

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

קורס: תכנות אלגוריתמים מחקרניים

מספר: 2-7063510-1

המרצה: ד"ר אראל סגל-הלוי

שנת לימודים: ה'תשפ"ד, סמסטר: ב

אתר הקורס: <https://github.com/erelsql-at-ariel/research-5784>

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:

- קורסי אלגוריתמים: אלגוריתמים 1 או 1מ; אלגוריתמים 2 או 2מ.
- קורסי תכנות: תכנות מערכות 2; תכנות מונחה עצמים; תקשורת; מערכות הפעלה.
- אנגלית מתקדמים 2.

ה. מפגשי הקורס:

הרצאה שבועית – 3 שעות. ההרצאה תתחלק לשניים:

- הצגת התקדמות של סטודנטים בתיכנות האלגוריתם;
 - לימוד נושאים במחקר ובשפת פייתון.
- הקורס יתקיים בכיתה, וישודר בשידור חי בזום.

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 בגדלים שונים והשוואה לאלגוריתמים אחרים;
6. שילוב האלגוריתם בספריית קוד פתוח בהתאם לנושא המאמר, כגון: networkx, sympy, galgebra, numpy, scipy וכד'. שלב זה יאפשר לכם להיכנס לרשימת התורמים לספריה – דבר שתוכלו לציין בקורות חיים.
7. בניית אתר להדגמת האלגוריתם.

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 מתפרסם באתר הקורס.

ה. השוואה לקורסים קיימים

הקורס משלב יתרונות של שני סוגי קורסים קיימים:

- **סמינר מחקר** - 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.

הטבלה הבאה מתארת את נושאי הלימוד והמטלות באופן כללי.
נושאי הלימוד וסדרם עשויים להשתנות בהתאם להתפתחויות במהלך הסמסטר.

שבוע	הצגה	הרצאה	מטלה
1.	-	קריאת מאמר מחקרי: איך מתחילים, איך בנוי המאמר, למה צריך לשים לב. פייתון 1: תהליך פיתוח בפייתון: רשימות (logging), סביבה וירטואלית (virtualenv), שילוב בדיקות (doctest, pytest) בפעולות גיטהאב (GitHub actions). תיכנון ובניית בדיקות אקראיות.	מאמר: בחירת מאמר [לעוד שבוע]. לאחר קבלת אישור: סיכום המאמר במילים שלכם [לעוד שבועיים]. פייתון 1.
2.	-	פייתון 2: קשטנים (decorators), מנהלי הקשר (context managers). תבניות עיצוב הרלבנטיות לתיכנות אלגוריתמים: FlyWeight, Strategy, Command.	פייתון 2: דגמי עיצוב לפיתוח אלגוריתמים.
3.		מאמר: סיכום.	מאמר: המצאת דוגמאות הרצה.
4.	מאמר: סיכום.	פייתון 3: ספריות לתיכנות מדעי: numpy, matplotlib, scipy, networkx, cvxpy.	פייתון: num-stack.
5.		מאמר: דוגמאות הרצה.	
6.	מאמר: דוגמאות הרצה.	פייתון 4: אלגוריתמים בגרפים בפייתון – הספרייה networkx, אלגוריתמים מדויקים ואלגוריתמי קירוב לבעיות NP-קשות; אלגוריתמים לשרטוט גרפים; גרפים אקראיים; בדיקות ביצועים.	פייתון + מאמר: כתיבת כותרות ובדיקות-יחידה לאלגוריתם.
7.	מאמר: כותרות ובדיקות-יחידה.	פייתון 5: מסדי-נתונים: pandas, sqlite, sqlalchemy, request, google sheet.	
8.		מאמר: כותרות ובדיקות-יחידה.	
9.	מאמר: כותרות ובדיקות-יחידה.	פייתון 6: שיפור ביצועי התוכנית: ריבוי תהליכים: threads ו-multithreads; שיפור זמן ריצת התוכנית: cython, numba ו-cppyy, pypy.	מאמר: מימוש האלגוריתם.
10.		מאמר: מימוש האלגוריתם.	פייתון + מאמר: שיפור ביצועי האלגוריתם.
11.	מאמר: שיפור ביצועי האלגוריתם.	פייתון 7: בניית אתרים פשוטים להצגה והדגמה של אלגוריתמים; מערכת flask, gunicorn.	פייתון + מאמר: בניית אתר להצגת האלגוריתם.
12.	מאמר: אתר להדגמת האלגוריתם.	פייתון 8: חבילות. פרסום חבילות ב-PyPI: מבנה של ספרייה לפרסום; הכנת הספרייה לפני הפרסום; פרסום הספרייה בפועל.	פייתון + מאמר: פירסום האלגוריתם שלכם כחבילה.
13.	השלמת מימושים.	להתראות ותודה על ההשתתפות!	

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 בפייתון 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=UmljXZlypDc&list=PL-osiE80TeTtoQCKZ03TU5fNfx2UY6U4p&ab_channel=CoreySchafer

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