

# הוראת אלקטרוניקה בשילוב אנימציה: שיפור הישגים לימודיים<sup>1</sup>

אהרון גרו וושאח זועבי

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, המכללה האקדמית להנדסה  
אורט בראודה

## מבוא

פרק מרכזי בלימודי האלקטרוניקה במכללות להנדסאים עוסק במבנה ועיקרון הפעולה של טרנזיסטורים<sup>2</sup>. סטודנטים רבים מתקשים בלימוד הפרק לאור מורכבותם של התקנים אלקטרוניים אלה (Karmalkar, 1999). מחקר קודם (Gero, Zoabi & Sabag, 2012) הצביע על פער מובהק בין הישגי סטודנטים שלמדו על מבנה ועיקרון הפעולה של הטרנזיסטור הביפולרי (BJT) בשילוב אנימציה לבין הישגי עמיתיהם שלמדו נושא זה בעזרת דיאגרמות סטטיות ששורטטו על הלוח. הפער, לטובת הראשונים, לווה בגודל אפקט גדול. המחקר הנוכחי עסק בהתקנים אלקטרוניים אחרים, טרנזיסטורי אפקט השדה (JFET ו-MOSFET), ובחן האם גם במקרה זה קיים הבדל בין הישגי סטודנטים שלמדו על מבנה ההתקנים ועיקרון פעולתם באמצעות אנימציה לבין הישגי חבריהם שלמדו זאת בדרך המסורתית.

## רקע תיאורטי

בהתבסס על התורה הקוגניטיבית של למידה באמצעות מולטימדיה (Mayer, 2001), בספרות המקצועית מתנהל דיון מתמשך ביתרונותיה ובחסרונותיה של הוראה משולבת אנימציה ביחס לשיטות הוראה מסורתיות (Tversky, Bauer-Morrison & Betrancourt, 2002). המצדדים בשימוש באנימציה גורסים שהיא מעוררת עניין בקרב הלומד (Mayer, 2014) וכן מפחיתה את העומס הקוגניטיבי המוטל עליו - עומס הנובע מהצורך לבנות תמונה דינמית הנחוצה להבנת התהליך הנלמד (Rieber, 2009). התומכים בשיטות מסורתיות טוענים שהיות וכלים סטטיים מציגים רק את שלבי המפתח בתהליך הנלמד אזי הלומד יכול להתמקד במידע החשוב ביותר וכך מופחת העומס הקוגניטיבי המוטל עליו (Mayer et al., 2005).

1 מבוסס על מאמר שהוצג בכנס 11<sup>th</sup> International Conference on Innovation in Education, Paris, 2014

2 טרנזיסטור הוא התקן אלקטרוני בסיסי המשמש כמגבר או כמתג. קיימים טרנזיסטורים מסוגים שונים. החשובים שבהם הם טרנזיסטור ביפולרי (BJT) וטרנזיסטורי אפקט השדה (JFET ו-MOSFET).

הגם שמחקרים לא הניבו עד כה תוצאות חד משמעיות המצביעות על יתרונה של גישה אחת על פני האחרת (Hegarty, Kriz & Cate, 2003), בספרות מדווח על שימוש נרחב באנימציה בהוראת פיסיקה (Dori & Bechler, 2005), כימיה (Flemming, Hart & Savage, 2000) והנדסה (Bauer et al., 2007). ברוב המקרים נמצא כי הוראה משולבת אנימציה קידמה את הלמידה בהשוואה לשיטות מסורתיות וזאת בתנאי שהיא שולבה כראוי בתהליך ההוראה (Hoeffler & Leutner, 2007).

## שיטת המחקר

כאמור לעיל, המחקר נועד לבחון האם קיים הבדל בין הישגיהם הלימודיים של סטודנטים שלמדו על טרנזיסטורי אפקט השדה באמצעות אנימציה לבין הישגי עמיתיהם שלמדו בשיטה המסורתית. במחקר נטלו חלק 40 סטודנטים ממכללה מובילה בישראל, שהשתתפו בקורס יסוד בנושא התקנים אלקטרוניים כחלק מלימודיהם לקראת התואר הנדסאי אלקטרוניקה. הסטודנטים חולקו, באופן אקראי, לשתי קבוצות בנות 20 סטודנטים כל אחת. במטרה לוודא שלא קיים הבדל מובהק בין הקבוצות, חברי כל קבוצה נבחנו במבחן הישגים מקדים זהה בנושא הדיודה. יש להדגיש שנושא זה (הקודם ללימוד הטרנזיסטור) נלמד תוך שימוש בדיאגרמות סטטיות ששורטטו על הלוח. בהמשך, בקבוצת ניסוי נלמד מבנה ועיקרון הפעולה של טרנזיסטורי אפקט השדה באמצעות אנימציה שהוצגה ע"י המורה. האנימציה פותחה ע"י קבוצת המולטימדיה בפקולטה להנדסה של אוניברסיטת קיימברידג'<sup>3</sup>. המורה ליוותה את האנימציה בהסבריה והדגישה את מגבלותיה. בקבוצת הביקורת הנושא נלמד, במשך אותו מספר שעות וע"י אותה המורה, באמצעות דיאגרמות סטטיות ששורטטו על הלוח. חשוב להדגיש כי הדיאגרמות ייצגו נקודות מרכזיות של התהליכים המתרחשים בטרנזיסטור 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 הלמידה, חברי שתי הקבוצות נבחנו במבחן הישגים מסכם זהה בנושא טרנזיסטורי אפקט השדה.

כל אחד משני מבחני ההישגים, המקדים והמסכם, תוקף ע"י שני מומחים מתחום הוראת הנדסת חשמל ואלקטרוניקה. להבטחת אובייקטיביות, המבחנים, שכללו רק את מספר הזיהוי של הנבחן, נבדקו בעזרת מחוון בסדר אקראי שערבב בין שתי הקבוצות, כך שהבודקת לא היה מודעת לשיוכו של מבחן לקבוצה מסוימת. בנוסף, במטרה להתחקות

3 האנימציה העוסקת בטרנזיסטור JFET נתונה בקישור הבא:

[lmth.tefj/stiucricraenil/gnihcaet/gmm/ku.ca.mac.gne.g-www//:ptth](http://lmth.tefj/stiucricraenil/gnihcaet/gmm/ku.ca.mac.gne.g-www//:ptth)

האנימציה העוסקת בטרנזיסטור MOSFET נתונה בקישור הבא:

[ptth://www-g.gne.mac.ca.ku/gmm/gnihcaet/stiucricraenil/tefsom.lmth](http://ptth://www-g.gne.mac.ca.ku/gmm/gnihcaet/stiucricraenil/tefsom.lmth)

אחר הגורמים שהביאו את התלמידים להישגים אלה, לאחר סיום ההוראה התקיימו ארבעה ראיונות חצי מובנים עם סטודנטים מקבוצת הניסוי.

## המצאים

בטבלה 1 ניתן לראות את הציון (מתוך 100 נקודות) במבחני ההישגים (ממוצע M וסטיית תקן SD) שהתקבל בכל אחת מהקבוצות, ואת ערכי p-value המתאימים שהתקבלו מביצוע מבחן t. עיון בטבלה מצביע על כך שלא קיים הבדל מובהק בין שתי הקבוצות טרם לימוד נושא הטרנזיסטור, אולם לאחריו – קיים פער מובהק לטובת חברי קבוצת הניסוי. Cohen's d נמצא שווה ל-1.25 – ערך המצביע על אפקט גדול מאוד.

**טבלה 1: מבחני הישגים - ציון (ממוצע וסטיית תקן) וערכי p-value**

Group	Pretest				Posttest			
	M	SD	T	p-value	M	SD	t	p-value
Experimental	79.90	22.32	0.61	n.s.	85.50	11.39	3.85	<0.001
Control	83.70	15.28			60.90	25.45		

ניתן לייחס את הפער הנ"ל לממצאים העולים מהראיונות שנערכו עם סטודנטים מקבוצת הניסוי. לפיהם, השימוש באנימציה מסייע להבנה:

”השילוב של אנימציות עזר מאוד להבין איך בפועל מתרחשת הפעולה של הרכיבים... לכן, לדעתי, זאת אחת הנקודות החזקות של קורס זה.”

בנוסף לכך, הממצאים מצביעים על כך שהאנימציה יוצרת עניין:

”אהבתי את השימוש באנימציות בקורס... השימוש באמצעי הוראה כמו אנימציה גורם לשיעור לעבור מהר מבלי להרגיש בזמן... כל עוד קורה כך - זה סימן שהשיעור מעניין ונהנים ממנו.”

## דיון וסיכום

המחקר מצביע על פער מובהק בין הישגי סטודנטים שלמדו על מבנה ועיקרון הפעולה של טרנזיסטורי אפקט השדה באמצעות אנימציה, לבין הישגי עמיתיהם שלמדו נושא זה בשיטה המסורתית. הפער, לטובת הראשונים, מתאפיין בגודל אפקט גדול. ניתן לייחס את הממצאים לעניין שיוצרת האנימציה וכן לכך שהיא מסייעת בהבנת החומר הנלמד. עפ"י טבלה 1, הציון הממוצע של קבוצת הביקורת במבחן המסכם נמוך באופן ניכר מהציון הממוצע שלה במבחן המקדים. ממצא זה ניתן להסבר בכך שהטרנזיסטור הוא נושא לימודי

מורכב משמעותית בהשוואה לדיודה (Karmalkar, 1999), ולכן הישגים לימודיים גבוהים בנושא הדיודה אינם ערובה להישגים דומים בנושא הטריזיסטור.

למחקר שלוש מגבלות עיקריות. ראשית, הוא התבסס על מדגם קטן יחסית; שנית – יתכן כי הטיה לטובת קבוצת הניסוי השפיעה באופן בלתי-מודע על איכות הוראת המורה ועל ציפיותיה מתלמידיה (Rosenthal, 1966); ושלישית – יתכן כי הסטודנטים בקבוצת הניסוי הושפעו מאפקט החדשנות (Clark, 1983), שגרם להם להתעניין יותר בנושא הנלמד בהשוואה לחבריהם בקבוצת הביקורת. אולם, אנו מאמינים שאפקטים אלה אינם יכולים להסביר לבדם את הפער הגדול שהתקבל. העובדה שתוצאות דומות התקבלו גם במחקר שעסק בלמידה משולבת אנימציה בנושא טריזיסטור ביפולרי (Gero, Zoabi & Sabag, 2012) - מצביעה על יתרון של שימוש באנימציות בהוראת עיקרון הפעולה של התקנים אלקטרוניים.

## מקורות

- Bauer, P., Dudak, J., Maga, D., & Hajek, V. (2007). Distance practical education for power electronics. *International Journal of Engineering Education* 23, 1210–1218.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research* 53, 445–459.
- 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. *Journal of Science Education and Technology* 16, 299–323.
- Flemming, S. A., Hart, G. R., & Savage, P. B. (2000). Molecular orbital animations for organic chemistry. *Journal of Chemical Education* 77, 790–793.
- Gero, A., Zoabi, W., & Sabag, N. (2012). Using animation to support the teaching of electronic devices. In: B. Courtois & S. Cristoloveanu (Eds.), *Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Workshop of Microelectronics Education* (pp. 3–5). Grenoble: EDA Publishing.
- Hegarty, M., Kriz, S., & Cate, C. (2003). The roles of mental animations and external animations in understanding mechanical systems. *Cognition and Instruction* 21, 325–360.
- Hoeffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction* 17, 722–738.
- Karmalkar, S. (1999). Simple unified elucidations of some semiconductor device phenomena. *IEEE Transactions on Education* 42, 323–327.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New-York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction* 29, 171–173.
- Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. (2005). When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. *Journal of Experimental Psychology: Applied* 11, 256–265.
- 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.
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J., & Betrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies* 57, 247–262.