

קורסי חובה

אלגוריתמים מתקדמים 66003

Advanced Algorithms

היקף הקורס: 4 נ"ז

דרישות קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים, הסתברות

מטרת הקורס

עולם המחשוב מעלה דרישות ואתגרים המצריכים חשיבה ופיתוח כלים אלגוריתמיים חדשים. מטרת הקורס - לענות על צרכים אלו ולהעניק לסטודנט חשיפה רחבה ומעמיקה בתחום זה, שיש לו השלכות יישומיות מהותיות על מדעי המחשב. חשיפה זו למחקר בתחום מפתחת יכולת לגשר בין היכולות המוגבלות שהמחשב מעניק (מבחינת סדרי זמן ומקום) למציאת יישומיים יעילים ומעשיים, למשל, על ידי אלגוריתמים קירוביים.

נושאי הקורס

- אלגוריתמיים הסתברותיים. (Min-Cut, Skip-list)
- תכנון ליניארי (הגדרה, השפעה על אלגוריתמי קירוב (כיסוי קודקודים, כיסוי קבוצות). אפיון הפתרון האופטימלי, שיטת הסימפלקס, דואליות, אלגוריתם האליפסואיד
- אלגוריתמי קירוב (הגדרה, הצגה ופתרון הבעיות: סוכן נוסע, Bin Packing, יחס קירוב, PTAS – סכמה קירובית פולינומיאלית)
- אלגוריתמים מקוונים - Online (הגדרת המודל, יחס תחרותיות, הצגת בעיות (Ski-Rental, K-Server problem).
- אלגוריתמים מקבליים (מיונים מקבליים, הנפה של ארטוסתנס, כפל מטריצה בוקטור)

ביבליוגרפיה

1. Lecture notes of the course Advanced Algorithms at MIT: <http://people.csail.mit.edu/moitra/854.html>, 2016.
2. M. Mitzenmacher, E. Upfal. Probability and Computing: Randomization and Probabilistic Techniques in Algorithms and Data Analysis 2nd Edition, Cambridge University Press, 2017.
3. D. P. Williamson, D.P. Shmoys. The Design of Approximation Algorithms, Cambridge University Press, 2011.
4. A. Borodin, R. El-Yaniv, Online Computation and Competitive Analysis, Cambridge University Press, 2005.

5. G. Blelloch, B. Maggs, Parallel algorithms, chapter from online book,
<http://www.cs.cmu.edu/~guyb/papers/BM04.pdf>
6. U. Vishkin, Thinking in Parallel: Some Basic Data-Parallel Algorithms and Techniques, 2010
<http://users.umiacs.umd.edu/~vishkin/PUBLICATIONS/classnotes.pdf>

מתמטיקה מתקדמת 66004

Advanced Mathematics

היקף הקורס: 4 נ"ז

דרישות קדם: אינפי 2, אלגברה ליניארית

מטרת הקורס

להקנות לסטודנטים ידע, שיטות וכלים במתמטיקה המודרנית.

נושאי הקורס

מרחבים מטריים, מרחבים נורמיים, העתקות ליניאריות בין מרחבים נורמיים, נורמות מטריציונליות, מרחבי מכפלה פנימית, טורי פוריה, ערכים עצמיים וסינגולריים, גרפים מרחיבים, פירוק SVD, אופטימיזציה עם וללא האילוצים, מושגים בקמירות, תכנון ליניארי, אלגוריתם הסימפלקס, דואליות, התמרת פוריה, אנליזה הרמונית על ישיר, על קובייה דיסקרטית ומעגל היחידה, קירובים פולינומיאליים.

ביבליוגרפיה

1. T. Bühler, Theo; D. A. Salamon, Functional analysis. Graduate Studies in Mathematics, 191. American Mathematical Society, Providence, RI, 2018.
2. C. Costara, Exercises in functional analysis, Kluwer Academic Publishers, 2003.
3. א. פארן, ד. ליבוביץ אלגברה ליניארית 1, האוניברסיטה הפתוחה, 2017.
4. א. לוי, מבוא לאנליזה פונקציונלית, האוניברסיטה הפתוחה, תשס"ט 2009.
5. א. יעקובוב, אלגברה ליניארית: תיאוריה, תרגילים ופתרונות, מכון טכנולוגי חולון, H.I.T., 2006.
6. ס. זעפרני, טורי פורייה והתמרות אינטגרליות, הטכניון. הפקולטה למתמטיקה, 1997.

קורסי בחירה

קורסים באשכול תאורטי

Theory

אלגוריתמים להתאמת תבניות 66101

Pattern Matching

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : תכנון וניתוח אלגוריתמים

מטרת הקורס

המחקר בתחום התאמת תבניות תורם ליישומים רבים, כגון עיבוד טקסטים, חיפושים יעילים במאגרי מידע גדולים במיוחד, עיבוד תמונה, ביולוגיה מולקולארית. אי לכך, קיים צורך בפיתוח שיטות אלגוריתמיות רבות עוצמה הקשורות להתאמת תבניות. הקורס מאפשר היכרות עם מחקריים עכשוויים בתחום התאמת תבניות, ועם כלים אלגוריתמיים הרלוונטיים החדשים ביותר. דרך התמודדות עם בעיות בתחום, סטודנטים בקורס ירכשו יכולת לנתח וליישמן במידת הצורך.

נושאי הקורס

- התאמת תבניות באמצעות אוטומטים
- התאמת שמות
- דטרמיניסטיות
- מחזוריות
- עצי סיפא (גישה און-ליין, זמן עיבוד זהה לתו)
- קונבולוציות
- אלגוריתמי קירוב להתאמת תבניות
- שימוש בתכנות דינמי להתאמת תבניות
- שיטות גיאומטריות.

ביבליוגרפיה

1. M. Crochemore, C.Hancart, T.Lecroq, Algorithms on Strings, Cambridge University Press, 2014.
2. G. Navarro, M. Raffinot. Flexible Pattern Matching In Strings, Cambridge University Press, 2007.
3. מאמרים עדכניים

אלגוריתמים על רשתות 66102 Algorithms on Networks

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : תורת הגרפים

מטרת הקורס

בהרבה אפליקציות, רשתות וגרפים משמשים כמודלים מתמטיים. דוגמאות אופייניות הן רשתות הדרכים ורשתות האלקטרוניקה, רשת האינטרנט. ביישומים אחרים, מודל הגרף יכול להיראות פחות מובן מאלי, אבל מתגלה כשימושי בהחלט, למשל בבעיות תזמון. בקורס הזה, נראה איך ניתן לתרגם בעיות שונות למודל הרשת, כמו כן נראה בעיות אלגוריתמיות ואת הפתרונות שלהן ברשתות ובגרפים.

נושאי הקורס

- גרפים מכוונים כמודלים מתמטיים ואלגוריתמים מתאימים :
 - בעיות תזמון וסידורי עבודה אופטימליים
 - בעיות תנועה (כגון תזמון רכבות)
 - תחרויות
 - מציאת עץ פורש מינימאלי בגרף מכוון (minimum weight arborescences).
- גרף ה-Web : תכונות ומודלים שונים.
- גרפים בלתי מכוונים כמודלים מתמטיים ואלגוריתמים מתאימים :
 - מציאת זיווגים מקסימאליים לפי משקל בגרפים דו-צדדיים (האלגוריתם ההונגרי) ושימושיו
 - בעיית עץ שטיינר.
- משפחות גרפים ואלגוריתמים בעיצוב VLSI :
 - גרף האינטרוולים
 - גרף התמורות
 - circle graph.

ביבליוגרפיה

1. E. Lehman, F. T. Leighton, A. R. Meyer, Mathematics for Computer Science, Samurai Media Limited, 2017.
2. W. Kokay, D. L. Kreher, Graphs, Algorithms and Optimization, CRC, 2016.
3. D. Jungnickel, Graphs, Networks, and Algorithms, Springer, 4th ed., 2013.
4. K. Erciyes, Distributed Graph Algorithms for Computer Networks, Springer-Verlag London, 2013.
5. N. Sherwani, Algorithms for VLSI Physical Design Automation, Kluwer, 1999.

אלגוריתמי קירוב 66103 Approximation Algorithms

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: אלגוריתמים מתקדמים, תורת הגרפים, חישוביות וסיבוכיות, הסתברות

מטרות הקורס

התמודדות עם בעיות קשות, ש(כנראה) אינן ניתנות לפתרון מדויק בזמן סביר. תכנון וניתוח של אלגוריתמים המספקים פתרון חוקי, "כמעט"-אופטימאלי. בעיות אופטימיזציה הינן בד"כ קשות לפתרון (NP-Complete) ולכן לא ניתן לצפות למצוא פתרונות אופטימאליים בזמן סביר (אלא אם כן $P = NP$). עם זאת, במקרים רבים ניתן למצוא פתרונות "טובים מספיק".

בקורס נדון בשאלה מהם הקריטריונים להערכת איכותו של פתרון. נראה מספר דוגמאות קלאסיות לאלגוריתמים שמוצאים פתרון לבעיות שונות (פתרון שאינו בהכרח אופטימאלי) וננתח את איכות הפתרון שהם מספקים, כלומר עד כמה הפתרון קרוב לאופטימום (בלא שאנו יודעים מהו אותו אופטימום).

הבעיות שבהן נדון: כיסוי קודקודים, חתך מקסימאלי, בעיית הסוכן הנוסע ועוד.

נושאי הקורס

- מבוא, בעיות NP-קשות.
- אלגוריתמי-קירוב קומבינטוריים:
 - חתך מקסימאלי, כיסוי קודקודים, כיסוי קבוצה.
 - תרמיל הגב ובעיות אריזה.
 - בעיית הסוכן הנוסע (תחת מטריקות)
 - k -center
 - עצי שטיינר
- תכנון ליניארי ושיטת primal-dual
 - כיסוי קבוצה
 - MAX-SAT
- סכימות קירוב פולינומיות (PTAS)
 - חיפוש מקומי
 - קבוצה בלתי-תלויה/קבוצה-דוקרת גיאומטריות.
 - Shifting-Strategy (תלוי בהספק)
- משפט ה-PCP ובעיות קשות לקירוב

ביבליוגרפיה

1. Teofilo F. Gonzalez. Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics: Methodologies and Traditional Applications, Volume 1, 2nd edition, Chapman and Hall/CRC 2018.
2. David B. Shmoys, David P. Williamson. The Design of Approximation Algorithms. Cambridge University Press, 2011.
3. Vijay V. Vazirani. Approximation Algorithms, 2nd edition. Springer, 2004.

מאמרים

1. Nabil H. Mustafa, Saurabh Ray. Improved results on geometric hitting set problems. Discrete & Computational Geometry, 44(4), pages 883-895, 2010.
2. Timothy M. Chan, Sarel Har-Peled. Approximation algorithms for maximum independent set of pseudo-disks. Proc. 25th ACM Sympos. on Computational Geometry, 333-340, 2009.

מתורת האינפורמציה הקלאסית לתורת האינפורמציה הקוונטית 66104
From classic information theory to quantum information theory

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : אלגברה ליניארית

מטרות הקורס

הקורס יכלול מבוא לתורת האינפורמציה הקלאסית ובפרט לתיאור של שנון. לאחר מכן הקורס יעסוק בהצגה של יסודות תיאורטיים של מערכות קוונטיות, והשלכות לנושאים כגון משפט אי העתקה, קידוד דחוס, תיקון שגיאות בערוץ קוונטי ואלגוריתמים קוונטיים להצפנה. הקורס דורש ידע קודם באלגברה ליניארית אבל איננו דורש ידע קודם בפיזיקה בכלל ובמכניקת קוונטים בפרט.

נושאי הקורס

- מבוא לאינפורמציה ואנטרופיה
- אי שוויון ינסן (Jensen) ואי שוויון פאנו (Fano)
- קידוד ערוץ תקשורת – גבולות
- אנטרופיה יחסית
- קיבולת ערוץ עם שגיאות
- הקדמה מהירה לנושאים באלגברה ליניארית
- מבוא לתורת הקוונטים I – Qubit
- משפט אי העתקה, קידודים משלימים ואלגוריתם ההצפנה BB84
- EPR, שיזור (Entanglement) ומדדים
- אלגוריתם ההצפנה מבוסס EPR (E91 protocol).
- טלפורטציה וקידוד צפוף (Teleportation and Dense Coding).
- חיפוש קוונטי (Grover algorithm) או פירוק מספרים לגורמים קוונטי (Shor algorithm)
- תיקון שגיאות בערוץ קוונטי

ביבליוגרפיה

1. M. M. Wilde, Quantum Information Theory, Cambridge University Press, 2nd edition, 2017.
2. MIT Open Lecture Notes
<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-441-information-theory-spring-2016/lecture-notes/>

3. J. Watrous. Lecture Notes, <https://cs.uwaterloo.ca/~watrous/LectureNotes.html> , 2011.
4. M. A. Nielsen, I. L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 10th edition, 2010.
5. T. Cover, and J. Thomas. *Elements of Information Theory*. 2nd ed. New York, Wiley-Interscience, 2006.
6. J. Preskill. Lecture Notes <http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html#lecture>

מבני נתונים מתקדמים 66105
Advanced Data Structures

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : מבני נתונים, תורת הגרפים, תכנון וניתוח אלגוריתמים

מטרת הקורס

בקורס יילמדו שיטות מתקדמות לשמירת נתונים ואחזורם ובמבני נתונים מתקדמים שנועדו לענות על הצרכים העולים בתחומים שונים של מדעי המחשב, כגון היררכיית הזיכרון במחשב, בסיסי נתונים, מילונים ועוד.

נושאי הקורס

- זמן משוערך (amortized) ומבני הנתונים :
 - ערימות פיבונצ'י
 - עצי חיפוש מתקדמים - עצי-B, עצים 2-3, splay trees , עץ אינטרוולים וכו'.
- נושאים מתקדמים בפונקציות גיבוב (hash) ושימושיהן
- מבני נתונים רב-ממדיים
- מבני נתונים דינמיים ומבני נתונים רנדומליים.

ביבליוגרפיה

1. R. Thareja, S. Rama Sree. Advanced Data Structures, Oxford University Press 2017.
2. E. Demain, Lecture notes in Advanced Data Structures, MIT 2012.
3. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest and C. Stein, Introduction to Algorithms, 3rd Edition, MIT Press 2009.
4. P. Brass. Advanced Data Structures, Cambridge University Press, 2008.

מודלים ושיטות אפיון של מערכות מקביליות ותגובתיות 66106
Models and Specification Methods for Concurrent and Reactive Systems

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : מתמטיקה בדידה, תורת האוטומטים

מטרת הקורס

המטרה המרכזית היא להציג ולהשוות במסגרת אחידה את העקרונות הכלליים של מגוון הגישות לאפיון ואנליזה של מערכות מקביליות. סטודנטים בקורס יוכלו להכיר מוטיבציה, מושגים ושיטות סימון המאפשרים למתכנני מערכות כאלה חשיבה וניסוח מדויקים, וגם הוכחת נכונותן. לצורך השגת המטרה :

הדגש בקורס יהיה על האינטואיציה ועל הצד היישומי. הדבר יבוא לידי ביטוי דרך סדרת דוגמאות המציגות את השאלות והבעיות הטיפוסיות הקשורות למערכות מקביליות. לאורך הקורס נעשה שימוש בכלי תוכנה אשר מיישמים את הגישות הנלמדות, ומאפשרים לסטודנט התנסות מעשית באפיון פורמלי ואנליזה של מספר מערכות קלאסיות.

נושאי הקורס

- תהליכים סדרתיים ומערכות מעבר מתוויות (Labeled Transitions Systems – LTS),
- שקילויות של תהליכים :
 - השוואת עצי חישוב
 - השוואת שפות
 - ביסימולציה חזקה וביסימולציה חלשה
- הגדרה, בדיקה ואימות של תכונות התנהגות עבור תהליכים :
 - לוגיקה טמפורלית CTL
 - לוגיקת Hennessy-Milner
 - כלי Concurrency Workbench
- הרכבה מקבילית (parallel composition) של תהליכים - סוגים שונים והשוואתם :
 - selective composition
 - Milner composition
 - broadcast composition
- תחשיבי תהליכים - CCS (Systems Calculus of Communicating) , LOTOS
- גישות חזותיים לאפיון התנהגות :
 - רשתות Petri
 - Statecharts

ביבליוגרפיה

1. W. Reisig. Understanding Petri Nets: Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies. Springer, 2013.
2. L. Aceto, A. Ingolfsson, K.G. Larsen, J. Srba. Reactive Systems: Modeling, Specification and Verification. Cambridge University Press, 2007.
3. D. Harel and M. Politi, Modeling Reactive Systems with Statecharts: The STATEMATE Approach, McGraw-Hill, 2005. Available online:
<http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~harel/STM.Book/>

נושאים מתקדמים בהצפנה 66107
Advanced Cryptography in Computer Security

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : תכנון וניתוח אלגוריתמים

מטרת הקורס

לאור ההתפתחות הטכנולוגית המואצת והשימוש היום יומי ברשת האינטרנט, דרושים כלים שיאשרו מגוון פעולות "בסיסיות": תקשורת בטוחה, חתימה דיגיטאלית, קניה מאובטחת ועוד. במהלך הקורס ייחשף הסטודנט לכלי הצפנה חדשים ופרוטוקולים מתקדמים ליישום בעיות פרקטיות הקשורות לפעולות הללו.

נושאי הקורס

מבוא בסיסי לתורת המספרים, הקדמה ורקע למודלים קריפטוגרפיים, פונקציות חד כיווניות (הגדרה פורמאלית, פונקציה חד כיוונית חלשה ופונקציה חד כיוונית חזקה, ביט קשה), הוכחות אפס מידע (הגדרה פורמאלית, הוכחות אינטראקטיביות: דוגמאות, בניה לכל בעיית NP), הוכחות לא אינטראקטיביות: דוגמאות), התקפות על פרוטוקולי הצפנה (התקפות פסיביות, התקפות אקטיביות), חישוב רב משתתפים בטוח (הגדרה פורמאלית, משתתפים הגונים, משתתפים הגונים ושאינן הגונים), חלוקת סוד (הגדרה פורמאלית, משתתפים הגונים, משתתפים הגונים ושאינן הגונים).

ביבליוגרפיה

1. H. Delfs, H. Knebl, Introduction to Cryptography, Principles and applications, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.
2. J. Kath, Y. Lindell. Introduction to Modern Cryptography, 2nd edition, Chapman and Hall/CRC Press, August, 2014.
3. O. Goldreich. Foundations of Cryptography: Volume 2- Basic applications. Cambridge University Press, 2009.
4. O. Goldreich. Foundations of Cryptography: Volume 1- Basic Tools. Cambridge University Press, 2007.

בינה מלאכותית: ייצוג ידע והסק 66108
Artificial Intelligence: Knowledge Representation and Reasoning

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: מבוא לבינה מלאכותית

מטרת הקורס

ללמד את הסטודנט לאפיין ולתכנן מערכות אינטליגנטיות בעזרת כלים לוגיים. הקורס מתאר גישה לבינה מלאכותית ברמת ייצוג ידע שמאפשר פתרון בעיות בעזרת הסק לוגי. זה כולל מגוון רחב של נושאים הקשורים לבינה מלאכותית, רובוטיקה, ובסיסי נתונים, כגון constraint satisfaction, תכנות לוגי, הסק בררת מחדל, תכנון דדוקטיבי ותיאור מערכות דינמיות.

נושאי הקורס

- מערכות ייצוג ידע והסק:
 - ייצוג והנדסת ידע
 - חיפוש במסגרת הסק והעמדה בתנאים (constraint satisfaction)
 - תכנות לוגי.
- הסק לא-מונוטוני (הסק בררת מחדל), אבדוקציה, הסק סיבתי.
- תכנון דדוקטיבי:
 - STRIPS ותכנון בסדר חלקי (partial order planning),
 - תכנון כרזולוציה לוגית.
- ייצוג לוגי של מערכות דינמיות:
 - תיאור פעולות ושינויים
 - תחשיב הסיטואציות ותיאורים זמניים אחרים,
 - ייצוג בתכנות לוגי
 - GOLOG - שפת תכנות לתיאור התנהגות מורכבת, המבוססת על תחשיב הסיטואציות.

ביבליוגרפיה

1. C. Baral, Knowledge Representation, Reasoning, and Declarative Problem Solving. Cambridge University Press, 4th Edition, 2014.
2. M. Gelfond and Y. Kahl. Knowledge Representation, Reasoning, and the Design of Intelligent Agents. Cambridge University Press, 2014.
3. R. Reiter, Knowledge in Action – Logical Foundations for Specifying and Implementing Dynamical Systems. MIT Press, Sep 2001.

1. M. Gebser, R. Kaminski, B. Kaufmann, and T. Schaub. Answer Set Solving in Practice, volume 6 of Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning. Morgan & Claypool, 2012.
2. S. Russell and P. Norvig, Artificial Intelligence. A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd Edition, 2009.
3. F. van Harmelen, V. Lifschitz, and Bruce Porter (editors). Handbook of Knowledge Representation. Elsevier, 2008.

גיאומטריה חישובית 66109
Computational Geometry

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : אלגוריתמים מתקדמים, מבני נתונים

מטרות הקורס :

מטרת הקורס - ללמד בעיות קלאסיות בגיאומטריה חישובית, דרכי ניתוח וטכניקות שונות לפתרון בעיות גיאומטריות.
לגיאומטריה החישובית יש קשר הדוק למגוון רחב של תחומים במדעי המחשב- כגון רובטיקה, עיבוד תמונה, גרפיקה ממוחשבת, תכנון רשתות סלולריות, ועוד.

תיאור הקורס

גיאומטריה חישובית עוסקת באלגוריתמים לפתרון בעיות בעלות אופי גיאומטרי, כגון תכנון מיקום אופטימאלי של משאבים תחת אילוצים שונים, תכנון מסלולי רובוטים ועוד.
נעסוק בבעיות שונות הנוגעות לעצמים גיאומטריים כמו נקודות, ישרים, קטעים, דיסקים ומצולעים : במישור ובמימדים גבוהים יותר. נדון בבעיות כגון : חיתוכים, חישוב קמור במישור, דיאגרמות וורונוי (Voronoi diagrams), חלוקה של מצולע למשולשים, בעיות חיפוש במישור ותכנון תנועת רובוטים.
במסגרת הקורס נכיר ספריות ייעודיות לתכנות של אלגוריתמים גיאומטריים.

נושאי הקורס

- ייצוג עצמים דו-מימדיים (נקודות, ישרים, חצאי מישור, פוליגונים, דיסקים).
- חישוב קמור (convex hull).
- אלגוריתמי סריקה (sweep-line).
- חיתוכי ישרים, קטעים, פוליגונים.
- בעיות שמירה (בעיית הגלריה לאמנות).
- חלוקה לטרפזואידים ושילוש פוליגונים.
- בעיות חיפוש דו-מימדיות. Quad-trees.
- דיאגרמות וורונוי (Voronoi diagrams) ושילוש דלוניי (Delaunay triangulations).
- בעיות אופטימיזציה שונות (למשל, מציאת משולש בעל שטח מינימאלי).

ביבליוגרפיה

1. Handbook of Discrete and Computational Geometry (Discrete Mathematics and Its Applications), 3rd edition, Editors - Jacob E. Goodman, Joseph O'Rourke, Csaba D. Toth. CRC Press, 2017.
2. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein. Introduction to Algorithms, 3rd edition, MIT Press, 2009.
3. M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld, M. Overmars, Computational Geometry: Algorithms and Applications, 3rd ed. Springer Verlag, 2008.

ספרות רשות

1. Handbook of Computational Geometry. J.R. Sack and J. Urrutia (editors) North Holland, 2000.

תורת המספרים 66110

Number Theory

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: אינפי 1, אלגברה ליניארית, מתמטיקה בדידה, תכנון וניתוח אלגוריתמים

מטרת הקורס

הצפנה היא מהנושאים הנדרשים היום כמעט לכל פעילות ממוחשבת, וחלק מהצפנות מבוססות על ידע מתמטי ואלגוריתמי בתורת המספרים, שנותנת לפרוטוקולי ההצפנה עמידות בפני פריצות. במסגרת הקורס, הסטודנט ילמד לעומק את הרקע המתמטי לאלגוריתמים שבאים מתחום תורת המספרים, המהווים כלי עבודה חזקים להבנת ההצפנות הקיימות.

נושאי הקורס

- מושגים מרכזיים בתורת המספרים:
 - הקשר האלגוריתמי של האלגוריתם אוקלידס לסדרת פיבונאצ'י
 - פונקציית אוילר ותכונותיה
 - משוואות מודולריות ופתרון
 - משפט השאריות הסיני
 - שדות סופיים והוצאת שורש בשדות סופיים.
- מספרים ראשוניים:
 - תכונות של אינסופיות הקבוצה ותתי-קבוצות מיוחדות שלה
 - אלגוריתמים לקביעת ראשוניות
 - הקדמות ליישומים בתורת ההצפנה (כגון: הצפנת רבין, RSA, Diffie-Hellman).
- עקומים אליפטיים: הגדרות, תכונות ומערכות הצפנה.

ביבליוגרפיה

1. V. Diekert, M. Kufleitner, G. Rosenberger and U. Hertrampf, Discrete Algebraic Methods: Arithmetic, Cryptography, Automata and Groups, Walter de Gruyter, 2016.
2. H. Delfs and H. Knebl, Introduction to Cryptography, Principles and Applications, Springer-Verlag, 3rd extended edition, 2015.
3. L.C. Washington, Elliptic Curves: *Number Theory and Cryptography*, Discrete Mathematics and its applications, Chapman-Hall/CRC, 2nd edition, 2008.
4. N. Koblitz, A Course in Number Theory and Cryptography, Graduate Texts in Math. No. 114, Springer-Verlag, Second edition, 1994.

הסתברות ומודלים סטוכסטיים 66111
Probability and Stochastic Models

היקף הקורס: 3 נ"ז
דרישות קדם: אנפי 1, הסתברות

מטרת הקורס

הקורס מעמיק את הידע התאורטי בתורת ההסתברות ומציג רעיונות בסיסיים ומתקדמים הנדרשים להבנה אינטואיטיבית ותיאור מתמטי של תהליכים סטוכסטיים. בין היתר, הקורס דן בהרחבה בשרשראות מרקוב ויישומיהן ובתורת התורים.

נושאי הקורס

- סקירה של תורת ההסתברות
- פרקים מתקדמים בתורת ההסתברות
- תיאוריה של תהליכים סטוכסטיים
- שרשרות מרקוב
- מבוא לתורת התורים

ביבליוגרפיה

1. S. M. Ross, Introduction to probability models. 11th edition, Elsevier, 2014.
2. H. Stark and J. W. Woods, Probability and random processes with applications to signal processing, 3rd edition, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
3. A. Papoulis and S. U. Pillai, Probability, random variables and stochastic processes, 4th edition, McGraw Hill, New York, 2002.
4. G. Grimmett and D. Stirzaker, Probability and random processes, 3rd edition, Oxford University Press, Oxford, 2001.

תורת התורים 66112 Queueing Theory

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: הסתברות, הסתברות ומודלים סטוכסטיים

מטרת הקורס

ניתוח אנליטי של מערכות תורים מהווה את היישום הדומיננטי של מודלים סטוכסטיים. מודלים של תורים, מלאי, סיכוני ביטוח ואמינות הם מודלים סטוכסטיים השייכים לאותה משפחה. יישום התיאוריה בא לידי ביטוי בכל תחומי הכלכלה וחקר הביצועים: תחבורה, מדעי המחשב, שרשרות אספקה, רפואה, שיטור, וכ"ו.

נושאי הקורס

1. תהליך פואסון ויישומיו למערכות תורים
2. מערכות שרות מרקוביות
3. המודל $M/G/1$
4. הרחבות של המודל $M/G/1$ (מופע בקבוצות, נטישות)
5. השיטה של רמת המעבר
6. המודל $G/M/1$
7. רשתות תורים

ביבליוגרפיה

1. John F. Shortle , James M. Thompson , Donald Gross , Carl M. Harris. Fundamentals of Queueing Theory (Wiley Series in Probability and Statistics), 5th edition , Wiley 2018.
2. M. Harchol-Balter. Performance Modeling and Design of Computer Systems. Cambridge Univ. Press, 2013.
3. R.W. Wolff. Stochastic modeling and the theory of queues. Prentice – Hall, New Jersey, 1989.

Applications

אלגוריתמי אינטרנט עם יישומים ברובוטיקה 66201
Internet Algorithms with Applications to Robotics

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : אלגוריתמי קירוב

מטרות הקורס

בקורס נדונים בעיות אלגוריתמיות העיקריות הקשורות לתכנון, עיצוב ושימוש באינטרנט, עם יישום אפשרי לרובוטיקה.

נושאי הקורס

- קביעת המבנה של זרימות באינטרנט ב-cyberspace
- אלגוריתמי ניתוב חכמים, כגון BGP- border gateway protocol
- אלגוריתמי חיפוש באינטרנט כגון PageRank
- פרוטוקולי תקשורת כגון TCP
- אלגוריתמים לבחירה חכמה של רובוט מהסוג הטוב ביותר במצבי חוסר וודאות
- אלגוריתמי איזון עומסים עבור HTTP ורובוטים
- שיטות MIN_COST לאופטימיזצית רשתות (אלגוריתם Bellman-Ford וכו')
- בעיות הקשורות ל-DNS (Domain Name Systems)
- אלגוריתמים מבוססים אנטרופיה ואלגוריתמים אחרים לעיבוד נתונים גדולים (Big Data),
- בעיות פתוחות במדעי המחשב הקשורות לאלגוריתמים מדויקים.

ביבליוגרפיה

1. B. Kehoe, S. Patil, P. Abbeel, A Survey of Research on Cloud Robotics and Automation, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering: Special Issue on Cloud Robotics and Automation. Vol. 12, no. 2., Apr. 2015.
2. N. Karumanchi, Data Structure and Algorithmic Thinking with Python, CarrierMonk Publishers, 2015.
3. F. Luccio, L. Pagli, Mathematical and Algorithmic Foundations of the Internet, CRC Press, 2012.
4. M. T. Goodrich, R. Tamassia, Algorithm Design: Foundations, Analysis and Internet Examples, Wiley, 2009.
5. M. T. Goodrich, R. Tamassia, Algorithm Design: Foundations, Analysis and Internet Examples, Wiley, 2006 .

קריאה נוספת

1. P. Simoens, M. Dragone, A. Saffiotti, The Internet of Robotic Things: A Review of Concept, Added Value and Applications. International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 15, no. 1, February, 2018.
2. N. Karumanchi, Data Structure and Algorithmic Thinking with Python, CarrierMonk Publishers 2017.
3. B. Kehoe, S. Patil, P. Abbeel, A Survey of Research on Cloud Robotics and Automation, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering: Special Issue on Cloud Robotics and Automation. Vol. 12, no. 2. Apr. 2015.

נושאים אלגוריתמיים בתורת המשחקים 66202 Topics in Algorithmic Game Theory

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים

מטרת הקורס

סקירה של מגוון נושאים הקשורים למפגש בין שלושת התחומים: כלכלה, תורת המשחקים ומדעי המחשב. בשנת 2015 למעלה מ-90% מרווחי חברת גוגל העולמית הגיעו ממכירת מודעות מילים במנוע החיפוש המקוון של החברה. ניתן לראות את מנגנון מכירת מודעות המילים וקביעת התשלום עבור המודעות כסוג של מכירה פומבית שמבצעת חברת גוגל. דוגמא נוספת: את פלטפורמת המכירות הפומביות העצומה בהיקפה איבבי (ebay) יזם ופיתח תכניתן. הקורס יורכב מהרצאות תיאורטיות ויושם דגש על הקשר לעולם המעשה. הקורס יפתח במבוא קצר לתורת המשחקים. בהמשך נסקור נושאים קלאסיים מתורת הבחירה החברתית ותחום המכירות הפומביות. לאחר מכן, נסקור מגוון נושאים עכשוויים כמו פרסום במנועי חיפוש באינטרנט ואלגוריתמים למציאת חלוקות הוגנות של משאבים (כגון רוחב פס ברשתות).

תיאור הקורס

בעקבות התפתחות האינטרנט החלו מדעני מחשב להתעניין בכלכלה ובתורת המשחקים. תורת המשחקים עוסקת בניתוח מצבים אסטרטגיים בהם משתתפים שחקנים בעלי רצונות שונים, והיא מנסה לענות על שאלות כמו מהי האסטרטגיה הטובה ביותר לכל משתתף ואיך ניתן לחזות את התוצאה של משחק נתון.

נושאי הקורס

- מבוא לתורת המשחקים
- מחיר האנרכיה של משחק (Price of Anarchy) והפרדוקס של Braess
- תוצאת אי האפשרות של Arrow
- מבוא למכירות פומביות (Auction Theory and Mechanism Design)
- פרסום במנועי חיפוש באינטרנט וברשתות חברתיות
- מכירות פומביות קומבינטוריות
- שיווי משקל Nash והלמה של Sperner, שיווי משקל מתואם
- סיבוכיות חישוב שיווי משקל Nash ואלגוריתם הקירוב של Lipton-Markakis-Mehta
- חלוקת משאבים הוגנת, ואלגוריתמים לבעיית חלוקת העוגה (cake cutting)
- מטבעות אלקטרוניים, Bitcoins

ביבליוגרפיה

1. A. R. Karlin and Y. Peres, Game Theory, Alive, American Mathematical Society, 2017.
2. T. Roughgarden, Twenty Lectures on Algorithmic Game Theory, Cambridge University Press, 2016.
3. D. Easley and J. Kleinberg, Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World, Cambridge University Press, 2010.
4. N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, and V. Vazirani, Algorithmic Game Theory, Cambridge University Press, 2007.

ביולוגיה חישובית 66203 Computational Biology

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: סדנה מתקדמת לתכנות, מבני נתונים, הסתברות

מטרת הקורס

במסגרת קורס זה יילמדו שיטות וכלים ביואינפורמטיים ותוצגנה דוגמאות ספציפיות. נדון בצורך בכלים ביואינפורמטיים על רקע הכמויות ההולכות וגדלות של נתונים ביולוגיים וסוגי הנתונים השונים. לאחר הכרות עם הרקע הביולוגי נעמיק במספר רעיונות וכלים מתחום הביואינפורמטיקה של רצפי דנ"א וחלבון.

נושאי הקורס

- מבוא לביולוגיה מולקולרית ולביואינפורמטיקה
- ריצוף של דנ"א
- השוואות רצפים פשוטות ומרובות
- עבודה עם מאגרי נתונים
- אלגוריתמים לחיפוש דפוסים ברצפים
- מגוון גנטי
- פולימורפיזמים
- מבנה גנטי באוכלוסיות וכלים לחקירתם

ביבליוגרפיה

1. P. Compeau & P. Pevzner, Bioinformatics Algorithms: an Active Learning Approach. Active Learning Publishers, 2018.
2. J. Pevsner, Bioinformatics and functional genomics, 3rd ed., Wiley-Blackwell, 2015.
3. M. Agostino, Practical Bioinformatics. Garland Science, 2012.
4. C. Jones and P.A. Pevzner, An Introduction to Bioinformatics Algorithms. NMIT Press, 2004.
5. R. Durbin, S.R. Eddy, A. Krogh, G. Mitchison. Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids. Cambridge University Press, 1998.

נושאים מתקדמים בלמידת מכונה 66204
Advanced Topics in Machine Learning

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : למידת מכונה

מטרות הקורס

באופן כללי, התחום Machine Learning מתייחס לזיהוי אוטומטי של דפוסי נתונים. ככזה הוא מהווה קרקע פורייה להתפתחויות סטטיסטיות ואלגוריתמיות חדשות. מטרת הקורס היא לספק מבוא מתמטי קפדני להתפתחויות אלה עם דגש על שיטות וניתוח שלהם.

נושאי הקורס

○ התיאוריה הסטטיסטית של למידת מכונה :

• סיווג, רגרסיה

• Empirical Risk Minimization, Regularization

• Suprema of Empirical Processes

○ אלגוריתמיקה

• Boosting

• Kernel Methods

• Convex Optimization

○ Online Learning

• Online Convex Optimization

• Partial Information: Bandit Problems

• Blackwell's Approachability

ביבליוגרפיה

1. I. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville. Deep Learning. MIT Press 2016.
2. G. Giraud, Introduction to High-Dimensional Statistics. Chapman and Hall / CRC, 2014.
3. S. Shalev-Shwartz, B.-D. Shai, Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. Cambridge University Press, 2014.
4. S. Bubeck, N. Cesa-Bianchi. Regret Analysis of Stochastic and Nonstochastic Multi-armed Bandit Problems. Now Publishers Incorporate, 2012.

עיבוד תמונה מתקדם 66205
Advanced Image Processing

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : אינפי 1, אינפי 2, אלגברה לינארית, תכנון וניתוח אלגוריתמים, מתמטיקה מתקדמת

מטרת הקורס

להקנות ולהרחיב את הידע העיוני והמעשי בשיטות מתקדמות בעיבוד תמונה.

נושאי הלימוד

- מושגי יסוד בייצוג תמונה :
 - מרחבי צבעים
 - שינויי היסטוגרמה
 - מסננים
 - התמרת פורייה ומסנן Wiener
 - מורפולוגיה בסיסית
 - פירמידות ומבוא ל-wavelets
 - התמרות גיאומטריות
- גלוי ישויות עניין : נקודות, שפה, ישרים.
- סגמנטציה
 - Active contours
 - הפרד ומזג
 - Mean shift
 - שיטות מבוססות אנרגיה.
- תנועה כללית בין שתי תמונות
 - מודל אפיני ופרויקטיבי
 - פתרון הריבועים הפחותים
- שטף אופטי
 - משוואת הבהירות הקבועה
 - שטף אופטי על-ידי מזעור אנרגיה

1. R. Gonzales, Digital Image Processing, 4th Edition, Pearson, 2018.
2. R. Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, 2010
3. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle. Image Processing, Analysis and Machine Vision, 3rd Ed. ,Thomson, 2008.
4. G. Aubert and P. Kornprobst, Mathematical Problems in Image Processing, 2nd edition, Springer, 2006.
5. Handbook of Mathematical Models in Computer Vision, (Eds N. Paragios, Y. Chen and O. Faugeras), Springer 2006.

נושאים מתקדמים בראייה ממוחשבת גאומטרית 66206
Advanced Topics in Geometric Computer Vision

היקף הקורס : 3 נ"ז
דרישות קדם : אלגברה לינארית, הסתברות, תורת הגרפים.

מטרת הקורס

לפתח את הכלים העיוניים והמעשיים להשגת שיחזור תלת מימדי מסדרות תמונות. זה כולל לימוד מעמיק במקרה של סדרות תמונות עם שימוש בטנסורים והוכחת שיטות שחזור תלת-ממדי כולל כיוול עצמי ו-bundle adjustment מסדרות תמונות.

נושאי הקורס

- כלים מתמטיים :
- מרחבים פרויקטיביים : גאומטריה פרויקטיבית חד-ממדית, דו-ממדית ותלת-ממדית.
- דואליות, חתכי חרוט, כלים אחרים : Singular Value Decomposition, שערך הרבועים הפחותים,
- כופלי Lagrange, אופטימיזציה לא לינארית בשיטת Levenberg-Marquardt. שערך ישויות גאומטריות בעזרת
- אומד מקסימום הנראות (maximum likelihood).
- גאומטריה חד תמונתית :
- מודל גאומטרי של מצלמה כולל מודל עיוותים, כיוול מצלמה, קווים וצלמה, מישור ומצלמה, חתכי חרות ומצלמה.
- גיאומטריה דו תמונתית :
- מטריצה יסודית ומטריצה מהותית, שחזור פרויקטיבי, אפיני ואקלידי.
- חישוב תנועה צפופה בין שתי תמונות :
- שיטות ווריציונאליות, שיטות מבוססות גרף, Wide baseline
- גאומטריה רבת תמונות :
- טנסור שלוש תמונות, סדרה רבת תמונות : גישה הדרגתית, פקטוריזציה. כיוול עצמי, אופטימיזציה לא לינארית : Bundle Adjustment.

ביבליוגרפיה

1. E.R. Davis, Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning, 5th Edition, AP, 2017.
2. C. Wohler, 3D Computer Vision: Efficient Methods and Applications, 2nd Edition, Springer, 2013.

3. N. Paragios, Y. Chen and O. Faugeras editors. Handbook of Mathematical Computer Vision, Springer, 2006.
4. R. Hartley and A. Zisserman. Multiple-View Geometry in Computer Vision, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2003.
5. O. Faugeras and Q-T. Luong. The Geometry of Multiple Images, MIT Press and Bernhard Geiger, 2001.

אנליזה של נתונים עם כלי קוד פתוח בפייתון 66207
Data Analysis with Open Source Tools Using Python

היקף הקורס : 3 נ"ז

דרישות קדם : סדנה מתקדמת לתכנות, הסתברות

מטרות הקורס

בשנים האחרונות הולכת ותופסת שפת פייתון מקום מרכזי במדעי המידע (Data sciences), בלמידת מכונה ובמחקר אקדמי. נדון באנליזה של נתונים באופן כללי ונבצע אנליזות תוך שימוש בפייתון וסקירה של מספר חבילות קוד פתוח פופולריות הנמצאות בשימוש נרחב בתעשייה ובאלגוריתמים ומודלים של למידה. נתנסה באקספלורציה של נתונים וויזואליזציה, למידה מפוקחת ולמידה שאינה מפוקחת.

נושאי הקורס

- שפת פייתון
- רגרסיות
- סיווג וקלסטור של נתונים
- למידה מפוקחת
- למידה שאינה מפוקחת
- אלגוריתמים של למידה
- נורמליזציה של נתונים
- השוואת מודלים

ביבליוגרפיה

1. W. McKinney, Python for Data Analysis, 2nd edition. O'Reilly Media, 2017.
2. F. Chollet. Deep Learning with Python. Manning Publications, 2017.
3. C. C. Aggarwal. Data Mining: The Textbook. Springer, 2015.
4. S. Bird, E. Klein, and E. Loper. Natural Language processing with Python, O'Reilly Media, 2009.

Also available with updates online: <http://www.nltk.org/book/>

נושאים מתקדמים בעיבוד שפה טבעית 66208 Natural Language Processing - Advanced Topics

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: תכנות מונחה עצמים, הסתברות וסטטיסטיקה, תכנון וניתוח אלגוריתמים, מערכות בסיסי נתונים, מבוא למדעי הנתונים, למידת מכונה

תיאור הקורס

כחלק מתחום הבלשות החישובית, עיבוד שפה טבעית עוסק בסוגיות מעשיות ותיאורטיות הנובעות משימוש במחשבים לביצוע משימות שונות הקשורות בתקשורת ושפה אנושית. הקורס מכסה נושאים מתקדמים הן בתחום ניתוח דיבור וקול והן בניתוח טקסטים ממקורות שונים, החל בטקסטים רשמיים וספרותיים וכולל כתיבה ושיח ברשתות חברתיות. החלק התיאורטי של הקורס כולל יכולות מתודולוגיות לניתוח וזיהוי ישות (Name Entity recognition – NER), זיהוי נושא בניתוח טקסט (Topic Modeling), תרגום מכונה, מערכות דיאלוג כגון בוטים ועוזרות אישיות, חילוץ מידע ורגש מטקסטים (Opinion & Sentiment analysis) ועוד. הקורס יכול שימושי בשיטות למידת מכונה וכן בשיטות ואלגוריתמים מבוססי קורפוס. במהלך הקורס נתאר גם את השימוש בשיטות של למידת מכונה ורשתות עצביות עמוקות (LSTM, RNN), embedding) ביישומים הכוללים ניתוח תחבירי, תרגום מכונה סטטיסטי, מערכות דיאלוג וחילוץ מידע.

מטרות הקורס

המטרה היא להכיר את המורכבות של מידול שפות אנושיות, את הקשיים והאתגרים מצד אחד ואת הפתרונות הקיימים היום בשוק מאידך. הידע המעשי שהסטודנטים רכשו בתואר הראשון בתחום לימוד המכונה והתכנות יסייע לפיתוח מודולים (Modules) לעיבוד שפה שעובדים על נתונים אמתיים ומסתמכים על אלגוריתמים מובילים.

בלשנות חישובית, העוסקת בעיבוד שפה טבעית ע"י מכונה, בטיפול בשפה מדוברת (Speech processing) ובשפה כתובה (Text Analytics) - כוללת גם ניתוח מידע עילי כמו רגשות ואינטונציה. בקורס זה נדון בשיטות שונות המשמשות לניתוח המידע ובהתאמתן לתחומים השונים והדרישות של ניתוח שפה וקול. לדוגמה התלמידים ילמדו להבין וליישם גישות תחביר וסמנטיקה, הבנת גישות לשיח, יצירת דיאלוג וניהולו במכונה, ניתוח רגשות וביומטריקה.

מטרה נוספת חשובה היא הבנת טכניקות למידת מכונה בשימוש ב NLP - כולל מודלי Markov מוסתרים ודקדוקים הסתברותיים ללא הקשר, אשכולות ושיטות ללא השגחה, מודלים ליניאריים, מודלים ללמידה עמוקה ועוד.

הסטודנט יידרש לרקע מתמטי מספיק כדי להיות מסוגל לקרוא מאמרים בנושא למידת מכונה אשר כוללים טיעונים לגבי סטטיסטיקה והסתברות, ובנוסף למיומנויות תכנות טובות כדי לפתח מודלים עבור הפרויקט הסופי בשפות המתאימות לכך, כגון Python, R.

תוצרי הקורס: פרויקט תיאורטי מחקרי או מעשי המנתח או מדגים את המורכבות של פתרונות עיבוד שפה.

נושאי הקורס

- בלשנות חישובית – NLP - מבוא ומושגי יסוד – סקירה
- שכבות השפה הנדרשות להבנת מכונה - Phonology Morphology Syntax, Semantics, Pragmatics
- מורכבות עיבוד שפה - טכניקות הערכה, ומידול שפה כתובה או מדוברת
- עמימות – Ambiguity and Disambiguation
- כלים לעיבוד שפה: Lexicons, POS tagging, Parsing, Phonetics segmentation and transcription
- עיבוד דיבור , Acoustic phonetics ותיעתוק
- עיבוד שיח: פילוח, החלטה אנאפורה ומערכות דיאלוג
- כריית טקסט – מדדים הסתברותיים להערכת דמיון ואשכולות
- למידת מכונה – לצורך תיוג, ניתוח ותחביר של טקסט, תיוג סטוכסטי, מודלי חיזוי
- בעיבוד שפה טבעית, שיטות "לא מפוקחות" בעיבוד שפה טבעית
- תרגום מכונה – שיטות שונות של ניתוח – Meta-language
- ממשקי משתמש מולטימודאליים – מן הכוח אל הפועל

ביבליוגרפיה

1. H. Lane , H. Hapke , C. Howard. Natural Language Processing in Action: Understanding, analyzing, and generating text with Python, 1st Edition, Manning Publications, 2019.
2. Y. Goldberg, Neural Network Methods for Natural Language Processing, Morgan & Claypool Publishers, 2017.
3. I. Dagan, D. Roth, M. Sammons and F. Massimo Zanzotto. Recognizing Textual Entailment: Models and Applications. Morgan & Claypool Publishers 2013.
4. D. Jurafsky and J. H. Martin, Speech and Language Processing: an introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition, 2nd edition, Prentice Hall 2009.
5. R. Mitkov (ed.) The Oxford Handbook of Computational Linguistics, Oxford University Press 2003.
6. C. D. Manning, and H. Schutze. Foundations of Statistical Natural Language Processing. Cambridge, MA: MIT 1999.
7. R. Grishman, Computational Linguistics: Intro, Cambridge University Press 1986
8. List of current articles

66209 - עיבוד וניתוח Big Data
Big Data – Processing and Analysis

היקף הקורס: 3 נ"ז
דרישות קדם: מבוא למדעי הנתונים

מטרת הקורס

הקורס מחולק לשלושה נושאים עיקריים:

- (1) מבוא ל Big Data. האתגרים, המגמות והיישומים הנוכחיים.
 - (2) אלגוריתמים לניתוח נתונים גדולים. אלגוריתמים של כרייה ולמידה שפותחו במיוחד כדי להתמודד עם נתונים גדולים
 - (3) טכנולוגיות לניהול נתונים גדולים.
- בסוף הקורס, הסטודנט יכיר את מושגי היסוד של ניהול וניתוח Big Data; הוא יבין את האתגרים העומדים בפני יישומים העוסקים בכמויות גדולות מאוד של נתונים, וכן פתרונות שניתנים להתמודדות איתם, כולל טכנולוגיות ענן, מסדי נתונים שונים, מערכות לניהול וניתוח כמות נתונים גדולה.

נושאי הקורס

- הכרות בסיסית עם big data
- פרדיגמת map-reduce והכרות עם hadoop
- מערכות data streaming
- טכנולוגיות ענן וחישוב מבוזר
- הכרות עם apache spark
- חבילת mahout
- Nosql databases
- טכנולוגיות חיפוש ואחזור מידע
- ויזואליזציה של כמויות גדולות של נתונים
- ניתוח מידע מרשתות חברתיות

ביבליוגרפיה

1. S. T. Wierzchoń, M. A. Kłopotek, Modern algorithms of cluster analysis. Studies in Big Data, 34. Springer, 2018.
2. B. Ratner. Statistical and Machine-Learning Data Mining: Techniques for Better Predictive Modeling and Analysis of Big Data, 3rd Edition, Chapman and Hall/CRC, 2017.
3. S. S. Skiena, The data science design manual. Texts in Computer Science. Springer, 2017.

4. S. Suthaharan, Machine learning models and algorithms for big data classification. Thinking with examples for effective learning. Integrated Series in Information Systems, 36. *Springer*, 2016.
5. J. Leskovec, A. Rajaraman, and J. D. Ullman. Mining of massive datasets. Cambridge University Press, 2014.
6. J. R. Owens, B. Femiano, and J. Lentz. Hadoop Real-World Solutions Cookbook. Packt Publishing Ltd, 2013.
7. J. Lin, C. Dyer, Data-intensive text processing with MapReduce. Synthesis Lectures on Human Language Technologies 3.1 (1-177), 2010.

מידות סיכונים ובעיות אופטימיזציה בבחירה של תיקי הון 66210
Risk Measures and Optimization Problems in Portfolio Selection

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: הסתברות, אלגברה לינארית

מטרת הקורס

בקורס נציג עקרונות בסיסים בתורת מידות סיכונים ונסקור מידות סיכונים פופולאריות באקטואריה, כגון Value-at-Risk ו-Tail Conditional Expectation. בנוסף, נלמד את התיאוריה הקלאסית של ניהול אופטימלי של תיקי הון

נושאי הקורס

1. מידה של סיכון ופרמיה. ועקרונות מרכזיים
2. פרמיה שונות
3. פרמיה של אשר: הגדרה, דוגמאות (התפלגות נורמאלית, התפלגות גמה ואחרות)
4. עקרונות של אלוקציה. אלוקציה שלמה
5. בחירה אופטימלית של תיק הון מודל קלאסי של תוחלת-שונות
6. פתרון של בעיית אופטימיזציה, ויישומו בבורסות של תל-אביב ונסד"ק
7. תיקים עם נכסים ללא סיכון. פתרון של בעיית אופטימיזציה
8. מודל Asset-Liability: הגדרה, תיק תוחלת-שונות אופטימלי
9. Value at Risk (VaR): הגדרה כללית, דוגמאות, תכונות.
10. Tail Conditional Expectation (TCE): הגדרה, שלושה ייצוגים, מידת סיכון קוהרנטית
11. משפחת פיזור אקספוננציאלית (Exponential Dispersion Family - EDF)
12. דוגמאות חשובות של EDF
13. EDF ו TCE: משפט מרכזי והוכחה, דוגמאות

ביבליוגרפיה

1. Boyle, P.P, Cox, S.H,...[et. al]. *Financial Economics: With Applications to Investments, Insurance and Pensions*, Actuarial Foundation, Schaumburg (1998)
2. Denault, M. Coherent Allocation of Risk Capital. *Journal of Risk*, 4, (2001), 1-34.
3. Klugman, A., Panjer, H., Willmot, G. (2008) *Loss Models. From Data to Decisions*. Wiley
4. McNeil, A.J Frey,R. and Embrechts, P. (2015) *.Quantitative Risk Management. Concepts. Techniques and Tools*. Princeton University Press. Princeton and Oxford

5. Landsman, Z. and Valdez, E. (2003) "Tail Conditional Expectation for Elliptical Distributions," *North American Actuarial Journal*, Vol 7, No. 4
6. Landsman, Z. "On generalization of Esscher and variance premiums, adjusted for Elliptical family and the portfolio capital allocation." *Insurance Mathematics and Economics*, **35**(1), pp. 563-579.
7. Landsman, Z. and Valdez, E. (2005) "Tail Conditional Expectation for Exponential Dispersion Models," *ASTIN Bulletin* 35(1): 189-209.
8. Landsman, Z, Makov, U. Sush, T. (2018) Multivariate Tail Covariance Measure for Elliptical Distributions. *Insurance Mathematics and Economics*, **81**, pp 27-35
9. Panjer ,H. (2006). *Operational Risk: Modeling Analytics*. Wiley Interscience

חישוב מדעי 66211
Scientific Computing

היקף הקורס: 3 נ"ז
דרישות קדם: אינפי 2, אלגברה ליניארית

מטרת הקורס

להקנות ידע וכלים לבניית, פיתוח ומימוש בשיטות נומריות. בנוסף ללימוד התיאורטי יידרש מימוש של שיטות הפתרון (כתיבה והרצת תכניות מחשב המיישמות הלכה למעשה את התיאוריה). הקורס ילווה בסביבת MATLAB.

נושאי הקורס

מקורות השגיאה, אלגוריתמים לא יציבים. הפרשים סופיים וקירובים של הנגזרות, אינטרפולציה על ידי פולינומים מסדר נמוך, שיטות לאינטגרציה נומרית, התכנסות, שיטות לפתרון של משוואות ליניאריות, גורם הצגה גרועה של מערכות משוואות ליניאריות ושל מטריצות, בעיות למציאת ערכים עצמיים ווקטורים עצמיים, שיפור של גורם הצגה גרועה, פירוקי LU ו-QR, מעין הפכי, פירוק חולסקי, התמרת פורייה המהירה ושימושיה, משוואות לא ליניאריות, שיטת ניוטון-רפסון, התכנסות ריבועית מקומית, בעיות מינימום מקומי, שיטות מונטה-קרלו, מספרים פסאודו-אקראיים, יצירת משתנים אקראיים אקספוננציאליים ונורמליים, שיטות הדמיה.

ביבליוגרפיה

1. M. Kern, Numerical methods for inverse problems. ISTE, London; John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2016.
2. A. S. Ackleh, Classical and modern numerical analysis: theory, methods, and practice, Chapman & Hall/CRC, 2010.
3. S. C. Chapra, Numerical methods for engineers, McGraw-Hill, 2006.
4. J. H. Mathews, Numerical methods using Matlab, Prentice-Hall Pearson, 2005.
5. S. Howison, Practical applied Mathematics: modeling analysis and approximation, Cambridge University Press, 2005.

רכב אוטונומי 66212 Autonomous Vehicle

היקף הקורס: 3 נ"ז

1.1.1.1.1 דרישות קדם: למידת מכונה, ראייה ממוחשבת

מטרות הקורס

פיתוח רכב אוטונומי הוא תחום שנמצא היום בקדמת הטכנולוגיות המשלבות חומרה ותוכנה. פיתוח רכב אוטונומי משתמש באופן מסיבי בשיטות של מדעי הנתונים, בראש וראשונה - בלמידה עמוקה. הקורס מהווה הכרה בשיטות מתקדמות לפיתוח מערכות נהיגה אוטונומית.

נושאי הקורס

- מבוא למושג של נהיגה אוטונומי. רמות שונות של הנהיגה
- סקירת מערכות GNSS (מערכות ניווט לוויינית גלובלית)
 1. שגיאות ודיוק GNSS
 2. איתור בזמן אמת
 3. היתוך מידע סנסורי
- חישה לנהיגה אוטונומית
 1. איסוף מידע ממקורות שונים
 2. זיהוי
 3. סגמנטציה
 4. זרימת נתונים
- למידה עמוקה בנהיגה אוטונומית
 1. Convolutional Neural Networks
 2. למידה עם חיזוק
 3. שימוש בלמידה עמוקה לזיהוי, סגמנטציה וניתוח זירה
- תכנון, בקרה וקבלת החלטות
 1. תהליך החלטה מרקובי
 2. תכנון תנועה
 3. בקרה עם משוב

ביבליוגרפיה

1. S. Liu, L. Li, J. Tang, S. Wu, J. Gaudiot, Creating Autonomous Vehicle Systems, Morgan & Claypool, 2018
2. H. Yu, X. Li, R. Murray, S. Ramesh, C. Tomlin, Safe, Autonomous and Intelligent Vehicles, Springer 2019

יישומי האלגוריתמים הגנטיים והתכנות הגנטי 66213
Applications of Genetic Algorithms and Genetic Programming

היקף הקורס: 3 נ"ז

דרישות קדם: אלגוריתמים מתקדמים

מטרות הקורס

בקורס זה ילמד הסטודנט נושאים חדשנים בתחום האלגוריתמים גנטיים, הכוללים עקרונות, תכנות ויישומים בתעשייה.

נושאי הקורס

- מבוא לאלגוריתמים גנטיים
- עקרונות התכנות הגנטי.
- הגדרת הבעיות ושיטות להערכת הפתרונות
- בסיסי נתונים עבור תכנות גנטי.
- אנליזה של סוגים שונים של אלגוריתמים גנטיים
- יישומים בתכנות מסלולים - בעיות מסוג TSP
- יישומים בתחום אבטחת מידה - אלגוריתמים להצפנה ופענוח.

ביבליוגרפיה

1. O. Kramer. Genetic Algorithms Essentials, Springer, 2017.
2. L. Jacobson., B. Kanber. Genetic Algorithms in Java Basics, Apress, 2015.
3. M.Affenzeller, S.Winkler, S.Wagner, A. Beham, Genetic Algorithms and Genetic Programming, Modern Concepts and Practical Applications, CRC Press, 2009.
4. R. L. Haupt, S. E. Haupt. Practical Genetic Algorithms, 2nd ed., John Willey & Sons Inc, 2004.
5. M. Mitchell. An introduction to Genetic Algorithms., MIT Press, Fifth Printing, 1999.



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

נושאים מתקדמים בלמידה עמוקה

אופן הוראה: הרצאה
שעות שבויעות: 3 ש"ש

נקודות זכות: 3 נ"ז

דרישות קדם: למידת מכונה 63302

מטרות הקורס:

בשנים האחרונות חלה פריצה עצומה בתחום של רשתות ניורונים מלאכותיות, ובמיוחד ברשתות ניורונים עמוקות (Deep Neural Networks). למידה עמוקה (Deep Learning) היא אחת המיומנויות המבוקשות ביותר בתחום מדע הנתונים והבינה המלאכותית. בקורס זה ילמד הסטודנט את היסודות של הלמידה העמוקה, כמו גם נושאים הקשורים לבעיות מתחום הראייה הממוחשבת (Computer Vision) ולתחום השפה הטבעית (NLP). בקורס נסקור נושאים מתקדמים, שנמצאים בחזית המחקר בשנים האחרונות.

הנושאים שיילמדו (לפי שבויעות):

שבוע	נושא
1	מפרספטרון לרשתות רב-שכבתיות (multilayer perceptron)
2	מבוא לרשתות קונבולוציה (ConvNets)
3	ארכיטקטורה של רשתות קונבולוציה: VGG, Inception, ResNet
4	זיהוי עצמים בתמונה (object detection): R-CNN, YOLO
5	פילוח תמונות (image segmentation): U-nets
6	אימון רשתות: learning rates, optimizers, data augmentation
7	חקירה והבנה של רשתות: feature visualization, saliency maps, activation maps
8	למידה עמוקה יצירתית: deep dream, neural style transfer
9	מבוא לרשתות מנוגדות: יצירה דוגמאות מלאכותיות Generative adversarial networks (GAN)
10	רשתות מנוגדות (GAN): חקירת המרחב הסמוי (latent space)
11	מידול של סדרות זמן: recurrent neural networks (RNN), LSTM
12	מבוא לעיבוד שפה טבעי (NLP)
13	עיבוד שפה טבעי בעזרת טרנספורמרים (Transformers)



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

מקורות עזר:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., *Deep learning*, MIT Press, 2016
(<https://www.deeplearningbook.org/>, <https://github.com/janishar/mit-deep-learning-book-pdf>)
2. Zhang A., Lipton Z.C., Li M., Smola A.J., *Dive into Deep Learning*,
(<https://www.d2l.ai>)
3. Chollet, F., *Deep Learning with Python*, Manning Publications.

דרישות הקורס: השתתפות חובה בכל השעורים והתרגולים, הגשת מטלות תיכנות בכל שבוע והגשת פרוייקט הסיום.

מרכיב הציון: 70% מטלות שבועיות, 30% פרוייקט סיום.



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

Advanced Topics in Deep Learning

Lecturer: Dr. Jonathan Rubin

Teaching: 3h lectures

Credits: 3

Prerequisites: Machine learning 63302

Course Goals: In recent years there has been a major breakthrough in the field of artificial neural networks, especially in deep neural networks. Deep Learning is one of the most in demand skills in the field of data science and artificial intelligence. In this course students will learn the fundamentals of deep learning, as well as topics relating to the field of computer vision and natural language processing (NLP). In addition, we will cover some of the most recent advances in the field.

Weekly schedule:

1	From perceptron to deep neural network.
2	Intro to convolutional networks (ConvNets)
3	ConvNets architectures: VGG, Inception, ResNet
4	Object detection: R-CNN, YOLO
5	Image segmentation: U-net
6	Training networks: learning rates, optimizers, data augmentation
7	Networks analysis: feature visualization, saliency maps, activation maps
8	Artistic deep learning: deep dream, neural style transfer
9	Intro to generative adversarial networks (GANs)
10	Exploring the latent space in GANs
11	Sequence modeling: recurrent neural networks (RNNs), LSTM
12	Intro to natural language processing (NLP)
13	NLP and transformers



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

Bibliography:

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., *Deep learning*, MIT Press, 2016
(<https://www.deeplearningbook.org/>, <https://github.com/janishar/mit-deep-learning-book-pdf>)
2. Zhang A., Lipton Z.C., Li M., Smola A.J., *Dive into Deep Learning*,
(<https://www.d2l.ai>)
3. Chollet, F., *Deep Learning with Python*, Manning Publications.

Final grade: 70% Homework, 30% final project

מערכות המלצה מס' 66215

Recommender Systems

שם הפקולטה:	מדעים
המחלקה:	מדעי המחשב
שם המרצה:	ד"ר חזי רשף
מתכונת הקורס:	הרצאה + תרגול
אופן הוראה:	הרצאה – 3 ש'
שנת לימודים:	תואר שני
נקודות זכות:	3 נ"ז
דרישות קדם:	נושאים בלימוד מכונה (66204) או ידע מקביל

א. מטרת הקורס (מטרות על/מטרות ספציפיות):

- הכרת עקרונות בסיס בתכנון והערכה של מערכות המלצה
- אלגוריתמים מרכזיים במערכות המלצה
- שיטות למידה עמוקה במערכות המלצה

ב. הרציונל:

המטרה של מערכות המלצה היא להמליץ על תוכן שימושי למשתמשים. מערכות אלו שינו את הדרך בה אנחנו מוצאים תוכן אונליין: מאתרי מסחר אלקטרוני, המלצות על כתבות באתרי תוכן, ועד פרסומות. מערכות עכשוויות מנתחות דפוסי התנהגות של משתמשים ומסיקות על תכונות הן של המשתמשים והן של התוכן על מנת לנבא את מידת ההתאמה של תוכן למשתמשים. מטרת הקורס היא להקיף אלגוריתמים מרכזיים במערכות המלצה, תוך התמקדות בשיטות עכשוויות הנפוצות בתעשייה, וכן נושאים נלווים הנדרשים ליישום מוצלח של מערכות אלו.

ג. נושאים תיאורטיים בקורס

- מערכות המלצה מבוססות דירוגים מפורשים
- מערכות המלצה מבוססות משובים אימפליסיטיים
- מערכות המלצה מבוססות למידה עמוקה
- הערכה של מערכות המלצה

ד. תיאור תמציתי של הקורס ושיטת ההוראה

במהלך הקורס נלמד את העקרונות התיאורטיים, ואופן היישום הפרקטי של מערכות המלצה. הקורס ילווה במספר קטן של תרגילים מתמטיים ותכנותיים בפיתוח, ויכלול פרויקט מסכם.

ה. תכנית הוראה מפורטת לפי נושאים

תכנית שבועית

שבוע	כותר
1	מבוא
2	אלגוריתמים בסיסיים
3	מערכות מבוססות תוכן
4	דירוגים מפורשים
5	משוברים אימפליסיטיים
6	למידה עמוקה - מבוא
7	למידה עמוקה להמלצות
8	שילוב מקורות מידע
9	הערכה של מערכות המלצה
10	בעיית ההתחלה הקרה
11	פרויקט מסכם
12	התקפות על מערכות המלצה
13	הסברים

ו. מרכיבי הציון הסופי:

הציון הסופי יקבע על פי הקריטריונים הבאים

אופן שקלול הציון	אופן מילוי הדרישות	דרישות הקורס
30%	הגשת 4 תרגילים במהלך הסמסטר	תרגילי מעבדה
70%	הגשת פרויקט מסכם + הגנתו	פרויקט מסכם

ה. ביבליוגרפיה:

1. Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., Kantor, P.B., Recommender Systems Handbook, 2nd edition (2015).
2. Bobadilla, J., Ortega, F., Hernando, A. and Gutiérrez, A., 2013. Recommender systems survey. Knowledge-Based Systems, 46, pp.109-132.
3. Koren, Y., Bell, R. and Volinsky, C., 2009. Matrix factorization techniques for recommender systems. Computer, (8), pp.30-37
4. Rendle, S., Freudenthaler, C., Gantner, Z. and Schmidt-Thieme, L., 2009, June. BPR: Bayesian personalized ranking from implicit feedback. In Proceedings of the twenty-fifth conference on uncertainty in artificial intelligence (pp. 452-461). AUAI Press.
5. Hu, Y., Koren, Y. and Volinsky, C., 2008, December. Collaborative filtering for implicit feedback datasets. In Data Mining, 2008. ICDM'08. Eighth IEEE International Conference on (pp. 263-272). IEEE



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

אלגוריתמים בייסאנים וגנטיים

Bayesian and Genetic Algorithms

מדעים	שם הפקולטה:
מדעי המחשב	המחלקה:
ד"ר רועי יוזביץ	שם המרצה:
הרצאה	מתכונת הקורס:
הרצאה 3-ש',	אופן הוראה:
ג'	שנת לימודים:
3 נ"ז	נקודות זכות:

דרישות קדם: נושאים מתקדמים בלמידת מכונה 66204 או קורס אחר דומה.

א. מטרת הקורס (מטרות על/מטרות ספציפיות):

- מבוא לאלגוריתמים בייסאנים
- מסנני היסטוגרמה
- הנחת מרקוב ומודל מרקוב
- מסנן קלמן ומידול רעש ב-N מימדים
- לינאריזציה במסנן קלמן, מטריצת היעקוביאן
- התפלגויות לא פרמטריות – מסנן חלקיקים
- אלגוריתמים גנטיים ופתרון בעיות NP

ב. הרציונל:

בעולם בו בעיות לוקליזציה מקיפות אותנו מכל עבר (רכבים אוטונומים, רחפנים, מערכות שמירה היקפיות וכו'), יש צורך להבין את המתמטיקה, הפיסיקה והמדע מאחורי התחום. בעוד רוב הקורסים בתחום מתמקדים בצד עיבוד התמונה ומערכות ה-DL של מערכות כאלו אלו, הקורס הנוכחי לוקח כיוון שונה ומסביר את הרעיונות מאחורי אלגוריתמי ניווט בייסאנים. מה המשמעות של חוסר וודאות ואיך ניתן לכמת אותה לכדי החלטת ניווט או שיערוך מיקום. נושאים בסיסיים כמו מסנני קלמן ומסנני חלקיקים, כמעט ולא נלמדים במחלקות למדעי המחשב השונות. בעידן בו אנחנו רוצים להכשיר את הסטודנטים שלנו גם לעולם בו מערכות ממוחשבות צריכות יותר ויותר לקבל החלטות קריטיות בצורה אוטונומית וזאת לפי עקרונות סטטיסטיים, אין לנו את האפשרות לוותר על נושאים חשובים אלו. זה הרעיון והחשיבות מאחורי קורס זה.

ג. נושאים תיאורטיים בקורס

מבוא לשפת פייתון, תכנות מונחה עצמים בשפת פייתון, הסתברות ביסאנית, שיערוך לפי מרקוב. משוואות התנועה במסנני קלמן.

ד. תיאור תמציתי של הקורס ושיטת ההוראה

במסגרת הקורס נלמד את עקרונות הבסיס של אלגוריתמי ניווט ושיערוך מיקום. בנוסף, נכיר את המשמעות של הסתברויות בייס. במקביל, נכיר את שפת פייתון, את היתרונות שלה, את התחביר ותכנות מונחה עצמים בשפה.



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

שיטת ההוראה בקורס זה תתבסס על הרצאות פרונטליות ותרגילים. התרגילים הינם גם תיאורטים מתמטיים וגם תרגילי תכנות המחייבים את הסטודנט להביא לידי ביטוי מעשי את הידע התיאורטי הנלמד בהרצאה.

ה. תכנית הוראה מפורטת לפי נושאים

יחידת שיעור	נושא השיעור	הערות
1	חזרה על הסתברות וחוק ביס	
2-3	מסנני היסטוגרמה במימד אחד ובכמה מימדים	
4-5	שערוך מרקוב ומסנן קלמן במימד 1	
6-7	מסנן קלמן ב-n מימדים	
8-9	מסנן קלמן מורחב	
10-11	מסנן חלקיקים	
12-13	אלגוריתמים גנטיים	

ו. מרכיבי הציון הסופי:

הציון הסופי יקבע על פי הקריטריונים הבאים

דרישות הקורס	אופן מילוי הדרישות	אופן שקלול הציון
שיעורי בית		30%
מבחן מסכם	מבחן מסכם בציון עובר של 60 לפחות	70%

נוכחות בקורס –80% חובה

ה. **ביבליוגרפיה:** (חובה/רשות)- מסודרת לפי נושאי הקורס.

- Thrun, Sebastian. "Probabilistic robotics." *Communications of the ACM* 45.3 (2002): 52-57.
- Sheppard, Clinton. *Genetic algorithms with python*. Smashwords Edition, 2017.
- Stengel, Robert F. *Optimal control and estimation*. Courier Corporation, 1994.

Bayesian and Genetic Algorithms

Lecture

3 hours, 3 credits

HomeWorks – 30%. Final Exam – 70%.

Prerequisites: *Advanced Topics in Machine Learning 66204* or another course.

Course Rational:

In a world where advanced image processing (CV), autonomous vehicles and localization are the future, it is necessary to understand the mathematics, physics and science behind Bayesian Estimation algorithms.

The aim of the course is to introduce the graduate student the mathematics of Bayesian Estimation, the meaning of Markov's assumption and the range of problems it allows to solve and equip the student with concrete tools for solving estimation problems, both for image processing and autonomous vehicles.

We will also learn how to apply such algorithms in image tracking problems.

In addition and as a complementary factor, we will review the fascinating topic of genetic algorithms and see how these models can be used to solve evaluation problems and NP optimization problems.

The course is intended for students of the Faculty of Computer Science.

Theoretical Subjects addressed in the Course:

- *Foundational principles in Bayesian probability.*
- *Histogram filters*
- *Linear n-dimensional Kalman Filter*
- *Non linear filtering – the Jacobian Matrix*
- *Non Parametric Distributions, Particle filter*
- *Genetic Algorithms and NP problem optimization*



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

Teaching program detailed by subjects

Lesson unit	Lesson Subject	Remarks
1	Bayesian Probability	
2-3	1-D & N-D histogram Filters	
4-5	The Markov Assumption	
6-7	N-D linear Kalman Filter	
8-9	Non Linear Filters	
10-11	Particle Filter	
12-13	Genetic Algorithms	

A. The final grade will be determined according to the following criteria

Course requirements	Requirements	Grade [%]
exercises	Submission 4 programming exercises during the semester	30 %



מכון טכנולוגי חולון
Holon Institute of Technology

Final Exam	Final Exam	70 %
------------	------------	------

B.

Required student participation: 80%,
Mandatory attendance Lab exercises and presentations

B. Bibliography: (required / permission)

- Thrun, Sebastian. "Probabilistic robotics." *Communications of the ACM* 45.3 (2002): 52-57.
- Sheppard, Clinton. *Genetic algorithms with python*. Smashwords Edition, 2017.
- Stengel, Robert F. *Optimal control and estimation*. Courier Corporation, 1994.