

## איך תלמידים לומדים בקורס מקוון בינתחומי על התפרצות מגפות? (מאמר קצר)

אילון לנגבהיים  
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב  
[elonlang@bgu.ac.il](mailto:elonlang@bgu.ac.il)

חיים אדרי  
מטה  
[haime@cet.ac.il](mailto:haime@cet.ac.il)

### How Do Students Learn in an Interdisciplinary Online Course on Pandemics Outbreak? (Short Paper)

Haim Edri  
CET  
[haime@cet.ac.il](mailto:haime@cet.ac.il)

Elon Langbeheim  
Ben-Gurion University of the Negev  
[elonlang@bgu.ac.il](mailto:elonlang@bgu.ac.il)

#### Abstract

Pandemics outbreak is a fascinating, natural phenomenon that provides an opportunity for interdisciplinary learning – it includes biological aspects, requires the use of mathematical principles and methods, influences social and historical events, and employs many scientists around the world that use computational models to study the phenomenon. In this article we present the design of an interdisciplinary online learning platform, called "Pandemics Outbreak" and discuss the considerations in choosing the content and skills that such a course should include. We introduce the interdisciplinary learning sequence, and the development and implementation of pandemics outbreak computational model, which allows students to explore the dynamics of pandemics, and integrate four disciplinary perspectives. We also introduce digital data analysis that was mined from the learning management system coupled with the online learning platform. The data analysis aims to answer three questions: 1. Which disciplines of the "Pandemics Outbreak" course were the most popular among teachers and students? 2. What are the attrition characteristics of students as they progress in learning in the various chapters 3. What are the common characteristics of the tasks that students had particular difficulty with?

**Keywords:** interdisciplinary, computational models, online learning platform.

#### תקציר

התפרצות מגפות היא תופעת טבע מרתקת שמספקת הזדמנות ללמידה בינתחומית – היא כוללת היבטים ביולוגיים, דורשת שימוש בכלים והיכרות עם עקרונות מתמטיים, משפיעה על מהלכים חברתיים והיסטוריים, ומעסיקה מדענים רבים בארץ ובעולם שחוקרים את התופעה באמצעות מודלים ממוחשבים. במאמר זה נציג פיתוח של קורס בינתחומי העוסק בהתפרצות מגפות ונדון בשיקולים בבחירת התכנים והמיומנויות שקורס כזה צריך לכלול. אחד הכלים המרכזיים הנחוצים להבנה של התפשטות מגפות, המאפשר לבצע אינטגרציה בין תחומי דעת שונים הוא מידול ממוחשב. נציג את רצף הלמידה הבינתחומי של הקורס ואת האופן שבו פותח והוטמע מודל ממוחשב להתפשטות מגפות ונראה ניתוח של ממצאים שהתקבלו מניתוח נתונים דיגיטליים שהתקבלו ממערכת לניהול למידה המצומדת לסביבה הדיגיטלית שבה פועל הקורס. הממצאים יסייעו לנו לענות על שלוש שאלות: 1. אילו פרקים בקורס "התפרצות מגפות" היו הפופולריים ביותר בקרב מורים ותלמידים? 2. מה מאפייני השחיקה של תלמידים עם

התקדמותם בלמידה בפרקים השונים? 3. מה המאפיינים המשותפים למשימות בפרק "מידול מגפות" שתלמידים התקשו בהן במיוחד?

**מילות מפתח:** בינתחומיות, מודלים ממוחשבים, סביבת לימוד מקוונת.

## מבוא

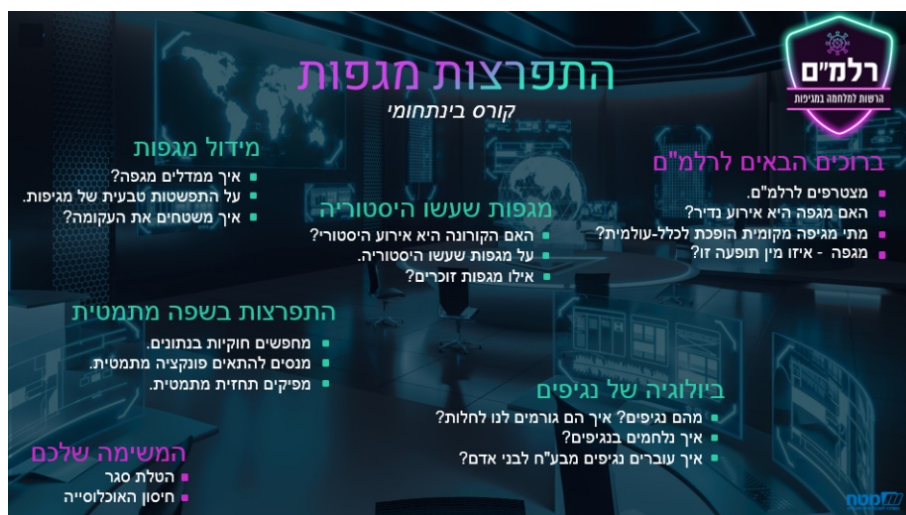
למידה בינתחומית המאורגנת סביב מטרה מפורשת (פתרון בעיה, חקר תופעה או דילמה) שמבהירה את המוטיבציה לשילוב תחומי הדעת, נותנת כיוון ומשמעות ללמידה, ומהווה הקשר המאפשר לברור בין רעיונות ולחבר ביניהם (Kidron & Kali, 2015). בלמידה בינתחומית מתמקדים ברעיונות הרלוונטיים למטרה, ובאמצעותם מפתחים הבנה אפיסטמית של תחומי הדעת השונים, במקום לפתח מומחיות בתחום תוכן ספציפי. הערך המוסף בלמידה בינתחומית הוא פיתוח הסתכלות חדשה, מנקודות מבט שונות, על הנושא הבינתחומי. כדי להבין כיצד מתפשטות מגפות ומהן ההשלכות של התפשטותן, יש צורך בלמידה בינתחומית המשלבת הקשגות, עקרונות ומיומנויות מתחומי דעת שונים. בבניית רצף למידה בינתחומית עולות מספר דילמות: האם כל תחומי הדעת צריכים להיות שווים בהיקפם? כמה תחומי תוכן רצוי לכלול בלימוד התופעה? מהו הרצף הנכון ללימוד התחומים השונים?

בניגוד ללמידה רב תחומית, שבה לא מתבצעת אינטגרציה בין תחומי הדעת, בלמידה בינתחומית משתלבים רעיונות ודרכי חשיבה ממספר תחומי דעת שונים במטרה להבין נושא-על המצריך אינטגרציית ידע ממספר תחומים. אחת הדרכים לחבר בין תחומי דעת שונים היא באמצעות מודל ממוחשב. בהקשר של התפשטות מגפות, המודל הממוחשב מאפשר לתלמידים לראות כיצד מנגנון ההדבקה שנלמד בפרק בביולוגיה משפיע על נתוני התחלואה אותן מנתחים התלמידים בפרק המתמטי או לגבש תכנית פעולה להתמודדות עם המגפה (הטלת סגר או חיסונים) ולבחון אותה באמצעות ההדמיה. פעילות מסוג זה מאפשרת לתלמידים ליישם את הידע התחומי בהקשר אינטגרטיבי חדש.

## מבנה הקורס

קורס "התפרצות מגפות"<sup>1</sup> פותח במטח<sup>2</sup> עבור תלמידי כיתה י' הלומדים "מבוא למדעים" ועוצב מראש כקורס למידה היברידית ללא ספר לימוד מלווה. היקף הקורס – 30 ש' והוא כולל פעילויות ברמות מורכבות שונות, הכוללות קריאה והבנה של טקסט, הפעלת מודלים ממוחשבים ובחינתם, ושימוש במודלים לתכנון התמודדות עם מגיפה. הקורס מאורגן כך שסדר הוראת הפרקים נתון לבחירת המורה בהתאם לרמת ההעמקה הנדרשת בכל אחד מהתחומים ובהתאם להעדפותיו ולאילוציו – מסגרת הזמן העומדת לרשותו ויכולות התלמידים (תרשים 1). הקורס מורכב מארבעה תחומי תוכן, שנבחרו בשל קרבתם לתכנית הלימודים, ובגלל חשיבותן להסבר התופעה מפרספקטיבות דיסציפלינריות שונות: הפרק "מגפות שעשו היסטוריה" דן בקריטריונים לחשיבות היסטורית של מגפות מהעבר. הפרק "ביולוגיה של נגיפים" מציג מושגים בסיסיים בנושא נגיפים, המחלות שהם גורמים ותגובת מערכת החיסון. הפרק "התפרצות בשפה מתמטית" עוסק בגידול מעריכי ע"י ניתוח נתוני תחלואה באמצעות גיליון אלקטרוני. הפרק "מידול מגפות" משלב מודל ממוחשב המאפשר לתלמידים לבחון כיצד פרמטרים (כמו הסיכוי להדבקה) משפיעים על מאפייני התפשטות המגיפה (כמו מספר המתים).

1 אתר הקורס "התפרצות מגפות": <https://productplayer.cet.ac.il/Pandemics>.  
2 המרכז לטכנולוגיה חינוכית (מטח) היא חברה לתועלת הציבור הפועלת למען קידום מערכת החינוך בישראל ומתמקדת בשילוב טכנולוגיה ופדגוגיה.



**תרשים 1.** למידה מבוססת תופעות מתבטאת בארגון רצף הלמידה בשלוש רמות ארגון: רמת הקורס, הפרק ויחידת הלימוד (מתוך דף הבית של הקורס "התפרצות מגפות")

### מטרת המחקר

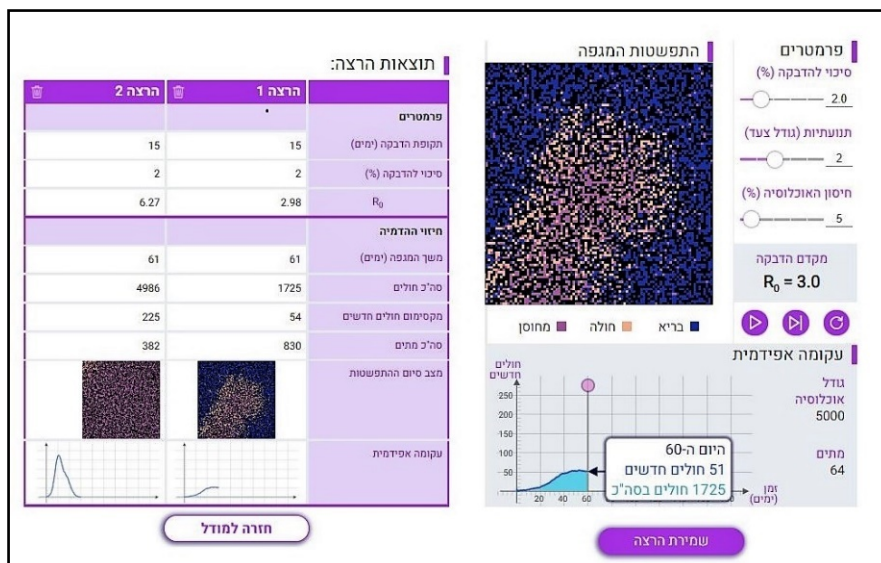
המחקר נועד לבחון את מאפייני השימוש של הקורס התפרצות מגיפות, ובפרט בפרק על המידול הממוחשב. פרק זה נבחר מכיוון שהוא מציג תוכן ייחודי על מערכות מורכבות שלא נלמד בדרך כלל בבית הספר, ולמיטב ידיעתנו לא מופיע בשום ספר לימוד. השאלות המנחות את המחקר הן:

1. אילו פרקים בקורס "התפרצות מגיפות" היו הפופולריים ביותר בקרב מורים ותלמידים?
2. מה מאפייני השחיקה של תלמידים עם התקדמותם בלמידה בפרקים השונים?
3. מה המאפיינים המשותפים למשימות בפרק "מידול מגפות" שתלמידים התקשו בהן במיוחד?

### למידה באמצעות מודלים ממוחשבים

התפשטות מגפות היא תופעה מתהווה (Emergent Phenomena) במערכת מורכבת הכוללת מספר רב של "סוכנים" הנמצאים באינטראקציה זה עם זה. דרך מקובלת להמחיש לתלמידים תופעות מורכבות היא באמצעות מודלים ממוחשבים. במחקרים קודמים שערכנו, ראינו כי חקירה של מודלים ממוחשבים המציגים תופעות באופן ויזואלי תורמת להבנת תופעות מתהוות, כגון החום הכמוס במהלך רתיחה של נוזל (Langbeheim & Levy, 2019) או דיפוזיה של גז (Langbeheim et al., 2019). אסטרטגיות לימוד אשר מבוססות על מודלים ממוחשבים מאפשרות להמחיש באופן קונקרטי תהליכים המתרחשים בסקולות זמן ומרחב שמעבר לאלה המוכרים לתלמידים בחיי היומיום, לבצע רפלקציה על ההבנה המדעית של התלמידים להשתמש בכלי מדעי אותנטי ולעסוק בשאלות הקשורות להבנת טבעו של המדע (Wilensky & Reisman, 2006).

בקורס "התפרצות מגפות" התלמידים משתמשים במודל ממוחשב להתפשטות מגפות המבוסס על גרסה פשוטה של מודל SIR (הופרט ואחרים, 2010), הכולל שלושה סוגים של סוכנים: בריא, חולה ומחוסן, הנמצאים באינטראקציה הדדקה והחלמה זה עם זה. המודל הממוחשב (תרשים 2) מאפשר לתלמידים לחקור תרחישים שונים של התפשטות המגפה הכוללים שינוי במקדם ההדבקה (R), חיסון האוכלוסייה והטלת סגרים. המשימות המלוות את המודל הממוחשב מאפשרות לתלמידים לעסוק באופן מפורש בכללי המודל ובהנחות הפישוט העומדות בבסיסו, וללמוד את המושגים אפידמיולוגיים הבסיסיים. המודל משמש גם למשימות חקר, לדוגמה, בפעילות שמטרתה להבין כיצד הסיכוי להדבקה משפיע על התפשטות המגפה, התלמידים משווים בין שתי מדינות שאימצו גישות שונות להתמודדות עם המגפה ובוחנים את ההשלכות של כל אחת מהגישות.



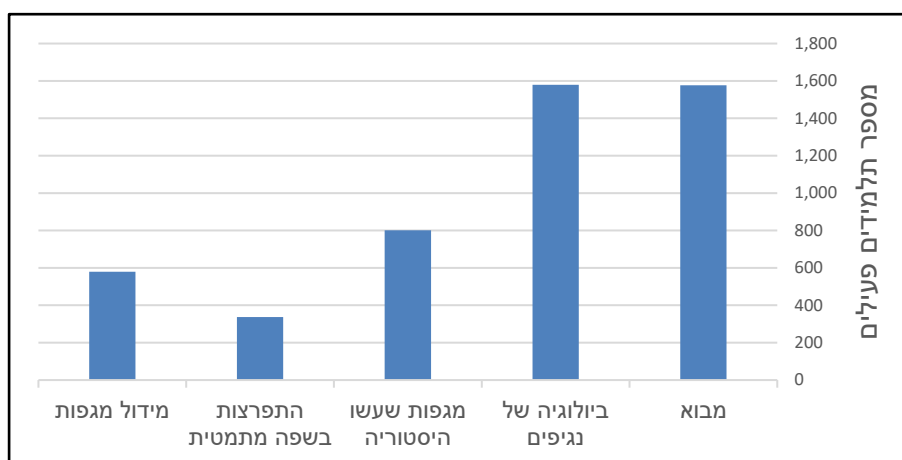
**תרשים 2.** מודל ממוחשב להתפשטות מגפות המאפשר לתלמידים לחקור כיצד פרמטרים ברמת המיקרו (סיכוי להדבקה, מידת התנועות) והתנאים ההתחלתיים של התפשטות המגפה (מספר המחוסנים) משפיע על פרמטרים ברמת המאקרו (משך הזמן עד לדעיכה, מספר המתים וכו...). בהדמיה שנבנתה על בסיס המודל הממוחשב, תלמידים יכולים לשמור את תוצאות ההרצה ולהשוות בין הרצות שונות.

### ממצאים מכריית נתונים דיגיטליים חינוכיים

קורס "התפרצות מגפות" הופעל בשנה"ל תשפ"א על קבוצת פיילוט שכללה 2973 תלמידים מ-75 בתי ספר ברחבי הארץ. רוב המורים (85%) שהשתתפו בפיילוט הם מורים למדעים בחטי"ב או מורים בביולוגיה ורוב התלמידים (68%) הם תלמידי כיתה י'. נתונים דיגיטליים חינוכיים נאספו באמצעות מערכת לניהול למידה מתוך 14 יחידות הלימוד שבקורס (8 שאלות ליחידה במוצע).

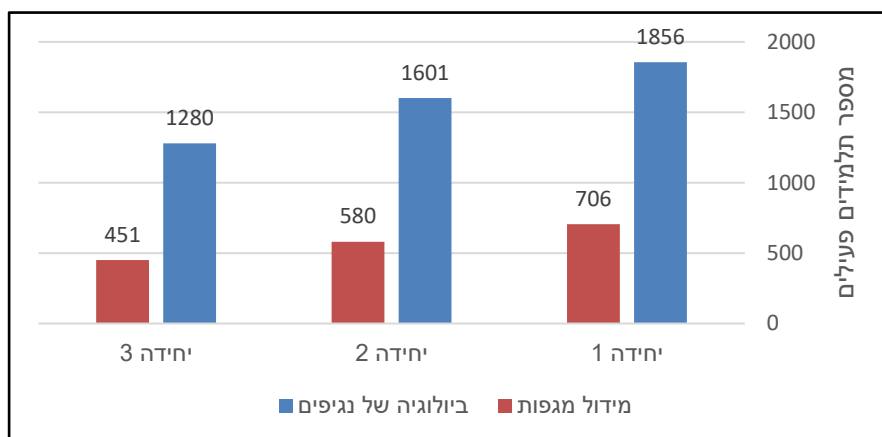
שאלת המחקר הראשונה עוסקת בתחומי הדעת שהיו פופולריים במיוחד בקרב מורים ותלמידיהם. לוח 1 מציג את התפלגות מספר התלמידים הממוצע שהיו פעילים בכל אחד מפרקי הקורס<sup>3</sup>. הממצאים מראים ההעדפה ברורה לפעילות בפרקים המכילים תכנים בביולוגיה ובהיסטוריה, לעומת הפרק המתמטי והפרק שעוסק במידול הממוחשב שמקבלים את הפעילות הנמוכה ביותר.

**לוח 1.** התפלגות מספר תלמידים הפעילים בקורס – תלמידים שענו לפחות על שאלה אחת בכל יחידות הלימוד. רוב המורים בחרו להתחיל ללמד את הפרקים העוסקים בביולוגיה ובהיסטוריה. הפרק המתמטי ופרק המידול קיבלו את ההתייחסות הנמוכה ביותר.



בחינה של מספר התלמידים הפעילים לאורך פרק לימוד מאפשרת לבחון את שיעורי השחיקה של תלמידים (שאלה מחקר 2). בלוח 2 מוצגים ממצאים משני פרקים נבחרים: ביולוגיה של נגיפים ומידול מגפות. ניתן לראות שבשני הפרקים יש דעיכה דומה של מספר המשתמשים: כ-65% מהתלמידים מצליחים להגיע לקו הסיום בכל אחד מהפרקים.

**לוח 2.** התפלגות מספר התלמידים הפעילים בכל אחת מיחידות הלימוד בשני הפרקים: ביולוגיה של נגיפים ומידול מגפות. אחוז התלמיד שמתמיד בלמידה לאורך כל אחד מהפרקים הוא 69% ו-64% בהתאמה.



שאלת המחקר השלישית עוסקת במאפייני השאלות שתלמידים מתקשים בהן. ניתוח תשובות של 18 שאלות סגורות<sup>4</sup> שבפרק "איך ממדלים מגפה?" מלמד על הנושאים שבהם תלמידים מתקשים, או לחילופין לאתר שאלות בעייתיות. לוח 3 מציג שני פרמטרים פסיכומטריים מרכזיים המקובלים בהערכה. 1. רמת הקושי, פרמטר המחושב באמצעות שיעור התלמידים שבחרו בתשובה הנכונה מתוך כלל המשיבים, המעיד על יכולת התלמידים להתמודד עם השאלה. 2. מדד הבחנה – פרמטר המחושב ע"י מתאם פירסון בין הציון בשאלה לבין הציון הכולל ביחידה, ומעיד על יכולת השאלה להבחין בין תלמידים מתקשים לתלמידים מצטיינים. ניתן לזהות 6 שאלות עם רמת קושי גבוהה (מסומן באדום עבור ערכים הקטנים מ-0.25). שאלות אלה עוסקות בידע אפיסטמי: משמעות כללי המודל, הנחות הפישוט והשוואה בין מודל למציאות. מתוך 6 השאלות הללו, 3 הן בעלי מדד ההבחנה הנמוך ביותר (~0.4), הכוללות מסיח שגורם כנראה גם לתלמידים עם יכולות גבוהות לבחור בתשובה השגויה, ולכן דורשות ניסוח מחדש.

**לוח 3.** מדד ההבחנה ומדד הקושי שחושבו מתשובות תלמידים עבור השאלות הסגורות שבפרק "איך ממדלים מגפות?"

יחידה 1 – איך ממדלים מגפה?			
מס' שאלה	מס' התלמידים שניסו לענות	מדד הבחנה	רמת קושי
1	619	0.41	0.17
2	610	0.49	0.56
3	585	0.55	0.21
4	606	0.53	0.22
5	589	0.79	0.65
6	588	0.5	0.52
7	527	שאלה פתוחה	
8	544	שאלה פתוחה	

4 שאלה סגורה היא שאלה שעבורה תלמיד צריך לבחור תשובה נכונה אחת מבין כמה אפשרויות המוצעות לו. מספר הניסיונות איננו מוגבל והתלמיד מקבל חיווי "נכון/לא נכון" על כל ניסיון. הניתוח הנ"ל מתייחס לניסיון הראשון של התלמיד בלבד.

יחידה 2 – על התפשטות טבעית של מגפות.			
0.62	0.79	477	1
0.54	0.69	486	2
0.23	0.49	473	3
שאלה פתוחה		433	4
0.37	0.96	441	5
יחידה 3 – איך משטחים את העקומה?			
0.09	0.34	382	1
0.26	0.58	364	2
0.15	0.53	359	3
0.35	0.65	347	4
0.53	0.41	343	5
0.7	0.39	328	6
שאלה פתוחה		301	7
0.62	0.36	289	8
0.5	0.6	294	9

### דיון ראשוני וסיכום

במאמר זה הצגנו פיתוח קורס בינתחומי בסביבה לימוד מקוונת, הכולל מודל ממוחשב, המאפשר לחקור התפרצות מגפות ולחבר בין תחומי הדעת השונים שנלמדו בקורס. הטמעת הקורס בקבוצת הפיילוט הראתה שכאשר עומדת בפני מורים ותלמידים האפשרות לבחור בין תחומי הדעת, הנטייה היא לבחור בתחומים המוכרים למורים, כמו ביולוגיה והיסטוריה, ולהתרחק מתחומים הכוללים חישובים מתמטיים ושימוש במודלים ממוחשבים. סיבה אפשרית לכך היא הרקע הביולוגי של רוב המורים. לכן, כדי להטמיע קורס בינתחומי דורשת שיתוף פעולה בין מורים מתחומי דעת שונים, ויציאה מ"איזור הנוחות" של תחום הדעת שבו מתמחה המורה. ניתוח פעילות התלמידים ברמת הפרק מגלה שכ-65% מהתלמידים מצליחים להתמיד במהלך פרק לימוד הכולל שלוש יחידות תוכן, ללא קשר לרמת הקושי או מידת השימושיות של הפרק. שיעור השחיקה אינו גבוה במיוחד בהשוואה לקורסים מתוקשבים אחרים (Kim et al., 2020) ניתוח פעילות התלמידים ברמת השאלה בפרק איך ממדלים מגפות? גילה שהנושאים שבהם תלמידים מתקשים קשורים בהיבטים אפיסטמיים: הנחות הפשוט של המודל, משמעות הפרמטרים והקשר בין מודל למציאות. בכדי להבין טוב יותר את הסיבות העומדות מאחורי הממצאים, מתקיים בימים אלה המשך המחקר הכולל ראיונות עם מורים שפעלו בקורס.

### תודות

תודה לד"ר גיא הד (מטח) על פיתוח ההדמיה, לפרופ' בועז כץ (מכון וויצמן) על הייעוץ הפדגוגי וד"ר דפנה רביב (מטח) שתמכה ואפשרה לפרוייקט לרקום עור וגידים.

### גילוי נאות

הקורס "התפרצות מגפות" פותח במטח – המרכז לטכנולוגיה חינוכית, חברה לתועלת הציבור הפועלת למען קידום מערכת החינוך בישראל ומתמקדת בשילוב טכנולוגיה ופדגוגיה.

## מקורות

- הופרט, ע', כתריאל, ח', יערי, ר', ברנע, א', רול, א', שטרן, א', בליצר, ר', סטון, ל', (2010), מודלים מתמטיים ככלי עזר להתמודדות עם פנדמיית השפעת, הרפואה, כרך 149, חוב' 1.
- Kidron, A., & Kali, Y. (2015). Boundary breaking for interdisciplinary learning. *Research in Learning Technology*, 23.
- Kim, D., Lee, Y., Leite, W. L., & Huggins-Manley, A. C. (2020). Exploring student and teacher usage patterns associated with student attrition in an open educational resource-supported online learning platform. *Computers & Education*, 156, 103961.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories – an embodied modeling approach. *Cognition and instruction*, 24(2), 171–209.
- Langbeheim, E., & Levy, S. T. (2019). Diving into the particle model: Examining the affordances of a single user participatory simulation. *Computers & Education*, 139, 65–80.
- Langbeheim, E. Edri, H. Schulmann, N. Safran, S and Yerushalmi, E. (2019) Pushing the boundaries of High School Physics: Talented Students Develop Computer Models of Physical Processes in Matter, In Sunal, D. W. Ed. *Research in Science Education (RISE) Series – Volume 8, Physics Teaching and Learning: Challenging the Paradigm*. Information Age Publishing.