

אנימציה ממוחשבת: שיפור ארוך טווח בהישגי סטודנטים לאלקטרוניקה

ושחא זועבי

אהרון גרו

מכללת אורט בראודה

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

wishah@braude.ac.il

gero@technion.ac.il

Computer Animation: Long-Term Improvement in Academic Achievements of Electronics Students

Aharon Gero

Wishah Zoabi

Technion – Israel Institute of
Technology

Ort Braude College

Abstract

A fundamental subject taught in electronics is the structure and principle of operation of electronic devices. A previous study showed a significant gap between the academic achievements of students studying the topic of the field effect transistor (FET) through computer animation and those of their colleagues who studied it using static diagrams drawn on the board. The present study used quantitative instruments in order to examine the long-term effect of animation based leaning on students' achievements in the case of the FET. Forty two-year college students participated in the study. According to the findings, even on advanced topics, the academic achievements of students who studied through animation remained significantly higher than those of their peers.

Keywords: Animation based learning, long-term effect, students' achievements, engineering education, electronics.

תקציר

מבנה ועיקרון הפעולה של התקנים אלקטרוניים מהווה נושא מרכזי בהוראת האלקטרוניקה. במכללה טכנולוגית מובילה, הפרק העוסק בהתקן מסוג טרנזיסטור אפקט השדה (FET) נלמד לאחרונה באמצעות אנימציה. מחקר קודם הצביע על פער מובהק בין הישגי סטודנטים שלמדו על ההתקן בשילוב אנימציה, לבין הישגי עמיתיהם שלמדו בעזרת דיאגרמות סטטיות ששורטו על הלוח. המחקר המוצג במאמר בחן באמצעות כלים כמותיים האם ללמידה משולבת אנימציה בנושא טרנזיסטור אפקט השדה יש השפעה ארוכת טווח על הישגי סטודנטים. במחקר השתתפו ארבעים סטודנטים הלומדים לתואר הנדסאי אלקטרוניקה. ממצאי המחקר מראים כי גם בנושאים מתקדמים הישגי הסטודנטים שלמדו על הטרנזיסטור באמצעות אנימציה, ממשיכים להיות גבוהים באופן מובהק מאלו של חבריהם.

מילות מפתח: למידה משולבת אנימציה, אפקט ארוך טווח, הישגי סטודנטים, חינוך הנדסי, אלקטרוניקה.

מבוא

על בסיס התורה הקוגניטיבית של למידה באמצעות מולטימדיה (Mayer, 2005) ותורת העומס הקוגניטיבי (Sweller, 2005), בספרות המחקרית מתנהל דיון מתמשך בסוגיה האם השימוש באנימציה ממוחשבת עדיף על פני שיטות הוראה מסורתיות (Tversky et al., 2002). אולם, עיון

בספרות זו מגלה שמספרם של מחקרים חינוכיים שבדקו השפעה ארוכת טווח של למידה משולבת אנימציה הוא מצומצם למדי (Custers, 2010).

אחד המחקרים שבחן השפעה ארוכת טווח של אנימציה לימודית הראה שלמידה משולבת אנימציה בנושא טרנזיסטור ביפולרי (התקן אלקטרוני בסיסי) מקדמת זכירה (retention) והעברה (transfer) וכי גם לאחר שנה מתום הלמידה, הישגי סטודנטים להנדסאות שלמדו על הטרנזיסטור באמצעות אנימציה המשיכו להיות גבוהים באופן מובהק מאלו של חבריהם שלמדו בשיטות מסורתיות (Gero & Zoabi, 2014a). חשוב לציין כי התקנים אלקטרוניים בכלל, וטרנזיסטורים בפרט, מהווים נושא מרכזי בהוראת האלקטרוניקה, הן באוניברסיטאות והן במכללות טכנולוגיות, וכי לאור מורכבות הנושא סטודנטים רבים נתקלים בקשיים לא מבוטלים במהלך הלמידה (Karmalkar, 1999).

מחקר אחר (Gero & Zoabi, 2014b) בדק השפעה קצרת טווח של אנימציה על הישגי סטודנטים להנדסאות במקרה של התקן אלקטרוני שונה – טרנזיסטור אפקט השדה (FET). המחקר הצביע על פער מובהק בין הישגי סטודנטים שלמדו על ההתקן בשילוב אנימציה, לבין הישגי עמיתיהם שלמדו בעזרת דיאגרמות סטטיות ששורטטו על הלוח. פער זה, לטובת הראשונים, התאפיין בגודל אפקט גדול.

בהמשך לשני המחקרים הנ"ל, המחקר הנוכחי בחן האם ללמידה משולבת אנימציה יש השפעה ארוכת טווח על הישגי סטודנטים גם במקרה של FET.

רקע תיאורי

קידום יכולות זכירה והעברה מהווה חלק מהותי ממטרות החינוך בכלל (Halpern & Hakel, 2003) והחינוך ההנדסי בפרט (St. Clair, 2004). חשיבותו המיוחדת בחינוך הנדסי נובעת מכך שמרבית תוכניות הלימודים ההנדסיות מגדירות דרישות קדם לקורסים השונים ומניחה שידע ומיומנויות שנרכשו במהלך קורס נתון ילוו את הסטודנטים גם בקורסי המשך. מחקרים חינוכיים שבדקו השפעות ארוכות טווח של למידה ושהתקיימו בכיתת הלמוד עסקו ביכולות הזכירה של סטודנטים בדיסציפלינות כמו כימיה (Arzi et al., 1986) ופסיכולוגיה (Rickard et al., 1988) על פני תקופה של מספר חודשים. הממצאים של רוב מחקרים אלה תומכים בעקומה שהציע Ebbinghaus, לפיה קצב אובדן הידע הוא גבוה במהלך פרקי זמן קצרים יחסית ומתמתן בהמשך.

הספרות מציעה מספר דרכים בכדי לשפר את יכולת הזכירה, כמו, שימוש בכלים קוגניטיביים המקשרים ידע חדש לידע שנלמד בעבר (Ausubel, 2000), למידה מבוססת פרויקטים (Waks & Sabag, 2004) או שימוש בטכנולוגיה חינוכית (Yildirim et al., 2001). כך, למשל, Dori ועמיתה (2007) הצביעו על שיפור ביכולת הזכירה של סטודנטים להנדסה שהשתתפו בקורס באלקטרוניקה בסביבת למידה פעילה שכללה שימוש במולטימדיה.

שיטת המחקר

כאמור, מטרת המחקר הייתה לבחון האם ללמידה משולבת אנימציה של FET, יש השפעה ארוכת טווח על הישגי סטודנטים. במחקר נטלו חלק ארבעים סטודנטים (כולם גברים) שהשתתפו בקורס יסוד בהתקנים אלקטרוניים במכללה טכנולוגית מובילה, בתחילת לימודיהם לתואר הנדסאי אלקטרוניקה.

בתחילת הקורס, הסטודנטים חולקו, באופן אקראי, לשתי קבוצות שוות בגודלן, קבוצת ניסוי וקבוצת ביקורת. חברי כל קבוצה נבחנו במבחן הישגים זהה בנושא דיודה (Test 0) חשוב להדגיש שנושא זה (הקודם ללימוד FET) נלמד תוך שימוש בדיאגרמות סטטיות ששורטטו על הלוח. בהמשך, קבוצת הניסוי למדה על מבנה ועיקרון הפעולה של FET באמצעות אנימציה שהוצגה ע"י המורה. האנימציה פותחה ע"י קבוצת המולטימדיה בפקולטה להנדסה של אוניברסיטת קיימברידג' (CUED Multimedia Group, 2003). המורה ליוותה את האנימציה בהסברה, הסבה את תשומת לב הסטודנטים לנקודות המרכזיות והדגישה את מגבלות האנימציה במטרה למנוע התפתחות תפיסות מוטעות בקרב הסטודנטים (Yarden & Yarden, 2010). קבוצת הביקורת למדה את אותו הנושא ע"י אותה המורה ובמשך אותו מספר שעות באמצעות דיאגרמות סטטיות ששורטטו על הלוח. חשוב להדגיש כי הדיאגרמות ייצגו נקודות מרכזיות של התהליכים המתרחשים בהתקן והן היו דומות ככל שניתן לאלה שהופיעו באנימציה. כמו כן, ההסברים שסופקו ע"י המורה בשתי הקבוצות הוכנו מראש ולכן הם היו דומים ככל שניתן. בתום פרק הלמידה, שתי הקבוצות נבחנו במבחן הישגים זהה בנושא FET (Test 1). בהמשך, בוטלה ההפרדה בין הקבוצות וחבריהן למדו יחדיו בכיתה אחת תכנים מתקדמים, המתבססים על FET, בעזרת דיאגרמות סטטיות. בתום הקורס, כעשרה שבועות לאחר Test 1, הסטודנטים נבחנו במבחן הישגים על כל תכני הקורס, לרבות אלה שעליהם הם נבחנו

בעבר (Test 2). יש לציין, כי לקבוצות הניסוי והביקורת לא הייתה גישה עצמאית לאנימציה וכי חברי קבוצת הניסוי לא נחשפו אליה מעבר למה שהוצג בשיעור.

כל אחד משלושת מבחני ההישגים, עבר תיקוף ע"י שני מומחים מתחום הוראת אלקטרוניקה. להבטחת אובייקטיביות הבדיקה, כל מבחן נבדק תוך שימוש במחווין. כמו כן, המבחנים, שלא כללו את שם הנבחן אלא רק את מספר הזיהוי שלו, נבדקו בסדר אקראי שערבב בין חברי קבוצת הניסוי לבין חברי קבוצת הביקורת.

ממצאים

טבלה 1 מציגה את הציון (מתוך 100 נקודות) בשלושת מבחני ההישגים (ממוצע וסטיית תקן SD), ואת ערכי p-value המתאימים שהתקבלו מביצוע מבחן t (ניתוח סטטיסטי בעל עוצמה גבוהה יותר הוא ANCOVA, עם ציוני Test 0 כקוואריאנט; אולם, בשל אי שיוון השוניות לא ניתן היה לבצע ניתוח מסוג זה במקרה הנדון). מעיון בטבלה ניתן להתרשם שלא היה קיים הבדל מובהק בין קבוצת הניסוי לבין קבוצת הביקורת טרם לימוד FET (Test 0), אולם לאחריו (Test 1) – הציון הממוצע של קבוצת הניסוי היה גבוה באופן מובהק מזה של קבוצת הביקורת. הבדל מובהק קיים גם בסיום הקורס (Test 2).

טבלה 1. מבחני הישגים: ציונים

Test	Group	M	SD	t	p-value
Test 0	Experimental	79.90	22.32	0.61	n.s.
	Control	83.70	15.28		
Test 1	Experimental	85.50	11.39	3.85	< 0.001
	Control	60.90	25.45		
Test 2	Experimental	83.45	11.08	3.06	< 0.01
	Control	66.75	21.77		

טבלה 2 מציגה את גודל האפקט עבור כל מבחן וממנה ניתן ללמוד על ערכים גבוהים של גודל אפקט לאחר ההתערבות, אם כי הוא פוחת עם הזמן.

טבלה 2. מבחני הישגים: גודל אפקט

Test	Cohen's d
Test 1	1.25
Test 2	0.97

דיון

תוצאות המחקר מצביעות על פער מובהק בין הישגי סטודנטים שלמדו על FET בשילוב אנימציה, לבין הישגי עמיתיהם שלמדו אותו בעזרת דיאגרמות סטטיות. פער מובהק זה, לטובת הראשונים, בא לידי ביטוי הן בתוצאות המבחן שהתמקד ב-FET עצמו והן בתוצאות המבחן שעסק בנושאים מתקדמים המבוססים על ה-FET ושהתקיים כעשרה שבועות לאחר מכן. ניתן לראות שגודל האפקט הולך ופוחת עם הזמן – ירידה שניתן לייחסה לעקומה שהציע Ebbinghaus.

ניתן להסביר את הפער הנ"ל בעזרת טענת ההיפותזה הדינמית (Rieber, 2009) לפיה אנימציה מקדמת את הלמידה בכך שהיא מפחיתה את העומס הקוגניטיבי המוטל על הסטודנט – עומס הנובע מהצורך לבנות תמונה דינמית הנחוצה להבנת התהליך הנלמד. בהקשר זה יש לציין כי האנימציה הנוכחית תרמה, לדעתנו, לשיפור ההישגים מפני שהיא מתאימה לרמתם האקדמית של סטודנטים להנדסאות ומפני שהיא פותחה לאור עקרונות עיצוב שנועדו לקדם למידה משמעותית (Mayer & Moreno, 2002). ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם תוצאות מחקרים בהוראת הפיסיקה

(Dori et al., 2007) והאלקטרוניקה (Gero & Zoabi, 2014a), המראים ששימוש בטכנולוגיה חינוכית בכלל ובמולטימדיה בפרט מקדם זכירה.

עיון בטבלה 1 מגלה שהציון הממוצע של קבוצת הביקורת ב-Test 1 וב-Test 2 נמוך באופן משמעותי מהציון הממוצע שלה ב-Test 0. ניתן להסביר זאת בכך שה-FET הוא נושא לימודי מורכב באופן ניכר ביחס לדיודה, ולפיכך, הישגים גבוהים בנושא הדיודה אינם ערובה להצלחה בנושא ה-FET או בנושאים מתקדמים המתבססים עליו.

למחקר מספר מגבלות, כמפורט להלן. יתכן כי טיב ההוראה וציפיות המורה מתלמידיה הושפעו מהטיה בלתי מודעת לטובת קבוצת הניסוי (Rosenthal, 1966); יתכן אף שהסטודנטים בקבוצת הניסוי התעניינו יותר בנושא הנלמד בהשוואה לעמיתיהם בשל אפקט החדשנות (Clark, 1983); ולבסוף, המחקר התבסס על מדגם קטן יחסית. יחד עם זאת, אנו מאמינים שלא ניתן לייחס את הפער הגדול והעקבי שהתקבל אך ורק להשפעתם של אפקטים אלה.

מקורות

- Arzi, H. J., Ben-Zvi R., & Ganiel, U. (1986). Forgetting versus savings: The many facets of long-term retention. *Science Education*, 70, 171-188.
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge*. Norwell MA: Kluwer Academic Publishers.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53, 445-459.
- CUED Multimedia Group. (2003). Interactive explanations for semiconductor devices. Available: <http://www-g.eng.cam.ac.uk/mmg/teaching/linearcircuits/>
- Custers, E. J. (2010). Long-term retention of basic science knowledge: A review study. *Advances in Health Sciences Education*, 15, 109-128.
- Dori, Y. J., Hult, E., Breslow L., & Belcher, J. W. (2007). How much have they retained? Making unseen concepts seen in a freshman electromagnetism course at MIT. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 299-323.
- Gero, A. & Zoabi, W. (2014a). Computer animation and academic achievements: Longitudinal study in electronics education. *International Journal of Engineering Education*, 30, 1295-1302.
- Gero, A. & Zoabi, W. (2014b). Animation as a tool to improve students' achievements in electronics. *Proceedings of the International Conference on Excellence in Education*, In Press.
- Halpern, D. F. & Hakel, M. D. (2003). Applying the science of learning to the university and beyond: Teaching for long-term retention and transfer. *Change, July /August*, 36-41.
- Karmalkar, S. (1999). Simple unified elucidations of some semiconductor device phenomena. *IEEE Transactions on Education*, 42, 323-327.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In: R. E. Mayer. (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31-48). New-York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14, 87-99.
- Rickard, H. C., Rogers, R., Ellis, N. R., & Beidleman, W. B. (1988). Some retention, but not enough. *Teaching of Psychology*, 15, 151-152.
- Rieber, L. P. (2009). Supporting discovery-based learning within simulations. In: R. Z. Zheng (Ed.), *Cognitive Effects of Multimedia Learning* (pp. 217-236). New York: Information Science Reference.
- Rosenthal, R. (1966). *Experimenter effects in behavioral research*. New-York: Appleton-Century-Crofts.
- St. Clair, S. (2004). *Assessment of the long-term effects of technology use in the engineering classroom on learning and knowledge retention*. Georgia Institute of Technology.

- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: R. E. Mayer. (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19-30). New-York: Cambridge University Press.
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J., & Betrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Waks, S. & Sabag, N. (2004). Technology project learning vs. lab experimentation. *Journal of Science Education and Technology*, 13, 333-342.
- Yarden, H. & Yarden, A. (2010). Studying biotechnological methods using animations: The teacher's role. *Journal of Science Education and Technology*, 20(6), 689-702.
- Yildirim, Z., Ozden, M. Y., & Aksu, M. (2001). Comparison of hypermedia learning and traditional instruction on knowledge acquisition and retention. *Journal of Educational Research*, 94, 207-214.