

# גישה אינטגרטיבית למיטוב תאורה במרחב הציבורי בשיתוף תושבים

בוריס א. פורטנוב, תמי טרופ ואלינה סבצ'קין  
הפקולטה לניהול, אוניברסיטת חיפה

האיגוד הבינלאומי למדע האזור - הסניף הישראלי, כנס שנתי 2019: "אתגרי מדיניות בפיתוח העיר והאזור" יום ב', 4 בפברואר, 2019, אונ' תל אביב

# מבוא

• לתאורה במרחב ציבורי (רחובות, גנים, מקומות התכנסות וכיו"ב) ישנה תרומה חיונית לתחושת הנוחות, הביטחון האישי והבטיחות של תושבים ומבקרים בערים.

• כיום, תכנון התאורה במ"צ נעשה על-פי תקנים אוניברסליים, העוסקים בהיבטים כמו עוצמה, בוהק, אחידות, ופיזור.

• התקנים הנ"ל הם אחידים ואינם תואמים בהכרח את מה שהמשתמש צריך בכדי להרגיש נוח ובטוח במ"צ.

• אי-ההתאמה הזו גורמת לבזבז אנרגיה, פגיעה אקולוגית וחוסר נחות של תושבים.

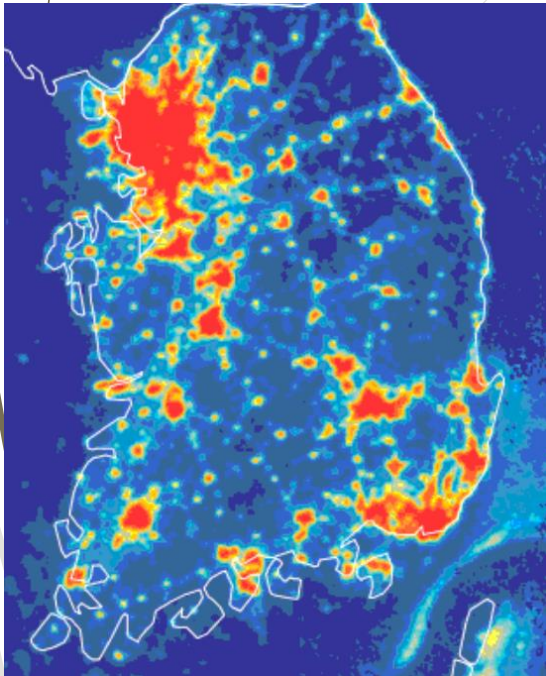
# הסיבות לאי-ההתאמה

המשתנים המשפיעים על תפיסת האיכות והנוחות יכולים להיות:

➔ **משתני מיקום** כגון: אקלים, תרבות, גודל יישוב, מורפולוגיה עירונית, שימושי קרקע סובבים, גודל מ"צ, נצפות.

➔ **משתנים עתיים** כגון: עונה, שעה (בשעות החשיכה).

➔ **משתנים אינדיבידואלים** כגון: מגדר, גיל, שיוך אתני.



## רציונל מחקרי

► טרם נערך מחקר (לא בארץ ולא בעולם) אשר בחן את הקשר בין תפיסות התושבים לבין תאורת מ"צ בערים בהן מתגוררים והגורמים המשפיעים על הקשר זה.

► הדינמיות הרבה בתחום כיום (בניה נרחבת, החלפה מסיבית של גופי תאורה ורטרופיט) מספקת הזדמנות לבחינה ותכנון חכמים ומקיימים יותר.

# מטרת המחקר

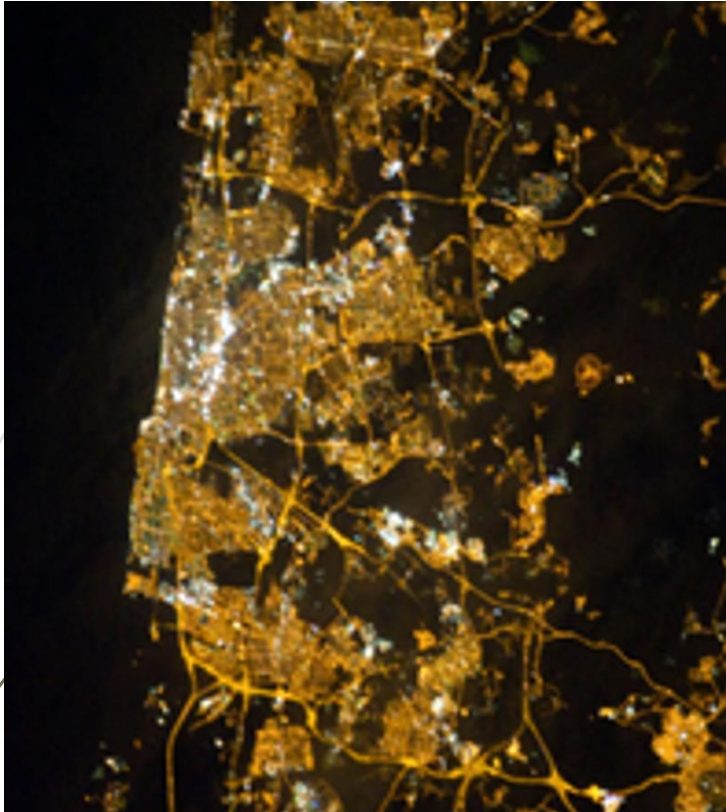
להשוות בין איכות התאורה הסובייקטיבית הנתפסת ע"י תושבים לבין האיכות האובייקטיבית הנמדדת באמצעות מכשור מקצועי ולבנות מודל סטטיסטי המקשר ביניהם.



# שלבי המחקר

1. בחירת השכונות לסקר;
2. בחירת רחובות שבהם יבוצעו הדיווחים ונקודות שבהן יבוצע הדיווח (במרחק של כ-20-30 מ');;
3. מדידות שטח עם ציוד מקצועי (עוצמה, שוויוניות, בוהק וכו');;
4. בדיקת התפיסות של תושבים לגבי האיכות התאורה;
5. מידול הקשר בין 3 ו-4;
6. מיטוב התאורה וחזרה ל-3.

## שלב א': בחירת השכונות



- **אופציה א':** "בחירה מדעית" באמצעות תצלומי לוון מולטי-ספקטראליים המציגים שילובים שונים של עוצמה ואורך גל;
  - **אופציה ב':** "בחירה פרקטית" לפי צרכי העירייה (בהתבסס על נימוקים שונים, לרבות תלונות של תושבים על טיב התאורה);
- גודל השכונה: כ-1 קמ"ר (כ-300 מ' X 300 מ' לערך);

RH	BH
RL	BL



# שלב ב' - קביעת המסלולים "המיצגים"



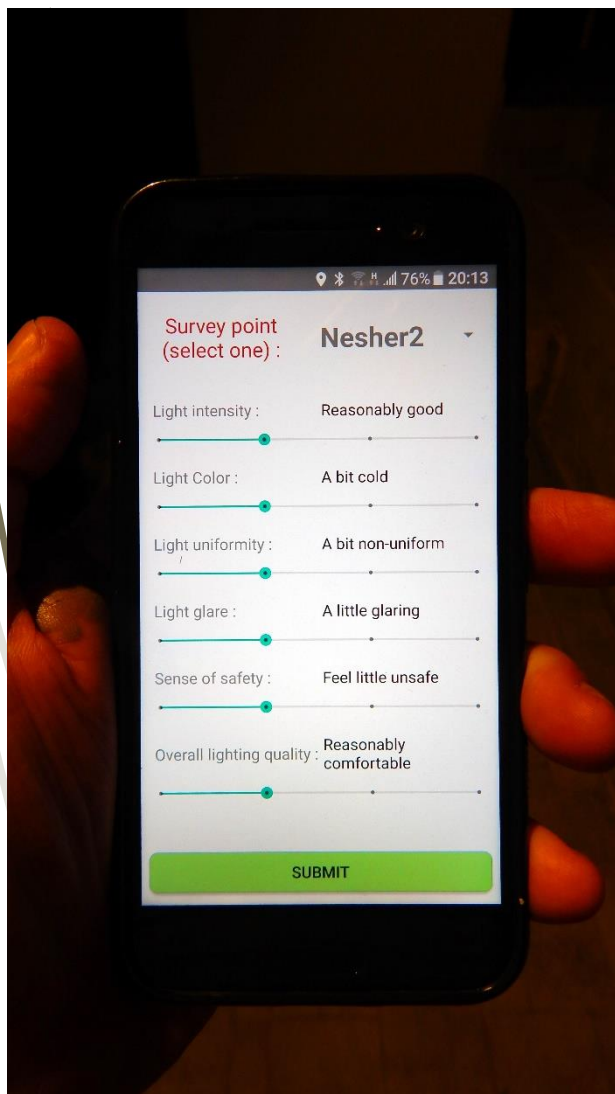


# שלב ג': מיפוי אובייקטיבי של התאורה



- ביצוע מדידות אובייקטיביות ומיפוי התאורה באמצעות ציוד מקצועי (לפי תכנית המדידה);
- המדידה תתייחס לפרמטרים של עוצמה, ספקטרום, בוהק, אחידות וכיו"ב;
- המדידה תיעשה בתנאי מזג אוויר טובים בשעות הערב (לאחר שמשתרר חושך);
- ניתוח הנתונים.

## שלב ד' – בדיקת איכות ונוחות הנתפסת ע"י תושבים



פיתוח אפליקציה לסמארטפון שתהיה פשוטה ומהירה להפעלה – באמצעותה המשתתפים יוכלו לדווח על פרמטרים שונים של איכות ונוחות התאורה (עוצמה, בוהק, אחידות, תחושה מבחינת חום/קור התאורה (אורך גל), תחושת ביטחון אישי, תחושת נוחות כללית וכיו"ב), תוך זיהוי מיקום.

**גיוס והדרכה של כ-75 תושבים, 25 איש בכל עיר (גברים ונשים, צעירים ומבוגרים), שיהוו מדגם עד כמה שניתן מייצג (במונחים דמוגרפיים ורמה חברתית-כלכלית) של האוכלוסייה הבוגרת בשכונות הנבחרות.**

**דיווח של התושבים שגויסו בנקודות שנקבעו בתכנית המדידה/דיווח. הדיווח יבוצע בשתי עונות – קיץ וחורף, ובשעות שונות של הערב (מוקדמות ומאוחרות יותר).**

# שלב ו' - בניית מודל

$$POIQ_{ijk} = b_0 + \bar{\beta}_{1l} \cdot \overline{PLM}_{il} + \bar{\beta}_{2m} \cdot \overline{IND}_{jm} + \bar{\beta}_{3p} \cdot \overline{GEO}_{ip} + \bar{\beta}_{4q} \cdot \overline{WTH}_{iq} + b_1 \cdot \text{temp} + \varepsilon_{ijk}, \text{ for } k \in (1;K), i \in (1;I), j \in (1;J), \quad (1)$$

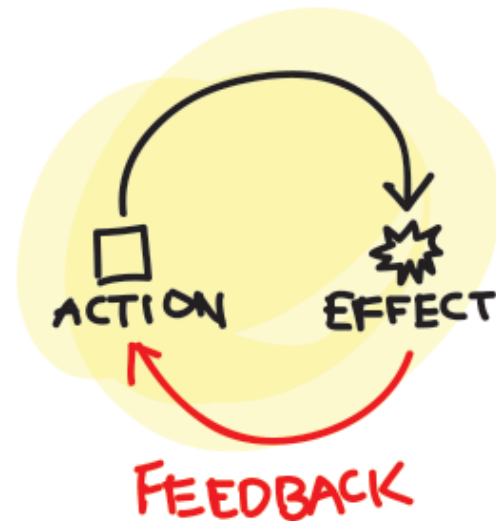
where:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\beta}_{1l} \cdot \overline{PLM}_{il} = b_{11} \cdot B_i + b_{12} \cdot C_i + b_{13} \cdot UR_i, \quad (2) \\ \bar{\beta}_{2m} \cdot \overline{IND}_{jm} = b_{21} \cdot G_j + b_{22} \cdot A_j + b_{23} \cdot Ed_j + b_{24} \cdot R_j, \quad (3) \\ \bar{\beta}_{3p} \cdot \overline{GEO}_{ip} = b_{31} \cdot Ct_i + b_{32} \cdot BM_i + b_{33} \cdot V_i, \quad (4) \\ \bar{\beta}_{4q} \cdot \overline{WTH}_{iq} = b_{41} \cdot S_i + b_{42} \cdot W_i. \quad (5) \end{array} \right.$$

where:  $POIQ_{ijk}$  - is a  $i \times j$  matrix of perceived PSL attributes in the  $i$  points of space,  $i \in (1;I)$  conducted by observers  $j, j \in (1;J)$ ,  $k$  is an assessment parameter  $k \in (1;K)$ , with separate models

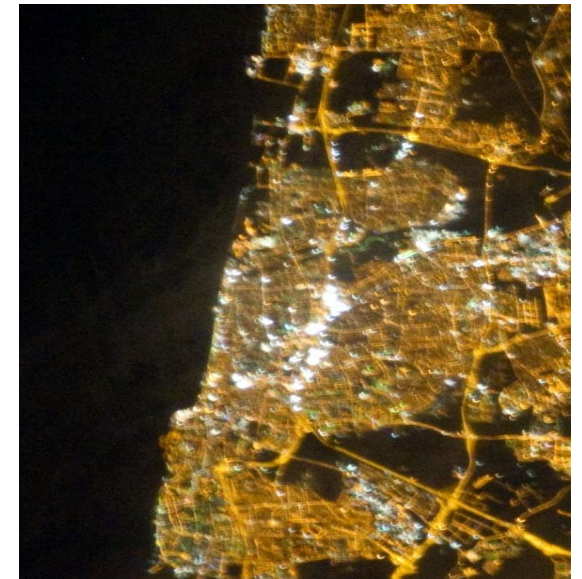
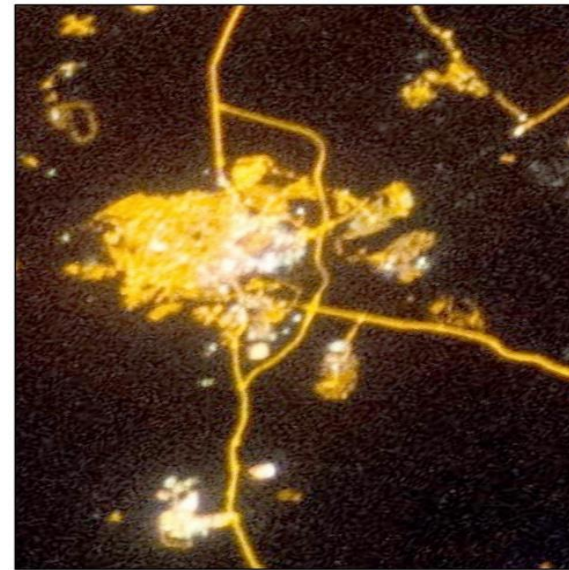
# שלב ה' - אפשרי להמשך...

לאחר ביצוע התאמות בתאורה בשטח – ביצוע בדיקה חוזרת של תפיסות בקרב אותם התושבים, בכדי לתת תיקוף להמלצות.

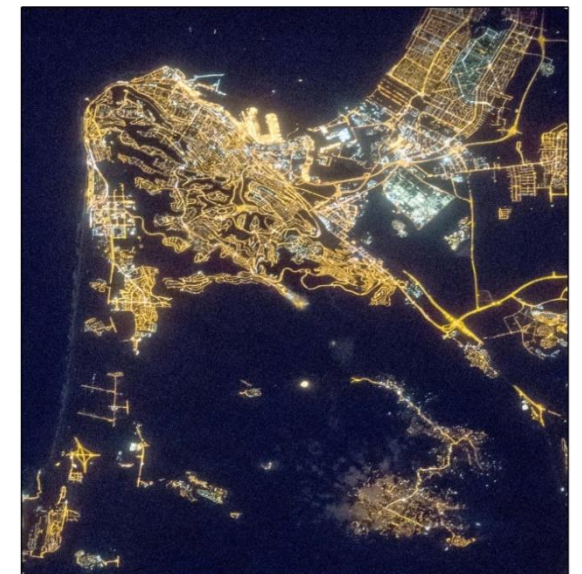




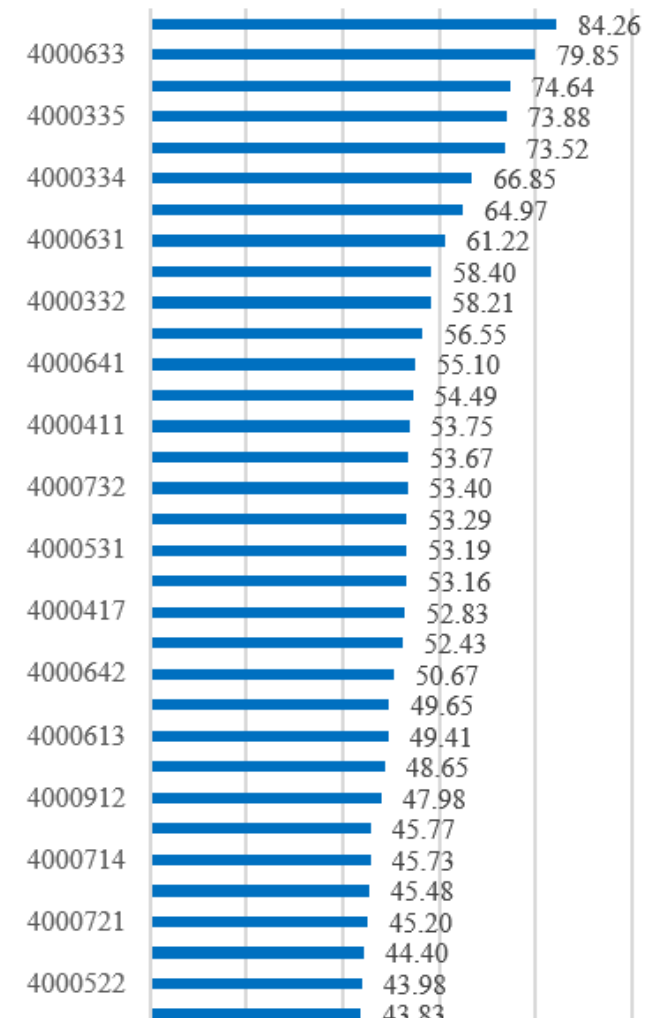
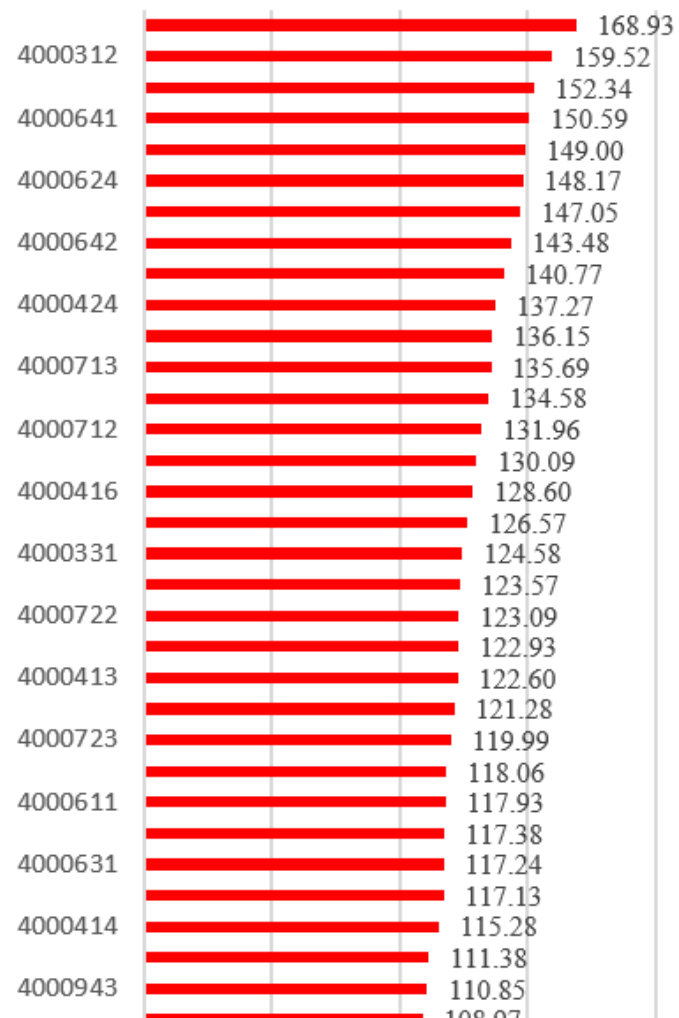
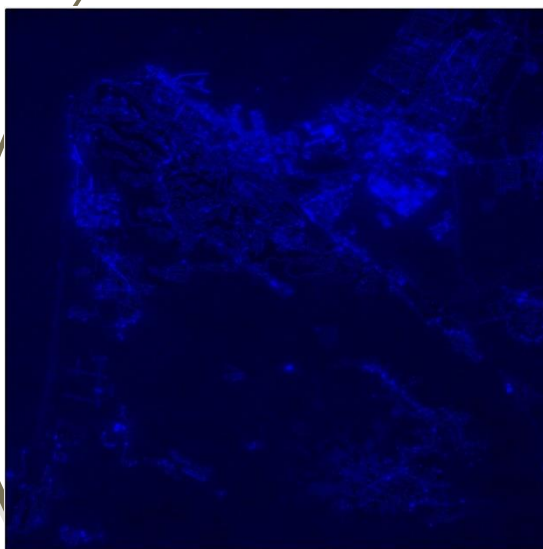
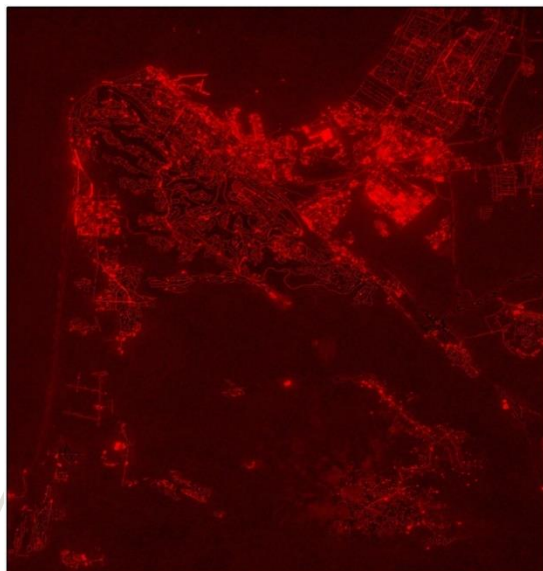
# בחירת ערים וישראל וב...סין



- ישראל: • ת"א • חיפה • ב"ש
- סין: • בייג'ינג • דאליאן

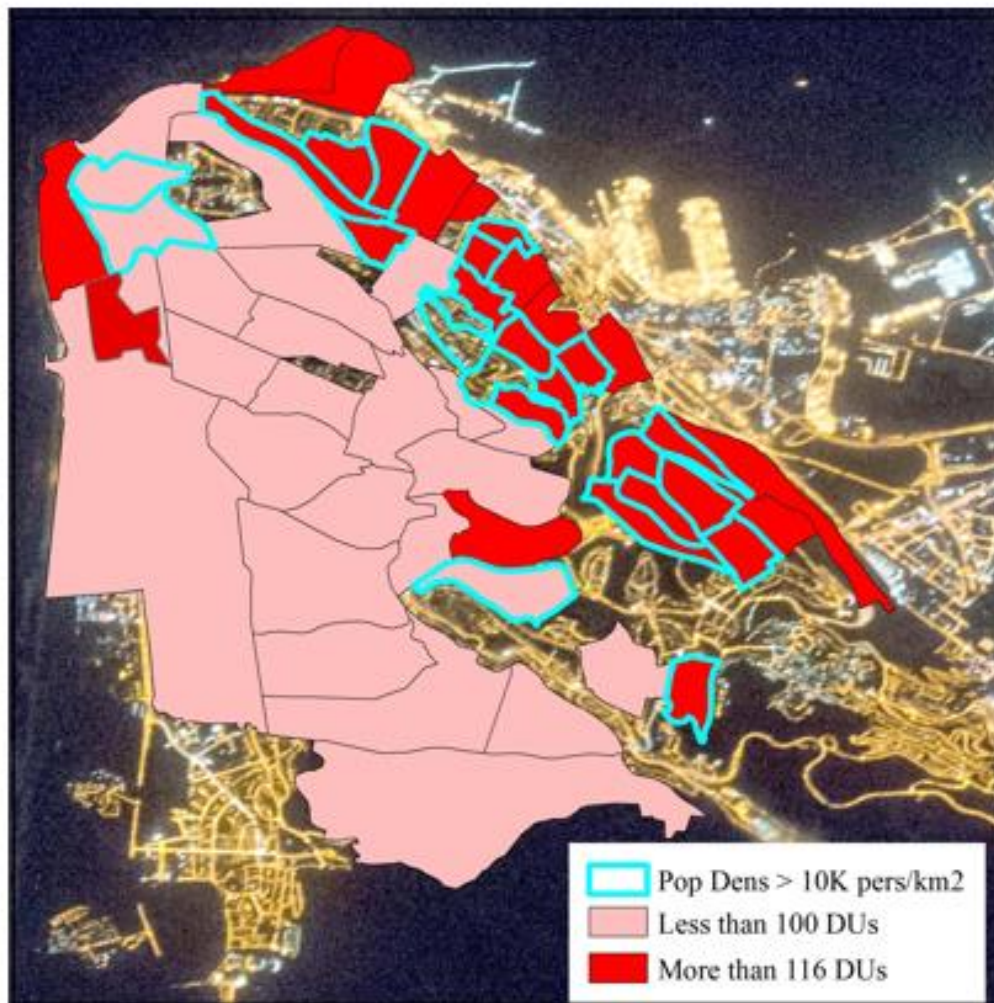


# בחירת שכונות: קריטריון א' – סוג ועצמת התאורה





# קריטריונים נוספים – מצב סוציו-ככלכלי של אוכלוסייה, שנת בניה וצפיפות

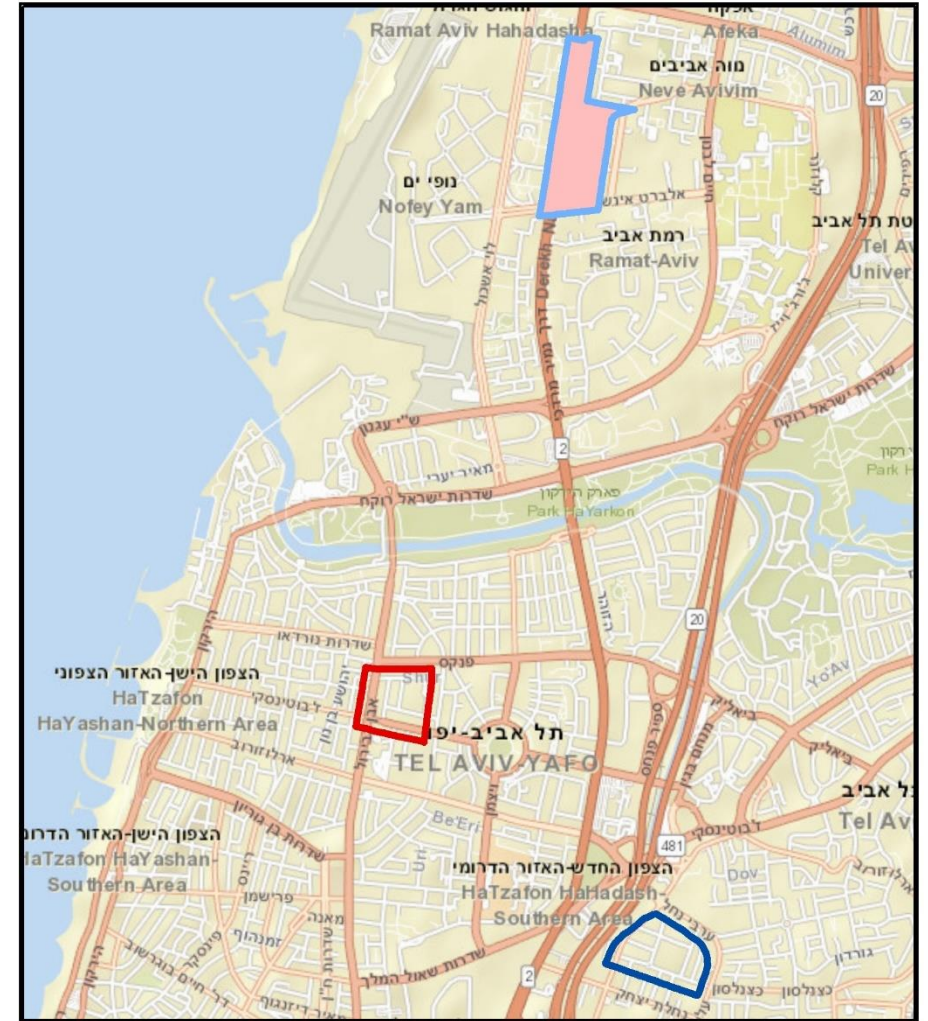




# השכונות שנבחרו



חיפה



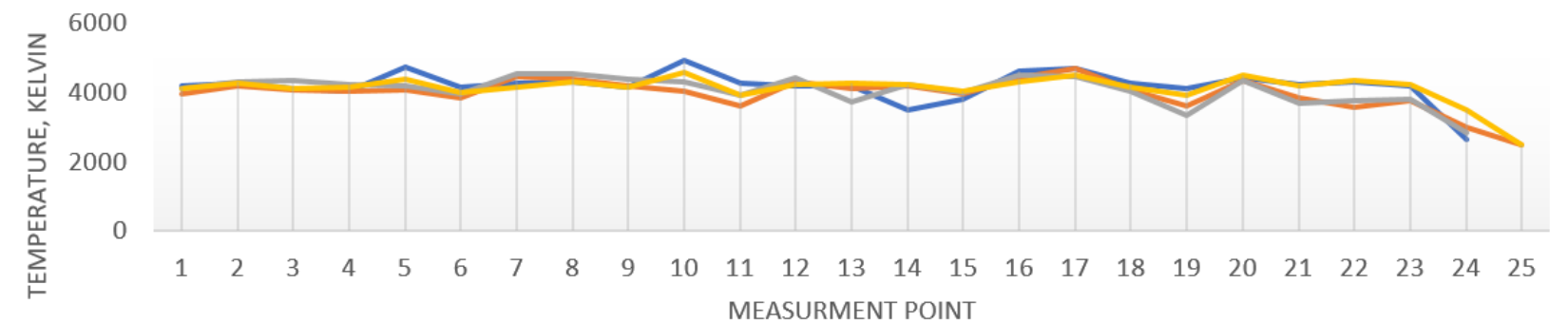
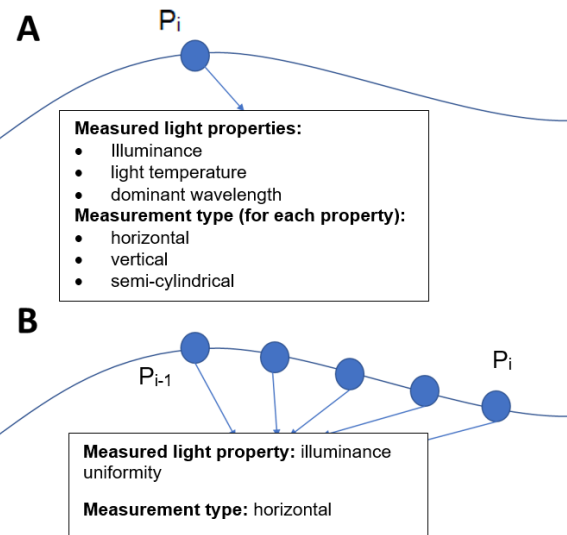
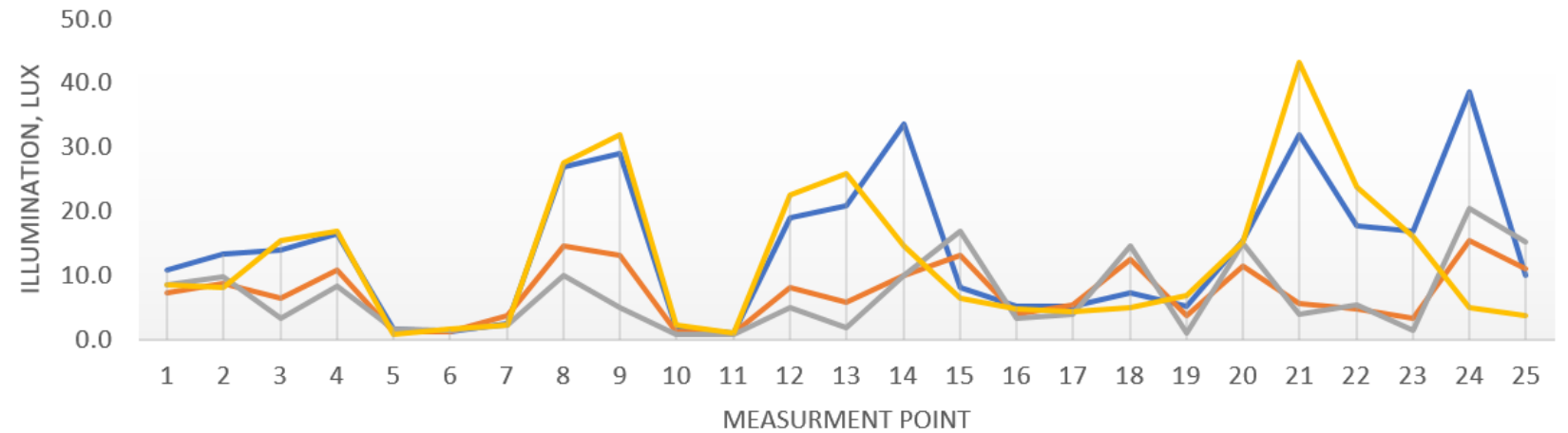
ת"א



# שלב ב' - קביעת ותאור המסלולים ונקודות המדידה



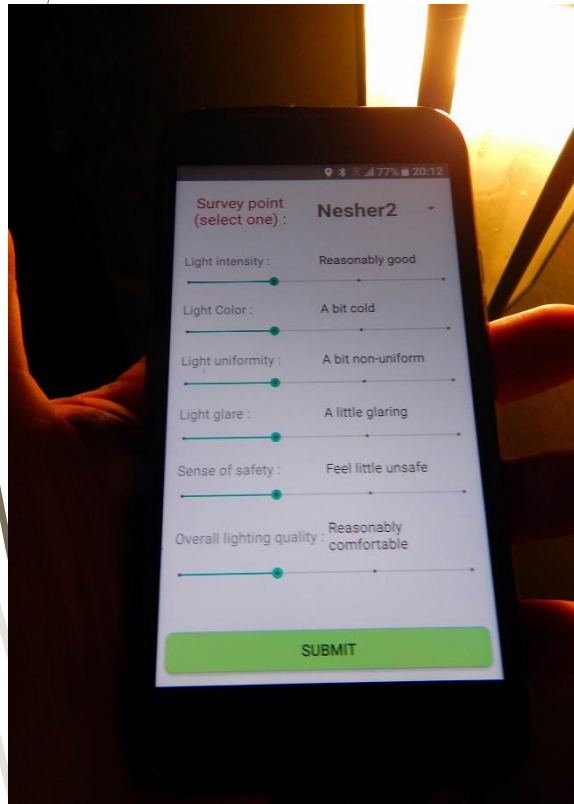
# מדידות אינסטרומנטליות בשטח



H-Temp V-Temp\_mean V-Temp\_dir Sc-Temp

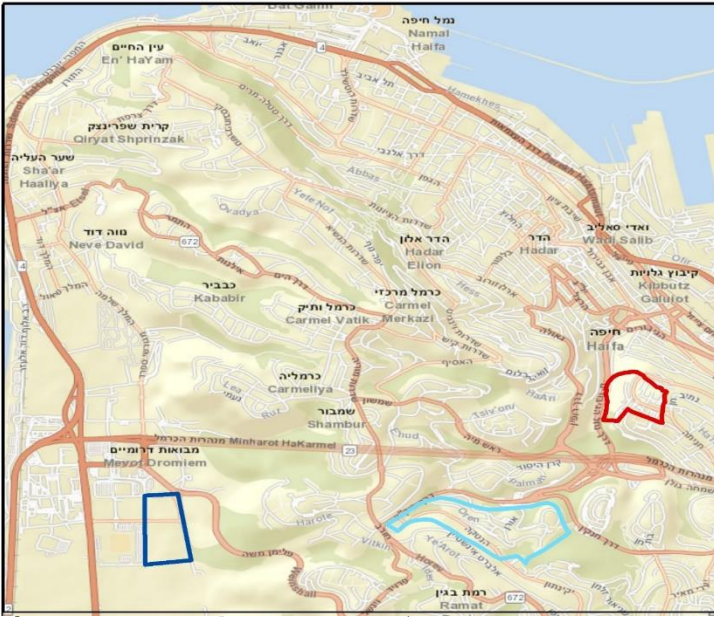


# בדיקת איכות ונוחות הנתפסת ע"י תושבים



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	pid	display_id	uid	time_utc	wall_time	lat	lon	accuracy	lightIntensity	lightspectrum	uniformity	glare	safety	overall
2	39	NA1	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 16:36:39 GMT+0	32.1144	34.795	7	2	2	1	1	0	1
3	39	NA1	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 16:36:32 GMT+0	32.1143	34.7951	12	1	2	1	0	3	2
4	48	NA10	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:25:02 GMT+0	32.1146	34.7941	4	2	2	2	2	2	3
5	48	NA10	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:24:44 GMT+0	32.1146	34.7941	11	2	2	2	1	3	1
6	49	NA11	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:28:35 GMT+0	32.1146	34.7941	16	1	1	1	3	2	0
7	49	NA11	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:28:46 GMT+0	32.1148	34.794	10	2	1	0	2	1	1
8	50	NA12	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:31:36 GMT+0	32.1149	34.794	8	1	2	0	2	1	0
9	50	NA12	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:31:38 GMT+0	32.1152	34.7942	22	1	1	0	1	2	0
10	51	NA13	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:36:06 GMT+0	32.1152	34.7942	10	2	2	2	1	2	2
11	51	NA13	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:36:20 GMT+0	32.1153	34.7942	9	3	3	2	3	3	2
12	52	NA14	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:39:28 GMT+0	32.1155	34.7943	28	3	2	0	1	2	1
13	52	NA14	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:39:32 GMT+0	32.1155	34.7942	3	2	2	2	1	2	1
14	53	NA15	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:42:31 GMT+0	32.1156	34.7943	20	0	2	0	1	0	0
15	53	NA15	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:42:45 GMT+0	32.1157	34.7943	9	0	1	0	0	1	0
16	54	NA16	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:42:14 GMT+0	32.1158	34.7939	25	0	1	0	0	1	0
17	54	NA16	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:48:53 GMT+0	32.116	34.794	3	2	2	2	2	2	2
18	55	NA17	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:52:39 GMT+0	32.1164	34.7941	13	1	2	1	1	3	2
19	55	NA17	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:52:49 GMT+0	32.1162	34.7941	4	1	2	1	1	1	1
20	56	NA18	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:54:51 GMT+0	32.1166	34.7942	3	1	2	1	1	1	1
21	56	NA18	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:54:51 GMT+0	32.1163	34.7941	10	1	2	0	0	3	1
22	57	NA19	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:57:34 GMT+0	32.1169	34.7944	16	0	2	0	0	2	0
23	57	NA19	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 17:57:35 GMT+0	32.1168	34.7943	4	0	2	0	1	0	0
24	40	NA2	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 16:46:38 GMT+0	32.1142	34.795	16	0	1	0	1	3	1
25	40	NA2	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 16:47:05 GMT+0	32.1142	34.7949	3	0	2	2	2	2	1
26	58	NA20	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:00:34 GMT+0	32.1172	34.7941	23	1	2	0	1	3	1
27	58	NA20	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:00:38 GMT+0	32.1169	34.7943	15	1	2	1	1	2	1
28	59	NA21	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:02:50 GMT+0	32.1174	34.7945	3	2	2	2	1	2	2
29	59	NA21	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:03:00 GMT+0	32.1175	34.7944	16	2	2	2	2	3	3
30	60	NA22	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:05:11 GMT+0	32.1177	34.7946	16	2	2	2	1	3	2
31	60	NA22	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:05:14 GMT+0	32.1174	34.7946	4	1	2	1	1	1	2
32	61	NA23	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:08:04 GMT+0	32.1177	34.7949	8	1	2	2	1	2	2
33	61	NA23	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:08:06 GMT+0	32.1175	34.7949	9	2	3	1	3	3	1
34	62	NA24	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:10:45 GMT+0	32.1177	34.795	4	2	2	2	1	2	3
35	62	NA24	41861220	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:10:45 GMT+0	32.1175	34.7951	17	2	2	2	1	3	3
36	63	NA25	3.38E+08	1.56E+12	Sun Apr 28 2019 18:12:50 GMT+0	32.1175	34.7949	3	2	2	2	0	2	3

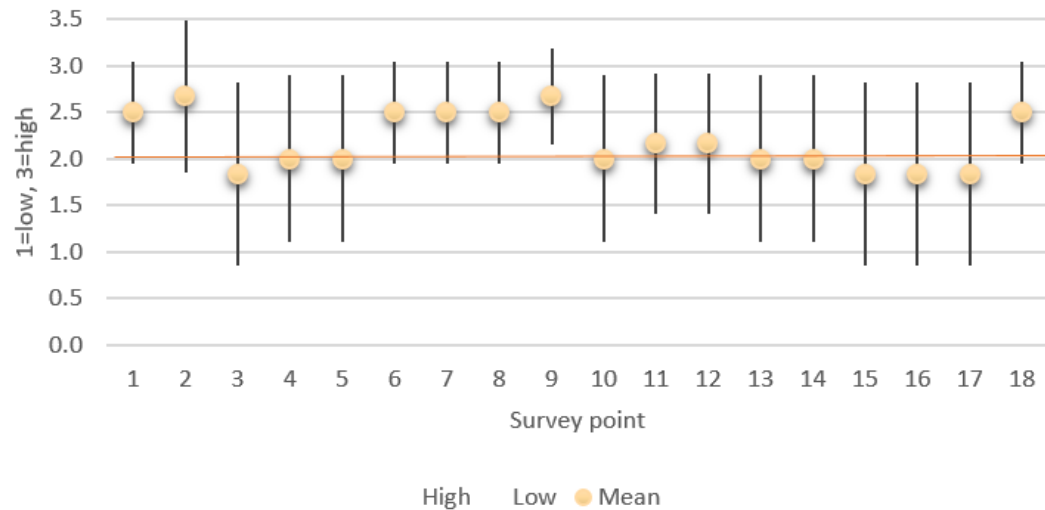
# תוצאות הפיילוט – עצמת התאורה הנדפסת



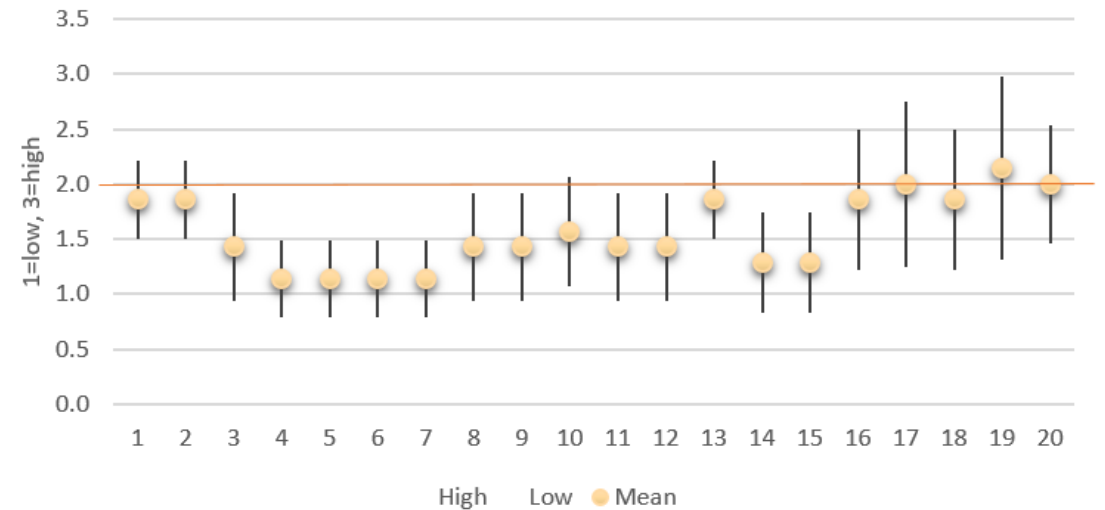
Blue High

Red Low

Light intensity

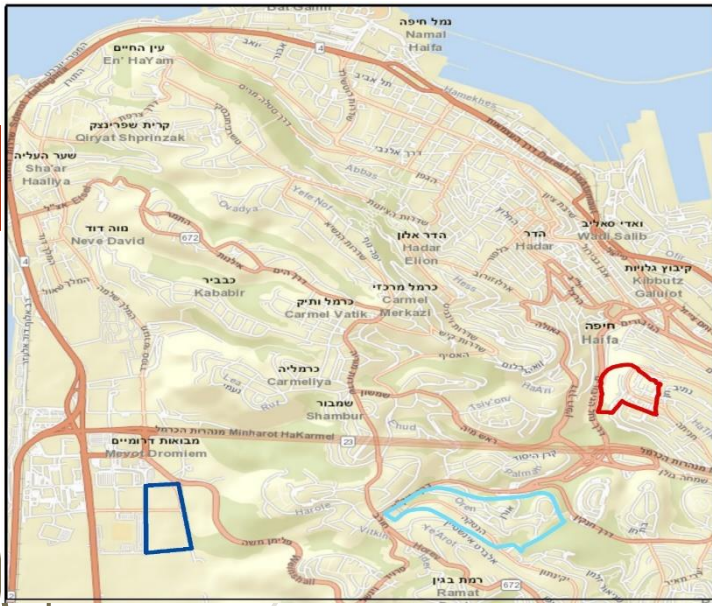


Light intensity





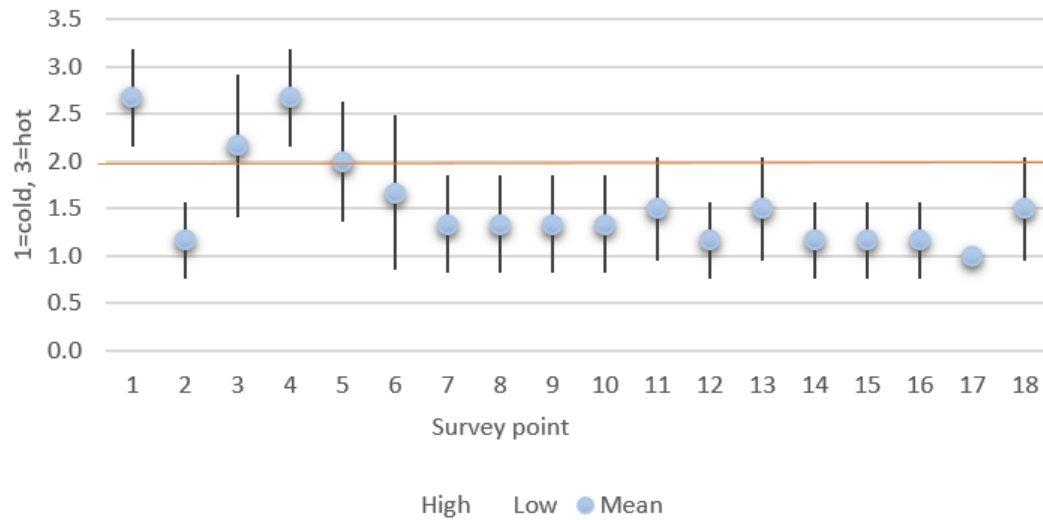
# תוצאות הפיילוט – הטמפרטורה של האור



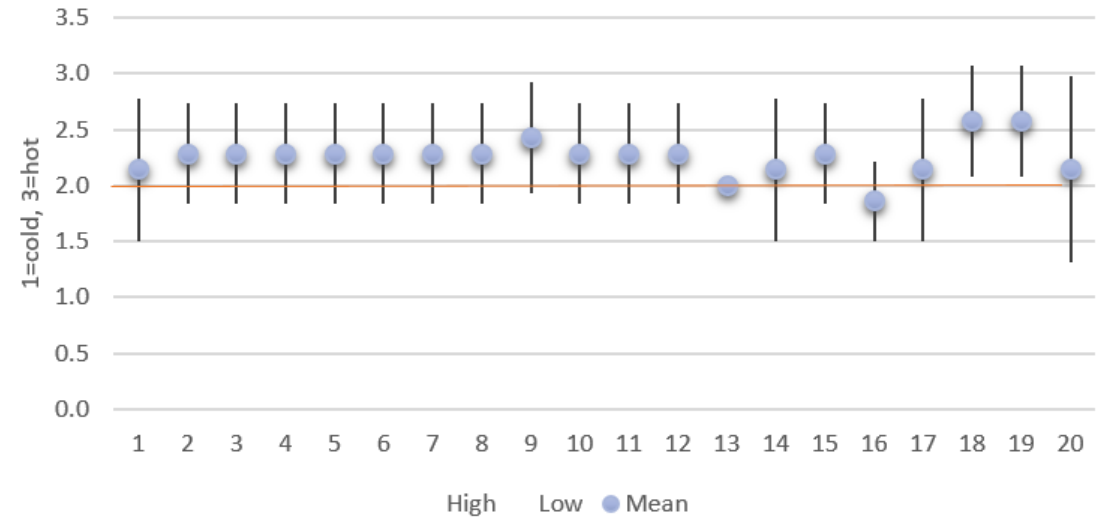
Blue High

Red Low

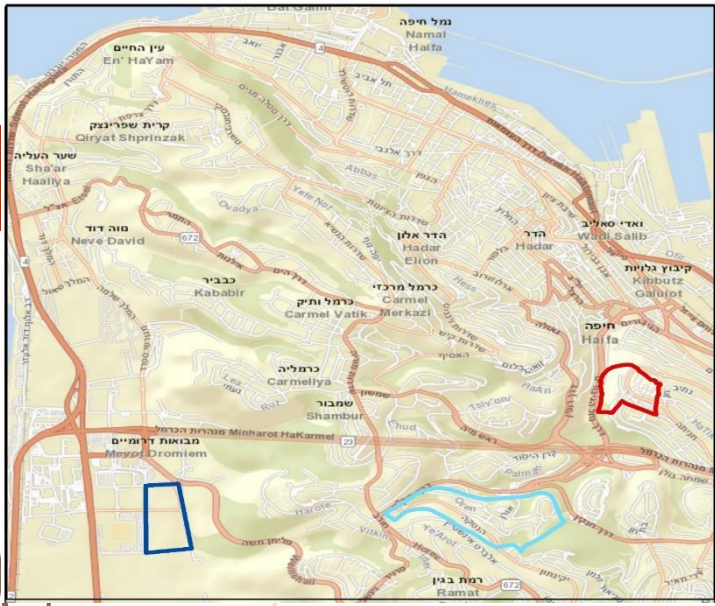
Light color



Light color



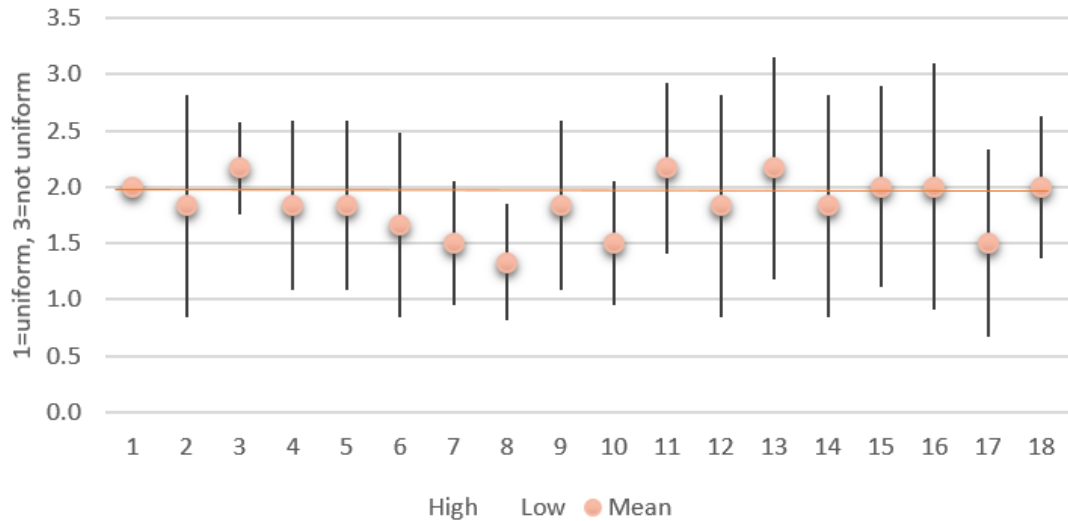
# תוצאות פיילוט – אחידות של התאורה



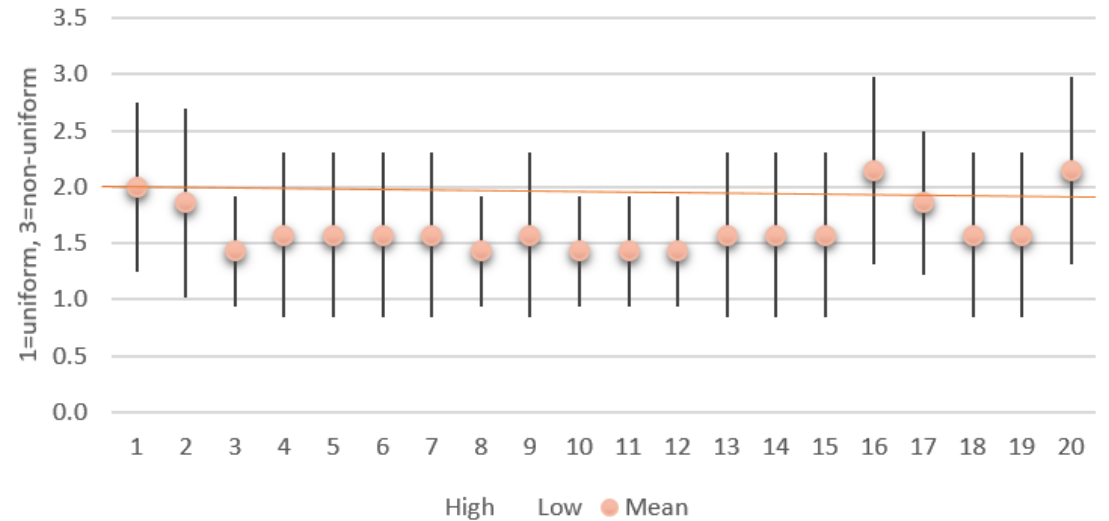
Blue High

Red Low

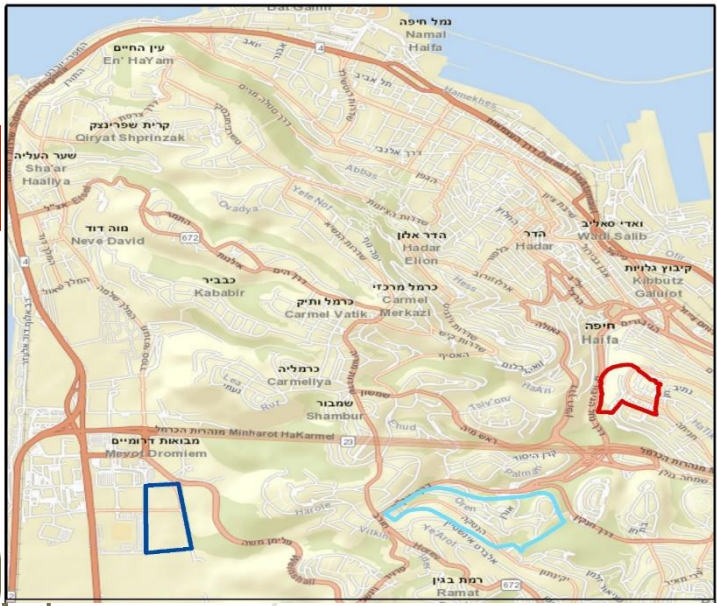
Light uniformity



Light uniformity



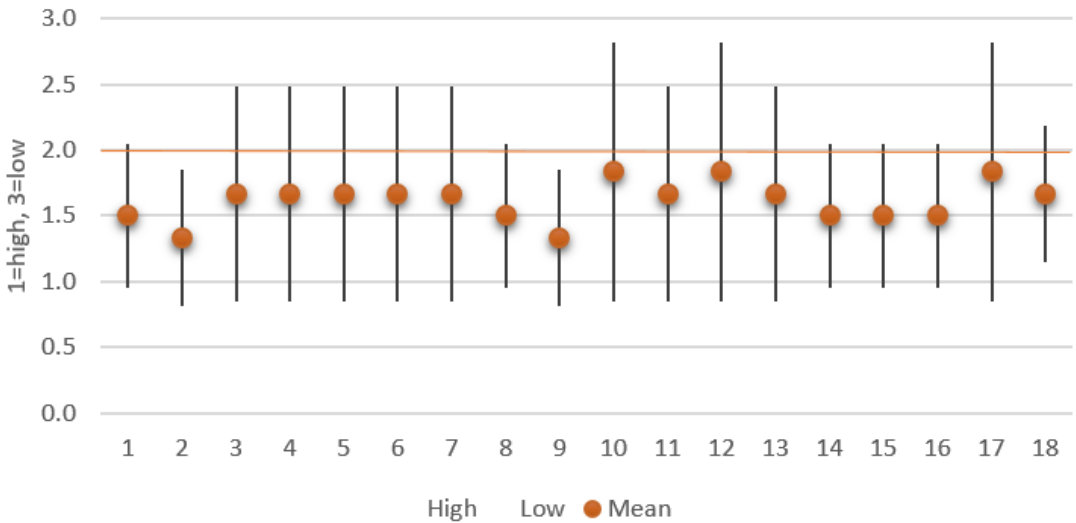
# תוצאות פיילוט – תחושת הביטחון



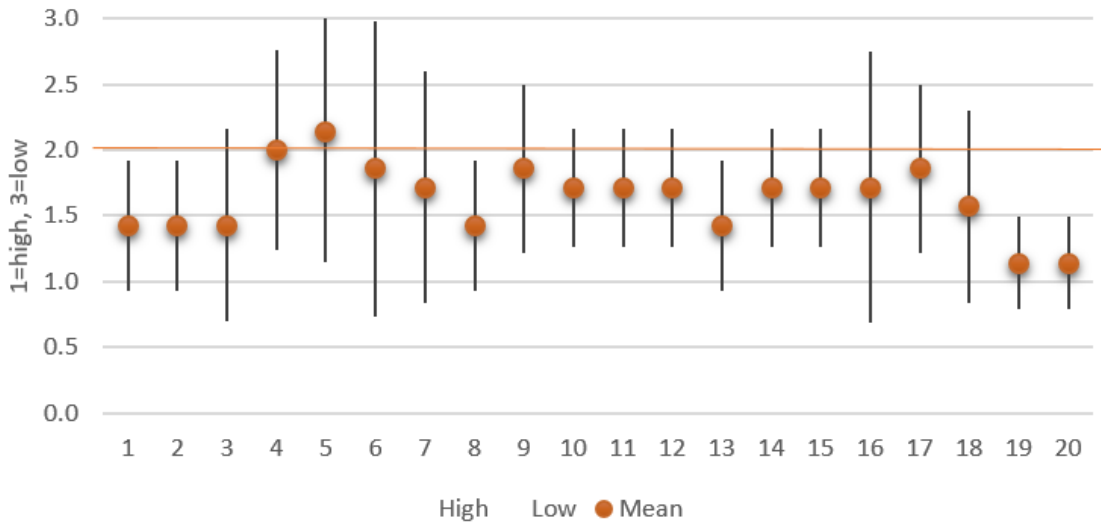
Blue High

Red Low

Perception of safety



Perception of safety



## המשך יבוא....

מימון המחקר:

2018-2021: מידול האיכות הנתפסת של תאורת המרחבים  
הציבוריים: גישה אינטראקטיבית מוטת-משתמש (קרן לאומי  
המדע) (ISF)

2019-2020: מיטוב תאורת לילה במרחבים ציבוריים עירוניים  
בשיתוף התושבים: לקראת ערים חכמות ומקיימות בסין  
ובישראל מומן ע"י משרד המדע והטכנולוגיה הישראלי  
במשותף עם משרד המדע והטכנולוגיה של סין (עם פרופ' מינג  
ליו (אוניברסיטת דיליאן, סין) ופרופ' וואילי ג'ואו (האקדמיה  
הסינית למדעים)).