

למידה חותכת-תחומים אודות מערכות מורכבות: חקירת מודלים וסימולציות שיתופיות לשם למידת מושגים מערכתיים באקולוגיה ובגיאוגרפיה (פוסטר)

ענינת לייקין חנה אלמוג אביעד איצקוביץ שרונה ט' לוי
eynatleykin@gmail.com halmog@zahav.net.il אוניברסיטת חיפה stlevy@construct.haifa.ac.il

Cross-domain Learning about Complex Systems: Exploring Models and Participatory Simulations for Learning Systems' Concepts in Ecology and Geography (Poster)

Eynat Leykin Hana Almog Aviad Itzkovich Sharona T. Levy
University of Haifa

Abstract

This study explores learning and transfer of learning on the topic of systems during the study of urban geography and ecological systems. To support the research, models and participatory simulations were developed and were used by students in individual and collaborative explorations of phenomena that relate to central concepts in each discipline as well as concepts related to systems. The research was undertaken with a ninth grade class, that first learned about geographical systems, and then about ecological systems. Data collection included questionnaires, interviews and observations. The results of this study demonstrated learning of part of the content domains and systems concepts, as well as transfer of the understanding of system concepts to phenomena that were not explored during the study.

Keywords: systems, models, simulations, geography, ecology, transfer, learning.

תקציר

מחקר זה בוחן את הלמידה והעברת הלמידה בנושא מערכות במסגרת לימודי גיאוגרפיה עירונית ומערכות אקולוגיות. לצורך המחקר, פותחו מודלים וסימולציות שיתופיות התומכות בחקירה אישית וקבוצתית של תופעות המתייחסות למושגים מרכזיים בתחום התוכן ובתחום המערכות. המחקר נערך עם תלמידי כיתה ט', אשר למדו תחילה אודות גיאוגרפיה עירונית ולאחר מכן אודות מערכות אקולוגיות. איסוף הנתונים כלל שאלונים, ראיונות ותצפיות. תוצאות המחקר מעידות על למידה של חלק מתחומי התוכן ועקרונות מערכתיים, כמו-גם העברת הלמידה אודות מבנים מערכתיים ודרכי פענוחם לתכנים חדשים שלא נלמדו במסגרת המחקר.

מילות מפתח: מערכות, הדמיות, סימולציות, גיאוגרפיה, אקולוגיה, טרנספר, למידה.

רקע

פרויקט "למידה חותכת-תחומים אודות מערכות מורכבות" שואף לנצל טכנולוגיות מידול (modeling) כדי להעמיק את הבנתם של תלמידים לגבי מערכות מורכבות (complex systems) במגוון תחומי דעת.

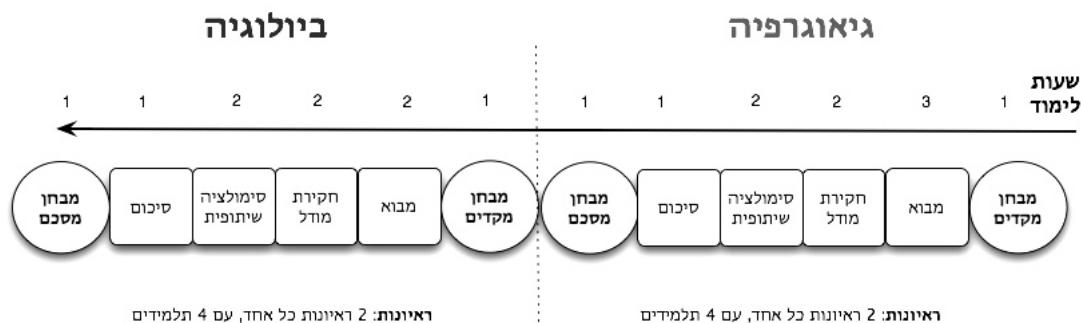
לצורך כך, פותחו סימולציות שיתופיות ומודלים אלה שימשו את התלמידים לחקירת מושגי מפתח הקשורים במערכות, בגישה החובקת עקרונות ספציפיים-לתחום (גיאוגרפיה, מדעים מדויקים) ועקרונות על-תחומיים. המחקר עומד על שלושה יסודות: (1) מערכות מורכבות; (2) למידה דרך חקירת מודלים והשתתפות בסימולציות; (3) העברת הלמידה באמצעות גישה רב-תחומית.

בתחום מערכות מורכבות הלמידה התבססה על גישה מבוססת-סוכנים (agent-based), המדגישה מהלך של חשיבה מרמת המיקרו (פרטים) לרמת המאקרו (כלל המערכת) ומתייחסת לפעולות של פרטים המתרחשות במקביל וליחסי הגומלין ביניהם, יחד עם ניתוח דגמים של שינוי בזמן ובמרחב הקשורים בארגון-עצמי ובאבולוציה של המערכת. לצורך כך בכל אחת מיחידות הלימוד, התלמידים חקרו מודלים מבוססי-סוכנים בשפת נטלוגו (Wilensky, 1999), הרלוונטיים לנושאים הנלמדים במסגרת תכנית הלימודים בגיאוגרפיה ובמדעים. כמו-כן, הם השתתפו במשחקי תפקידים ממוחשבים כיתתיים, תוך שימוש בסימולציות שיתופיות על ארכיטקטורת ה-HubNet (Wilensky & Stroup, 1999) שפותחו לצורך מחקר זה (Levy, 2008a; Levy, 2008b). היות ובמחקרים קודמים נמצא כי תלמידים מצליחים להעביר את הבנתם (transfer) בין התופעות הנלמדות באמצעות מודלים ממוחשבים לבין תופעות שאינן מוכרות (Goldstone & Sakamoto, 2003; Goldstone & Son, 2005; Slotta & Chi, 2006), במחקר הנוכחי בחנו טרנספר רחוק בדרך התחתית, ללא הפקה מכוונת של הכללות מעבר לתוכן הנלמד.

שאלות המחקר שנבחנו: (1) מהו הידע התחומי הנלמד? (2) אילו עקרונות מערכתיים כלליים נלמדים? (3) באיזו מידה מועבר ידע זה בין תחומים?

כלים

מחקר זה התקיים עם כיתה ט' אחת בבית-ספר בצפון הארץ ועם שתי מורות: האחת לגיאוגרפיה והאחת למדעים. מהלך המחקר מתואר באיור 1.



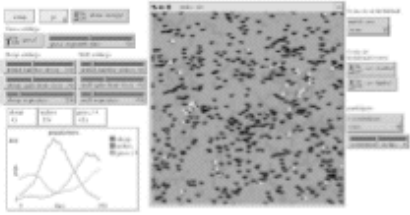
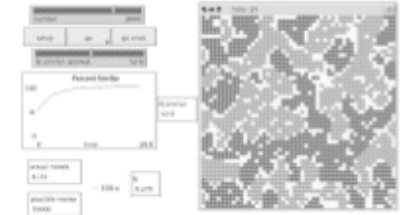
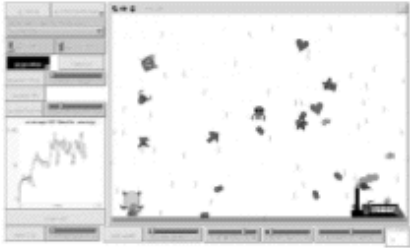
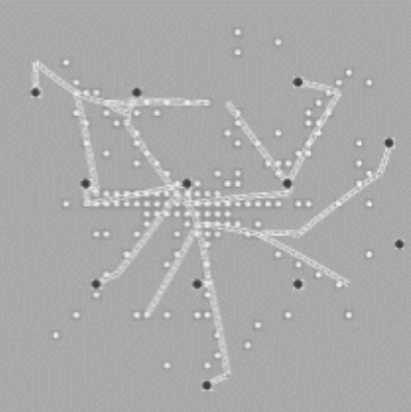
איור 1. מהלך המחקר

ממצאים

בבדיקת הידע התחומי נלמדו שני נושאים: שרשרת המזון והתחממות גלובאלית. מתוך אלה, נמצאה למידה עבור שרשרת המזון: $t(17)= 1.8, p=0.042$.

בבחינת העקרונות המערכתיים שנלמדו עבור יחידת הלימוד בנושא גיאוגרפיה עירונית שימשו שתי עדשות תיאורטיות. ביחידה זו, נלמדו שתי סכמות מערכתיות: הצטברות מוגבלת-דיפוזיה (DLA) וסגרציה. כל אחת מן הסכמות בנויה ממספר רכיבים שנותחו בנפרד. בהתייחס לDLA, נמצא שיפור ביחס להבנת תהליך הדיפוזיה $t(21)=2.02, p=0.056$ אך לא בהבנת תהליך הצטברות או האקראיות של התהליך. בהתייחס לסגרציה, נמצא שיפור בהבנת השפעת היחיד על סביבתו המקומית $t(21)=2.52, p=0.021$ אך לא בהבנת יחסי המשכה והדחייה בין פרטים באוכלוסיה. בהתייחס למימד מנגנוני הפענוח של המערכת, נמצא שיפור בהבנת דגמי מהלך האירועים בזמן, במיוחד עבור רמת האוכלוסיה $t(22)=3.03, p=0.006$ אבל לא עבור שאר המימדים שתוארו ברקע העיוני.

טבלה 1. מבנה הלימודים במסגרת המחקר

מערכות אקולוגיות	גיאוגרפיה עירונית	מבוא : ביסוס הידע אודות מקרים מציאותיים, בניית מושגים (2-3 שעות לימוד)
<p>התחממות גלובלית חזרה על ידע בפיזיקה הקשור בתכונות הגז, טמפרטורה, בליעת אנרגיה</p>	<p>מובלעת עירונית תכונות המבחינות בין אוכלוסיות של מובלעת ואלו שמחוץ לה</p>	<p>חקירת מודל בליווי דפי עבודה בזוגות (2 שעות לימוד)</p>
<p>שרשרת המזון : שיווי משקל בין אוכלוסיות טורפים ונטרפים, יציאה משיווי משקל (אדפטציה של מודל קיים; Wilensky, 1997b).</p> 	<p>סגרציה בעיר : כיצד נוצרת הפרדה בין אוכלוסיות (אדפטציה של מודל קיים; Wilensky, 1997a)</p> 	<p>סימולציה שיתופית (2 שעות לימוד)</p>
<p>התחממות גלובלית : כל תלמיד הוא מולקולה באטמוספירה, רוכב עליה בתחילה ולאחר מכן נוהג בה. מהירות התנועה שלו נקבעת לפי חוקים פיזיקליים הקשורים בבליעת קרינה, העברת אנרגיה בהתנגשויות. על-ידי הוספה של נורמים כגון תעשייה, משנתה המאזן הכימי באטמוספירה וניתן לעקוב אחרי הטמפרטורה, המחושבת בזמן אמת. הסימולציה פותחה לצורך המחקר (Levy, 2008b).</p> 	<p>זחילה עירונית : כל אחד מן התלמידים בונה מספר בתים במרחב משותף. הסימולציה ממקמת מרכזי משאבים בריכוזי בתים גדולים, וכבישים לאורך קווי צפיפות גבוהה. כאשר מריצים את הסימולציה, אנשים "נולדים" בתוך הבתים, יוצאים למרכזי המשאבים ביום וחוזרים לביתם בלילה. ללא כביש, או כאשר המרחק ממרכז המשאבים גדול – האנשים אינם שורדים והבית הופך לבית רפאים. מטרת הפעילות ליצור עיר חיה. כאשר התלמידים מתאמים אסטרטגיות הם יכולים לבנות ערים בצורות מגוונות, המשקפות ערים אמיתיות (כוכב, סריג) וכן לגדל את הערים על-ידי בניה נוספת. הסימולציה פותחה לצורך המחקר (Levy, 2008a).</p> 	<p>סיכום והבהרה מושגית</p>

בבדיקת העברה בתחום המדעים, נבחנה העברה של מושג שיווי-משקל עבור מטוטלת ועבור מצב חברתי של רעש בכיתה. נמצאה העברה של הלמידה עבור המשימה העוסקת בהתפתחות וריסון של רעש בכיתה תלמידים, כאשר תשובותיהם המילוליות של התלמידים הראו שיפור, $t(17)=1.76$, $p=0.048$ ואילו ביטוי של הבנה זו באמצעות גרף מתמטי הראתה שיפור אף גדול יותר, $t(17)=3.29$, $p=0.002$.

בתחום הגיאוגרפיה, נבחנה ההעברה עבור המושגים המערכתיים. בהתייחס לסכמות מערכתיות, לא נמצאה העברה ביחס לסכימה של DLA ואילו ביחס לסכימה של סרגציה, נמצאה העברה ביחס להבנת כוחות הדחייה בין הפרטים $t(21)=3.36$, $p=0.002$ אך לא עבור תופעות משיכה או השפעת היחיד על סביבתו המקומית. בהתייחס למימד מנגנוני הפענוח של המערכת, נמצא שיפור בהבנת דגמי מהלך האירועים בזמן, במיוחד עבור רמת האוכלוסייה $t(22)=3.03$, $p=0.006$ אבל לא עבור שאר המימדים שתוארו ברקע העיוני.

מסקנות

ממצאי המחקר עדיין מצויים בעיבוד אך מצביעים על למידה חלקית של התכנים, למידה בולטת של חלק מן העקרונות המערכתיים והעברה של הידע הנלמד אודות סכימות של שיווי-משקל דינמי ושל סרגציה (הפרדה בין אוכלוסיות של פרטים). כמו-כן יכולות התלמידים בניתוח וזיהוי של דגמי תהליכי שינוי במערכת השתפרו בעקבות ההתערבות החינוכית.

מקורות

- Abrahamson, D., & Wilensky, U. (2004). SAMPLER: Collaborative interactive computer-based statistics learning environment. *Proceedings of the 10th International Congress on Mathematical Education*, Copenhagen, July 4-11, 2004.
- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of complex systems*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, The Advanced Book Program.
- Casti, J.L. (1994). *Complexification: Explaining a Paradoxical World through the Science of Surprise*. New-York: Harper Collins.
- Chi, M.T.H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 161-199.
- Colella, V. (2000). Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling. *The Journal of the Learning Sciences*, 9, 471-500.
- Goldstone, R. L. & Sakamoto, Y. (2003). The transfer of abstract principles governing complex adaptive systems. *Cognitive Psychology*, 46, 414-466.
- Goldstone, R. L. & Son, J.Y. (2005). The transfer of scientific principles using concrete and idealized situations. *The Journal of the Learning Science*, 14(1), 69-110.
- Goldstone, R. L. & Wilensky, U. (2008). Promoting Transfer by Grounding Complex Systems Principles. *Journal of the Learning Sciences*, 17(4), 465-516.
- Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*, 28, 127-138.
- Holland, J. (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Cambridge, MA: Helix Books/Addison-Wesley.
- Ioannidou, A., Repenning, A., Lewis, C., Cherry, G. & Rader, C. (2003). Making Constructionism Work in the Classroom. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 8(1), 63-108 (special issue on agent-based modeling).

- Jacobson, M. J. (2001). Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. *Complexity*, 6(3), 41-49.
- Kauffman, S. (1995). *At home in the universe: The search for the laws of self-organization and complexity*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Klopfer, E., Yoon, S., & Perry, J. (2005). Using palm technology in participatory simulations of complex systems: A new take on ubiquitous and accessible mobile computing. *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 285-297.
- Levy, S. T. (2008a). Ghost Town. University of Haifa. A computerized participatory simulation to support students' learning about the spatial structure of cities and their growth as a complex system. Students participate via computer clients in a collaborative simulation, playing building contractors that construct houses as part of a city plan. Developed for the project: Cross-Domain Learning about Complex Systems.
- Levy, S. T. (2008b). Dancing with Molecules. University of Haifa. A computerized participatory simulation to support students' learning of global warming as a complex system. Students participate via computer clients in a collaborative simulation, playing molecules interacting with photons and with other molecules. Developed for the project: Cross-Domain Learning about Complex Systems.
- Levy, S. T. & Wilensky, U. (2008). Actions Across Levels: Levy, S.T., & Wilensky, U. (2007). Actions Across Levels (AAL): A Multiple Levels Perspective On What It Means To Make Sense Of Complex Systems. In M. Jacobson (Org.), M. Chi (discussant), *Complex Systems and Education: Conceptual Principles, Methodologies, and Implications for Education*. Presented at the 12th Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest, Hungary, August 28 - September 1, 2007.
- Levy, S. T., & Wilensky, U. (2008). Inventing a "Mid-level" to make ends meet: Reasoning between the levels of complexity. *Cognition and Instruction*, 26(1), 1-47.
- Levy, S. T., & Wilensky, U. (2009a). Crossing Levels and Representations: The Connected Chemistry (CC1) Curriculum. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 224-242.
- Levy, S. T., & Wilensky, U. (2009b). Students' Learning with the Connected Chemistry (CC1) Curriculum: Navigating the Complexities of the Particulate World. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 243-25.
- Penner, D. E. (2000). Explaining systems: Investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 784-806.
- Perkins, D., & Salomon, G. (1992). *Transfer of learning: Contribution to the International Encyclopedia of Education*. Second Edition, Oxford, England: Pergamon Press.
- Resnick, M. & Wilensky, U. (1998). Diving into complexity: Developing probabilistic decentralized thinking through role-playing activities. *The Journal of the Learning Sciences*, 7, 153-172.
- Slotta, J. D., & Chi, M. T. H. (2006). Helping students understand challenging topics in science through ontology training. *Cognition and Instruction*, 24(2), 261-289.
- Soloway, E., Norris, C., Blumenfeld, P., Fishman, B., Kracjik, J., & Marx, R. (2001). Log on Education Handheld devices are ready-at-hand. *Communications of the ACM*, 44, 6.
- Strogatz, S. (2003). *Sync: The emerging science of spontaneous order*. Theia.
- Wilensky, U. (1997a). NetLogo Segregation model.
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Segregation>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Wilensky, U. (1997b). NetLogo Wolf Sheep Predation model.
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

- Wilensky, U. (1999). NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>.
- Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems perspective to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 3-19.
- Wilensky, U., & Stroup, W. (1999). Participatory Simulations. The project was funded by an NSF ROLE Grant no. REC - 9814682
- Wilensky, U., & Stroup, W. (2000). Networked Gridlock: Students enacting complex dynamic phenomena with the HubNet architecture. *Proceedings of the Fourth Annual International Conference of the Learning Sciences*, Ann Arbor, MI, June 14-17, 2000.
- Wilensky, U., & Stroup, W. (2002). Participatory Simulations: Envisioning the networked classroom as a way to support systems learning for all. Paper presented at the annual meeting of the American Research Education Association, New Orleans, LA, April 13.