מדינת ישראל
משרד התחבורה
השירות המטאורולוגי

דצמבר 2020

מערך נתונים הומוגני יומי עבור הטמפרטורה והגשם

רקע והסבר כללי

את שינוי האקלים שהתרחשו עד כה יש לבחון באמצעות סדרות נתוני מדידה ארוכות ככל שניתן, אולם סדרות ארוכות אלו מכילות בתוכן גם שינויים מלאכותיים שאינם חלק מתנודות האקלים הטבעיות. שינויים אלו עשויים לנבוע ממגוון גורמים כגון הזזת הסוכה המטאורולוגית, החלפת ציוד המדידה, שינויים שחלו בסביבת התחנה ועוד. נטרול/מזעור השפעות אלו הינו תנאי הכרחי לבחינת מגמות האקלים והימנעות ממסקנות שגויות בדמות שינוי אקלימי מלאכותי. לטובת איתור השפעות מלאכותיות ותיקונן, יושם בשירות המטאורולוגי (שמ"ט) תהליך הנקרא "הומוגניזציה", המשלב שיטות סטטיסטיות מתקדמות. מטרתו של תהליך זה היא להתאים סדרות הנתונים לשינויים שחלו בתנאי המדידה לאורך הזמן. שיטות אלו לאיתור אותן השפעות מלאכותיות (בדמות נקודות-שבר בסדרה) מבוססות על השוואות מרובות מול תחנות שכנות ו/או סדרות יחוס (שילוב של מספר תחנות קורלטיביות לטובת קבלת הסיגנל האקלימי של אזור העניין). כל זה בשילוב המידע ההיסטורי המתועד והקיים בארכיון השמ"ט (metadata). מידע זה בדרך כלל מסביר ותומך בחלק מנקודות השבר שנמצאו. פרוט מלא של התהליך ואופן יישומו על סדרות נתונים של מערך זה ניתן למצוא בפרסום Yosef et al. (2019)[1].

על מידת ההשפעה שיש לתהליכים כמו שינויים בהצבת הסוכה המטאורולוגית, מעבר ממכשור ידני למכשור אוטומטית, שינויים בגודל הסוכה, שינויים בסביבת התחנה וכד', על שיעור המגמה בארץ ישראל, ניתן ללמוד מהפרסום Yosef et al. (2018)[2]. לאחר איתור נקודות השבר בסדרות מתחיל תהליך תיקון הנתונים (adjustment). גם כאן מדובר בהליך מורכב לו קיימות מספר שיטות. על תהליך התיקון שיושם על מערך נתונים זה ראו, Yosef et al. (2019).

ככלל, תהליך ההומוגניזציה פועל בצורה אובייקטיבית לשני הכיוונים, כך שניתן למצוא באופן די דומה, גורמי תיקון חיוביים לצד שליליים. כשבוחנים את כלל התיקונים שנעשו ברשת מקבלים בקרוב התפלגות גאוסיינית סביב האפס. באיור 1 ניתן לראות דוגמה להבדל בין שימוש בנתוני המקור הלא הומוגניים לבין הנתונים לאחר התיקון עבור שתי תחנות עין החורש ואילת.

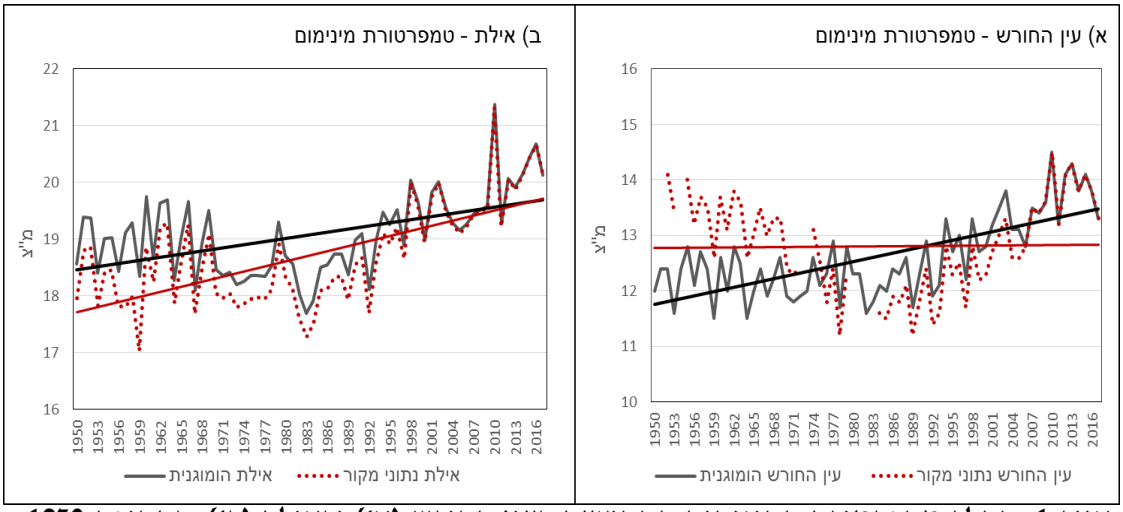
לצורך יצירת סדרות זמן ארוכות, חיברנו לעיתים נתונים מתחנות סמוכות הנמצאות באותו אזור קלימטולוגי לסדרה אחת רציפה, עבור התחנות להן לא היו נתונים משנות ה-50 של המאה הקודמת. מספר נקודות השבר שאותרו עבור מערך הטמפרטורה המכיל 34 תחנות, עומד על כ-100 נקודות שבר לטמפרטורת המקסימום וכ-100 נקודות שבר נוספות לטמפרטורת המינימום. בממוצע יש בין 3 ל-4 נקודות שבר בכל סדרה. לעומת זאת, במערך נתוני הגשם נמצאו הרבה פחות נקודות שבר,

[1] Yosef, Y., Aguilar, E. and Alpert, P. (2019) Changes in Extreme Temperature and Precipitation Indices: Using an Innovative Daily Homogenized Database in Israel. *International Journal of Climatology*, 1–24. https://doi.org/10.1002/joc.6125

[2] Yosef, Y., Aguilar, E., and Alpert, P. (2018). Detecting and adjusting artificial biases of long-term temperature records in Israel. *International Journal of Climatology*, *38*(8), 3273-3289.

בסה"כ אותרו 15 נקודות שבר ב-12 תחנות בלבד (מתוך 60 תחנות). זאת מכיוון שלגשם שונות גבוהה בזמן ובמרחב דבר המקשה מאוד על איתור נקודות שבר. בבניית מערך הגשם הושקע מאמץ להשלים נתונים היכן שחסרים. לשם כך, כל יום, בו צוין במערך הנתונים המקורי כי הכמות היא כמות מצטברת של גשם (יומיים-שלושה ויותר), חולק ערך זה לכמויות יומיות (על-בסיס היחסים עם תחנות שכנות). כך גם נתונים של כמות חודשית אשר חולקו לכמויות יומיות. היכן שלא היו נתונים כלל, בוצעה השלמה על-ידי תחנות קורלטיביות סמוכות במרחב.

החוזקה של המערך ההומוגני, לאחר איתור ותיקון אותן השפעות מלאכותיות, היא בעיקר ללימוד המגמות ארוכות הטווח של האקלים. מערך זה טוב גם ללימוד ההבדלים בצורת ההתפלגות (תקופה מול תקופה) וכן לכיול מודלים אקלימיים. **מערך זה אינו נועד לבחינת ערכים אבסולוטיים ספציפיים**, למשל מה היתה הטמפרטורה הנמוכה/הגבוהה ביותר בתחנה מסוימת ו/או טמפרטורה בתאריך מסוים וכך גם לגבי הערכים של אירועים ספציפיים (דוגמת גל חום/קור, אירוע גשם קיצוני וכד'). יחד עם זאת, כן אפשר לבחון האם חל שינוי **במגמת** הערכים הקיצוניים לאורך הזמן. מערך זה נועד בעיקר ללימוד הקלימטולוגיה (עשרות שנים) של אזור מסוים ולא לביצוע מחקר על אירוע ספציפי בזמן.



איור 1. מהלך טמפרטורת המינימום הממוצעת בעין החורש (א') ובאילת (ב'), בתקופה 1950 - 2017. נתוני מקור (באדום מנוקד) מול הסדרה המתוקנת (באפור) לאחר הומוגניזציה. בתחנת עין החורש שיעור המגמה ללא תיקון הינו אפס בעוד שלאחר תיקון המגמה הינו 0.26 מ"צ/עשור. נדרש תיקון כתוצאה משלוש הזזות של תחנת המדידה בעבר (1955, 1969, 1975) והחלפת חיישן בשנת 2006. בניגוד לעין החורש בה שיעור המגמה גדל כתוצאה מהתיקון, בתחנת אילת, התיקון הוביל להפחת שיעור המגמה. שיעור המגמה באילת ללא תיקון הינו 0.29 מ"צ/עשור בעוד שלאחר תיקון שיעור המגמה הינו 0.18 מ"צ/עשור. כאן נדרש תיקון לאור מציאת 4 נקודות שבר בסדרה: 1956 (הזזה), 1960 (סיבה לא ידועה), 1993 (סיבה לא יודעה) ו-1997 (הזזת הסוכה המטאורולוגית והחלפת המכשור הידני למכשור אוטומטי).

מבנה המערך הנוכחי

מערך נתונים הומוגני זה מכיל 34 תחנות עם נתוני טמפרטורה (מקסימום ומינימום) ו-60 תחנות גשם ברמה יומית לתקופה 1950-2017. טבלאות 1 ו-2 מפרטות את שם התחנה, קואורדינאטות, גובה התחנה ומצאי הנתונים. קבצי הנתונים הינם בפורמט csv. כל קובץ מכיל את העמודות הבאות: year, month, day. לטמפרטורה (יחידות: מעלות צלסיוס) יש שתי עמודות נוספות: TX – טמפרטורת מקסימום ו- TN – טמפרטורת מינימום. לגשם (יחידות: מ"מ) קיימת עמודה נוספת אחת mm.

נכון למועד פרסום זה, זהו מערך הנתונים היומיים ההומוגני הטוב ביותר שיש באפשרותנו לספק. ידוע לנו שכנראה מתוך מעל למיליון נתונים מסופקים ישנם עדיין מספר מאות נתונים (בטמפרטורת המקסימום והמינימום) שהוחשדו בבקרה נוספת שבוצעה לאחרונה (הנתונים הללו מפוזרים בצורה אקראית). הם טרם נבדקו ואומתו ויש לעקוב אחר העדכונים.

טבלה 1: תחנות הטמפרטורה ההומוגניות

מס	שם תחנה	קוד תחנה	LAT	LONG	גובה (מ')	שם באנגלית	תקופה
1	עכו	280	32.932	35.102	8	AKKO	1950-2017
2	גלעד	1192	32.556	35.072	180	GALED	1950-2017
3	עין החורש	1546	32.388	34.938	15	EN HAHORESH	1950-2017
4	תל אביב	2410	32.058	34.759	10	TEL AVIV	1950-2017
5	בית דגן	2523	32.007	34.814	31	BET DAGAN	1950-2017
6	קבוצת יבנה	3081	31.817	34.724	50	QEVUZAT YAVNE	1950-2017
7	נגבה	3502	31.659	34.680	95	NEGBA	1950-2017
8	גת	3551	31.630	34.791	140	GAT	1984-2017
9	חוות בשור	3891	31.272	34.389	110	BESOR FARM	1950-2017
10	מרום גולן	4191	33.129	35.804	945	MEROM GOLAN	1977-2017
11	אילן	4441	33.065	35.217	300	ELON	1975-2017
12	צפת	4642	32.980	35.507	936	ZEFAT	1950-2017
13	חרשים	4696	32.956	35.329	830	HARASHIM	1987-2017
14	אבני איתן	4798	32.817	35.762	375	AVNE ETAN	1986-2017
15	תבור	5358	32.705	35.406	145	TAVOR	1950-2017
16	כפר יהושע	5501	32.683	35.150	50	KEFAR YEHOSHUA	1950-2017
17	עפולה	5811	32.596	35.277	60	AFULA	1950-2017
18	ירושלים	6771	31.781	35.222	810	JERUSALEM	1950-2017
19	בית ג'מל	7151	31.725	34.976	355	BEIT JIMAL	1950-2017
20	ראש צורים	7246	31.664	35.123	950	ROSH ZURIM	1974-2017
21	דורות	7333	31.504	34.648	115	DOROT	1950-2017
22	להב	7416	31.381	34.873	460	LAHAV	1959-2017
23	באר שבע	7841	31.252	34.800	279	BEER SHEVA	1950-2017
24	חצרים	7847	31.267	34.717	195	HAZERIM	1967-2016
25	שדה בוקר	8206	30.870	34.795	475	SEDE BOQER	1950-2017
26	דפנה	8263	33.228	35.635	135	DAFNA	1950-2017
27	כפר בלום	8472	33.172	35.613	75	KEFAR BLUM	1950-2017
28	בית צידה	8730	32.880	35.650	-200	BET ZAYDA	1950-2017
29	צמח	9111	32.702	35.584	-200	ZEMAH	1950-2017
30	שדה אליהו	9376	32.439	35.511	-185	SEDE ELIYYAHU	1950-2017
31	סדום	9571	31.031	35.392	-388	SEDOM	1950-2017
32	חצבה	9630	30.779	35.239	-135	HAZEVA	1988-2017
33	יטבתה	9772	29.885	35.077	70	YOTVATA	1955-2017
34	אילת	9974	29.553	34.952	22	ELAT	1950-2017

טבלה 2: תחנות הגשם ההומוגניות

	שם התחנה	קוד תחנה	Lon	Lat	גובה (מטר)	תקופה
1	כפר גלעדי	210151	35.577	33.243	345	1950-2017
2	מעיין ברוך	310051	35.609	33.241	205	1950-2017
3	נאות מרדכי	310603	35.592	33.161	75	1950-2017
4	כפר ראש-הנקרה	110050	35.115	33.086	50	1950-2017
5	יראון	210650	35.455	33.078	685	1950-2017
6	אילון	210748	35.217	33.065	300	1950-2017
7	איילת השחר	311204	35.574	33.024	170	1950-2017
8	יחיעם	211350	35.230	32.996	380	1950-2017
9	עברון	110502	35.103	32.993	25	1950-2017
10	צפת (הר-כנען)	211900	35.507	32.980	936	1950-2017
11	פרוד	212601	35.433	32.932	430	1950-2017
12	עכו	110698	35.102	32.932	8	1950-2017
13	חיפה (נמל)	120202	34.998	32.822	5	1952-2017
14	לביא	213598	35.441	32.788	305	1950-2017
15	אלון הגליל	213905	35.220	32.759	210	1950-2017
16	יגור	120750	35.078	32.740	25	1950-2017
17	כנרת (מושבה)	320405	35.565	32.721	-170	1950-2017
18	דגניה א'	320502	35.575	32.709	-200	1950-2017
19	עין כרמל	121051	34.952	32.677	20	1950-2017
20	אשדות יעקב	321148	35.582	32.664	-205	1950-2017
21	שריד	220601	35.227	32.662	125	1950-2017
22	הזורע	220901	35.120	32.645	60	1950-2017
23	גזית	216101	35.447	32.636	125	1950-2017
24	עין חרוד	230300	35.389	32.559	30	1950-2017
25	גבעת עוז	221751	35.199	32.556	105	1950-2017
26	בית השיטה	230453	35.442	32.551	-40	1950-2017
27	רגבים	121900	35.034	32.523	105	1950-2017
28	חמדיה	230601	35.521	32.520	-165	1950-2017
29	גן שמואל	131002	34.954	32.454	35	1950-2017
30	שדה אליהו	321802	35.511	32.439	-185	1950-2017
31	עין החורש	131599	34.938	32.388	15	1950-2017
32	געש	133649	34.822	32.228	30	1950-2017
33	איל	133850	34.980	32.212	75	1950-2017
34	כפר שמריהו	134100	34.819	32.180	30	1950-2017
35	בארות יצחק	136580	34.912	32.038	55	1950-2017
36	מקווה ישראל	136650	34.785	32.032	20	1950-2017
37	גן שלמה	138250	34.799	31.877	50	1950-2017
38	חולדה	243150	34.884	31.832	125	1950-2017
39	ניר גלים	140050	34.683	31.826	20	1950-2017
40	קבוצת יבנה	140201	34.724	31.817	50	1950-2017
41	קריית ענבים	243500	35.120	31.810	660	1950-2017
42	ירושלים	244731	35.222	31.781	810	1950-2017
43	באר טוביה	140801	34.726	31.740	55	1950-2017
44	כפר מנחם	140852	34.834	31.733	125	1950-2017
45	בית ג'מל	246550	34.976	31.725	355	1950-2017
46	משואות יצחק	141150	34.688	31.702	70	1950-2017
47	נגבה	141746	34.680	31.659	85	1950-2017
48	בית גוברין	247550	34.893	31.614	270	1950-2017
49	דורות	250151	34.648	31.506	110	1950-2017

	שם התחנה	קוד תחנה	Lon	Lat	גובה (מטר)	תקופה
50	רוחמה	250250	34.706	31.497	170	1950-2017
51	נחל עוז	143952	34.500	31.472	75	1951-2017
52	בארי	144249	34.495	31.423	90	1950-2017
53	להב	248397	34.873	31.381	460	1952-2017
54	אורים	251550	34.520	31.305	100	1950-2017
55	מגן	144800	34.425	31.301	135	1950-2017
56	באר שבע	251691	34.800	31.252	279	1950-2017
57	רביבים	252506	34.721	31.047	280	1950-2017
58	סדום	337000	35.392	31.031	-388	1954-2017
59	שדה בוקר	253000	34.795	30.870	475	1952-2017
60	אילת	347702	34.952	29.553	22	1950-2017