

אוניברסיטת חיפה
הפקולטה למדעי החברה
החוג למדעי המחשב

שנתון תואר שני – שנה"ל תשפ"ג

תאריך עדכון: 15.8.22

קורסים לתואר שני
(ממוין לפי סמסטרים)

סמסטר א':

1. אלגוריתמים מבוזרים, 203.4404

קדם: שיטות הסתברותיות 203.2480, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410
תחום: 1

בקורס נעסוק בשאלה כיצד ניתן לפתור בעיות בצורה מבוזרת, כאשר הקלט מחולק בין הרבה יחידות חישוב שלכל אחת מהן מידע חלקי. הקורס יתרכז באלגוריתמים מבוזרים בגרפים. נראה אלגוריתמים וחסמים תחתונים לבעיות קלאסיות כגון צביעה, מציאת עץ פורש מינימום וחישובי מרחקים. הקורס הוא בעל אופי תיאורטי-מתמטי.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אלגוריתמים מבוזרים	שיעור	ד"ר מיכל דורי	3	3	א, 16-19
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

2. אקראיות בחישוב, 203.4426

קדם: שיטות הסתברותיות 203.2480, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410
תחום: 1

אלגוריתמים הסתברותיים הם אלגוריתמים שמטילים מטבעות אקראיים תוך כדי פעולתם. אלגוריתמים כאלה הם במקרים רבים, יעילים ופשוטים יותר מאלגוריתמים דטרמיניסטיים סטנדרטיים. האם אפשר להנות מהפשטות והיעילות של אלגוריתמים הסתברותיים ללא הטלת מטבעות? כדי לנסות להשיב באופן חיובי על השאלה הזו, פותחה תורה מתמטית של פסאודו-אקראיות. הרעיון הוא לנסות ליצור מטבעות "פסאודו-אקראיים" ש"נראים" אקראיים לאלגוריתמים, למרות שאינם אקראיים כלל. התורה הזו (שחלקים נרחבים ממנה פותח ע"י מדענים ישראלים עטורי פרסים כמו שפי גולדווסר, עודד גולדרייך ואבי ויגדרון) מעבירה את הדגש מתכונות מתמטיות של הטלות מטבע לכח החישובי של האלגוריתם שמשתמש במטבעות. בקורס נסקור אלגוריתמים הסתברותיים יסודיים וכלים בסיסיים מהתורה המתמטית של פסאודו-אקראיות, בין השאר נכסה את הנושאים הבאים: הכח של אקראיות במגוון של סיטואציות חישוביות (זמן, מקום, תקשורת, אלגוריתמים מבוזרים, בדיקת ראשוניות). k -wise independent hash functions. אנליזה הרמונית של פונקציות בוליאניות והתפלגויות. אנליזה ספקטרלית של גרפים, expander graphs. האלגוריתם של ריינגולד למציאת מסלול קצר ביותר תוך שימוש במעט זכרון. כיצד מחשבים יכולים לדגום ביטים אקראיים, randomness extractors. המחלקה BPP, והעדויות שיש לנו ש $BPP=P$.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אקראיות בחישוב	שיעור	פרופ' רונן שאלתיאל	3	3	ד, 14-17
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

3. אלגוריתמים לגרפיים מישוריים, 203.4414

קדם: מודלים חישוביים 203.3510

תחום: 1

גרפים מישוריים הם גרפים שניתן לציירם על דף כך שקשתות הגרף אינן נחתכות. לגרפים אלו, שהינם שכיחים מאד בעולם האמיתי (לדוגמה GPS), ישנן תכונות מבניות מרתקות ורבות. בקורס זה, שהוא קורס תיאורטי, נראה כיצד ניתן לנצל תכונות אלו באופן סיסטמטי על מנת לתכנן אלגוריתמים יעילים לבעיות אופטימיזציה קלאסיות על גרפים מישוריים. בעיות אלו כוללות: עץ פורש מינימלי, מסלולים קצרים ביותר, זרימה, חתכים מינימלים, שידוך מקסימום, ועוד.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אלגוריתמים לגרפים מישוריים	שיעור	פרופ' אורן וימן	3	3	ה', 12-15
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

4. אבטחת מחשבים ורשתות, 203.4448

קדם: מע' הפעלה 203.2110

תחום: 2

עקרונות בסיס באבטחת מערכות מחשב. סוגי איומים על מערכות מחשב: וירוסים, תולעים וקוד עיון, שיטות התמודדות עם איומים, מבוא לקריפטוגרפיה, תשתית מפתחות פומביים, פרוטוקולי זיהוי משתמש, איומים על תקשורת מחשבים, חומות אש, פרוטוקולי תקשורת מאובטחים, יצירת VPN-ים מאובטחים.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אבטחת מחשבים ורשתות	שיעור + תרגול	פרופ' אור דונקלמן	4	4	א' 14-16 + ד' 12-14

5. למידה מחיזוקים, 203.4779

קדם: מבוא ללמידה ממוכנת 203.3770

תחום: 2

תהליך החלטה מרקובי, תכנון דינמי, שיטות למידה בעזרת/ללא מודל למידה עמוקה תכנון מונטה-קרלו ועוד.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סיבוכיות מעגלים	שיעור	פרופ' ריטה אוסדצ'י+ד"ר דן רוזנבאום	3	3	ב', 14-17
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

6. עיבוד שפות טבעיות, 203.4670

קדם: מבוא ללמידה ממוכנת, 203.3770

תחום: 2

קורס זה מקנה הכרות ראשונית אך מעמיקה עם גישות מודרניות לעיבוד ממוחשב של שפות טבעיות. הקורס מציג את האלגוריתמים העיקריים המשמשים לעיבוד שפות, כמו גם את התכונות החישוביות של שפות טבעיות. הקורס מתמקד בגישות סטטיסטיות אמפיריות: שימוש בקורפוסים של טקסט, מודלים הסתברותיים ואלגוריתמים יציבים וסקלביליים ליישומים אמתיים. בין הנושאים שייסקרו: מודל שפה, מודל מרקוב חבוי, תיוג חלקי דיבר, הפגת עמימות ברמת המילה, אחזור מידע, סיווג טקסטים, ניתוח תחבירי סטוכסטי, ותרגום אוטומטי סטטיסטי.

סטודנטים אשר השלימו את הקורס "מבוא ללמידה ממוכנת" יכולים גם להירשם לקורס.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
עיבוד שפות טבעיות	שיעור	פרופ' שולי וינטנר	3	3	מתקשב
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

7. מעבדה בגרפיקה ממוחשבת, 203.4704

קדם: אין

תחום: אין

גרפיקה ממוחשבת היא תחום נרחב ביותר המכיל בתוכו מגוון של בעיות ואפליקציות שונות. במסגרת המעבדה הסטודנטים יעבדו על פרויקט בתחום גרעיני בגרפיקה הממוחשבת, אנימציה, סימולציה פיזיקלית, ייצור חישובי או משחק מחשב.

לצורך בחירת נושא, יש לתאם פגישה עם המרצה. מבחר נושאים יוצעו בתחילת הסמסטר. שימו לב: לפחות 50% מהפרויקט חייב להיות ממומש לפני סוף הסמסטר. לא ניתן להתחיל את הפרויקט לאחר סוף סמסטר.

***לא יתקיימו שיעורים קבוצתיים אלא מפגשים אישיים. לתיאום מפגש נא לפנות במייל לד"ר**

רועי פורן roiporanne@cs.haifa.ac.il

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בגרפיקה ממוחשבת	מעבדה	ד"ר רועי פורן	3	3	
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

8. מעבדה בחישוב בטוח בענן 203.4850

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410

תחום: אין

אחסון מידע וביצוע חישוב עליו הופכים בשנים האחרונות למוצר צריכה, עם מגמה מתגברת של ארגונים ויחידים לביצוע מיקור חוץ (אאוטסורסינג) של פעולות החישוב והאחסון אל גורם שלישי המכונה לרוב "הענן". כאשר הדוא"ל שלנו, המסמכים הרפואיים, המידע הפיננסי ועוד עוברים לאחסון בענן, חיוני להבטיח את פרטיות המידע בנוסף לזמינות המידע ונכונות החישוב עליו. בנוסף, חובה לספק כל זאת ביעילות מרבית לאור השכיחות הגבוהה של משימות מרובות מידע ("ביג דאטא"). צרכי ההצפנה שלנו משתנים בהתאם עם דרישה למערכות אשר מבטיחות בו-זמנית יעילות גבוהה, בטיחות גבוהה, ופונקציונליות גבוהה. תורת ההצפנה מציעה מספר גישות לביצוע חישוב פרטי בענן ובמרכזן: חישוב בטוח רב משתתפים (Secure Multi-Party Computation), וחישוב על מידע מוצפן בעזרת Fully homomorphic encryption ו-functional encryption. תלמידי המעבדה ייחשפו למגוון שיטות אלו תוך דיון בכיתה על הספרות המקצועית הרלוונטית ועבודה מעשית בבית בפרויקט פיתוח פתרונות חישוב בטוח.

לא יתקיימו מפגשים קבוצתיים אלא מפגשים אישיים.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בחישוב בטוח בענן	מעבדה	ד"ר עדי עקביה	3	3	
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

סמסטר ב':

1. אופטימיזציות מתקדמות של מהדרים, 203.4190

קדם: מבנה מהדרים, 203.2130

תחום: 2

בעשור השנים האחרונות חלה התקדמות משמעותית ביכולתם של מהדרים לייצר קוד המותאם לחומרה. יכולת זו מושגת ע"י שורה של אנליזות וטרנספורמציות שמבצע המהדר על קוד המכונה שהוא יוצר. בקורס נלמד חלק ממרכיבים אלו: מבנה המעבד אופטימיזציות מקור הקצאת אוגרים תיזמון גלובלי תזמון בלוקים תזמון של לולאות ואופטימיזציות מודרכות קדם ריצה.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אופטימיזציות מתקדמות של מהדרים	שיעור	פרופ' יוסי בן-אשר	3	3	ה', 17-20
	הדרכה				טרם נקבע

2. מעבדה בתכנון רכיבי חומרה למערכות משובצות, 203.4260

קדם: מבוא למדעי המחשב 203.1110, מבוא לחומרה 203.1210

תחום: אין

ישראל נמצאת במקום השני בעולם מבחינת כמות הציפים המתוכננים בה. תכנון רכיבי חומרה נעשה לחלוטין ע"י תכנות בשפת חומרה (Verilog). במסגרת המעבדה נלמד לתכנת ב-Verilog ולהפעיל סינתזה של תוכנית ב-Verilog לרכיב FPGA ואולי גם לסינתזת ASIC. הפרויקט יהיה מימוש של אלגוריתם מסוים ב-Verilog. כמו כן, תהיה השוואה להמרה אוטומטית של תוכנה לחומרה.

*לא יתקיימו שיעורים קבוצתיים אלא מפגשים אישיים. לתיאום מפגש נא לפנות במייל לפרופ' יוסי בן אשר yosi@cs.haifa.ac.il

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בתכנון רכיבי חומרה למערכות משובצות	מעבדה	פרופ' יוסי בן-אשר	3	3	
	שעת הדרכה				טרם נקבע

3. מעבדה ברובוטיקה מתקדמת, 203.4277

קדם: מודלים חישוביים 203.3510, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, חדו"א 203.1840, אלגברה ב' 203.1820

תחום: אין

נצא מהמסך של המחשב כדי לתכנת עצמים בעולם האמיתי כמו משקפיים, רובוטים, "קוראי מחשבות" (EEG). לאחר מכן נלמד איך ללמוד ולעבד את המידע העצום בזמן אמת בעזרת אלגוריתמים מקביליים ו-Streaming שרצים על ענן מחשוב. המעבדה תכלול סקירה של המודל החישובי החדש: חומרה, תוכנה, ואלגוריתמים.

מס' המקומות למעבדה זו הנו מוגבל. הקבלה למעבדה כרוכה בעמידה בתנאים הבאים:

1. ציון של 75 לפחות בקורסי הקדם.
2. ממוצע ציונים בתו"ל של 85 לפחות
3. ראיון אישי עם פרופ' דן פלדמן

עמידה בתנאים 1-2, אינה מבטיחה קבלה למעבדה.

סטודנטים המעוניינים להירשם למעבדה מתבקשים לשלוח קורות חיים ותדפיס ציונים עדכני למר אמיר בר און: AmBarOn@univ.haifa.ac.il עד לתאריך 28.9.22 יש לציין בנושא המייל: רובוטיקה מתקדמת 2023.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
רובטיקה מתקדמת	מעבדה	פרופ' דן פלדמן	3	3	אין
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

4. תורת האינפורמציה במדעי המחשב, 203.4370

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, שיטות הסתברותיות 203.2480

תחום: 1

תורת האינפורמציה עוסקת בכימות של מידע ובאפשרות דחיסתו. עקרונות מתחום תורת האינפורמציה עומדים בבסיס רבות ממערכות התקשורת ועיבוד הנתונים בהן אנו משתמשים בחיי היום יום, והיא מהווה תחום מחקר פעיל עם שימושים רבים במדעי המחשב ובהנדסה. בקורס נציג מושגים וכלים בסיסיים בתורת האינפורמציה, תוך שימת דגש על שיטות אלגוריתמיות לדחיסת נתונים. כמו כן נדגים שימושים של תורת האינפורמציה בתחומים שונים במדעי המחשב כגון למידה חישובית, קריפטוגרפיה, מבני נתונים וחישוב מבוזר.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
תורת האינפורמציה במדעי המחשב	שיעור	פרופ' נגה רון-צבי	3	3	ב', 8-11
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

5. מבוא לקריפטוגרפיה, 203.4444

קדם: מודלים חישוביים 203.3510

תחומים: 1+2 יכול להשתייך לאחת הקבוצות. הכוונה שלא מכסה 2 תחומים בבת אחת

קריפטוגרפיה קלאסית, קריפטוגרפיה עם מפתח פרטי (הצפנה סימטרית), בטיחות מושלמת וחישובית, קריפטאנליזה, אימות הודעות, מבוא לתורת המספרים, קריפטוגרפיה עם מפתח פומבי (הצפנה אסימטרית), חתימות דיגיטליות ופונקציות תמצות קריפטוגרפיות, הוכחות באפס ידע, סכמות שיתוף סוד.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מבוא לקריפטוגרפיה	שיעור+תרגול	פרופ' אור דונקלמן	4	4	א'ה' 12-14

6. נושאים בתיאוריה של מדעי המחשב, 203.4534

קדם: אלגברה ב' 203.1820, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, שיטות הסתברותיות 203.2480

תחום: 1

הקורס יעסוק באספקטים מתמטיים ואלגוריתמיים של שיכונים מטריים (metric embeddings). מדובר על שיטה חדשה יחסית וכללית מאוד המתאימה למגוון רחב של בעיות אלגוריתמיות, בעלת מתמטיקה יפה וחדשה. מיועד לסטודנטים בעלי עניין ויכולת בתיאוריה של מדעי המחשב ומתמטיקה בדידה.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
נושאים בתיאוריה של מדעי המחשב	שיעור	פרופ' אורי רבינוביץ	3	3	ב' 17-20
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

7. קודים ואלגוריתמים לתיקון שגיאות, 203.4570

קדם: אלגברה א' 203.1810, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, שיטות הסתברותיות 203.2480

תחום: 1

קודים לתיקון שגיאות הם כלי בסיסי בתקשורת המאפשר העברת מידע על ערוץ רועש. קודים אלו עומדים בבסיס מערכות תקשורת רבות בהן אנו משתמשים בחיי היום יום, ותכנון של קודים כאלו ואלגוריתמים יעילים לתיקון שגיאות הוא תחום מחקר פעיל עם שימושים רבים במדעי המחשב ובהנדסה. בקורס נלמד את התיאוריה הבסיסית של קודים לתיקון שגיאות ונציג קודים ואלגוריתמים מודרניים לתיקון שגיאות, תוך שימת דגש על קודים ואלגוריתמים הניתנים ליישום פרקטי ויעיל. הקודים והאלגוריתמים שנראה יתבססו על מגוון כלים מתמטיים כגון קומבינטוריקה, תורת הגרפים, אלגברה, הסתברות ותורת האינפורמציה. כמו כן נדגים מספר שימושים של קודים ואלגוריתמים לתיקון שגיאות בתחומים שונים במדעי המחשב כגון קריפטוגרפיה, אחסון מידע וחישוב מבוזר. הקורס מיועד לתלמידי תואר ראשון בשלב מתקדם, תואר שני ודוקטורט מכל התחומים.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
קודים ואלגוריתמים לתיקון שגיאות	שיעור	פרופ' נגה רון-צבי	3	3	ד' 16-19
	שעת הדרכה				

8. מבוא ללמידה ממוכנת, 203.4770

קדמים: שיטות הסתברותיות 203.2480, חדו"א 2 203.1840, אלגברה ליניארית 203.1810, אלגברה ב' 203.1820

המטרה של למידה ממוכנת היא לבנות מערכות המסוגלות ללמוד לפתור בעיות כאשר נתונה קבוצה של דוגמאות מייצגות ואיזשהו מידע מוקדם על הבעיות הללו. האפליקציות של למידה ממוכנת כוללות סיווג תמונות, זיהוי דיבור, זיהוי כתב יד, information retrieval, וכו'. המטרה של הקורס היא להכיר עקרונות של למידה ממוכנת, לרבות אספקטים תיאורטיים כגון תכונות הכללה (איך המודל יעבוד על דוגמאות חדשות) ואספקטים מעשיים כגון מודלים סטטיים ודינאמיים חדשניים לסיווג, גרסיה והערכת פילוגים. בקורס נראה אפליקציות לבעיות אמיתיות על מנת להדגים שימושים של למידה ממוכנת. הנושאים כוללים: שיטות באסיאניות, פרמטריות ואי-פרמטריות, גרסיה ליניארית, בחירת מודל, תאמה יתרה, חסמים על שגיאות, שיטות רגולריזציה, דיסקרימינציה ליניארית, עצי החלטות, רשתות עצביות רב שכבתיות ואלגוריתמי אופטימיזציה, אלגוריתמי קבוץ PAC, SVM, (k-means), הפחתת מימדיות מידע PCA, בחירת מאפיינים, Boosting.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מבוא ללמידה ממוכנת	שיעור	ד"ר דן רוזנבאום	3	3	א' 17-20
	מעבדה				

9. מעבדה בגרפיקה ממוחשבת, 203.4704

קדם: אין

תחום: אין

גרפיקה ממוחשבת היא תחום נרחב ביותר המכיל בתוכו מגוון של בעיות ואפליקציות שונות. במסגרת המעבדה הסטודנטים יעבדו על פרויקט בתחום גרעיני בגרפיקה הממוחשבת, אנימציה, סימולציה פיזיקלית, ייצור חישובי או משחק מחשב.

לצורך בחירת נושא, יש לתאם פגישה עם המרצה. מבחר נושאים יוצעו בתחילת הסמסטר. שימו לב: לפחות 50% מהפרויקט חייב להיות ממומש לפני סוף הסמסטר. לא ניתן להתחיל את הפרויקט לאחר סוף סמסטר.

*לא יתקיימו שיעורים קבוצתיים אלא מפגשים אישיים. לתיאום מפגש נא לפנות במייל לד"ר

רוני פורן roiporanne@cs.haifa.ac.il

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בגרפיקה ממוחשבת	מעבדה	ד"ר רועי פורן	3	3	
	שעת הדרכה			1	טרם נקבע

10. מעבדה בלמידת מכונה משמרת פרטיות, 203.4762

קדם: תכנות מונחה עצמים 203.1120, מבני נתונים 203.2310

תחום: אין

למידת מכונה (machine learning) הפכה לגורם רב השפעה במבנה הכלכלי והחברתי, עם מגוון השפעות חיוביות ושליליות על אנשים, טכנולוגיה וחברה. ההצלחה של למידת המכונה כרוכה בגישה לדאטה נרחב ואיסוף נתוני עתק על אנשים פרטיים, ארגונים ועוד, המשמש לאימון המערכות הלומדות ולחיזוי בעזרתן. הגישה הרחבה של חברות וארגונים לדאטה נרחב על פרטים בחברה עשויה להוביל למגוון איומים, על פרטיות, על בטחון (אישי, כלכלי, תעסוקתי, ביטוחי), על יציבות פוליטית, ועוד.

לא יתקיימו מפגשים קבוצתיים אלא מפגשים אישיים

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בלמידת מכונה משמרת פרטיות	מעבדה	ד"ר עדי עקביה	3	3	
	שעת הדרכה			1	טרם נקבע

11. מעבדה בחקר חישוב של התנהגות אנושית, 203.4734

קדם: תכנות מונחה עצמים 203.1120 עיבוד תמונה 203.3730

תחום: אין

קורס מעבדה בו סטודנטים יבצעו פרויקט מחקרי בתחום חקר חישובי של התנהגות חישובית. הפרויקט יכלול הקמת מערכת ושימוש בטכנולוגיות והרצת פיילוט ניסויי עם ניתוח תוצאות. חלק מהפרויקטים יהיו בשיתוף עם חוקרים אחרים באוניברסיטה (פסיכולוגיה, פיזיותרפיה, חינוך ועוד) ויתכן ויתבצעו בשטח המעבדה שלהם. דוגמאות לפרויקטים: מעקב אחר תנועות פנים, ידיים, ניתוח תנועות גופניות, מעקב אחר תנועות עיניים בעת ביצוע משימה ועוד.

לקורס זה יתקבלו רק סטודנטים אשר סיימו את הקורס: עיבוד תמונה בציון 85 ומעלה. סטודנט שנרשם בסמסטר א' תשפ"א לקורס עיבוד תמונה יהיה תקף רק למועדי בחינות א+ב, בנוסף במידה ולא עמד בדרישות הקדם, הרישום לקורס זה יימחק ממערכת הלימודים שלו בתקופת השינויים של סמסטר ב'.

הקבלה לקורס זה אינה אוטומטית, יש לשלוח מייל בקשה לרישום לפרופ' חגית הל אור hagit@cs.haifa.ac.il עד לתאריך 28.9.22

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בחקר חישוב של התנהגות אנושית	מעבדה	פרופ' חגית הל אור	3	3	
	שעת הדרכה			1	טרם נקבע

12. סיבוכיות, 203.4520

קדם: שיטות הסתברויות 203.2480, מודלים חישוביים 203.3510

תחום: 1:

השאלה האם $NP=P$ היא אחת השאלות הגדולות ביותר במדעי המחשב ומתמטיקה. תורת הסיבוכיות עוסקת בשאלה זו ובשאלות דומות: לאיזה בעיות אין אלגוריתמים יעילים (כאשר יעילות יכולה להימדד במונחי זמן, זכרון, חמרה, מקביליות, אינטרקציה, ומשאבים רבים נוספים). זהו תחום צעיר יחסית, ורבות מן השאלות האלה עדיין פתוחות. במפתיע, למרות שהמטרה היא להראות שבעיות הן קשות, לתורה הזו (שחלקים נרחבים ממנה פותח ע"י מדענים ישראלים עטורי פרסים כמו שפי גולדווסר, עודד גולדרייך ואבי ויגדרון) יש בשנים האחרונות שימושים בהוכחות אינטראקטיביות מאוד יעילות לוודוא של חישובים

מורכבים. בקורס נסקור את ההתקדמויות במאמץ להראות ש-P שונה מ-NP (ובפרט על האפשרות שאולי אנו יכולים להוכיח שאין לנו את הכלים להוכיח ש-P שונה מ-NP). נסתכל בסיבוכיות זכרון, ונראה ששם המושגים המתאימים של P ו-NP מאוד קרובים. נלמד על חישוב הסתברותי, ומערכות הוכחה אינארקטיביות. בין השאר נוכיח ש-IP=PSPACE, נראה את משפט ה-PCP, ושימושים שלו להראות קושי לאלגוריתמי קירוב.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סיבוכיות	שיעור	פרופ' רונן שאלתיאל	3	3	ב' 14-17
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

13. חישוב בטוח רב משתתפים, 203.4860

קדם: תכנות מונחה עצמים, 203.1120, שיטות הסתברותיות 203.2480, מבני נתונים 203.2310

תחום: 2

חישוב בטוח רב משתתפים (MPC) הוא כלי מרכזי בתורת ההצפנה המודרנית. MPC מאפשר לשניים או יותר משתתפים, כל אחד עם קלט פרטי משלו, לחשב פונקציה של כלל הקלטים תוך שמירה על פרטיות הקלטים. לחישוב בטוח יש שימושים בתחומים מגוונים, כגון: הצבעה אלקטרונית, מכרזים אלקטרוניים, כסף דיגיטלי, טרנסאקציות אנונימיות, גישה וחיפוש פרטי במאגרי מידע, מיקור חוץ פרטי של חישוב על מידע רגיש. הדרישות מחישוב בטוח כוללות בין השאר: נכונות, פרטיות, ויעילות. בקורס ילמדו טכניקות מפתח של MPC, וביניהן:

Yao, GMW, BGW, OT, OTE, FHE, Secret Sharing, FSS, ZK proofs, PIR, ORAM, IPS compiler, "MPC in the head", PSI constructions, ABY approach, SPDZ, and TinyO.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
חישוב בטוח רב משתתפים	שיעור	ד"ר עדי עקביה	3	3	ה' 14-17
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

סמסטר קיץ:

* הרישום לסמסטר קיץ יתקיים בתקופת השינויים של סמסטר ב'.

1. למידת נתונים במערכות זמן אמת, 203.4274

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, תכנות מונחה עצמים 203.1120, אלגברה ב' 203.1820, חדו"א 203.1840

תחום: אין

כל קבוצת סטודנטים תקבל פרויקט שיעסוק בתכנון ומימוש מערכת שלומדת נתונים בזמן אמת. אפשר לבחור אחת משתי האפשרויות: מערכות רובוטיות - כולל רחפנים, מכונות, מערכות EEG ("קריאת מחשבות"), משקפי מציאות מדומה, זרוע רובוטית וכו'. מחשוב ענן - תכנון ומימוש אלגוריתמים ללמידה וניתוח טרה ביטים של מידע ממקורות טוויטר, מאגרי תמונה או קול על מאות מחשבים בענן (בד"כ של אמזון).

מס' המקומות למעבדה זו הנו מוגבל. הקבלה למעבדה כרוכה בעמידה בתנאים הבאים:

1. ציון של 75 לפחות בקורסי הקדם.
2. ממוצע ציונים בתו"ל של 85 לפחות
3. ראיון אישי עם פרופ' דן פלדמן

עמידה בתנאים 1-2, אינה מבטיחה קבלה למעבדה.

סטודנטים המעוניינים להירשם למעבדה מתבקשים לשלוח קורות חיים ותדפיס ציונים עדכני למר אמיר בר און: AmBarOn@univ.haifa.ac.il עד לתאריך 28.9.22
יש לציין בנושא המייל: למידת נתונים במערכות זמן אמת 2022.

סמסטר קיץ:

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
למידת נתונים במערכות זמן אמת	מעבדה	פרופ' דן פלדמן	3	3	אין
	שעת הדרכה		1	0	טרם נקבע

2. מבני נתונים מתקדמים, 203.8006
קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410
תחום: 1

מודלים של מבני נתונים, ניתוח תחרותי, וניתוח לשיעורין. עצי חיפוש וקודם/עוקב, חיפושי טווח, מבני נתונים למספרים שלמים, מבני נתונים למחרוזות, מבני נתונים המאזנים את עצמם, ערבול מושלם, גרפים דינמיים.

סמסטר קיץ: (הרישום לקורסים של סמסטר קיץ יתקיים בתקופת השינויים של סמסטר ב')

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מבני נתונים מתקדמים	שיעור	פרופ' אורן וימן	4	3	טרם נקבע

סמינרים לתואר שני
(ממוין לפי סמסטרים)
אין תחומים בסמינרים

סמסטר א':

1. סמינר בחישוב בטוח רב משתתפים 203.4335
קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, מודלים חישוביים 203.3510
תחום: אין תחומים בסמינר

בסמינר יוצגו אלגוריתמים חדשניים ומרתקים. הסמינר מיועד רק לתלמידי תואר שני.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר בחישוב בטוח רב משתתפים	סמינר	ד"ר עדי עקביה	2	2	ג', 14-16

2. נושאים מתקדמים בעיבוד תמונה, 203.4745
קדם: עיבוד תמונה 203.3730
תחום: אין תחומים בסמינר

סמינר בנושא מתקדם בעיבוד תמונה וראייה ממוחשבת. נושא הקורס יבחר לקשור בין ראייה ממוחשבת ולמידה ממוכנת.

לסמינר זה יתקבלו אך ורק סטודנטים אשר סיימו את הקורס: "עיבוד תמונה" בציון 85 ומעלה. סטודנטים אשר לא עמדו בדרישה הרישום לסמינר יבוטל.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
נושאים מתקדמים בעיבוד תמונה	סמינר	פרופ' חגית הל-אור	2	2	ד', 10-12

3. סמינר בבלשנות חישובית, 203.4665**קדם:** עיבוד שפות טבעיות 203.4670**תחום:** אין תחומים בסמינר

בסמינר יציגו תלמידים מאמרי מחקר בנושאים עכשוויים בבלשנות חישובית.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר בבלשנות חישובית	סמינר	פרופ' שולי וינטר	2	2	א', 12-14

4. סמינר מחלקתי, 203.4990 "חלק א'"**קדם:** אין**תחום:** אין תחומים בסמינר

בסמינר יוצגו נושאים עדכניים במדעי המחשב. הרצאות יינתנו ע"י תלמידי מחקר בחוג למדעי המחשב אנשי הסגל של החוג ומרצים חיצוניים מהארץ ומח"ל.

סמסטר א':

שם הסמינר	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר מחלקתי	סמינר	הרצאות אורחים	0	0	ה', 10-12

הערה: חובה להירשם לקורס זה ולהשתתף ב-6 הרצאות אורח בשנה. לאחר החתמת הטופס עם החתימות, יש להגיש את הטופס למזכירות החוג לשם דיווח "השלים" בתדפיס הציונים.**סמסטר ב':****1. סמינר שיטות מתקדמות בגרפיקה ממוחשבת, 203.4714****קדם:** אין**תחום:** אין תחומים בסמינר

בקורס נחקר נושאים נוספים בגרפיקה ממוחשבת ותחומים קרובים. בין השאר, נדבר על שיטות רינדור ואפקטים מיוחדים, עיבוד גיאומטרי, אנימציה וסימולציה. על כל סטודנט יהיה להעביר הרצאה ועבודה מסכמת על הנושא שלו. סטודנטים שלא עשו את הקורס גרפיקה ממוחשבת יצטרכו להשלים את הפערים הנדרשים בשבועות הראשונים של הסמסטר.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר שיטות מתקדמות בגרפיקה ממוחשבת	סמינר	ד"ר רועי פורן	2	2	א', 14-16

2. סמינר מחלקתי, 203.4991 "חלק ב'"**קדם:** אין

בסמינר יוצגו נושאים עדכניים במדעי המחשב. הרצאות יינתנו ע"י תלמידי מחקר בחוג למדעי המחשב אנשי הסגל של החוג ומרצים חיצוניים מהארץ ומח"ל.

סמסטר ב':

שם הסמינר	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר מחלקתי	סמינר	הרצאות אורחים	0	0	ה', 10-12

הערה: חובה להירשם לקורס זה ולהשתתף ב-6 הרצאות אורח בשנה.

קורסי בחירה מתואר ראשון *

* הערה: סטודנט במסלול עם תזה רשאי לקחת עד 3 קורסי בחירה מתואר ראשון וסטודנט במסלול ללא תזה רשאי לקחת עד 4 קורסי בחירה מתואר ראשון בהנחה ולא למד אותם בלימודי התואר הראשון. קורסי תואר ראשון אינם משויכים לתחומים!

סמסטר א':

1. לימוד ביג דטה בענן, 203.4284

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, שיטות הסתברותיות 203.2480

תחום: אין. קורס תואר ראשון

נלמד אלגוריתמי קירוב בעלי הוכחות על איכות תוצאה, זמני ריצה וזיכרון שמיועדים ללימוד מידע אינסופי שזורם לרשת מחשבים ("ענן") כדוגמת ציורים ב"טוויטר" או עדכונים ב"פייסבוק". האלגוריתמים יהיו מבוססים על רעיונות מרכזיים במספר תחומים כולל: אלגוריתמים הסתברותיים וגרסאות דטרמיניסטיות שלהם, אופטימיזציה מבוססת גיאומטריה חישובית, תורת האינפורמציה, עיבוד וניתוח אותות, שיטות דגימה, הכפלה במטריצות סקאצ', סטטיסטי מספיק, vc-dimension, למידה סטטיסטית וככל שיינתן הזמן.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
לימוד ביג דטה בענן	שיעור	פרופ' דן פלדמן	4	4	ב' 18-20 + ד' 10-12

2. גרפיקה ממוחשבת, 203.6710

קדמים: תכנות מונחה עצמים 203.1120,

תחום: אין. קורס תואר ראשון

גרפיקה ממוחשבת היא תחום העוסק באחסון, עבוד ותצוגה של אובייקטים גיאומטריים. לגרפיקה יישומים רבים כגון, אנימציה ממוחשבת, משחקי מחשב, מציאות מדומה וכד'. מטרת הקורס היא להכיר את מושגי היסוד והשיטות הבסיסיות בגרפיקה.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
גרפיקה ממוחשבת	שיעור	ד"ר רועי פורן	4	4	ג', 8-12

3. עיבוד תמונה, 203.6730

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, מתמטיקה דיסקרטית 203.1850, חדו"א 2, 203.1840, אלגברה לינארית, 203.1810

תחום: אין. קורס תואר ראשון

קורס זה עוסק בניתוח והבנת תמונות. נושאי הלימוד: טיפול בתמונות בינאריות, מציאת רכיבים קשירים, טיפול בתמונות דרגות אפור, המרות (טרנספורם פוריה), שיפור תמונה במרחב התדר, ייצוגי תמונה (פרמידות), מציאת שפות, סגמנטציה, טיפול בתמונות צבע, נושאים מתקדמים נבחרים בעיבוד תמונה וראייה ממוחשבת.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
עיבוד תמונה	שיעור	פרופ' חגית הל-אור	4	4	ב' 8-12
	תרגיל	טרם נקבע	2	0	ב' 14-16

4. למידה עמוקה, 203.4834

קדמים: תכנות מונחה עצמים 203.1120, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, מבוא ללמידה ממוכנת 203.4770

תחום: אין. קורס תואר ראשון

הקורס יורכב מהרצאות בהן נלמד נושאים עיקריים בלמידה עמוקה ותרגול שיעסוק במימוש של רשתות ורכישת ניסיון בספריות ללמידה עמוקה Tensorflow ו-Theano. הקורס יתחיל במושגים ואלגוריתמים בסיסיים בפרט:

- loss function
- backpropagation
- stochastic gradient decent
- regularization

וארכיטקטורות רדודות:

- feed-forward neural networks
- logistic regression
- auto-encoders

בהמשך נעסוק ברשתות יותר מורכבות:

- convolutional neural networks (CNN)
- VGG, AlexNet, Residual Net, FaceNet, GoogleNet
- רשתות עמוקות לרצפים של נתונים
- RNN, LSTM
- generative deep networks
- visualization/deconvolution, adversarial networks, variational, auto-encoders

אם הזמן יאפשר, נדון בלמידה עמוקה ממספר מועט של דוגמאות מתייגות: Transfer learning, One-shot learning ונלמד על Deep Reinforcement Learning למשחקים.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
למידה עמוקה	שיעור	פרופ' ריטה אוסדצ'י	3	4	א', 9-12
	תרגיל	דניאל יעקובלב	2	0	ה', 14-16

סמסטר ב':

1. אימות פורמלי, 203.4223

קדם: מודלים חישוביים 203.3510

תחום: אין. קורס תואר ראשון

בקורס נלמד נושאים באימות פורמלי: אוטומטים מעל מילים אינסופיות, לוגיקה טמפורלית, משחקים על גרפים, שיטות להתמודדות עם בעית פיצוץ המצבים באימות פורמלי ונושאים נוספים. דרישות: מודלים חישוביים

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אימות פורמלי	שיעור	ד"ר גיא אבני	4	4	א' 8-12

2 . אופטימיזציה קומבינטורית, 203.4450
קדמים: שיטות הסתברותיות 203.2480, תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410,
תחום: אין. **קורס תואר ראשון**

קורס יעסוק בעיצוב אלגוריתמים לבעיות יסוד חשובות בהן נדרש למצוא אובייקט אופטימאלי מתוך קבוצה סופית של אובייקטים אפשריים. בין היתר נעסוק במציאת שידוך מקסימאלי בגרף כללי (לאו דווקא דו-צדדי) ובבעיית הסוכן הנוסע. חלק מהקורס יוקדש לבעיות מופשטות המכילות בעיות מעשיות מעניינות רבות. במסגרת זו נעסוק, בין היתר, במציאת קבוצה בעלת משקל מקסימאלי במטרואיד ואופטימיזציה של פונקציות תת-מודולריות.

סמסטר ב' :

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
אופטימיזציה קומבינטורית	שיעור	פרופ' מורן פלדמן	4	4	ג' 8-12

3. ראייה ממוחשבת, 203.4702

קדמים: עיבוד תמונה 203.3730,
תחום: אין. **קורס תואר ראשון**

בקורס נעסוק בשיטות אלגוריתמיות לניתוח ולמידה מתוך תמונות. נכסה נושאים בסיסיים כמו: גאומטריה של מספר מצלמות, התאמת תמונות, סטריאו, זרימה אופטית, שחזור תלת-מימד, זיהוי אובייקטים, סיווג ואחזור תמונות. נכיר שיטות קלאסיות לפתרון בעיות אלו וכאלה המבוססות על למידה ממוכנת ועמוקה. דגש גדול יהיה על התנסות מעשית, בשימוש בפיתוח וספריות נלוות. רצוי ניסיון מוקדם כלשהו בפיתוח אם כי תינתן הדרכה בסיסית והפנייה ללמידה

עצמית

סמסטר ב' :

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
ראייה ממוחשבת	שיעור	ד"ר סיימון קורמן	4	4	ד' 12-16

4. מבוא לענן וביג דטה, 203.4840

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים, 203.2410
תחום: אין. **קורס תואר ראשון**

קורס מבוא יעסוק בחיבור בין שני היבטים מרכזיים של עולם הביג דטה: אחסון ביג דטה ופלטפורמות ביג דטה לניתוח נתונים. במסגרת הקורס סטודנטים ייחשפו לסקירה של מערכות ופתרונות העדכניים בעולם של ביג דטה, יילמדו חומר תאורתי ויעשו עבודות מעשיות הכוללות פיתוח קוד. נלמד שיטת Map Reduce לניתוח נתונים ונתמקד על Apache Spark אשר הפך להיות תחום התמחות הכי מבוקש בעולם. כמו כן נלמד על serverless computing והקשר לביג דטה. נלמד פתרונות אחסון של ביג דטה, מערכת קבצים מבוזרות כגון HDFS, סוגי קבצים כמו Apache Parquet. נלמד על REST API, GraphQL, ושימוש שלהם בתור פרוטוקול גישה לענן. נעסוק הרבה ב Cloud based Object Storage ונלמד מושגים רבים מהתחום, כגון replication, data partition, fault tolerance, consistency models, Metadata, ונושאים רבים אחרים.

סמסטר ב' :

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מבוא לענן וביג דטה	שיעור	ד"ר גיל ורניק	2	2	ב', 11-13

5. רשתות תקשורת, 203.6210

קדמים: שיטות הסתברותיות 203.2480
תחום: אין. **קורס תואר ראשון**

קורס מבוא להקניית מושגי יסוד ברשתות תקשורת מחשבים. חשיבות הרשתות הולכת וגדלה כאשר בנוסף על היישומים הקלאסיים של העברת נתונים, הולכים ומתרבים יישומי העברת קול, תמונה ווידאו. נעסוק בהיבטים שונים: פרוטוקולי תקשורת מודל 7 השכבות, רשתות מקומיות, אזוריות ועולמיות, טכנולוגיית האינטרנט, ניהול רשתות, יישומים מתקדמים והתפתחות עתידית.

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
רשתות תקשורת	שיעור	פרופ' אור דונקלמן	4	4	הקורס מתוקשב שעת קבלה לתקיים ביום ה' 14-16
רשתות תקשורת	תרגיל	טרם נקבע	2	0	ב' 14-16

סמינרים מתואר ראשון

סמסטר א'

1. סמינר בבדיקת תוכנות, 203.4196

קדם: שיטות הסתברותיות

תחום: אין תחומים בסמינר

הסמינר יעסוק באלגוריתמים רנדומיים תת-ליאריים לבדיקת תוכנות. בפרט תכונות של פונקציות על הישר, של פונקציות בוליאניות ושל תכונות של גרפים. הסטודנטים יצטרכו לקרוא ולהציג מאמרים בנושא.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר בבדיקת תוכנות	סמינר	פרופ' אילן נוימן	2	2	ה' 8-10

1. סמינר בניטור מערכות מבוזרות, 203.4165

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, חדו"א 203.1840, אלגברה ב' 203.1820

תחום: אין תחומים בסמינר

הסמינר יתמקד בניטור וזיהוי תופעות גלובליות במערכות מבוזרות דינמיות. המטרה היא לזהות במהירות ובמינימום תקשורת "טרנדים" גלובליים או "שינויי פאזה" במערכות כאילו. הנושאים המרכזיים יהיו sketches, slack distribution, וניטור בעזרת שיטות גיאומטריות. הסמינר יכסה שיטות ושימושים שונים, כגון ניטור ברשתות חישנים וזיהוי של התקפות "DDOS". מרבית הטכניקות שילמדו מבוססות על אלגוריתמים וכלים הסתברותיים וגיאומטריים.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר בניטור מערכות מבוזרות	סמינר	פרופ' דני קרן	2	2	ד' 8-10

2. סמינר בתורת הרשתות, 203.4214

קדם: תכנון וניתוח אלגוריתמים 203.2410, .

תחום: אין תחומים בסמינר

מטרת הסמינר היא לבחון ולהכיר את תורת הרשתות מהממד המתמטי, אלגוריתמי שלה. נמדל רשת כגרף ונבחן את תכונותיו עבור רשתות מסוימות. מרכזיות של צומת ברשת, הגדרות ואלגוריתמים למציאת צומת מרכזי. פרדוקס החברויות ושימושיו בבעיית המרכזיות. מודלים דינמיים להתפשטות מידע ברשת ואלגוריתמים. הצבעות רוב מקומי ורשתי (local-global). טופולוגיה של רשתות חברתיות. דגימה ב-ויצירה של-רשתות חברתיות.

סמסטר א':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר בתורת הרשתות	סמינר	ד"ר אורן בן צבי	2	2	ב 12-14

סמסטר ב':**3. סמינר בתורת המשחקים, 203.4675**

קדם: מודלים חישוביים, 203.3510

תחום: אין תחומים בסמינר

הסמינר יסקור נושאים בתורת המשחקים ובעיקר משחקים שרלוונטיים למדעי המחשב: משחקי סכום אפס ומשפט ה-minimax, משחקים כלליים ושיווי משקל נאש, נושאים בגבול כלכלה וחישוב: מכרזים, משחקי רשתות זרימה, ועוד

סמסטר ב':

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
סמינר בתורת המשחקים	סמינר	ד"ר גיא אבני	2	2	ה' 8-10

סמסטר קיץ

* הרישום לסמסטר קיץ יתקיים בתקופת השינויים של סמסטר ב'.

1. מעבדה בראייה ממוחשבת, 203.4720

קדמים: למידה עמוקה 203.3834, ראייה ממוחשבת 203.3702

תחום: אין

המעבדה תכלול פרויקטים ממגוון נושאים בראייה ממוחשבת, בדגש על הפעלת כלים של למידה עמוקה. כל פרויקט יכלול קריאה של מספר מאמרי רקע, מימוש והרחבה של רעיון מתוך מאמר עדכני שייבחר. ההערכה תתבצע על בסיס מספר פגישות לאורך הסמסטר והצגת הפרויקט במפגש סיום.

לא יתקיימו שיעורים קבוצתיים אלא מפגשים אישיים. לתיאום מפגש נא לפנות במייל לד"ר סיימון קורמן

simon.korman@gmail.com

סמסטר קיץ: (הרישום לקורסים של סמסטר קיץ יתקיים בתקופת השינויים של סמסטר ב')

שם הקורס	סוג	מרצה	שעות	נ"ז	זמנים
מעבדה בראייה ממוחשבת	שיעור	ד"ר סיימון קורמן	4	3	טרם נקבע