

ניתוח רעידות אדמה היסטוריות באמצעות מערכות מידע גיאוגרפיות

מוטי זוהר

החוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם
אוניברסיטת תל אביב

העבודה הוכנה בהדרכתם של
פרופ' יצחק בננסון, החוג לגיאוגרפיה
ד"ר שמוליק מרקו, החוג לגיאופיסיקה

הרקע לעבודה

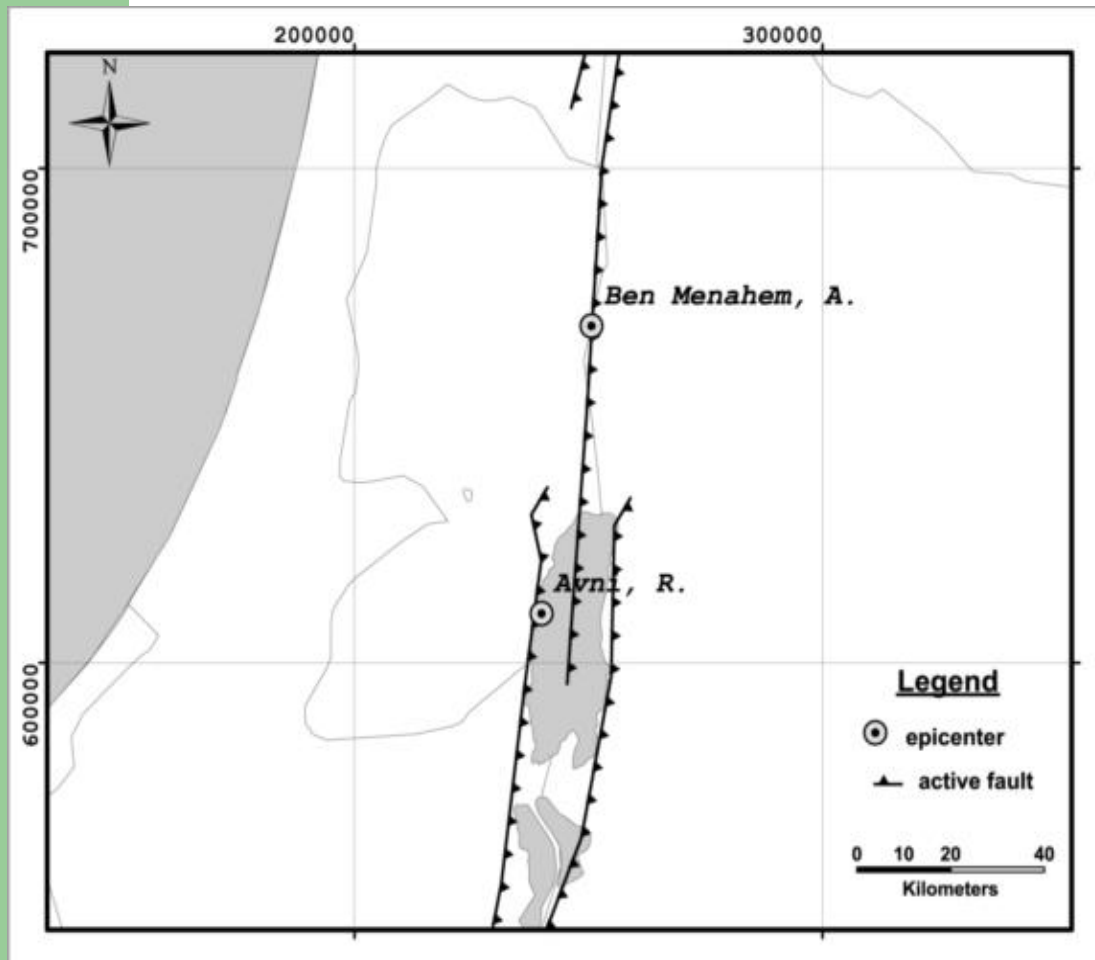
- 4000 שנה של עדויות היסטוריות, ארכיאולוגיות וגיאולוגיות לרעידות אדמה ונזקיהן במזרח התיכון.
- מיעוט ברישומים סיסמולוגיים מדויקים (הסיסמוגרף הראשון הומצא בתחילת המאה ה-20).
- התפתחות טכנולוגית בעולם הממ"ג (GIS).

מטרת העבודה

חישוב מוקד הרעידה (מיקום) ועוצמתה
(מגניטודה) בהתבסס על הערכת נזקי
הרעידה (עוצמות סיסמיות) באתרים
שונים במרחב הגיאוגרפי.

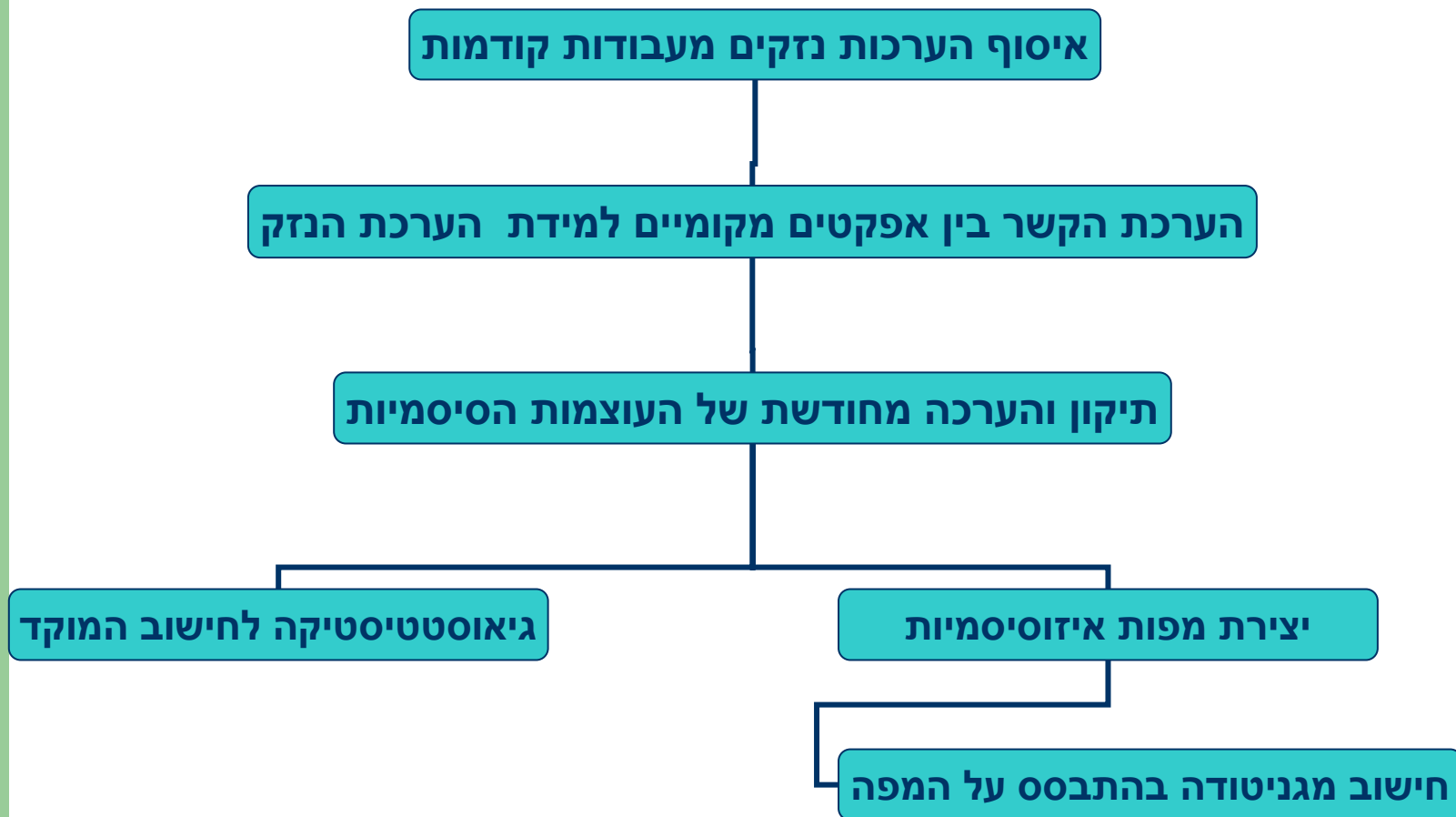
*רעידת האדמה שהתרחשה ב-1927 כ-test case

רעידת האדמה של 1927

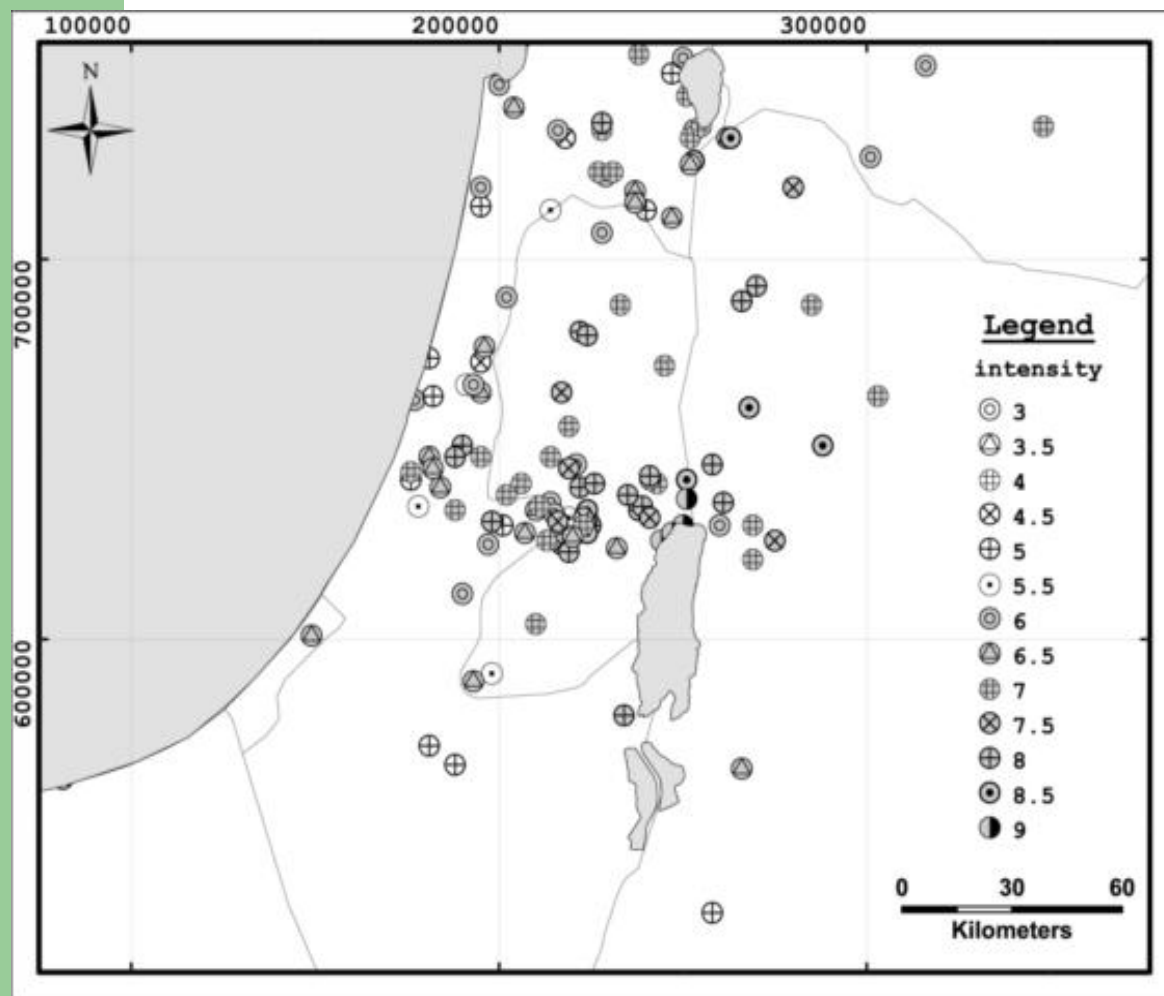


- מוקדים על פי אבני, 1999, ובן מנחם, 1976.
- מגניטודה מחושבת 6.25.

שיטת המחקר



פיזור גיאוגרפי של הערכות הנזקים



- עוצמות סיסמיות (msk)
- מיעוט אתרים במזרח (עיראק, אירן, סעודיה)
- 131 אתרים סה"כ.

אפקטים מקומיים שנבדקו כבעלי השפעה על הערכת מידת הנזק

- איכות המבנים
- טופוגרפיה - שיפוע
- מי תהום
- מבנים גיאולוגים
- "הגורם האנושי"
- חלוקת ערכי פקטור לקטגוריות.
- יצירת שכבה גיאוגרפית לכל אחד מן הפקטורים.

הערכה מחודשת של העוצמות הסיסמיות

- רגרסיה מרובה למציאת מידת הקשר בין חמשת הפקטורים לנזק באתר:

$$Y = \alpha_1 * X_1 + \alpha_2 * X_2 + \dots \alpha_n * X_n + \beta$$

- חישוב מחודש של עוצמות סיסמיות ליצירת שמונה מערכי עוצמות שונים:

1. חמישה מתוקנים לפי פקטור בודד.
2. תיקון לפי כל הפקטורים.
3. תיקון לפי שיטת stepwise.
4. עוצמות ללא תיקון.

הערכה מחודשת של העוצמות הסיסמיות

<i>factor</i>	<i>category</i>	<i>Description</i>	<i>rate (msk scale)</i>
Construction quality	1	low standards	- 0.5
	2	high standards	None
Topographic slope	1	0° – 4.99°	None
	2	5° – 14.99°	None
	3	15° – 89.99°	- 0.5
Water level depth	1	0 – 9.99 meters	+ 0.5
	2	10 – 19.99 meters	None
	3	20 meters and above	None
Surface geology	1	Soft soils	None
	2	Soft materials (clay and marlstone)	None
	3	rocks	-0.5
Human aspects	1	under 5000 people	None
	2	5000 people and above	- 0.5

קטגוריות

הערכה מחודשת של העוצמות הסיסמיות

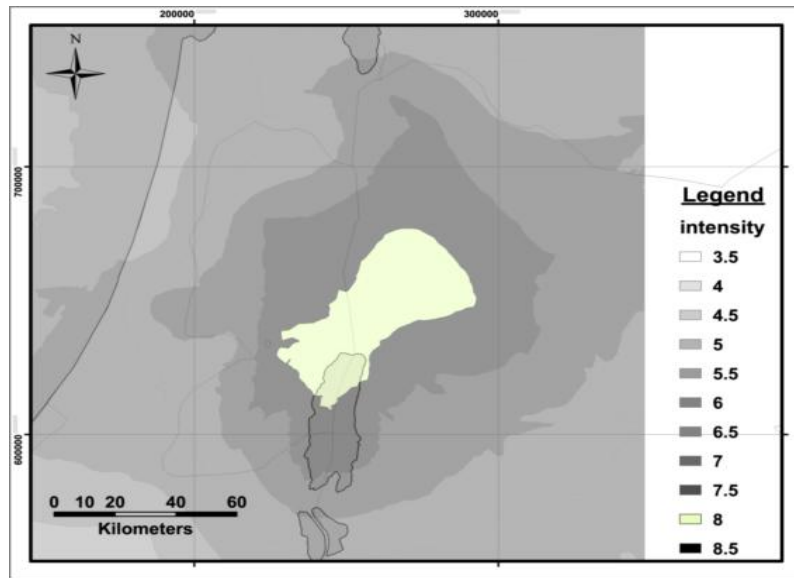
<i>Dataset</i> <i>Site</i>	<i>Measured</i>	<i>REF</i>	<i>Const</i>	<i>Slope</i>	<i>Water</i>	<i>Surf</i>	<i>Human</i>	<i>All</i>
Abu-gosh	6.5	6.5	6.0	6.5	6.5	6.0	6.5	5.5
Abu-dis	8.0	8.0	7.5	8.0	8.0	7.5	8.0	7.0
Abu-tlul	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	4.5	5.0	4.0
Um-el-fahm	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	4.5
Um juni	6.5	6.5	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0
El hama	6.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.0	6.5	5.0
El arish	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0
Alexandria	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5
A-salt	8.5	8.5	8.0	8.5	8.5	8.0	8.5	7.5
Irbid	7.5	7.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.0
A-ram	8.0	8.0	7.5	8.0	8.0	7.5	8.0	7.0
Beer sheva	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Bira	6.0	6.0	5.5	6.0	6.0	5.5	6.0	5.0

התפלגות מערכי העוצמות המתוקנים

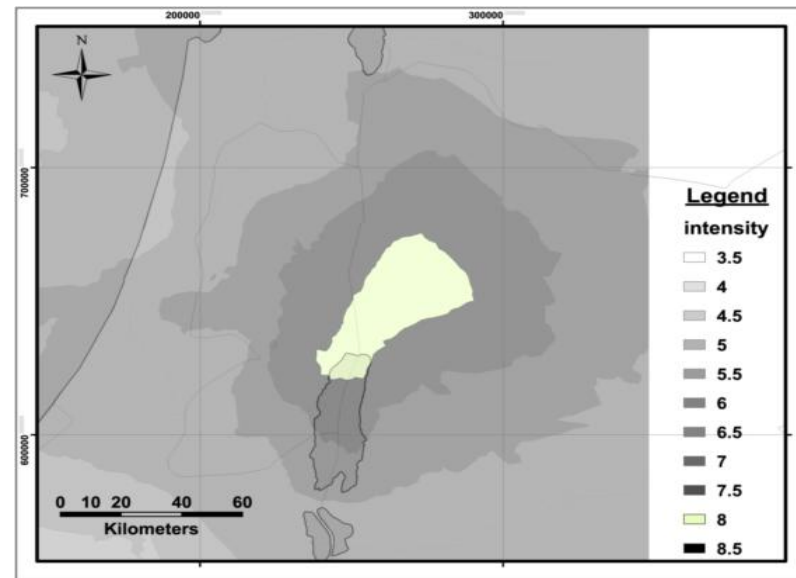
<i>Dataset</i> <i>Stat.</i>	<i>Measured</i>	<i>REF</i>	<i>Const</i>	<i>Slope</i>	<i>Water</i>	<i>Surf</i>	<i>Human</i>	<i>All</i>
Mean	6.679	6.603	6.38	6.584	6.698	6.45	6.633	6.03
Median	7	6.5	6.5	6.5	7	6.5	6.5	6
skewness	-0.397	-0.402	-0.354	-0.394	-0.407	-0.236	-0.345	-0.140
kurtosis	2.830	2.911	3.319	2.846	2.871	2.748	2.813	3.314

התפלגות נורמלית של מערכי העוצמות מאפשר ביצוע kriging
ליצירת מפות איזוסימיות.

יצירת מפות איזוסימיות



עוצמות מתוקנות לפי Stepwise(REF)



ללא תיקון עוצמות

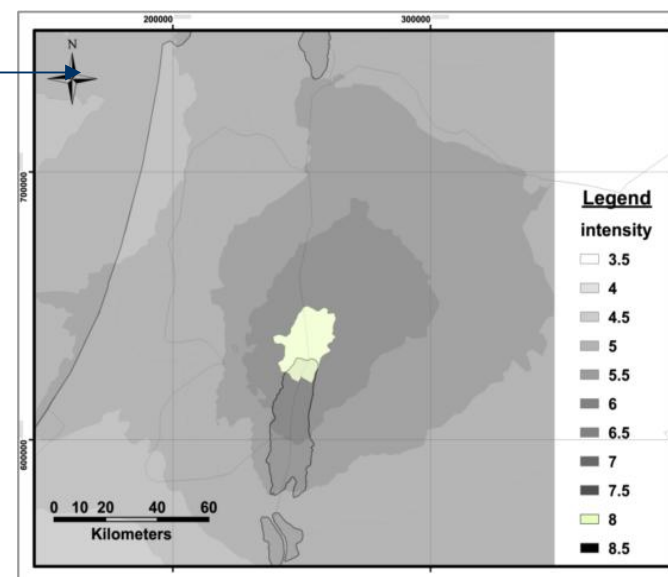
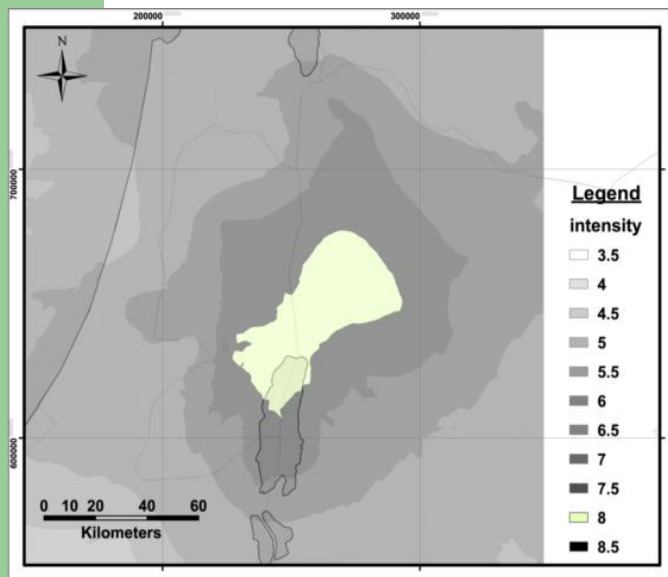
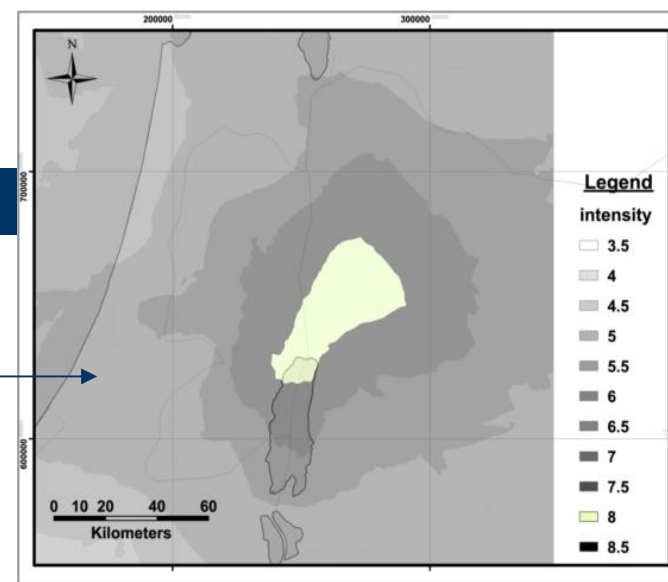
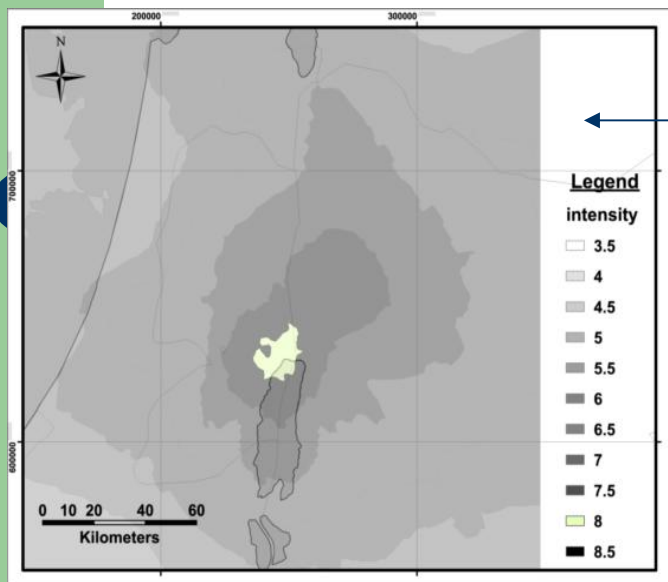
יצירת מפות איזוסימיות

איכות מבנים

טופוגרפיה

גיאולוגיה

מי תהום



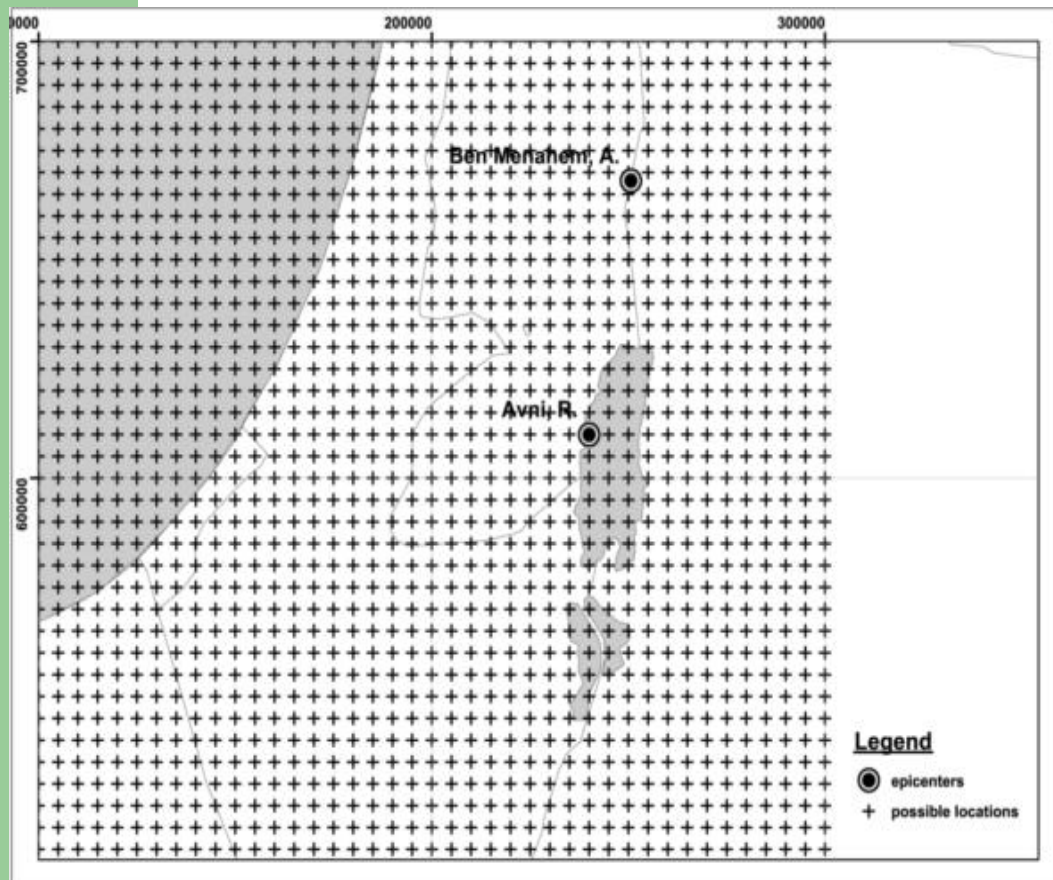
חישובי מגניטודה (לפי טופוגרפיה)

$$ML = 4.3 + 0.87 * \log (A7)$$

$$ML = 4.3 + 0.8 * \log (A8)$$

Dataset area		Measured	REF	Const	Slope	Water	Surf	Human	All
A ₇	Area	9709	9972	6375	10127	9524	9616	9425	3378
	M _L	7.76	7.7	7.6	7.78	7.76	7.76	7.75	7.36
A ₈	Area	1906	1313	220	1334	1942	415	1941	-
	M _L	6.92	6.79	6.77	6.8	6.93	6.39	6.93	-

חישוב מוקד הרעידה



- רשת נקודות המייצגת מוקדים אפשריים.
- כיסוי של טרנספורם המלח
- רזולוציה של 5 ק"מ - 2501 מוקדים אפשריים.
- 131 אתרים ומרחקים – שימוש בפקטור המרחק בריבוע בשל פיזור גלים במרחב תלת מימדי
- ורסטיליות השיטה

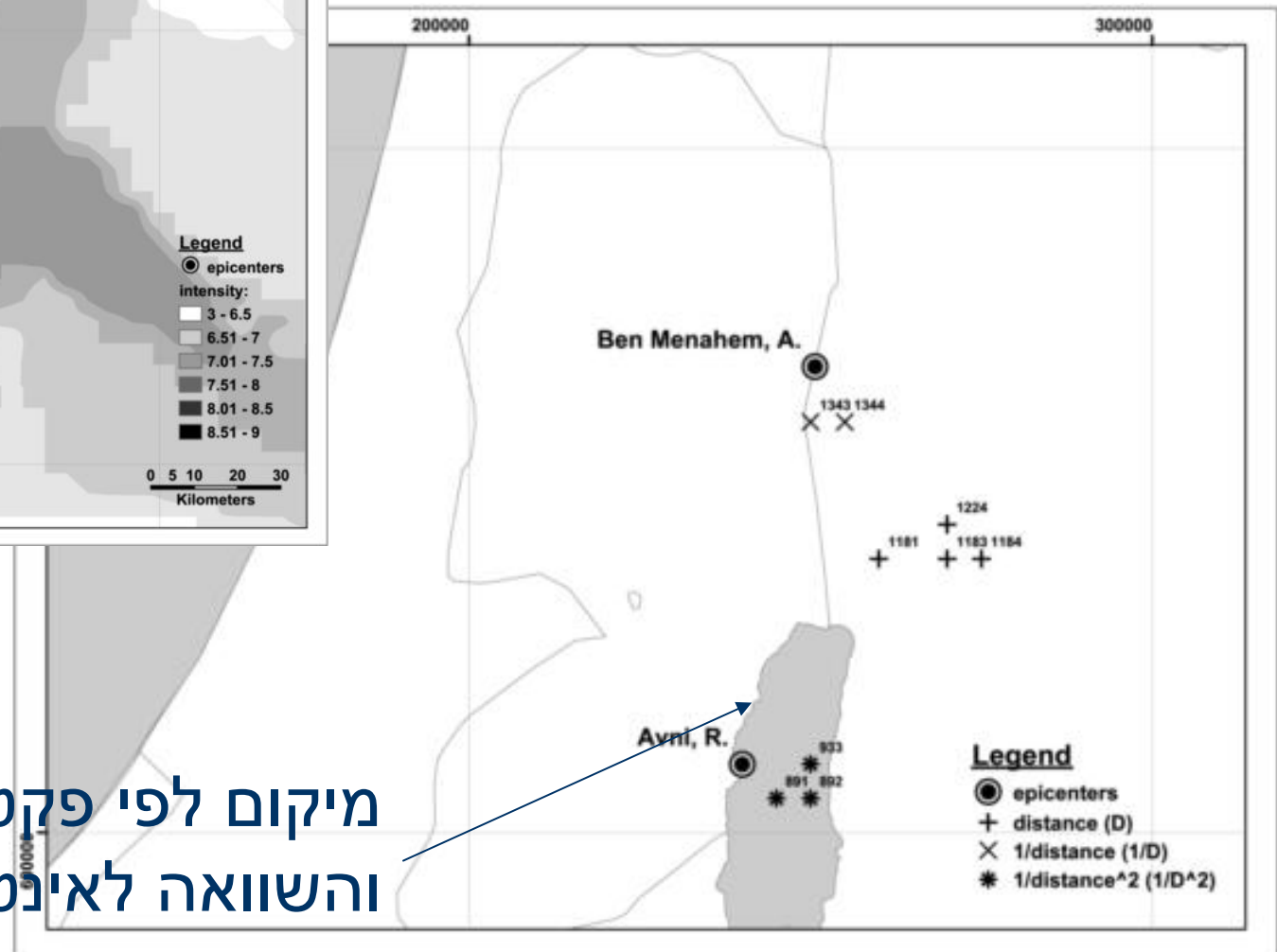
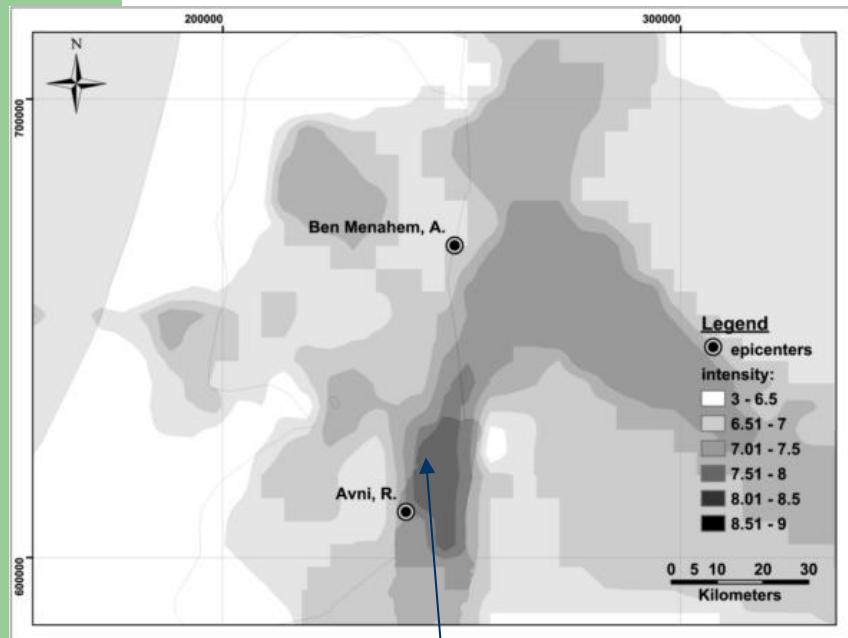
מציאת הנקודה/נקודות המתאימות ביותר

מבחן פירסון בין מידת הנזק באתר (Y) לבין פקטור המרחק בריבוע ($X = 1 / D^2$) מן הנקודה הנבדקת כמיקום אפשרי:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)S_X S_Y}$$

בדיקה של 2501 הנקודות מול שמונת מערכי העוצמות

חישוב מוקד רעידת האדמה



מיקום לפי פקטור המרחק בריבוע
והשוואה לאינטרפולצית IDW

סיכום

- המגניטודה של רעידת האדמה שהתרחשה ב 1927 לפי עבודה זו נעה בין 6.39 - 6.93 כאשר מתייחסים לאזור בעל עוצמה סיסמית 8 ובין 7.36 - 7.78 כאשר מחשבים לפי אזור בעל עוצמה סיסמית 7 (מגניטודה מחושבת לפי סיסמוגרמות עומדת על 6.25).
- הערכת מיקום המוקד עומדת על פחות מ 10 ק"מ מן המיקום שחושבעל ידי אבני, 1999 ו 50 ק"מ דרומה למיקום שחושב עלי ידי בן מנחם, 1976.



שאלות?