



מרכז הידע והמחקר הלאומי בתחום ההיערכות למצבי חירום  
NATIONAL KNOWLEDGE AND RESEARCH CENTER FOR EMERGENCY READINESS

## חושבים מוכנות – מאמר החודש, נובמבר 2022

### This month's pick: thinking emergencies, November 2022

#### שנינו יחד תחת מטריה אחת.... של מודלים

יחד עם בוא הגשמים, כמה מודלים ומחקרים שיעזרו לנו לעבור את העונה בשלום.

נתחיל עם שני מודלים להתרעות מפני מפולות קרקע שנגרמות מגשם מרובה.

מערכות התרעה אזוריות למפולות מבוססות בדרך כלל על מתאם בין מפולות עבר וניטור מידע על גשם. הנתונים שקיימים היום על מדדים אטמוספריים מאפשרים להתייחס לנתונים רבים נוספים כך שניתן לבצע חיזוי בעזרת שיטות מחקר חדשות יותר.

המחקר [1] שנערך על נתונים מאזור קמפניה איטליה, אזור מועד למפולות, בחן בעזרת שיטות למידת מכונה (ML-Machine Learning) אפשרויות לניתוח מידע על מנת לבחור את המשתנים הרלוונטיים ביותר לחיזוי מפולות שנגרמות מגשם בקנה מידה אזורי.

במחקר נעשה שימוש בשני מקורות מידע. האחד, משתנים אטמוספריים ממאגר ERA5-Land (תצוגה עקבית של התפתחות משתני הקרקע לאורך כמה עשורים ברזולוציה משופרת). השני, מידע מתמשך לגבי אירועי מפולות ממאגר FranelItalia.

המודלים שפותחו מגדירים שילוב של משתני גשם ותכולת מים בקרקע כמאפשרים חיזוי של מפולות. המחקר אישש כי שיטת LFA (Likelihood-Fuzzy Analysis), היא שיטת ML שיכולה להעריך את המשתנים הרלוונטיים ביותר שגורמים למפולות קרקע כתוצאה מגשם וכן היא נמצאה אמינה עבור יצירת מודלים להתרעה, יותר משיטות למידת מכונה אחרות.

המאמר השני [2] מזכיר שיש גורמים נוספים משמעותיים שמספיעים על תכולת המים בקרקע. שיעור ההתאיידות למשל לא נלקח בחשבון במודלים לחיזוי כמו גם נוכחות צמחיה שמספיעה על תהליכי אידי וסחיפה. כמו כן נטען, כי על פי רוב, במודלים הקיימים החיזוי הוא ברמת האזור ולא ברמת המדרון עצמו.

החוקרים מציעים שיטה ארבע-שלבית לפיתוח שיטת התרעה למפולות קרקע (LOcal Landslide Early Warning System Lo-LEWS). ארבעת השלבים כוללים: ניטור, מידול, חיזוי והתרעה. שלב הניטור הכרחי על מנת לספק נתונים בזמן אמת למודלים ולחיזוי. המחקר הנוכחי מתרכז בשני השלבים הראשונים – ניטור ומידול, תוך בחינת מדרון הסמוך למסילת רכבת במזרח נורבגיה. הממצאים יכולים להוות שלב ראשון לשיטה מבוססת על (Internet of Things) IoT לניתוח יציבות מדרון.

מה קורה כאשר יחד עם גשמי ברכה מגיעים גם גשמי זעף? בשנים האחרונות, כתוצאה מהעיור המואץ וגם משינוי האקלים אנו עדים ליותר ויותר אסונות הנובעים מגשמי זעף, אלה נקראים Water-logging disasters (זאת לעומת שיטפונות, floods), שמתייחסים להצפה כתוצאה מכך שנהרות או מקווי מים עולים על גדותיהם)

אוניברסיטת חיפה, שד' אבא חושי 199, הר הכרמל, חיפה, 3498838  
University of Haifa, 199 Aba Khoushy Ave. Mount Carmel, Haifa Israel, 3498838

[muchanut@hevra.haifa.ac.il](mailto:muchanut@hevra.haifa.ac.il)

בתמיכת: משרד המדע והטכנולוגיה והרשות הלאומית לחירום (רח"ל) במשרד הביטחון  
Supported by: The Israel Ministry of Science and Technology  
The National Emergency Management Authority, Ministry of Defense

גשמי זעף, הנמשכים זמן קצר בד"כ, גורמים לפגיעה בכבישים, ברכוש ובחיי אדם ובשנים האחרונות תכיפותם גבוהה והקושי להתמודד הן עם מניעתם והן עם הפחתת השלכותיהם, ע"י פינוי התושבים למשל, נעשה קשה יותר.

פינוי תושבים הוא חלק משמעותי ביותר ביכולת להפחית את ההשלכות (mitigation) של גשמי הזעף, והוא מושפע הן מתנאי הסביבה וכמות הגשם (למשל כאשר עומק המים הוא 20 ס"מ – קשה ללכת ברגל; כאשר הוא מגיע ל-30 ס"מ – קשה לחצות באופניים או רכב) והן ממאפייני התושבים: תעסוקה, חינוך, גיל, וניסיון במצבי סכנה.

מחקר שבחן את הנושא בחרבין (סין) [3], מצא שניסיון העבר ורמת החינוך של התושבים משפיעים מאוד על תהליכי פינוי. כמו כן נמצא שלתושבים אין מודעות לגבי הסיכונים שבהליכה במים. החוקרים ממליצים על פרסום הנחיות וביצוע תרגולים לשיטות פינוי בחירום בשל גשמי זעף.

פינוי תושבים הינו קריטי במקרי חירום רבים ובוודאי גם במקרי צונאמי. במאמר להלן [4] מתוארת בדיקה סיסטמטית של עשרות מחקרים מהעשור האחרון העוסקים במודלים לפינוי מצונאמי ובעיקר במודלים מבוססי-סוכנים (Agent Based Models-ABM). המודלים מדמים את התנהגות האוכלוסייה, לרבות פאניקה וטעויות בשיקול דעת ומשמשים בד"כ כסימולציה של תהליך הפינוי, תוך התייחסות לתוכניות פינוי, גודל האוכלוסייה והרכבה והחלוקה המרחבית של העיר ושל מתקני המקלט.

המחקר מצא שמודלים רבים אינם סיסטמטיים מספיק ובמאמרים חסר מידע חיוני. כתוצאה מכך הכותבים מזהים שני כיווני מחקר רלוונטיים:

- יצירת מטא-מודל של ABM למקרי צונאמי שישלב מידע סביבתי והידרו-דינאמי על שיטפונות יחד עם מודל של תגובה אנושית (כולל פינוי קהל, תוכניות טווח ארוך ואמצעים להפחתת אסון פוטנציאלי)
- פיתוח של מודל סימולציה במסגרת של משחק תלת-מימד של מספר משתתפים גדול מאוד.

ואם אנחנו בענייני מודלים, אז ללא קשר למופעי גשם, אזכיר מאמר המציג תוכנת קוד-פתוח המיועדת למדל ניתוח סיכונים במקרים של אירועי חירום מרובים: RiskScape software. ניהול סיכונים עובר מדגש על hazard (סכנה) לדגש על risk (סיכון) ויש חשיבות רבה לניתוח והערכה של סיכונים במצבים שהם מרובי-אירועים ובהתייחסות לקבוצות אוכלוסייה שונות [5].

**בתקווה לגשמי ברכה,**

**עיר בגשם סחה לנו ככה החיים יפים כדאי לכם לחיות....**

**כתבה: סמדר אמיר, מרכזת מידע במרכז הידע והמחקר הלאומי בתחום ההיערכות למצבי חירום.**

**לפרטים נוספים:**

1. Pota, M., Pecoraro, G., Rianna, G., Reder, A., Calvello, M., & Esposito, M. (2022). Machine learning for the definition of landslide alert models: a case study in Campania region, Italy. *Discover Artificial Intelligence*, 2(1), 1-11. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44163-022-00033-5>

2. Piciullo, L., Capobianco, V., & Heyerdahl, H. (2022). A first step towards a IoT-based local early warning system for an unsaturated slope in Norway. *Natural Hazards*, 1-31.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05524-3>
3. Chen, P., Zhang, S., Bao, J., & Zhao, H. (2022). Evaluation of evacuation difficulty of urban resident during storm water-logging based on walking experiment. *Journal of Flood Risk Management*, e12850.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfr3.12850>
4. Mls, K., Kořínek, M., Štekerová, K., Tučník, P., Bureš, V., Čech, P., ... & Triantafyllou, I. (2022). Agent-based models of human response to natural hazards: systematic review of tsunami evacuation. *Natural hazards*, 1-22. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05643-x>
5. Paulik, R., Horspool, N., Woods, R., Griffiths, N., Beale, T., Magill, C., ... & Garlick, R. (2022). RiskScape: A flexible multi-hazard risk modelling engine. *Natural Hazards*, 1-18.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-022-05593-4>

המאמרים מלוקטים מ <https://www.preventionweb.net/english/> פלטפורמה לשיתוף ידע בתחום של הפחתת סיכונים  
מאסונות המנוהלת על ידי UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)