

"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 תיכנות: תיכנות 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 כלשהו, בנושאים כגון תורת הגרפים, גיאומטריה חישובית, אופטימיזציה, קומבינטוריקה, כלכלה או תורת 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 הנוכחי 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 הנוכחי 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. <b>פייתון:</b> מבוא+דוקטסט; קשטנים (decorators), מנהלי הקשר (context managers). תבניות עיצוב הרלבנטיות לתיכנות אלגוריתמים: FlyWeight, Strategy, Command.	<b>מאמר:</b> בחירת מאמר [לשבוע 2]. לאחר קבלת אישור: סיכום המאמר במילים שלכם + דוגמאות הרצה [לשבוע 3]. <b>פייתון:</b> מבוא; דגמי עיצוב לפיתוח אלגוריתמים [לשבוע 2].
2.	מאמר: סיכום ודוגמאות הרצה (מי שסיפק).	<b>פייתון:</b> ספריות לתיכנות מדעי: numpy, scipy, cvxpy matplotlib	<b>פייתון:</b> num-stack [לשבוע 4].
3.	מאמר: סיכום ודוגמאות הרצה.	<b>פייתון:</b> תהליך פיתוח בפייתון: רשימות (logging), סביבה וירטואלית (virtualenv), שילוב בדיקות (doctest, pytest) בפעולות גיטהב (GitHub actions). תיכנון ובניית בדיקות אקראיות.	<b>פייתון + מאמר:</b> כתיבת כותרות ובדיקות-יחידה לאלגוריתם [לשבוע 5].
4.	מאמר: סיכום ודוגמאות הרצה.	<b>פייתון:</b> אלגוריתמים בגרפים בפייתון – הספרייה networkx, אלגוריתמים מדויקים ואלגוריתמי קירוב לבעיות NP-קשות; אלגוריתמים לשרטוט גרפים; גרפים אקראיים; בדיקות ביצועים.	<b>פייתון:</b> אלגוריתמים בגרפים [לשבוע 6].
5.	מאמר: כותרות ובדיקות.	מאמר: כותרות ובדיקות.	<b>מאמר:</b> מימוש האלגוריתם [לשבוע 7].
6.	מאמר: כותרות ובדיקות.	<b>פייתון:</b> מסדי-נתונים: pandas, sqlite, sqlalchemy, request, google sheet.	<b>פייתון:</b> מסדי נתונים [לשבוע 8].
7.	מאמר: מימוש	<b>פייתון:</b> שיפור ביצועי התוכנית: ריבוי תהליכים: threads ו-multithreads; שיפור זמן ריצת התוכנית: cython, numba ו-cppyy, pypy.	<b>פייתון + מאמר:</b> שיפור ביצועי האלגוריתם [לשבוע 9].
8.	מאמר: מימוש	מאמר: מימוש האלגוריתם.	
9.	מאמר: שיפור ביצועי האלגוריתם.	<b>פייתון:</b> בניית אתרים פשוטים להצגה והדגמה של אלגוריתמים; מערכת flask, gunicorn.	<b>פייתון + מאמר:</b> בניית אתר להצגת האלגוריתם / בקשת משיכה [לשבוע 10].
10.	מאמר: שיפור ביצועי האלגוריתם.	מאמר: שיפור ביצועי האלגוריתם. השלמת הצגות.	

## 1. ספרי לימוד עיקריים, לעיון והרחבה:

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

ללימוד על שפת פייתון בהקשר של תוכנות 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-osiE80TeTs4UjLw5MM6OjgkFeUxCYH&ab\\_channel=CoreySchafer](https://www.youtube.com/watch?v=MwZwr5Tvyxo&list=PL-osiE80TeTs4UjLw5MM6OjgkFeUxCYH&ab_channel=CoreySchafer)

פלייליסט בנושא django של Corey Schafer

[https://www.youtube.com/watch?v=UmljXZlpyDc&list=PL-osiE80TeTtoQCKZ03TU5fNfx2UY6U4p&ab\\_channel=CoreySchafer](https://www.youtube.com/watch?v=UmljXZlpyDc&list=PL-osiE80TeTtoQCKZ03TU5fNfx2UY6U4p&ab_channel=CoreySchafer)

חוברת הדרכה בפייתון, מאת אלעד חורב –

[https://drive.google.com/file/d/13E64nk5eh6ikxDqpEgi\\_jWhJDemtcB8H/view](https://drive.google.com/file/d/13E64nk5eh6ikxDqpEgi_jWhJDemtcB8H/view)