

"כִּי שָׁאֵל נָא לְדֹר רִישׁוֹן, וְכֹנֵן לְחֶקֶר אֲבוֹתָם" (איוב ח ח)
אוניברסיטת אריאל, המחלקה למדעי המחשב

קורס: תכנות אלגוריתמים מחקריים

המרצה: ד"ר אראל סגל-הלוי

שנת לימודים: ה'תשפ"ב, סמסטר: ב

אתר הקורס: <https://github.com/erelsql-at-ariel/research-5782>

א. מטרת הקורס

מטרת הקורס היא ללמד אתכם, הסטודנטים, לחבר את עולם המחקר התיאורטי במדעי המחשב, עם עולם התיכנות המעשי.

ב. תוצרי הלמידה: לאחר שסיימו את הקורס בהצלחה, תוכלו:

- לקרוא מאמר מחקרי מהשנים האחרונות המתאר אלגוריתם חדש;
- להסביר ולהדגים את אופן פעולת האלגוריתם;
- לתכנת את האלגוריתם בשפת פייתון;
- לבדוק את ביצועי האלגוריתם ולהשוות לאלגוריתמים אחרים.

הכישורים האלה יועילו לכם בין אם תבחרו לעבוד בתעשייה או באקדמיה:

- בתעשייה – הכישרון לקרוא להבין מאמר מחקרי ולתכנת אותו יאפשר לכם להתעדכן באופן שוטף בחידושים הנמצאים בחזית המחקר, וליישם אותם בעבודתכם בתעשייה.
- באקדמיה – הכישרון לתכנת מאמר מחקרי יעזור לכם לכתוב הדמיות ולבצע ניסויים השוואתיים בין אלגוריתמים, ויסייע לכם לקדם את חזית המחקר.

ג. קהל יעד:

הקורס מיועד לתלמידים לתואר שני או שלישי, וכן לסטודנטים מצטיינים בסוף תואר ראשון.

ד. דרישות קדם:

אלגוריתמים 2 / 2מ; תכנות מערכות ב.

ה. מפגשי הקורס:

הרצאה שבועית – 3 שעות – תועבר באופן מקוון ב-Zoom, ותוקלט בענן. ההרצאה תתחלק לשניים:

- הצגת התקדמות של סטודנטים במטלה השבועית ובעבודה;
- לימוד נושאים במחקר ובשפת פייתון.

ה. עבודה:

במהלך הקורס תבחרו מאמר מחקרי מהשנים האחרונות המתאר אלגוריתם חדש. תוכלו לבחור בין אלגוריתמים בתחומים שונים, כגון: תורת הגרפים, גיאומטריה חישובית, אופטימיזציה, קומבינטוריקה, כלכלה ותורת המשחקים. לאחר מכן תנתחו את המאמר לפי השלבים הבאים:

1. סיכום המאמר בעברית;
2. המצאת דוגמאות-קלט מעניינות והרצת האלגוריתם עליהן;
3. כתיבת פונקציה בשפת פייתון המייצגת את האלגוריתם; בדיקות מקיפות בהתאם לסעיף 2;
4. מימוש האלגוריתם בשפת פייתון;
5. הרצת האלגוריתם על קלטים אקראיים והשוואה לאלגוריתמים אחרים;

6. שילוב האלגוריתם בספריית קוד פתוח בהתאם לנושא המאמר, כגון: networkx, sympy, galgebra, numpy, scipy וכד'.
השלב האחרון יאפשר לכם להיכנס לרשימת התורמים לספריה – דבר שתוכלו לציין בקורות חיים.

ו. ציון:

100% עבודה במהלך הסמסטר. לכל אחד משלבי העבודה בסעיף הקודם יהיה משקל בציון הסופי. בנוסף יינתן ניקוד על הצגות במהלך השיעורים. פירוט מלא של אופן חישוב הציון יתפרסם באתר הקורס לפני תחילת הסמסטר.

ה. השוואה לקורסים קיימים

הקורס משלב יתרונות של שני סוגי קורסים קיימים:

- **סמינר מחקרי** - שבו אתם קוראים מאמרים ומכינים מצגת להצגת המאמרים בשיעור. בקורס זה אתם לא רק קוראים אלא גם מתכנתים. יש הבדל משמעותי מאד בין קריאת מאמר לצורך הכנת מצגת, לבין קריאת מאמר לצורך תיכנות. תיכנות מאמר דורש הבנה מעמיקה הרבה יותר בפרטי המימוש של האלגוריתם. חייבים להבין את האלגוריתם במדויק – לא מספיק "לספר" אותו במילים כלליות וב"נפנופי ידיים". במקרים רבים תוך-כדי תיכנות המאמר מגלים שגיאות ופערים (נושאים לא מוסברים) באלגוריתם. תיכנות האלגוריתם גם דורש מחשבה על סוגי הנתונים ומבני-הנתונים הדרושים, ועל שיקולי יעילות במימוש.
- **קורס בהנדסת תוכנה** – שבו אתם בוחרים פרוייקט יישומי ומתכנתים אותו. בקורס זה אתם מתכנתים נושא מחזית המחקר – אתם מתכנתים אלגוריתם ש(כנראה) אף אחד עדיין לא תיכנת. זה שונה משמעותית מתיכנות אפליקציה.

ו. נושאי הלימוד:

השיעורים יתחלקו לשני סוגים:

- שיעורים תיאורטיים - קריאת מאמרים מדעיים, דרכים להבנתם וניתוחם. בחלק זה תציגו את המאמרים שקראתם ותנתחו את האלגוריתמים ע"י דוגמאות-הרצה.
- שיעורים מעשיים - נושאים מתקדמים בשפת פייתון, במיוחד נושאים הרלבנטיים לתיכנות אלגוריתמים והצגתם. אתם תשתמשו בנושאים הנלמדים כדי לתכנת את האלגוריתמים במאמרים שקראתם, ותציגו את התקדמותכם בשיעור.

הבאה מתארת את נושאי הלימוד והמטלות באופן כללי. **שימו לב:** חלוקת הנושאים לשבועות עשויה להשתנות בהתאם לזמן שייקח ללמד כל נושא.

שבוע	הרצאה	מטלה
1. הטבלה	קריאת מאמר מחקרי: איך מתחילים, איך בנוי המאמר, למה צריך לשים לב. הסבר על נהלי הקורס ושלבי העבודה. פייתון 1: מבנה של מסמך פייתון, אופרטורים, בקרת זרימה ופונקציות (בפרט: <code>args **kwargs</code> , <code>annotations</code> , <code>*</code> <code>lambda function</code>). קבצים וחריגות. בדיקות וניפוי-שגיאות: <code>doctest</code> , <code>logging</code> , <code>unittest</code> .	[בחירת מאמר]. פייתון - מטלה 1.
2.	הצגת פייתון – מטלה 1. פייתון 2: תיכנות מונחה עצמים: קשטנים; מתודות אינסטנס, מחלקה וסטטיות. סדר ירושה (MRO); כימוס; מחלקה מופשטת. מתודות קסם - דריסת אופרטורים, <code>context manager</code> , איטרטורים וג'נרטורים. תבניות עיצוב - <code>strategy</code> ו- <code>memoization</code> .	מאמר - מטלה 1: סיכום המאמר במילים שלכם.
3.	הצגת מאמרים – מטלה 1. ניתוח אלגוריתם חדש: איך ממציאים דוגמאות-הרצה, איך מזהים מקרי-קצה.	פייתון - מטלה 2.
4.	הצגת פייתון – מטלה 2. פייתון 3: הכרות עם ספריות מפתח לתיכנות מדעי בפייתון: <code>numpy</code> , <code>matplotlib</code> , <code>pandas</code> , <code>scipy</code> , <code>networkx</code> , <code>cvxpy</code> . סביבה וירטואלית בפייתון.	מאמר – מטלה 2: המצאת דוגמאות הרצה, זיהוי מקרי-קצה במאמר שבחרתם, ודוגמאות שעליהן האלגוריתם לא עובד.
5.	הצגת מאמרים – מטלה 2.	פייתון - מטלה 3.
6.	הצגת פייתון – מטלה 3. פייתון 4: נושאים מתקדמים בפייתון: ביטויים רגולריים (<code>regex</code>); ריבוי תהליכים: <code>threads</code> ו- <code>multithreads</code> ; מסדי-נתונים: <code>sqlite</code> . שיפור זמן ריצת התוכנית: <code>cython</code> , <code>cppy</code> , <code>numba</code> ו- <code>pypy</code> .	מאמר – מטלה 3: כתיבת כותרות ובדיקות-יחידה לאלגוריתם.
7.	הצגת מאמרים – מטלה 3. איך מתרגמים טקסט מתוך מאמר מדעי לקוד בפייתון. דגש על תיכנות ליניארי ועל אלגוריתמים בגרפים.	פייתון - מטלה 4.

8.	הצגת פייתון – מטלה 4.	מאמר – מטלה 4: מימוש מלא של האלגוריתם במאמר שלכם.
9.	הצגת מאמרים – מטלה 4. איך משווים בין אלגוריתמים שונים: הדמיה על קלטים אקראיים בהתפלגויות שונות, השוואה לקו-בסיס (baseline).	פייתון - מטלה 5.
10.	הצגת פייתון – מטלה 5.	מאמר – מטלה 5: בחירת קו-בסיס המתאים לאלגוריתם שלכם, והשוואה ע"י ניסוי הדמיה. מטלה מתגלגלת: בניית אתר להצגת האלגוריתם שלכם.
11.	הצגת מאמרים – מטלה 5. איך "נכנסים" למערכת קוד פתוח? תהליך הורדה, התקנה והיכרות עם קוד של מערכת; יצירת קשר עם המפתחים; השתלבות בקהילה.	פייתון - מטלה 6.
12.	הצגת פייתון – מטלה 6. הצגת מאמרים – מטלה 6.	מאמר - מטלה 7: בניית חבילה או אתר עבור האלגוריתם שלכם; שילוב האלגוריתם שכתבתם במערכת קוד-פתוח המתאימה לנושא.
13.	הצגת מאמרים – מטלה 7 והשלמות להתראות	

ו. ספרי לימוד עיקריים, לעיון והרחבה:

כל חומר הלימוד הדרוש לקורס נמצא באתר הקורס בגיטהאב. רוב הלימוד יתבצע ע"פ רשימת מאמרים שתתעדכן מדי שנה בהתאם לחידושים בחזית המחקר.

ללימוד על שפת פייתון בהקשר של תכנות אלגוריתמים, ניתן להיעזר בספרים הבאים:

- **Classic Computer Science Problems in Python** - David Kopec, 2019
(<https://www.manning.com/books/classic-computer-science-problems-in-python>).
- **Hands-On Data Structures and Algorithms with Python: Write complex and powerful code using the latest features of Python 3.7** – Basnat Agarwal,

2018 (<https://www.amazon.com/Hands-Data-Structures-Algorithms-Python-ebook/dp/B07JG952MD/>).

עוד מקורות להרחבה:

האתר real python למדריכים בפיתוח לכל הרמות:
<https://realpython.com>

פלייליסט בנושא flask של Corey Schafer
https://www.youtube.com/watch?v=MwZwr5Tvyxo&list=PL-osiE80TeTs4UjLw5MM6OjgkjFeUxCYH&ab_channel=CoreySchafer

פלייליסט בנושא django של Corey Schafer -
https://www.youtube.com/watch?v=UmljXZlpyDc&list=PL-osiE80TeTtoQCKZ03TU5fNfx2UY6U4p&ab_channel=CoreySchafer

חוברת הדרכה בפיתוח, מאת של אלעד חורב –
https://drive.google.com/file/d/13E64nk5eh6ikxDqpEgi_jWhJDemtcb8H/view