, DES, שדות גלואה, Prime Fields, Extension Fields, AES, Modes of Operations

אלגוריתמים א-סימטריים, תורת המספרים, האלגוריתם של אוקלידס, האלגוריתם המורחב של אוקלידס, פונקציית פי של אוילר, התאורמה הקטנה של פרמה והתאורמה של אוילר, RSA

בעיית הלוגריתם הדיסקרטי, החלפת מפתחות בשיטת Diffie-Hellman, הצפנת אל-גמאל  
Elliptic Curves, הצפנה קוונטית

ספרי לימוד:

Bruce Schneier, Applied Cryptography, 2<sup>nd</sup> edition

Charlie Kaufman, Radia Perlman, Mike Speciner Network Security - Private Communication In A Public World, 2<sup>nd</sup> edition

Douglas R. Stinson (2002), Cryptography Theory and Practice, 2nd edition, Chapman & Hall,

ססה תמיר, (2006) מבוא לקריפטוגרפיה, מדריך למידה בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה.

**Mathematical tools for Stock Markets**

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: הרצאה - 3 שעות, תרגול - 1 שעה, סה"כ שעות - 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: הסתברות, אלגברה לינארית, חשבון אינפיניטסימלי

הנושאים שיילמדו בקורס:

- |   |    |
|---|----|
| Brownian Motion and Geometric Brownian Motion | .1 |
| ריביות וערך עכשיו                             | .2 |
| Arbitrage                                     | .3 |
| נוסחת Black-Scholes                           | .4 |
| שיטות אופטימיזציה ותכנות דינמי סטוכאסטי       | .5 |

ספרי לימוד:

Sheldon Ross: An Elementary Introduction to Mathematical Finance,  
Cambridge University Press, 3<sup>rd</sup> Edition, 2001.

## Data visualization as an R&D tool

שיעור ותרגיל

שעות שבועיות 1 + 3 :

נקודות זכות 3.5 :

דרישות קדם: מעבדה למחשבים או תכנות PYTHON ויישומים ב-BIG DATA ובמולטימדיה

הקניית כלים להמחשה וויזואלית של נתונים בסביבת מחקר ופיתוח. הקניית כלים לבחינה ביקורתית של הצגה גרפית של נתונים ובחירת הדרך המיטבית להצגה כזאת. התנסות מעשית בכלים שונים להצגת נתונים הן ככלי בתהליך מחקר ופיתוח והן ככלי לדיווח והעברת המידע. עקרונות מנחים בהמחשת נתונים: תפיסת מרחב וצבע, צורה וקרבה. יחס בין סיגל לרעש (signal to noise ratio). גישת grammar of graphics. תצוגת נתונים אינטראקטיבית ככלי למחקר סיורי (exploratory analysis) וככלי להעברת המידע. הדמיה תלת ממדית: בעיות, אתגרים ויישומים.

ספרי לימוד:

- Few, Stephen. Show me the numbers: Designing Tables and Graph to Enlighten. Analytics Press; Second edition 2012
- Tufte, Edward R. *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire, Conn. (Box 430, Cheshire 06410): Graphics Press, 1983. Print.
- Ware, Colin. *Information Visualization: Perception for Design*. San Francisco: Morgan Kaufman, 2000. Print.
- Nature Methods papers:
  - a. Design of data figures. Bang Wong. Nature Methods 7, pp. 665, Sept 2010.
  - b. Color coding. Bang Wong. Nature Methods 7, pp. 573, Aug 2010.
  - c. Avoiding color. Bang Wong. Nature Methods 8, pp. 525, Jun 2011.
  - d. Gestalt principles (part 1). Bang Wong. Nature Methods 7, pp. 863, Nov 2010.
  - e. Gestalt principles (part 2). Bang Wong. Nature Methods 7, pp. 941, Dec 2010.
  - f. Negative space. Bang Wong. Nature Methods 8, pp. 5, Jan 2011.
  - g. Saliency to relevance. Bang Wong. Nature Methods 8, pp. 889, Nov 2011.
  - h. Points of review (part 2). Bang Wong. Nature Methods 8, pp. 189, Mar 2011.



## Forecasting Methods

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: הסתברות וסטטיסטיקה

הנושאים שיילמדו בקורס:  
יסודות של חיזוי כמותית. שיטות ההחלקה. שיטות פירוק. שיטות רגרסיה. מודל אקונומטרי.  
שיטות של טורי-זמן מאת Box-Jenkins. תחזית של מחזור. שיטות איכותיות.

ספרי לימוד:

Abraham, B. and Ledolter, J. Statistical Methods for Forecasting. Wiley, 2005.  
Brockwell, P.J. and Davis, R.A., Introduction to Time Series and Forecasting.  
Springer, 2003.  
Makridakis, S.G., Wheelwright, S.C. and Hyndman, R.J. Forecasting:  
Methods and Applications. Wiley, 3rd ed., 1997.

---

## קורסי בחירה נוספים במתמטיקה

-

### 21174- משוואות דיפרנציאליות חלקיות 2 -

#### Differential Partial Equations 2

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: (שיעור - 3, תרגיל - 1) 4  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות חלקיות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
משוואות חלקיות מסדר ראשון. קווים אופייניים.  
משוואות חלקיות מסדר שני, סיווג, צורות קבוציות. קווים אופייניים. בעיית קושי, משפט קושי-  
קוואלברסקאיה.  
פונקציות מוכללות. נגזרות מוכללות. מרחב של סובולב. פתרונות חלשים. פתרונות יסודיים.  
פתרונות משוואות לא הומוגניות בעזרת פתרונות יסודיים  
משוואות הפרבוליות, בעלות מוצדקות היטב. משפטי קיום ויחידות.  
משוואות גלים. בעיית קושי מוכללת. פוטנציאל הגלים. נוסחת דה-למבר.  
התפשטות גלים בישר, במישור ובמרחב.  
משוואות פרבוליות, בעלות מוצדקות היטב. בעיטות יסודיות. משפטי קיום ויחידות.  
משוואות החום. בעיית קושי מוכללת. פוטנציאל החום. נוסחת פואסון. התפשטות חום.  
משוואות אינטגרליות של Fredholm ו-Volterra. גרין, ממס (resolvent).  
ערכים עצמיים ופונקציות עצמיות. משפטי Fredholm.  
משוואות אליפטיות, משפטי קיום ויחידות. ערכים עצמיים ופונקציות עצמיות.  
משוואות לפלס, משוואת פואסון, נוסחאות גרין. פונקציות הרמוניות. פוטנציאל של ניוטון.  
עקרון המקסימום.  
בעיות שפה למשוואות לפלס ופואסון.  
הערכות אסימפטוטיות דוגמאות. יישומים של הערכות אסימפטוטיות לפתרונות משוואות  
דיפרנציאליות.

ספרי לימוד:

פינצ'ובר, יהודה, מבוא למשוואות דיפרנציאליות חלקיות, הפקולטה למתמטיקה, הטכניון -  
מכון טכנולוגי לישראל, 2003.

Pinchover, Yehuda, Introduction to Partial Differential Equations, Cambridge  
University Press, 2005.

Stanoyevitch, Alexander, Introduction to Numerical Ordinary and Partial  
Differential Equations using Matlab, Wiley, 2005.

Arnold, V. I, Lectures on Partial Differential Equations, Springer ;PHASIS,  
2004



## Mathematical Modeling B

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: בניית מודלים מתמטיים א'

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 מודל נייח (קבוע, לא דינמי, סטציונרי) ולא נייח. תהליך סטוכסטי. תהליכי מרקוב ולא מרקוב.  
 מודלים נייחים: אנליזה של שונות, רגרסיה, זמן ומרחב רציף או בדיד.  
 מבוא לשיטות סטוכסטיות. מבוא לרשתות עצביות. רשתות הופפילד וקשתות קוהונן. מודלים  
 רכים: קבוצות עמומות, מספרים עמומים, לוגיקה עמומה. תכניות MATLAB לבניית רשתות  
 עצביות והחלטות ע"י לוגיקה עמומה. ביצוע התוצאות.  
 תפקיד של סימולציה. הערכת הפרמטרים. שיטות (טכניקות) רגרסיה: שיטת הריבועים  
 הקטנים ביותר, שטת המומנט, מקסימום של סבירות. מבחן טיב ההתאמה: (שגיאה  
 מוחלטת/יחסית, משקלים, מדידת הרעש), מבחן של  $\chi^2$ .  
 ניתוח לוחות  $2 \times 2$ ,  $m \times n$ .  
 שיטת סימולציה מונטה-קארלו. מבוא לתכנון הניסויים.

ספרי לימוד:

- Bender, E.A., An Introduction to Mathematical Modeling. Dover Publications, 2000.  
 Buckley, J.J., Eslami, E., An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets, Springer, 2002.  
 Enns, R.H., McGuire, G.C., Computer Algebra Recipes : An Introductory Guide to the Mathematical Models of Science. Springer, 2006.  
 Hagan, M.T. et al, Neural Network Design, PWS, 1996.  
 Klir, G.J., Bo Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice-Hall, 1995.  
 Mehrotra, K. et al, Elements of artificial neural networks, MIT, 1997.

## Industrial Project 1

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 6  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

כללי:

פרויקט לתעשייה מיועד לאפשר לסטודנטים ממתמטיקה שימושית וממדעי המחשב, לרכוש ניסיון בסביבת פיתוח אמיתית ולהתמודד עם ביצוע של פרויקט מעשי לתעשייה. הפרויקט יעסוק בסוגיות הקשורות להתמחות של הסטודנט במסלול הלימודים. הפרויקט הינו ברמה אקדמית, יבוצע בצוותים של שניים עד שלושה סטודנטים, ויתמקד בתכנון ובבניית פתרונות אשר יש להם ערך מוסף לתעשייה או לידע הקיים בתחום.

ביצוע הפרויקט:

הסטודנט מבצע פרויקט אישי על כל שלביו בליווי מנחה אקדמי ומנחה תעשייתי: הצעת פרויקט, תיכון, מימוש מערכת, כתיבת מסמכים ודוחות התקדמות במהלך הפרויקט, וספר פרויקט בסוף הסמסטר. מטרת הקורס היא התמודדות עם פרויקט באופן עצמאי ולהוכיח בגרות מקצועית, תוך שימוש בספרות מקצועית ובשילוב של כל החומר שנלמד במהלך הלימודים לקראת התואר. ביצוע הפרויקט מחייב בחינת הצורך בפרויקט, בהתכנות שלו, בבדיקת הפתרונות הקיימים אם בכלל, בהצעת חלופות לפתרון, ובבניית הפתרון עצמו הן מהבחינה התיאורטית והן מהבחינה המעשית

אופן הוראה: שיעור ותרגיל

שעות שבועיות: 6

נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: פרויקט לתעשייה 1

כללי:

קורס מתקדם המהווה המשך לפרויקט לתעשייה 1. ונועד להקנות לסטודנטים ממתמטיקה שימושית וממדעי המחשב ידע וניסיון מעמיק בייזום, בתכנון, ובבניית פתרונות מתקדמים בסוגיות הקשורות למסלולי ההתמחות של הסטודנט. הפרויקט מיועד להכשיר את הסטודנט לקראת מגעים ראשוניים עם התעשייה. הפרויקט יהיה ברמה, אשר יביא לידי ביטוי את הידע הנלמד של הסטודנט, וישקף את יכולת הסטודנט לבצע עבודה עצמאית, תוך כדי לימוד עצמי והשלמת ידיעות ממקורות נוספים (ספרות מקצועית, מאגרי מידע וכו') וכן כישורים בחיבור דו"ח הנדסי מסכם והצגתו. הסטודנט מבצע פרויקט אישי על כל שלביו בליווי מנחה אקדמי ומנחה תעשייתי: הצעת פרויקט, תיכון, מימוש מערכת, כתיבת מסמכים ודוחות התקדמות במהלך הפרויקט, וספר פרויקט בסוף הסמסטר. מטרת הקורס היא התמודדות עם פרויקט תעשייתי אמיתי ולהוכיח בגרות מקצועית, תוך שימוש בספרות מקצועית ובשילוב של כל החומר שנלמד במהלך הלימודים לקראת התואר. ביצוע הפרויקט מחייב בחינת הצורך בפרויקט, בהתכנות שלו, בבדיקת הפתרונות הקיימים אם בכלל, בהצעת חלופות לפתרון, ובבניית הפתרון עצמו הן מהבחינה התיאורטית והן מהבחינה המעשית.

ביצוע הפרויקט:

הסטודנט מבצע פרויקט אישי על כל שלביו בליווי מנחה אקדמי ומנחה תעשייתי: הצעת פרויקט, תיכון, מימוש מערכת, כתיבת מסמכים ודוחות התקדמות במהלך הפרויקט, וספר פרויקט בסוף הסמסטר. מטרת הקורס היא התמודדות עם פרויקט באופן עצמאי ולהוכיח בגרות מקצועית, תוך שימוש בספרות מקצועית ובשילוב של כל החומר שנלמד במהלך הלימודים לקראת התואר. ביצוע הפרויקט מחייב בחינת הצורך בפרויקט, בהתכנות שלו, בבדיקת הפתרונות הקיימים אם בכלל, בהצעת חלופות לפתרון, ובבניית הפתרון עצמו הן מהבחינה התיאורטית והן מהבחינה המעשית.

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:

עקרונות של דחיסת תמונה

מאפיינים בסיסיים של דחיסה, דחיסה משמרת ודחיסה שאינה משמרת, יחס הדחיסה, מדדים לאיכות התמונה לאחר הדחיסה, מהירות ביצוע הדחיסה והפריסה, דרכים אפשריות לדחיסת תמונה, דחיסה על ידי הקטנת כמות המידע הגולמי, ניצול תכונות העין והתמונה לשם דחיסה יעילה, סיווג שיטות לדחיסת תמונה, דחיסת פיקסל, קידוד סטטיסטי, קידוד הופמן, קידוד Run – length (RLE) דחיסה משמרת, דחיסת התמרה. תקני דחיסת תמונה

תקן הדחיסה לתמונות בודדות: JPEG, אלגוריתם הבסיס של JPEG, תקן הדחיסה לחוזי טלפוני: CCITT – H.261, מבנה תמונה, תהליך הדחיסה, תהליך הפריסה, תקני הדחיסה לחוזי בידורי: MPEG, הדרישות העיקריות מתקן MPEG, תקן MPEG – 1. ראייה ממוחשבת

תיאור עקרוני של מערכת לזיהוי צורות, קדם עיבוד, גילוי והדגשות נקודות, קווים וקצוות, גילוי והדגשת תנועה על ידי יצירת תמונת הפרש, הפקת מאפיינים, מאפיינים צורניים, המידות הפיסיות, ייצוג צורות בעזרת מאפיין קוד השרשרת, ייצוג צורות בעזרת תבניות צורניות בסיסיות, מאפייני התמרה, סיווג, זיהוי צורות על ידי התאמת תבניות.

ספרי לימוד:

בן-צבי, ד. עיבוד ספרתי של תמונות. האוניברסיטה הפתוחה, 1996.

R. E. Gonzalez and R. C. Woods, Digital Image Processing, 2nd edition, Prentice Hall, 2002

S.G. Hoggar, Mathematics of Digital Images, Creation, Compression, Restoration, Recognition Cambridge University Press, 2006

## Representations and Applications of Wavelets

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: טורי פורייה והתמרות אינטגרליות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מערכות אורתוגונליות, Multiresolution Analysis (MRA), הפונקציה היוצרת (Scaling Function), בסיס Wavelet, תכונות דוגמאות. אלגוריתמים מהירים לחישוב מקדמי פירוק Wavelet :  
Low Pass Filter (LPF) & High Pass Fister (HPF)  
ספריות בסיסי Wavelet Packets : ספריות בסיסים אורתונורמליים אשר מרכבות מפונקציות בסיס ממוקדים במרחב זמן תדר ומסודרות בצורת עץ מאפשר חיפוש יעיל אחר הבסיס הטוב ביותר בספרים.  
שימושים בבעיות עיבוד אותות ועבוד תמונה.

ספרי לימוד:

Dubieties Ten Lectures on Wavelet Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA, 1992.

Wickerhauser, M.V., Adapted Wavelet Analysis; from Theory to Software A.K. Peters, 1994.

Strang, G. and Nguyen, T., Wavelets and Filter Banks. Wellesley College, 1996.

Mallat, S. A wavelet tour of signal processing. Academic Press, 2nd ed. 1999.

21304 - מבוא לאלקטרו-אופטיקה ואופטיקה מודרנית -  
Introduction to Electrooptics and Modern Optics

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
גלים וקרניים, גלים מישוריים, חוקי סנל ופרנל, התאבכות ואינטרפרומטרים: מייקלסון, מך  
זנדר, סנייק ופברי פרו, משוואת האינקונל.  
אופטיקה גאומטרית: חוקי האופטיקה הגאומטרית, עקרון פרמה, מעבר קרן דרך משטח  
כדורי, עדשה דקה, מכשירים אופטיים: העין, משקפים, זכוכית מגדלת, טלסקופ ומיקרוסקופ.  
עדשה עבה, מטריצות ABCD, מערכות אופטיות מחזוריות, אברציות.  
התפשטות גלים: גל כדורי, גל פרבולואידי, משוואת הלמהולץ הפרקיאלית. גלים דאוסיים:  
תכונות, מעבר דרך אלמנטים אופטיים, חוק ABCD.  
עקרונות אופטיקת פורייה: התמרת פורייה דו מימדית, פונקציית תמסורת של תווך אחיד,  
עקיפת פרנל ועקיפת פרנהופר, התמרת פורייה דרך עדשה, OTF - ו MTF.

ספרי לימוד:

Seleh, B. and Teich, M.C. Fundamentals of Photonics. Wiley, 1991.

Goodman, J.W. Introduction to Fourier Optics McGraw-Hill, 1968.

Kopeika, N.S. A System Engineering Approach to Imaging. SPIE, 1998.

## Digital Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:

מבוא לייצוג מידע: מספרים, פעולות אריתמטיות, קודים, אלגברה בוליאנית, מעגלי לוגיקה צירופית, מימוש מעגלי לוגיקה צירופית, מעגלים אריתמטיים, משווא, מרבב, דקודר, אנקודר, מערכים מתוכנתים (PAL, PLA, ROM). מעגלי עקיבה: סיווג מעגלי עקיבה, ייצוג מעגלי עקיבה, מעגלי עקיבה סינכרוניים, זיכרון, אנליזה צמצום מצבים, תכנון מעגלי עקיבה סינכרוניים: זיכרון, תזמון, אנליזה, תכנון מעגלי עקיב MSI ו-LSI: רגיסטר מקבילי, רגיסטר הזזה, מונה אסינכרוני וסינכרוני, יחידת זיכרון קריאה/כתיבה (RAM). מבנה עיבוד מרכזית (CPLI).

ספרי לימוד:

Ghausi, M.S. Electronic Devices and Circuits: Discrete and Integrated.  
 Oxford University Press, 1984.

Mano, M.M. Digital Design. Prentice Hall, 1991.

## Vision and Hearing Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מושגי יסוד על הבסיס הפיסיקלי והפיסיולוגי של תקשורת במערכות ראייה ושמיעה: מבנה ואופן פעולת העין והאוזן, מנגנונים פיסיולוגיים המשמשים לקידוד, לעיבוד והעברת אותות במערכת הראייה, ניתוח הרמוני של אותות דינמיים, בקרת הגבר אוטומטית ברשתית, ייצוג אותות במרחב משולב תדר מקום, התכונות הסטטיסטיות של האותות וחוקי סף פסיכופיסיים, מודלים של עיבוד אותות במערכת הראייה, מבנה תמונות והיבטים טכנולוגיים (ראייה ממוחשבת).

ספרי לימוד:

Antonio Camara, Environmental Systems: A Multidimensional Approach, Oxford University Press, 2002

[Aage R. Møller](#), Sensory Systems: Anatomy and Physiology, Elsevier Science (Academic Press), 2003.

Guy A. Orban and Hans-Hellmut Nagel, [Artificial and Biological Vision Systems \(ESPRIT Basic Research Series\)](#), Springer, 1992

Overington, Computer Vision –A unified, biologically - inspired approach, Elsevier, 1992.

R.L. Gregory, Eye and Brain, Oxford University Press, 1997.

W.A. Yost, Fundamentals of Hearing, Academic Press, 2000



## Pictures Processing & Analysis

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מבוא לראייה ולעיבוד תמונות, אותות ומערכות דו-ממדיים רציפים ובדידים, קוונטיזציה,  
שיפור תמונות: השוואת היסטוגרמות, סינון והחלקה, הדגשת שפות, זיהוי שפות וסגמנטציה,  
התמרת ראדון, התמרת HOUGH, ייצוג וניתוח תמונות ברזולוציה משתנה, מבוא לשיטות  
מתקדמות בעיבוד תמונות, מבוא לראייה ממוחשבת.

ספרי לימוד:

Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, [Digital Image Processing \(2nd Edition\)](#) Prentice Hall, 2002

Scott E Umbaugh, [Computer Imaging: Digital Image Analysis and Processing](#), CRC Press, 2005

Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, [Digital Image Processing Using MATLAB](#), Prentice Hall, 2003

J.R. Parker, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, John Wiley & Sons. Inc., 1997

## Mathematical Methods in Signal Processing

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: טורי פורייה והתמרות אינטגרליות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
דיגמה ומשפט נייקויסט, התמרות אינטגרליות במקרה הבדיד: FFT, DFT, התמרת Z, קונבולוציה וקורלציה חלונות, שימושיהם והשפעתם על ספקטרום האות, שיטות שונות של דחיסת נתונים ויישומיהם, שערך פרמטרים סטטיסטי, משפט קרמר ראו, קודים מתקני שגיאות, סקירה כללית. דוגמאות ושימושים במערכות תקשורת, מערכות מכ"ם ועוד.

ספרי לימוד:

Todd K. Moon, Wynn C. Stirling, Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing, Prentice Hall, 1999.

[Darrell Williamson](#) Discrete-time Signal Processing: An Algebraic Approach (Advanced Textbooks in Control and Signal Processing), Springer, 1999.

Boaz Porat, A Course in Digital Signal Processing, John Wiley&Sons, Inc., 1997.

[Gilles Aubert](#), [Pierre Kornprobst](#), Mathematical Problems in Image Processing: Partial Differential Equations and the Calculus of Variations, Springer, 2004.

S.G. Hoggar, Mathematics of Digital Images, Creation, Compression, Restoration, Recognition Cambridge University Press, 2006.

## Approximation Theory

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: מבוא לאנליזה מודרנית

הנושאים שיילמדו בקורס:  
קירובים במרחבי בנך והילברט. קירובים במרחבי פונקציות שונות. קירובים על ידי פולינומים  
ופונקציות רציונאליות. שימושי תורת הקירובים באנליזה ספקטרלית של אותות ובדחיסת  
נתונים. דוגמאות: עיבוד תמונה, מערכות תקשורת, מערכות מכ"מ.

ספרי לימוד:

M J D Powell, Approximation theory and methods, 1981 (CUP, reprinted  
1988)

E. W. Cheney, An Introduction to Approximation Theory, 2nd ed., New York:  
Chelsea, 1982

R. DeVore, G.G. Lorentz, Constructive Approximation, Springer Verlag, 1993.

K.-G. Steffens The History of Approximation Theory: From Euler to Bernstein,  
Birkhauser, Boston 2006

J. Davis, Interpolation and Approximation, Dover Publications, 1975.

## Algorithms on Graphs

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור – 3, תרגיל – 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אלגברה ליניארית, מתמטיקה בדידה

הנושאים שיילמדו בקורס:

גרפים מכוונים ובלתי מכוונים: הגדרות ודוגמאות של בעיות הניתנות לפתירה על ידי גרפים; מושגים בסיסיים: גרף שלם, גרף דו-צדדי, טיול ומסלול, מעגל; דרגה של צומת ומשפט EULER. גרפים קשירים; עצים: הגדרות, דוגמאות ואיפיון; יישומים: בניית קוד הצפנה מושלם על ידי קבוצות בלתי תלויות ואלגוריתם חמדני לבניית קבוצה בלתי תלויה בגודל מכסימלי בגרפים מכוונים היטב המרחב הוקטורי של המעגלים: בסיס ומימד; ייצוג גרפים על ידי מטריצות: מטריצת שכנויות ומטריצת הפגישה; ערכים עצמיים של מטריצת שכנויות; עצים פורשים: בניה וחישוב מספר עצים פורשים, המשפטים של Pruffer, Cayley, Kirchhoff; יישומים: בניית עצים פורשים מינימאליים (האלגוריתמים של Prim, Kruskal), הקוד של Huffman. גרפים מישוריים: נוסחת Euler ויישומים; משפט Kuratowski. האלגוריתמים DFS, BFS, יישומים: חישוב של קוטר של עץ, חישוב של מספר מסלולים קצרים ביותר מצומת מסוים, מיון טופולוגי של גרף, מציאת רכיבים קשירים (היטב), פתרון לבעיית התנועה חד-שיטתית מסלולים קצרים ביותר והאלגוריתם של Dijkstra. גרפים EULER: מעגל EULER ומסלול EULER; אפיון ואלגוריתם לבניה (Hierholzer) גרפים Hamilton, המשפטים של Ore, Dirac, Hamilton ואלגוריתם לבניה מעגל Hamilton יישומים: פתרונות לבעיית הסוכן הנוסע ולבעיה הסינית של הדוור. צביעת גרפים: המספר הכרומטי, האלגוריתם greedy coloring, יישומים: בניית מערכת רמזורים וחישוב של המספר הכרומטי של interval graph. dioids ו: semirings: הגדרות, דוגמאות, תכונות אלגוריתמים בסיסיים בגרפים: ייצוגים על ידי פעולות עם מטריצות ב- semirings.

ספרי לימוד:

T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, Introduction to algorithms, Open Univ., 2001  
 J. Gross and J. Yellen, Graph theory and its applications, CRC Press, 1998  
 E. G. Goodaire and M. M. Parmenter, Discrete mathematics with graph theory, Prentice Hall, 2nd ed., 2002  
 M. Gondran, M. Minoux, Graphs, dioids and semirings, Springer, 2008  
 J. Kepner, J. Gilbert, Graph algorithms in the language of linear algebra, Society for Industrial and Applied Mathematics 2011

## Applied Approximation Theory

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: מבוא לאנליזה מודרנית

הנושאים שיילמדו בקורס:  
קירובים על ידי יריעות ליניאריות: שיטת ריבועים פחותים, קירובים על ידי פולינומים טריגונומטריים, קירובים על ידי ספליינים עם צמתים קבועים, קירובים במידה שווה, דיסרטיזציה של בעיות הקירוב הטוב ביותר.  
קירובים על ידי יריעות לא ליניאריות: קירובים על ידי ספליינים עם צמתים שאינם קבועים, קירובים על ידי פונקציות רציונאליות, קירובים רציונאליים דיסקרטיים.  
אינטרפולציה: אינטרפולציה על ידי פולינומים, אינטרפולציה במרחבים חד ורב מימדים, אינטרפולציה על ידי ספליינים.

ספרי לימוד:

M J D Powell, Approximation theory and methods, 1981 (CUP, reprinted 1988)  
E. W. Cheney, An Introduction to Approximation Theory, 2nd ed., New York: Chelsea, 1982  
R. DeVore, G.G. Lorentz, Constructive Approximation, Springer Verlag, 1993.  
K.-G. Steffens The History of Approximation Theory: From Euler to Bernstein, Birkhauser, Boston 2006

## Bayesian Approach in Signal and Image Processing

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: טורי פורייה והתמרות אינטגרליות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
שיטת Bayes בסביבה מרועשת מיושמת בהצלחה רבה כבר עשרות שנים. הקורס יגיש את  
הן יסודות השיטה והן מספר רחב של דוגמאות בעיבוד אותות ותמונות: הפחתת רעש,  
שערוך פרמטרים, עקיבה, גלוי אות ושיטות נומריות.

ספרי לימוד:

- E.T. Jaynes, Probability Theory: The Logic of Science, Cambridge University Press, 2003.  
D. Sivia and J. Skilling, Data Analysis: A Bayesian Tutorial, Oxford University Press, 2006.  
W.M. Bolstad, Introduction to Bayesian Statistics, Wiley-Interscience, 2007.  
C.P. Robert, The Bayesian choice, Springer, 2007.  
G. Aubert and P. Kornprost, Mathematical Problems in Image Processing, Springer, 2006.  
N. Paragios, Y. Chen and O. Faugeras (Eds), Handbook of Mathematical Models in Computer Vision, Springer, 2005.  
T. Chan and J. Shen, Image Processing and Analysis, SIAM, 2005.

Mathematical Foundations of Coding Theory

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: הרצאה - 3 שעות, תרגול - 1 שעה, סה"כ שעות - 4  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: מתמטיקה דיסקרטית, אלגברה לינארית

הנושאים הנלמדים:

1. תורת האינפורמציה: הגדרות בסיסיות ואנטרופיה
2. קודים ללא רעש: עקרונות וקוד Huffman
3. קודים בנוכחות רעש: קו תקשורת מרועש ומשפט אומדן הסיכוי של שגיאה
4. מבנים אלגבריים:
  - (1) חוג המספרים השלמים: פריקות, יחס שקילות, שדות  $\mathbb{Z}/(p)$ , אריתמטיקה מודולארית.
  - (2) חבורות: הגדרות, משפט Lagrange, חבורות ציקליות, הומומורפיזם, גרעין ותמונה, תתי-חבורות, שורשי היחידה, חבורות ותמורות
  - (3) חוגים ושדות: הגדרות, הומומורפיזם, גרעין ותמונה, אידאליים.
  - (4) פולינומים: פריקות, אלגוריתם Euclid
  - (5) שדות סופיים: חזרה על  $\mathbb{Z}/(p)$  בנקודת מבט כללית
5. קודים דואליים: Hamming
6. Primitive element in finite field and polynomial rings
7. קודים RS ו-BCH

ספר לימוד:

Paul Garrett, The Mathematics of Coding Theory, Pearson Education, 2004.

## Mathematical Simulation

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות רגילות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
שיטה ממוחשבת לפתרון של בעיות טכנולוגיה. ניתוח הבעיה. מודלים מתמטיים נבחרים ותכנותי. מודל דיפרנציאלי. מודל דיסקרטי. מודל סטוכסטי. דוגמאות.  
הפכת המודל לאלגוריתם. אלגוריתמים נבחרים למודלים מסוג דיפרנציאלי, דיסקרטי וסטוכסטי. דיבגינג של תוכנית מדעי. אמות חישובים. ניתוח התוצאות.  
ויזואליזציה מדעית, ממשק גרפי למשמש. תוכניות לויזואליזציה. לגרפים דו-ממדיים, תלת-ממדיים. שימוש בצבע. אנימציה מדעית.

ספרי לימוד:

De Vries, G. et al. A course in Mathematical Biology – Quantitative Modeling with Mathematical and Computational Methods. SIAM Mathematical Modeling and Computation, 2006.

Ogata, K. System Dynamics. 2nd ed. Prentice Hall, 1991.

Fowkes, N. D., Mahony, J.J. An Introduction to Mathematical Modeling. Wiley, 1994.



## Image Processing in Biomedicine

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
ניתוח ואפיון תמונות מהדמיה רפואית ופיסיולוגית, יישום במערכות רפואיות של ייצוג תמונה  
באמצעות פורמליזם מתמטי, שיפור תמונה וסינון ליניארי, הנחתת רעשים, התמרות  
מורפולוגיות, זיהוי סף, טיפול באמצעות אזורי חיפוש, שחזור תמונה, סדרות של תמונות,  
שיטות לעיבוד נתונים זמניים וייצוג תלת-ממדי של גופים דינמיים (לב), יישום של שיטות  
הדמיה שונות בקליניקה.

ספרי לימוד:

Jiri Jan, Medical Image Processing, Reconstruction and Restoration (Signal  
Processing and Communications), CRC Press, 2006  
R. E. Gonzalez and R. C. Woods, Digital Image Processing, 2nd dition,  
Prentice Hall, 2002  
S.G. Hoggar, Mathematics of Digital Images Creation, Compression,  
Restoration, Recognition Cambridge University Press, 2006  
A.C. Kak, M. Slaney, Principles of Computerized Tomographic Imaging, SIAM  
2001  
A.P. Dhawan, Medical Image Analysis IEEE PRESS, 2003

## Stochastic Optimization

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 אופטימיזציה דטרמיניסטית וסטוכסטית; סיקוס של שיטות קלאסיות והגבלות שלהם. מבוא לחיפוש מקרי. שיטת Monte-Carlo. שיטות של תוכנית אופטימאלי, תוכנית ניסיונית. שיטות רקורסיביות עבור מערכות ליניאריות. שיטת הריבועים המינימאליים, שיטת הריבועים הרקורסיביים.  
 פילטר של Kalman. התקרבות סטוכסטית מבוססת לשיטת גרדיאנט (Robbins-Monro)

התקרבות סטוכסטית חופשית מגרדיאנט: שיטת הבדלים סופיים ושיטת דאגה סימולטנית (בו-זמנית). אופטימיזציה סטוכסטית עם דאגה בו-זמנית: יעילות וניתוח תיאורטי, יישומים. התקרבות סטוכסטית עם דאגה בו-זמנית: שיטות מתקדמות ודוגמאות. שיטת לחשל מזעף ושיטות קרובות. חישובים מתפתחים: אלגוריתמים גנטיים, תכנון מתפתח, אסטרטגיות של התפתחות (אבולוציה). חישוב התפתחותי (המשך): השוואה בין שיטת התפתחות ושיטות אחרות. לימוד מחשבי: Q-לימוד, שיטת ההבדלים זמניים וכו"ל. אופטימיזציה מבוססת בסימולציה: יישום של סימולציית Monte-Carlo עבור תהליך האופטימיזציה, יישומים של שיטות הנ"ל.

ספרי לימוד:

- Cairol, R. and Dalang, R.C. Sequential Stochastic Optimization. Wiley, 1996.  
 Chen, G., Chen, G. and Hsu, S.H. [Linear Stochastic Control Systems](#). CRC, 1995.  
 Stengel, R.F. Optimal Control and Estimation. Dover Publications, 1994.  
[Zhou, X.Y. and Yong, J. Stochastic Controls: Hamiltonian Systems and HJB Equations](#). Springer, 1999

## Discrete Optimization

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
אלמנטים של אנליזה קמורה. מושגים מתמטיים באופטימיזציה. בעיות אופטימיזציה ללא אילוצים. אופטימיזציה לא ליניארית ללא אילוצים. דואליות והתנאים Karush-Kun-Takker. אלגוריתמים לאופטימיזציה.

ספרי לימוד:

Korte, B. and Wygen, J. Combinatorial Optimization. Springer, 2nd ed., 2002.  
Kocay, W. and Kreher, D. L., Graphs, Algorithms and Optimization, Chapman & Hall/CRC, 2004.  
Wu, B.Y. and Chao, K.M. Spanning trees and optimization problems. Chapman & Hall/CRC, 2004  
Lee, J. A first course in combinatorial optimization, Cambridge University Press, 2004  
Papadimitriou, C. H. and Steiglitz, K. Combinatorial optimization : algorithms and complexity. Dover Publications, 1998.

## Introduction to Finite Elements

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות רגילות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 בעיות שפה חד-ממדיות ושיטות אנליזה מקורבות. שיטה של Ritz, שיטה של Bubnov-Galerkin. פיתוח מטריצה לאלמנט ליניארי. הרכבה מטריצת הבעיה השלמה ממטריצות האלמנט. תנאי גבול הומוגני ואי-הומוגני.  
 בעיות שפה דו-ממדיות (בעיות שדה). אלמנטים ליניאריים ודו-ליניאריים. מערכות יסוד שונות. פיתוח מטריצות האלמנט לאלמנט ליניארי (משולש) ודו-ליניארי (מלבן). הרכבה מטריצת הבעיה השלמה ממטריצות האלמנט. תנאי שפה הומוגני ואי-הומוגני.  
 שימוש בשיטת אלמנטים סופיים לבעיות על ערכים עצמיים, יישום שיטת אלמנטים סופיים לחישובי תנודות.  
 מעבדת מחשב: מבוא לתכנית MAPLE - תכנית לחישובים סימבוליים. יסודות שפה של MAPLE. יישום של MAPLE לאלמנטים סופיים.

ספרי לימוד:

Buchanan, G.R. . Shaum's Outline of Theory and Problems of Finite Element Analysis. McGraw-Hill, 1995.  
 Mori, M, The Finite Element Method and Its Applications. Macmillan Press, 1986.  
 Segerlind, L.J. Applied Finite Element Analysis, Wiley, 2nd ed., 1984.  
 Portela, A. and Charafi, A. Finite Elements Using MAPLE: a symbolic programming approach. Springer, 2002.  
 Zienkiewicz, O. C., Taylor, R.L. and Zhu, J.Z. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Butterworth-Heinemann, 6th ed., 2005.

## Fluid Mechanics

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5

דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 2, משוואות דיפרנציאליות חלקיות

הנושאים שיילמדו בקורס:

הרצף, הנוזל והגז המושלם. השדה ההידרוסטאטי. כוחות הפועלים על גופים מטובעים, חוק ארכימדוס. קווי מסלול, זרם ועקבה. מערכת ונפח בקרה. שימור מסה בנפח בקרה ובצורה דיפרנציאלית. שימור תנע. שימור מומנט המומנטום בנפח בקרה. חוק ברנולי ושימושיו. אנליזה מימדית וקבוצות חסרות מימד. הקשרים בין מודל לאב-טיפוס. מבוא לזרימה פוטנציאלית, שימור צירקולציה. פוטנציאל זרימה ופוטנציאל זרם. עילוי של כנף גלילית. זרימה צמיגה: משוואות נביה-סטוקס. זרימת פואסייל. מבוא לשכבת גבול, הפתרון לפי בלאסיוס, השיטה האינטגרלית של פון-קרמן. זרימה טורבולנטית בצינורות ובשכבת גבול. מבוא למודלים בזרימה טורבולנטית.

ספרי לימוד:

Pnueli, D. and Gutfinger, H., Fluid Mechanics, Cambridge University Press, 1992.

Mott, R. L. Applied Fluid Mechanics, Prentice Hall, 5th ed., 1999.

## Mechanics of Solids

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות חלקיות

הנושאים שיילמדו בקורס:

הקדמה. מכאניקה של מוצקים היא אגף של מכאניקה המתארת מוצקים כחומרים רציפים. כלומר היא תיאוריה פינמנולוגית ומטרתה למצוא תאור מתמטי מתאים לעובדות ניסיוניות הנקבעות על ידי ניסויים מיקרוסקופיים. כדי לבצע זה מנסחים משוואות מוגדרות ההתנהגות מכאנית של חומרים ופותרים את המשוואות האלו, יחד עם משוואות תנועה (או שיווי משקל), יחד עם תנאי שפה ותנאי ההתחלה מסוימים. בתוצאות המתקבלות על ידי כך משתמשים כדי לפתור בעיות הנדסה רבות.

מטרה. המטרה של הקורס היא ללמד לסטודנטים את יסודות של מכאניקה של מוצקים ושיטות מתמטיות לפתרון של בעיות הנדסה חשובות.

תוכן הקורס. מבוא. וקטורים וטנזורים. מאמץ בחומר רצוף. מאוות וקצב של מאוות. חומרים ותכונות מכאניות שלהם. בעיות של תורת אלסטיות ליניארית. מאוות פלסטית והתנהגות תלויה בזמן - מוסגים בסיסיים. שבר והתייפות - מוסגים בסיסיים.

ספרי לימוד:

Long, R.R., Mechanics of Solids and Fluids. Prentice-Hall, 1961.

Dowling, N.E. Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue. Prentice-Hall, 1993.

## Heat and Mass Transfer

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות חלקיות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
חוק פורייה, בעיות חד-ממדיות בהולכה. משוואת החום הכללית, בעיות דו-ממדיות בהולכה.  
בעיות במצב בלתי-עמיד.  
מבוא לזרימה. עקרונות מעבר חום בהסעה. מעבר חום בזרימה למינרית וטורבולנטית, בתוך  
צינורות וסביב הגופים. מעבר חום בהסעה חופשית ובהסעה מאולצת.  
מחליפי חום. מעבר חום במחליפי חום בזרימה מקבילה, נגדית וניצבת. שיטת הפרש  
טמפרטורה לוגריתמית ממוצע ושיטת יחידות מעבר חום תיאורטיות.  
מעבר חום בקרינה. הגוף השחור, הגוף הממשי. מעבר חום במערכות סגורות, מקדמי מעבר  
חום בקרינה. קרינת שמש ויישומיה.  
חוק פיק ומעבר מסה. אנלוגיה בין מעבר חום לבין מעבר מסה.

ספרי לימוד:

Bejan, A.D. Heat Transfer. Wiley, 1993  
Holman, J.P. Heat Transfer. McGraw-Hill, 8th ed., 1997.

## Linear Control Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
תורת המערכות. מרחב המצב. מטריצה העברה (טרנספר). יכולת שליטה  
(קונטרולאביליות). יכולת הצפיה (אובסרבביליות).  
מערכות פידבק. יציבות. המשפט הכללי של נאיקיביסט. בעיית הסטביליזציה.  
חוסן (robustness) : דוגמנות של אי ודאות, מטריצות של רגישות.

ספרי לימוד:

- Anderson, B. and Moore, J.,. Optimal Control: Linear Quadratic Methods.  
Prentice- Hall, 198
- Antsaklis, P. and Michel A. Linear Systems. Series in Electrical and  
Computer Engineering. McGraw-Hill 1997.
- Friendland, B. Control System Design: An Introduction to State Space  
Methods. MsGraw-Hill, 1987.
- Klamka, J. Controllability of dynamical systems. Kluwer, 1991.
- Liu, C. L. and Jane W.S. Linear system analysis. McGraw-Hill, 1975.
- Kailath, T. Linear Systems. Prentice-Hall, 1980.
- Zabczuk, J. Mathematical Control Theory: An Introduction. Springer, 1992.



## Optimization Methods

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
דוגמאות של בעיות אופטימיזציה בתחומי פיסיקה, הנדסה, כלכלה. תכנון ליניארי, שיטת סימפלקס דואליות, מינימיזציה חד משתנה, מינימיזציה רב משתנים, תכנון קמור. שיטת ירידה תלולה, שטת ניוטון, שיטת הגראדיאנט הצמוד. שיטות כנס. שיטת כבונים אפשריים, שיטת דואליות.

ספרי לימוד:

Bazaraa, M.S., Sherali, H.D. and Shetty, C.M. Nonlinear Programming: Theory and Applications, Wiley, 2nd ed., 1994.  
Bertsekas, D. P., [Nonlinear Programming](#) Athena Scientific, 2nd ed., 1999.  
[Deterministic Global Optimization: Theory, Algorithms and Applications](#) Kluwer, 1999.  
Nash, S. and Sofer, A., [Linear and Nonlinear Programming](#) McGraw-Hill, 1996.  
Nemhauser, G.L., Rinooy Kan, A.H.G. and Todd, M.J. Handbooks in Operations Research and Management Science, 1: Optimization. Elsevier, 1989.

## Qualitative Methods for Dynamical Systems

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: משוואות דיפרנציאליות רגילות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מרחב פאזה. מרחב פאזה חד-ממדי: יציבות, נקודות שבת, סיווג של נקודות שבת, מוסג של ביפורקציה (פיצול).  
מערכות דו-ממדיות סיווג של נקודות שבת ליניאריות ואי-ליניאריות. סיווג של נקודות שבת. שקילות טופולוגי, יציבות המבנה של המערכת, ביפורקציה, מחזור הגבול. תיאוריה של Poincaré-Bendixon. ביפורקציה של Hopf. מבוא למערכות תלת-ממדיות.

ספרי לימוד:

Arrowsmith, D.K. and Place, C.M., Ordinary Differential Equations: A Qualitative Approach with Applications. Chapman&Hall, 1982.  
Drazin, P.G. Nonlinear Systems. Cambridge University Press, 1992.  
Dumortier, F. , Libre, J. and Artes, J.C. Qualitative Theory of Planar Differential Systems. Springer, 2006.  
Jordan, D.W. and Smith, P. Nonlinear Ordinary Differential Equations: An Introduction to Dynamical Systems. Oxford University Press, 1999.  
Verhulst, F. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. Springer, 2006.

## Advanced Topics in Optimal Control

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:

בקרה אופטימלית של מערכות ליניאריות: Attainability Set עבור מערכות עם בקרה חסומה. בקרת נימום זמן במערכות ליניאריות. בקרה למינימום של מחיר אינטגרלי חסום. בקרה אופטימלית. תנאים הכרחיים ותנאים מספקים לבקרה אופטימלית, עקרון המקסימום. שיטת תכנון דינמי. מערכות עם אילוצים של משתני המצב. שיטות קירוב וישומיים: שיטות קירוב אנליטיות, שיטות נומריות מקורבות, יישומי בקרה אופטימלית במערכות הנדסיות.

ספרי לימוד:

Ioffe, A., Reich, S. and Shafir, I. Calculus of Variations and Optimal Control Technion 1998. Chapman & Hall/CRC, 1999.

Barnett, S. and Cameron, R. G. [Introduction to Mathematical Control Theory](#). Oxford University Press, 2nd ed., 1990.

Saberi, A., Stoorvogel, A.A. and Sannuti, P. Control of Linear Systems With Regulation and Input Constraints. Springer, 2000.

Siouris, G. M. [An Engineering Approach to Optimal Control and Estimation Theory](#). Wiley, 1997.

Levine, W. E. The Control Handbook. CRC Press, 1997

## Numerical Methods in Optimization

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
אופטימיזציה בלי אילוצים: שיטות Newton ו-quasi-Newton, שיטות DFP ו-BFGS,  
תחומי הביטוח, שיטות Levenberg-Marquardt, שיטות ריבועים.  
אופטימיזציה עם אילוצים: תורת האופטימיזציה עם אילוצים, גורמי Lagrange, תנאי  
Karush-Kuhn-Tucker, קמורה, דואליות, תכנון ריבועי, אופטימיזציה עם אילוצים  
ליניאריים ולא ליניאריים, פונקציות של קנס ומחסום, שיטות ישירות בר-ביצועיות, אלגוריתם  
Karmakar/.

ספרי לימוד:

Fletcher, D. Practical Methods of Optimization. Wiley, 2nd ed., 1987.  
Floudas, C., Deterministic Global Optimization: Theory, Algorithms and  
Applications. Kluwer, 1999.  
Nemhauser, G.L., Rinooy Kan, A.H.G. and Todd, M.J. Handbooks in  
Operations Research and Management Science, 1: Optimization. Elsevier,  
1989.

## Optimal Control Theory

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: אין

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 אופטימיזציה סטטית. ביעה של ריבועים מינימליים. בקרה אופטימלית בזמן בדיד. שיטת התכנון הדינמי.  
 חשבון וריציונלי: ביעות של אוילר- לגרנז' ו ביעות של בולץ. הגדרה כללית של בקרה אופטימלית בזמן רציף. המילטוניאן. עיקרון המקסימום. בעיית הזמן המינימלי. בקרה אופטימלית סינגולרית.

ספרי לימוד:

Ioffe, A., Reich, S. and Shafir, I. Calculus of Variations and Optimal Control : Technion 1998. Chapman & Hall/CRC, 1999.  
 Barnett, S. and Cameron, R. G., [Introduction to Mathematical Control Theory](#). Oxford University Press, 2nd ed., 1990.  
 Saberi, A., Stoorvogel, A.A. and Sannuti, P. Control of Linear Systems With Regulation and Input Constraints. Springer, 2000.  
 Siouris, G. M. [An Engineering Approach to Optimal Control and Estimation Theory](#). Wiley, 1997.  
 Levine, W. E. The Control Handbook. CRC Press, 1997.  
 Rokafellar, R. Convex Analysis. Mir, 1973.

## Stochastic Processes

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: הסתברות וסטטיסטיקה

הנושאים שיילמדו בקורס:  
שרשרות מרקוב, תהליך פואסון, תהליכי הסתעפות, תהליכים מקריים, תהליכי לידה ומוות,  
תהליכי מרטינגל. משתנים אקראיים: חזרה על המושגים הבסיסיים של תורת ההסתברות.  
תהליכים מקריים: הגדרה ודוגמאות, אפיונים בסיסיים, תהליכים מקריים בסיסיים: תהליכי  
גאוס, תהליכי מרקוב, תהליכים הומוגנים וסטציונריים, תהליכי מרקוב: תכונות מרקוב,  
משוואת Chapman – Kolmogorov, תהליכי מרקוב סטציונריים, שרשרות מרקוב,  
תהליכים עם תוספות בלוני תלויות תנועת בראון, תהליך פואסון, תהליכי לידה – מוות.  
דוגמאות ושימושים.

ספרי לימוד:

Karlin, H. and Taylor M. A First Course in Stochastic Processes. Academic Press, 2nd ed., 1975.

Papoulis A. Probability, Random Variables and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 3rd ed., 1991.

Gardiner W.C. Handbook of Stochastic Methods for Physics, Chemistry and the Natural Sciences. Springer, 2002

## Introduction to Catastrophe Theory

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: חשבון אינפיניטסימלי 2

הנושאים שיילמדו בקורס:  
מושגי יסוד בתורת הקטסטרופות. מכונת הקטסטרופות של זימן. קיפול ונקודות חוד. ניתוח  
של הנקודות הקריטיות. יציבות וטרנסוורסאליות. שבע קטסטרופות יסודיות. שימושים  
בפיסיקה, אופטיקה, טכנולוגיה וברפואה.

ספרי לימוד:

Poston, T. and Stewart, I. Catastrophe Theory and Its Applications. Dover  
Publications, 1996.

Gilmore, R. Catastrophe Theory for Scientists and Engineers. Dover  
Publications, 1993.

Brown, C., Chaos and Catastrophe Theories (Quantitative Applications in the  
Social Sciences). SAGE Publications,

## Applied Complex Analysis

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
 שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
 נקודות זכות: 3.5  
 דרישות קדם: פונקציות מרוכבות

הנושאים שיילמדו בקורס:  
 מיפוי קונפורמי

זווית בין העקומות, שמירה על גודל הזווית, גורם הגדלת השטח, תנאי לקונפורמאליות בנקודה, דיפרנציאל המיפוי ממישור במישור, בעיית גריון' ופתרונה, משוואת בלטרמי ודיפרנציאל בלטרמי, דוגמאות של העתקות קונפורמיות. העתקות ביליניאריות (מיוביאוס) ותכונותיהן, מודל פואנקרה של הגיאומטריה הלא אוקלידית, עיקרון סימטריה של שורץ-כריסטופל, משפט רימן על העתקה קונפורמית של תחום פשוט קשר ויישומיו, מיון תחומי פשוט קשר, העתקות של המצולע על העיגול. יישומים של מיפוי קונפורמי במכאניקה ופיסיקה יישומים בהידרודינאמיקה, פוטנציאל מרוכב של הזרימה, יישומים באלקטרוסטטיקה, שדה אלקטרוסטטי, פוטנציאל מרוכב של שדה אלקטרוסטטי. תורת מטען חלול. בעיות השפה בתורת הפונקציה ויישומיה פונקציות הרמוניות, בעיות השפה של תורת האלסטיות, אינטגרל קושי ובעיות השפה.

פרי לימוד:

Y-K. Kwok, Applied Complex Variables for Scientists and Engineers, Cambridge University Press, 2002.  
 N.H. Asmar, G.C. Jones, Applied Complex Analysis with Partial Differential Equations, Mathematics, Prentice Hall, 2002.  
 W. Abikoff, The Real Analytic Theory of Teichmueller Space, Springer-Verlag, 1980.  
 M.A. Lavrentiev, B.V. Shabat, Problem of Hidrodynamics and their Mathematical Models, 2nd ed., 1977, Nauka, Moscow.  
 M. J. Ablowitz and A. S. Fokas, Complex Variables: Introduction and Applications (2nd edition, C.U.P., Cambridge, 2003).  
 J.W. Dettman, Applied Complex Variables, Dover Publications, Inc., New York, 1984

חומר לימוד באתר האינטרנט של המחלקה.