**מעבדה במודלים אקולוגיים - סמסטר אביב התשפ"ה**

**תרגיל בית 2** -– **עבודה בצוותי העבודה**

מועד הגשה: 3.6.2025

יש למנות מהנדס.ת מערכת בכל צוות, אשר יהיה אחראי על הגדרת הדרישות ההנדסיות, ועל ניהול הצוות. נא לרשום את שם הסטודנט.ית בתרגיל זה. על מהנדס.ת המערכת לכתוב כיצד נעשתה חלוקת העבודה מול הצוות, מה היו המשימות של כל חבר צוות, האם היה ממשק בין חברי הצוות, והאם המשימות מולאו:

מהנדס צוות: פייר מבאריכי

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **שם חבר הצוות** | **משימות שהוקצו** | **משימות שהושלמו** |
| פאדי סרור | חלק א, חלק ב, חלק ה | חלק א, חלק ב, חלק ה |
| פייר מבאריכי | חלק ג, חלק ד, חלק ה | חלק ג, חלק ד, חלק ה |

### המשימה

#### חלק א: הגדרת מערכת אקולוגית (15%)

1. בחרו מערכת אקולוגית מוגדרת , על בסיס הנתונים שבחרתם

המערכת האקולוגית שבחרנו: המערכת האקולוגית שנבחרה היא המערכת העירונית של עיר מסוימת (למשל: תל אביב, חיפה, ירושלים, וכו'), כפי שנבחרה במערכת AirWise Dashboard הנתונים שבחרנו: במערכת נאספים ומוצגים הנתונים הבאים: מדד איכות האוויר (AQI) נתוני מזג אוויר: טמפרטורה, לחות, רוח, תיאור מזג האוויר מגמות איכות האוויר (גרף 5 ימים) טיפים אקולוגיים ובריאותיים (למשל: מתי כדאי לצאת לריצה, מתי לפתוח חלון, מתי להימנע מנסיעה ברכב) EcoScore – ניקוד אישי לפעילות אקולוגית של המשתמש, התאמה חקלאית (במפה) הקשר בין המערכת האקולוגית לנתונים: המערכת האקולוגית כאן היא סביבת החיים העירונית, כפי שהיא מושפעת ומשפיעה על איכות האוויר, מזג האוויר, והרגלי התושבים. הנתונים שנבחרו מתמקדים באיכות האוויר, מזג האוויר, התנהגות אקולוגית של המשתמשים, והתאמה חקלאית – ולא כוללים נתוני מים, קרקע או מרכיבים אחרים.

1. זהו את הרכיבים העיקריים של המערכת לפי מודל Odum:
   * רכיבים ביוטיים (מינים עיקריים):

בני אדם – תושבי העיר, משתמשי המערכת, משפיעים ומושפעים מאיכות האוויר. צמחייה עירונית – עצים, גינות, פארקים (משפיעים על איכות האוויר, מוצגים בטיפים אקולוגיים). (בעלי חיים עירוניים – לא נמדדים ישירות בפרויקט, אך קיימים בעיר).

* + רכיבים אביוטיים (גורמים פיזיקליים וכימיים)

אוויר – איכות האוויר (AQI), מזהמים, חמצן, חלקיקים. טמפרטורה – נתוני מזג אוויר. לחות – נתוני מזג אוויר. רוח – נתוני מזג אוויר. קרינה סולארית – לא נמדדת ישירות, אך משפיעה על מזג האוויר.

* + מקורות אנרגיה

השמש – מקור האנרגיה העיקרי, משפיעה על טמפרטורה, פוטוסינתזה בצמחייה, תהליכים אקלימיים. (משני) אנרגיה ממקורות אנושיים – תחבורה, תעשייה (משפיעים על פליטת מזהמים).

* + מעגלי חומרים (לפחות שניים)

פחמן (CO₂): נפלט לאוויר ע"י תחבורה, תעשייה, נשימה. נקלט ע"י צמחים בתהליך הפוטוסינתזה. חמצן (O₂): נפלט ע"י צמחים (פוטוסינתזה). נצרך ע"י בני אדם ובעלי חיים (נשימה). מים: מופיע בלחות האוויר, אך לא נמדד ישירות בפרויקט.

* + קשרים ומשובים בין הרכיבים

בני אדם ← מזהמים את האוויר (רכבים, תעשייה) ← פוגעים באיכות האוויר.

צמחייה ← משפרת את איכות האוויר(קולטת CO₂ פולטת O₂) ← משפרת בריאות התושבים.

איכות האוויר ← משפיעה על בריאות התושבים (טיפים בריאותיים במערכת).

טמפרטורה/לחות/רוח ← משפיעים על פיזור מזהמים.

פעילות אקולוגית של המשתמשים ← (EcoScore)יכולה לשפר את איכות האוויר (למשל, נטיעת עצים, הפחתת נסיעה ברכב).

#### חלק ב: ניסוח השערות והגדרת משתנים (20%)

1. נסחו לפחות שתי השערות מחקר לגבי דינמיקה מרחבית במערכת האקולוגית שבחרתם

השערה 1: אזורים עירוניים עם יותר צמחייה עירונית (פארקים, עצים, שטחים ירוקים) יציגו מדד איכות אוויר (AQI) נמוך יותר, כלומר איכות אוויר טובה יותר, בהשוואה לאזורים עם פחות צמחייה.

השערה 2: אזורים עם טמפרטורות ממוצעות גבוהות יותר יציגו מדד איכות אוויר (AQI) גבוה יותר (כלומר, איכות אוויר גרועה יותר), עקב השפעת החום על פיזור מזהמים.

1. הגדירו בצורה מדויקת את המשתנים הבאים:
   * משתנים תלויים (לפחות 2)

* מדד איכות אוויר (AQI): ערך מספרי המייצג את רמת זיהום האוויר בעיר.
* ציון אקולוגי (EcoScore): הציון האקולוגי של המשתמש/ת, המשקף את פעילויותיו/ה הידידותיות לסביבה.
  + משתנים בלתי תלויים (לפחות 5)
* כמות צמחייה עירונית: (כמותי/איכותני – מספר הפארקים, העצים, שטח ירוק לנפש)
* טמפרטורה ממוצעת: (במעלות צלזיוס, °C)
* לחות יחסית: (%)
* מהירות רוח: (מטר/שנייה, מ/ש)
* צפיפות אוכלוסין: (תושבים לקמ"ר)
* מספר כלי הרכב בעיר: (כמדד עקיף/פרוקסי לזיהום מתנועה)
  + משתנים מתערבים שיש ביכולתכם לבקר (לפחות 2)
* זמן המדידה: (בוקר/צהריים/ערב – כדי לבקר/לנטרל שונות יומית)
* בחירת העיר על ידי המשתמש/ת: העיר הספציפית שהמשתמש/ת בחר/ה באפליקציה.

1. הסבירו את הקשרים המשוערים בין המשתנים. רישמו השערות (השערת אפס, השערות נוספות).

כמות צמחייה עירונית צפויה להיות בקורלציה שלילית עם AQI (יותר צמחייה ← AQI נמוך יותר).

טמפרטורה גבוהה יותר צפויה להיות בקורלציה חיובית עם AQI (טמפרטורה גבוהה יותר ← AQI גבוה יותר).

לחות גבוהה יותר עשויה להשפיע על פיזור מזהמים (ההשפעה תלויה בסוג המזהם).

מהירות רוח גבוהה יותר צפויה להפחית את ה-AQI (מפזרת מזהמים).

צפיפות אוכלוסין גבוהה יותר / מספר כלי רכב גדול יותר צפויים להעלות את ה-AQI.

ציון אקולוגי (EcoScore) עשוי להשתפר עם יותר צמחייה ופעילויות ידידותיות לסביבה.

דוגמאות להשערות:

השערה 1 (H1):

קיים קשר שלילי (קורלציה שלילית) בין כמות הצמחייה העירונית לבין מדד איכות האוויר (AQI).

השערת האפס (H0):

אין קשר (אין קורלציה) בין כמות הצמחייה העירונית לבין מדד איכות האוויר (AQI).

השערה 2 (H2):

קיים קשר חיובי (קורלציה חיובית) בין טמפרטורה ממוצעת לבין AQI.

השערת האפס (H0):

אין קשר (אין קורלציה) בין טמפרטורה ממוצעת לבין AQI.

#### חלק ג: ניתוח רב-משתני באמצעות PCA (15%)

1. תכננו שימוש בשיטת Principal Component Analysis (PCA) על המשתנים שהגדרתם:
   * הסבירו מדוע PCA מתאים לניתוח הנתונים במחקר שלכם

ניתוח PCA מתאים למחקר שלנו מכיוון ש:

יש לנו מספר משתנים כמותיים (מדד איכות אוויר, טמפרטורה ממוצעת, לחות יחסית, מהירות רוח) שעשויים להיות בקורלציה (מתאם).

PCA מסייע לצמצם את ממדיות הנתונים, ובכך מקל על ההצגה החזותית והפרשנות של הדפוסים והקשרים העיקריים.

הוא מאפשר לנו לזהות אילו משתנים תורמים הכי הרבה להבדלים באיכות האוויר ובתנאים הסביבתיים בין ערים שונות או תקופות זמן שונות.

על ידי הפיכת המשתנים המקוריים לקבוצה קטנה יותר של רכיבים עיקריים שאינם מתואמים, נוכל להבין טוב יותר את המבנה הבסיסי של הנתונים הסביבתיים.

* + פרטו אילו משתנים ייכללו בניתוח ה-PCA
* מדד איכות אוויר (AQI).
* טמפרטורה ממוצעת.
* לחות יחסית.
* מהירות רוח.
  + הציגו כיצד תפרשו את הרכיבים העיקריים (Principal Components)

כל רכיב עיקרי (PC) הוא צירוף ליניארי של המשתנים המקוריים.

הרכיב העיקרי הראשון (PC1) מסביר את הכמות הגדולה ביותר של השונות בנתונים, הרכיב השני (PC2) מסביר את הכמות השנייה בגודלה, וכן הלאה.

על ידי בחינת המקדמים (loadings) של כל משתנה על הרכיבים העיקריים, נוכל לפרש מה כל רכיב מייצג. לדוגמה:

אם ל-PC1 יש מקדמים חיוביים גבוהים עבור AQI וטמפרטורה, הוא עשוי לייצג ציר של "זיהום/חום".

אם ל-PC2 יש מקדמים גבוהים עבור לחות ומהירות רוח, הוא עשוי לייצג ציר של "תנאים אקלימיים".

אנו נפרש את הרכיבים העיקריים בהתבסס על המשתנים שתורמים הכי הרבה לכל רכיב, מה שיעזור לנו להבין את השיפועים (gradients) הסביבתיים העיקריים בנתונים.

1. תכננו ויזואליזציה של תוצאות ה-PCA:
   * גרף biplot של שני הרכיבים העיקריים הראשונים
   * הסבר כיצד תשתמשו בתוצאות לצמצום ממדים והבנת יחסים בין משתנים

#### נמצא ב google colab

#### 

#### חלק ד: פיתוח מודל סטטיסטי-מרחבי (30%)

1. פתחו מודל סטטיסטי שמתאר את הקשרים בין המשתנים שהגדרתם, בהתבסס גם על תוצאות ה-PCA

מודל סטטיסטי לנתוני מזג אוויר המבוסס על תוצאות PCA

בהתבסס על ניתוח ה-PCA של נתוני מזג האוויר, מקורות השונות העיקריים הם טמפרטורה ומהירות רוח, כאשר לחות ו-AQI (מדד איכות אוויר) תורמים גם הם במידה פחותה. כדי למדל את הקשרים בין משתנים אלה ואת הדינמיקה המרחבית שלהם, אנו מציעים שתי גישות משלימות: קריגינג (Kriging) לחיזוי מרחבי וסימולציית אוטומט תאי (Cellular Automata) לדינמיקה מרחבית.

1. שלבו במודל לפחות אחת מהשיטות הבאות:
   * מודל דמוי Cellular Automata בהשראת Game of Life המתאר התפשטות או דינמיקה מרחבית
   * שימוש בטכניקת Kriging לניתוח או חיזוי מרחבי של אחד המשתנים על בסיס נתונים מדגמיים
   * שיטה אחרת שיכולה לדעתכם להסביר את הנתונים

גישת קריגינג (Kriging) (חיזוי מרחבי)

תיאור המודל:

קריגינג היא טכניקת אינטרפולציה גאוסטטיסטית החוזה את ערכו של משתנה (לדוגמה, AQI) במיקומים שלא נדגמו, בהתבסס על האוטוקורלציה המרחבית של הנתונים שנדגמו. בהנחיית תוצאות ה-PCA, המדגישות את הטמפרטורה ומהירות הרוח כמניעים העיקריים, אנו משתמשים בקריגינג כדי לאמוד את ה-AQI ברחבי אזור גאוגרפי, תוך שילוב משתני מפתח אלה.

כיצד זה פועל:

קריגינג משתמש בערכי ה-AQI הנמדדים במיקומים ידועים ובמבנה הקורלציה המרחבית (וריאוגרם) כדי לחזות AQI במיקומים חדשים. על ידי הכללת טמפרטורה ומהירות רוח כקו-ווריאטים, המודל מתחשב בתהליכים האקולוגיים העיקריים שזוהו על ידי PCA.

2. גישת אוטומט תאי (Cellular Automata) (סימולציית דינמיקה מרחבית)

תיאור המודל:

אוטומטים תאיים (CA) הם מודלים חישוביים המדמים את התפתחותה של מערכת על פני מרחב וזמן, בהתבסס על כללים מקומיים פשוטים. בהשראת "משחק החיים" (Game of Life), אנו יכולים למדל את ההתפשטות או השינוי של AQI על פני רשת, כאשר כל תא מייצג מיקום ומצבו (לדוגמה, רמת AQI) מתעדכן בהתבסס על מצבי התאים השכנים והשפעת הטמפרטורה ומהירות הרוח.

כיצד זה פועל:

בכל צעד זמן, ערך ה-AQI בכל תא מתעדכן בהתאם לכללים המשקפים את השפעת הרוח (שיכולה לפזר מזהמים), הטמפרטורה (שיכולה להשפיע על תגובות כימיות), וערכי ה-AQI של תאים שכנים. הכללים מבוססים על תוצאות ה-PCA, ומבטיחים שמניעי השונות העיקריים ישולבו בסימולציה.

1. הסבירו (בפסקה) כיצד המודל מבטא את:
   * הדינמיקה המרחבית של המערכת
   * השפעת הרכיבים העיקריים שזוהו ב-PCA על התהליכים האקולוגיים
   * יכולת חיזוי של תופעות אקולוגיות במרחב

פסקת הסבר

כיצד המודלים מבטאים:

א. הדינמיקה המרחבית של המערכת

קריגינג לוכד דינמיקה מרחבית על ידי מידול האופן שבו ערכי AQI מתואמים על פני המרחב, מה שמאפשר לנו לבצע אינטרפולציה ולמפות את איכות האוויר על פני כל האזור.

אוטומטים תאיים מדמים את ההתפשטות וההתפתחות הדינמית של AQI לאורך זמן, ומראים כיצד אינטראקציות מקומיות ומניעי מזג אוויר עיקריים (מ-PCA) מעצבים דפוסים מרחביים.

ב. השפעת הרכיבים העיקריים של PCA על תהליכים אקולוגיים

שני המודלים מונחים על ידי תוצאות ה-PCA, המזהות את הטמפרטורה ומהירות הרוח כמשתנים המשפיעים ביותר.

בקריגינג, משתנים אלה משמשים כקו-ווריאטים לשיפור חיזויים מרחביים של AQI, מה שמבטיח שהמודל משקף את התהליכים האקולוגיים העיקריים.

באוטומטים תאיים, כללי העדכון מתוכננים לשקף את השפעת רכיבים עיקריים אלה, כך שהסימולציה ממדלת באופן ריאליסטי כיצד תנאי מזג האוויר מניעים שינויים באיכות האוויר.

ג. היכולת לחזות תופעות אקולוגיות במרחב

קריגינג מאפשר חיזוי מדויק של AQI במיקומים שלא נדגמו, ותומך בניטור וניהול סביבתי.

אוטומטים תאיים מספקים תובנה לגבי האופן שבו איכות האוויר עשויה להתפתח בתרחישי מזג אוויר שונים, ומסייעים בחיזוי התפשטות אירועי זיהום או השפעת דפוסי מזג אוויר משתנים.

#### חלק ה: סימולציה והדמיה (20%)

1. יישמו את המודל המרחבי שפיתחתם:
   * כתיבת קוד בקולאב
   * יצירת דשבורד הממחיש את הנתונים

נמצא ב google colab

1. הציגו לפחות שלושה תרחישים שונים של הסימולציה:
   * תרחיש בסיס
   * תרחיש מערכת תחת לחץ/הפרעה
   * תרחיש מערכת בתהליך שיקום/התאוששות

א. תרחיש בסיס (Base Scenario)

מאפיינים:

תנאי מזג אוויר רגילים, טמפרטורה ממוצעת של כ-25°C, לחות סביב 60%, מהירות רוח ממוצעת, ואיכות אוויר טובה (AQI סביב 50).

אין השפעות סביבתיות קיצוניות, המערכת מתנהלת במצב "נורמלי".

תוצאות עיקריות:

הטמפרטורה וה-AQI דומים יחסית בין האזורים (עירוני, פרברי, חוף).

שונות מרחבית נמוכה, כלומר אין פערים גדולים בין אזורים.

הקורלציה המרחבית (Spatial Autocorrelation) מתונה, כלומר יש המשכיות בין אזורים סמוכים.

המערכת האקולוגית שומרת על יציבות, והמגוון הביולוגי נתמך ע"י תנאים סביבתיים טבעיים.

ב. תרחיש מערכת תחת לחץ/הפרעה (Stress Scenario)

מאפיינים:

עומס חום קיצוני (ממוצע 37°C, עד 40°C בליבה העירונית), לחות נמוכה (כ-29%), מהירות רוח נמוכה (5 קמ"ש), ואיכות אוויר ירודה מאוד (AQI ממוצע 135, עד 179 בליבה).

מדמה מצב של גל חום, זיהום אוויר גבוה, או אירוע סביבתי קיצוני.

תוצאות עיקריות:

נוצרות "איי חום עירוניים" – הליבה העירונית חמה במיוחד ומזוהמת.

שונות מרחבית גבוהה מאוד (AQI Spatial Variance ~662) – כלומר, יש פערים גדולים בין אזורים שונים בעיר.

הקורלציה המרחבית נמוכה, כלומר יש פיצול בין אזורים, פחות המשכיות סביבתית.

המגוון הביולוגי נפגע: תנאים קיצוניים פוגעים ביכולת של מינים לשרוד, במיוחד באזורים העירוניים.

שירותי המערכת האקולוגית (כמו טיהור אוויר, קירור) נפגעים משמעותית.

ג. תרחיש מערכת בתהליך שיקום/התאוששות (Recovery Scenario)

מאפיינים:

טמפרטורות נמוכות (ממוצע 19°C), לחות גבוהה (87%), מהירות רוח גבוהה (15 קמ"ש), ואיכות אוויר מצוינת (AQI ממוצע 17).

מדמה מצב של התאוששות לאחר אירוע קיצוני, או תהליך שיקום אקולוגי.

תוצאות עיקריות:

שיפור משמעותי בתנאים הסביבתיים, במיוחד באזורים העירוניים.

שונות מרחבית נמוכה, כלומר יש אחידות יחסית בין האזורים.

הקורלציה המרחבית גבוהה – יש המשכיות סביבתית, שמאפשרת קישוריות בין בתי גידול.

אזורי החוף משמשים כמקלטים נקיים (refugia) – איכות האוויר שם הטובה ביותר.

המערכת האקולוגית מתאוששת, ומינים רגישים חוזרים לאזור.

1. נתחו את תוצאות הסימולציה והסיקו מסקנות לגבי:
   * השערות המחקר שניסחתם
   * המשמעות האקולוגית של הרכיבים העיקריים שזוהו ב-PCA
   * דפוסים מרחביים שזוהו באמצעות הטכניקות המרחביות

א. השערות המחקר שניסחתם

השערה 1:

משתני מזג האוויר (טמפרטורה, לחות, רוח, AQI) מתארגנים במרחב סביב שני גרדיאנטים עיקריים (PC1, PC2).

אישור:

ניתוח PCA הראה ששני הרכיבים הראשונים מסבירים יחד 61.3% מהשונות.

PC1 מייצג בעיקר טמפרטורה ומהירות רוח, PC2 מייצג בעיקר לחות.

כלומר, רוב השונות במערכת מוסברת ע"י גרדיאנטים סביבתיים ברורים.

השערה 2:

דפוסי מזג האוויר משתנים משמעותית בין תרחישים שונים (בסיס, לחץ, שיקום).

אישור:

בתרחיש לחץ נצפו טמפרטורות גבוהות מאוד, AQI גבוה, שונות מרחבית גבוהה, וקורלציה מרחבית נמוכה.

בתרחיש שיקום נצפו טמפרטורות נמוכות, AQI נמוך, שונות מרחבית נמוכה, וקורלציה מרחבית גבוהה.

תרחיש הבסיס נמצא באמצע, עם ערכים מתונים.

השערה 3:

תנאים סביבתיים קיצוניים (חום, זיהום) פוגעים במגוון הביולוגי ובקישוריות המערכת, בעוד ששיקום סביבתי משפר את המצב.

אישור:

בתרחיש לחץ, הליבה העירונית חווה תנאים קיצוניים שמסכנים מינים רגישים.

בתרחיש שיקום, יש שיפור בתנאים, חזרת מינים, וקישוריות מרחבית טובה.

ב. המשמעות האקולוגית של הרכיבים העיקריים שזוהו ב-PCA

PC1 (33.5% מהשונות):

מייצג גרדיאנט של טמפרטורה ומהירות רוח. ערכים גבוהים של PC1 מצביעים על אזורים חמים ורוחניים יותר, ערכים נמוכים על אזורים קרירים ושקטים.

משמעות: אזורים עם ערך PC1 גבוה יהיו חשופים יותר לעומסי חום, מה שמגביל את המגוון הביולוגי ומעלה את הסיכון לאירועי קיצון.

PC2 (27.8% מהשונות):

מייצג גרדיאנט של לחות. ערכים גבוהים של PC2 מצביעים על אזורים לחים, ערכים נמוכים על אזורים יבשים.

משמעות: אזורים לחים תומכים במגוון ביולוגי גבוה יותר, בעוד שאזורים יבשים פגיעים יותר לשינויי אקלים.

באופן כללי:

שני הרכיבים משקפים את הגורמים הסביבתיים המרכזיים שמעצבים את דפוסי המערכת האקולוגית העירונית, ומסבירים את התפלגות המינים, תפקוד המערכת, והתגובה לאירועים סביבתיים.

ג. דפוסים מרחביים שזוהו באמצעות הטכניקות המרחביות

תרחיש בסיס:

דפוסי מזג האוויר טבעיים, שונות מרחבית נמוכה, וקורלציה מרחבית מתונה. יש המשכיות בין אזורים, מה שמאפשר קישוריות אקולוגית.

תרחיש לחץ:

שונות מרחבית גבוהה מאוד, פיצול בין אזורים (ליבה עירונית חמה ומזוהמת לעומת אזורי חוף נקיים יותר), קורלציה מרחבית נמוכה.

משמעות: נוצרים "איי חום" ו"איי זיהום" שמגבילים את תנועת המינים ופוגעים בשירותי המערכת האקולוגית.

תרחיש שיקום:

שונות מרחבית נמוכה, קורלציה מרחבית גבוהה, שיפור בתנאים בכל האזורים, במיוחד באזורים העירוניים והחופיים.

משמעות: המערכת מתאוששת, יש קישוריות טובה בין בתי גידול, ואזורי החוף משמשים כמקלטים נקיים שמאפשרים חזרת מינים רגישים.

מסקנה כללית

המודל מדגים בצורה ברורה כיצד שינויים סביבתיים (כמו עומס חום, זיהום אוויר, או תהליכי שיקום) משפיעים על דפוסי מזג האוויר, איכות האוויר, והמערכת האקולוגית העירונית.

בתרחישי לחץ: המערכת חווה תנאים קיצוניים שמסכנים את המגוון הביולוגי, יוצרים פיצול מרחבי, ופוגעים בשירותי המערכת.

בתרחישי שיקום: יש שיפור בתנאים, התאוששות של המערכת, וקישוריות מרחבית שמאפשרת חזרת מינים ושיקום אקולוגי.

המודל מספק כלי חשוב לתכנון עירוני בר-קיימא, לניהול סיכונים סביבתיים, ולשיקום מערכות אקולוגיות במרחב העירוני.

מקורות: צרפו לפחות 5 מקורות אקדמיים רלוונטיים.

1. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
2. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>
3. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2002.00306.x>
4. <https://openweathermap.org/api>
5. <https://aqicn.org/api/>
6. <https://open-meteo.com/en/docs>
7. <https://countriesnow.space/>
8. <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding>
9. <https://openweathermap.org/api>
10. <https://aqicn.org/api/>

Github: <https://github.com/za3bor/BioLogic-Systems.git>

Google colab: <https://colab.research.google.com/drive/1VH6NK4yhSgxq42Bv3OA_im7OwfbcRDJy?usp=sharing>

העזרות בכלי GenAI: ציינו אם נעזרתם במהלך העבודה בכלי GenAI, לאיזה צורך. רשמו פרומפטים שנתתם לכלי.

הנחיות:

1. יש להגיש את התרגיל בצוותים, בתיקיית ה –GIT שלכם (צרפו קישור למחברת, וודאו שהתיקייה והמחברת ציבוריות), וכן בתיקייית התרגיל ב moodle
2. כותרתו של הקובץ תהיה HW2\_TEAMNAME
3. שימו לב כי כל העבודות חייבות להיות שונות זו מזו. עבודות שייראו דומות ייפסלו ויינתן עליהן ציון 0.

בהצלחה!