

השפעת ההימצאות בכמה עולמות וירטואליים בו-זמנית על אימון הגמישות הקוגניטיבית במשימות הרכבה (מאמר קצר)

בר הודיה גבאי
המכללה האקדמית
להנדסה בראודה
bargabay17@gmail.com

עומר מועטי
המכללה האקדמית
להנדסה בראודה
omersh13@gmail.com

נירית גביש
המכללה האקדמית
להנדסה בראודה
nirit@braude.ac.il

How Being in Several Virtual Worlds Simultaneously Affects Cognitive Flexibility Training in an Assembly Task (Short Paper)

Nirit Gavish
BRAUDE College of
Engineering
nirit@braude.ac.il

Omer Muati
BRAUDE College of
Engineering
omersh13@gmail.com

Bar Hodaya Gabay
BRAUDE College of
Engineering
bargabay17@gmail.com

Abstract

The fourth industrial revolution and the rise of collaborative robots (cobots) in industrial assembly lines are changing the traditional role of human operators in assembly tasks from following a sequence of operations to working together with a cobot and being able intervene at different stages of the assembly process. Hence, it is important to focus on cognitive flexibility training, instead of on procedural skill training. The current research examined the effect of being in several virtual worlds simultaneously on cognitive flexibility training in an assembly task. We used a novel low-fidelity virtual reality system to train participants in three between-participants groups. The three groups – One World, Two Worlds, and Nine Worlds – comprised 29 participants. Following training, participants were required to assemble the model including having to switch between different segments. The results demonstrated that the Nine Worlds group required significantly longer training time compared to the One World group. For the Two Worlds group, the switching time was shorter compared to the other groups. To conclude, only being in two virtual worlds improved the cognitive flexibility.

Keywords: Cobots, virtual worlds, cognitive flexibility, assembly, training.

תקציר

המהפכה התעשייתית הרביעית ועלייתם של רובוטים שיתופיים (קובוטים) בפסי ייצור תעשייתיים שינתה את התפקיד המסורתי של מפעילים אנושיים במשימות הרכבה מביצוע רצף של פעולות לעבודה משותפת עם קובוט, תוך יכולת להתערב בשלבים שונים של תהליך ההרכבה. לפיכך, חשוב להתמקד באימון גמישות קוגניטיבית, במקום באימון מיומנויות פרוצדורליות כבעבר. המחקר הנוכחי בחן את ההשפעה של הימצאות בכמה עולמות וירטואליים בו זמנית על אימון גמישות קוגניטיבית במשימות הרכבה. השתמשנו במערכת מציאות מדומה בעלת נאמנות נמוכה כדי להכשיר נבדקים בשלוש קבוצות בין-נבדקיות. שלוש הקבוצות – עולם אחד, שני עולמות ותשעה עולמות – כללו 29 נבדקים כל אחת. לאחר האימון, הנבדקים נדרשו להרכיב את המודל תוך כדי מעבר בין מקטעים שונים. התוצאות הראו, שעבור קבוצת תשעת העולמות נדרש זמן אימון ארוך יותר באופן משמעותי בהשוואה לקבוצת

עולם אחד. עבור קבוצת שני העולמות, זמן המעבר היה קצר יותר בהשוואה לקבוצות האחרות. לסיכום, רק הימצאות בשני עולמות וירטואליים שיפרה את הגמישות הקוגניטיבית.

מילות מפתח: קובוטים, עולמות וירטואליים, גמישות קוגניטיבית, הרכבה, אימון.

מבוא וסקירת ספרות

באופן מסורתי, משימות הרכבה תעשייתיות דורשות מהמפעילים מיומנויות פרוצדורליות. מיומנויות פרוצדורליות מוגדרות יכולת לבצע רצף של פעולות שנועדו לפתור בעיות (Rittle-Johnson et al., 2001). כדי לבצע משימת הרכבה תעשייתית, המפעיל צריך לבצע רצף מסודר של שלבים או פעולות בסביבה או במצב ספציפי (Ellis et al., 1996). נראה, שעם המהפכה התעשייתית הרביעית והעלייה בשימוש ברובוטים שיתופיים (קובוטים) בקווי ייצור תעשייתיים, המשימות של המפעיל השתנו. קובוטים אלו רובוטים שנועדו לשתף פעולה ולעבוד בסימביוזה עם בני אדם, בניגוד לרובוטים רגילים המחליפים את המפעיל האנושי ועובדים בתאים מיוחדים (Villani et al., 2018; Vysocny & Novak, 2016). המפעיל האנושי המבצע משימות הרכבה תעשייתית יחד עם הקובוט אמור להיות מסוגל להתערב בשלבים שונים של תהליך ההרכבה, לפקח על הקובוט, להשלים את עבודתו או להחליף אותו. לפיכך, במקום מיומנויות פרוצדורליות מסורתיות, המפעילים של היום חייבים לרכוש מיומנויות גמישות קוגניטיבית. גמישות קוגניטיבית היא היכולת האנושית להתאים אסטרטגיות עיבוד קוגניטיביות להתמודדות עם תנאים חדשים ובלתי צפויים בסביבה (Cañas et al., 2003).

המחקר הנוכחי מתמקד בשאלה האם ניתן לרכוש את הגמישות הקוגניטיבית הדרושה לביצוע משימות הרכבה עם קובוט באמצעות אימון העושה שימוש בעולמות וירטואליים. במחקר הנוכחי שיערנו, שאימון משימות הרכבה על ידי ביצוע המשימה בו זמנית במספר עולמות וירטואליים ישפר את הגמישות הקוגניטיבית של המפעיל בעת ביצוע משימת ההרכבה לאחר מכן בעולם האמיתי, ככל הנראה במחיר של זמן אימון גבוה יותר. בדקנו את ההשערה שלנו על ידי שימוש במערכת מציאות מדומה בעלת נאמנות נמוכה בשם BLOCK6, שפותחה במיוחד עבור מחקר זה, המדמה משימת הרכבת לבנים.

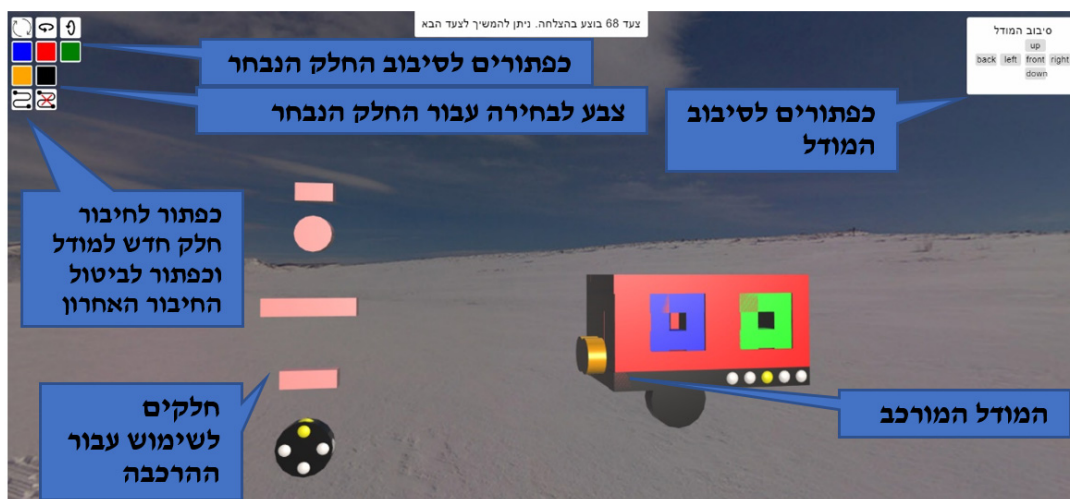
שיטת המחקר

מערך המחקר ואוכלוסיית המחקר

הנבדקים גויסו מקרב הסטודנטים מהמכללה האקדמית להנדסה בראודה כרמיאל. 87 סטודנטים (42 גברים, 45 נשים) השתתפו במחקר, וחולקו אקראית לשלוש קבוצות בין-נבדקיות: 29 (13 גברים, 19 נשים) חולקו לקבוצת העולם האחד, 29 (15 גברים, 14 נשים) חולקו לקבוצת שני העולמות, ו-29 (14 גברים, 15 נשים) לקבוצת תשעת העולמות.

כלי המחקר

המשימה כללה שני שלבים: אימון והעברה. בכל שלב נדרשו הנבדקים לבצע את שלבי ההרכבה על פי ההוראות ללא שגיאות (הם לא יכלו להמשיך הלאה אם השלב היה שגוי) וכמה שיותר מהר. איור 1 מתאר את פריסת המסך. הדגם כולו מורכב מ-71 חלקים.



איור 1. פריסת המסך.

שלב האימון היה שונה עבור שלוש הקבוצות. קבוצת עולם אחד הופנתה להשלים את שלבים מס' 1 עד שלב 71, בסדר הזה. לקבוצת שני העולמות הראו שני עולמות. העולם הראשון כלל את שלבים מס' 1 עד 35, והשני כלל את שלבים מס' 36 עד 71. הנבדקים בקבוצה זו ביצעו ארבעה צעדים מהעולם הראשון, ולאחר מכן הועברו לעולם השני שבו היה עליהם לבצע ארבעה שלבים, לאחר מכן הם חזרו לעולם הראשון וביצעו את ארבעת השלבים הבאים, וכן הלאה עד שהם השלימו את 35 הצעדים בעולם הראשון ואת 36 השלבים בעולם השני. לקבוצת תשעת העולמות הוצגו תשעה עולמות. הם ביצעו ארבעה שלבים בעולם אחד, ואז הועברו לעולם אחר כדי לבצע בו ארבעה צעדים, בסדר אקראי, וכך הלאה עד שהשלימו את כל השלבים. בשלב ההעברה, כל שלוש הקבוצות ביצעו את שלבים מס' 45 עד 55, 5 עד 16, 61 עד 71 ו-24 עד 34, בסדר זה.

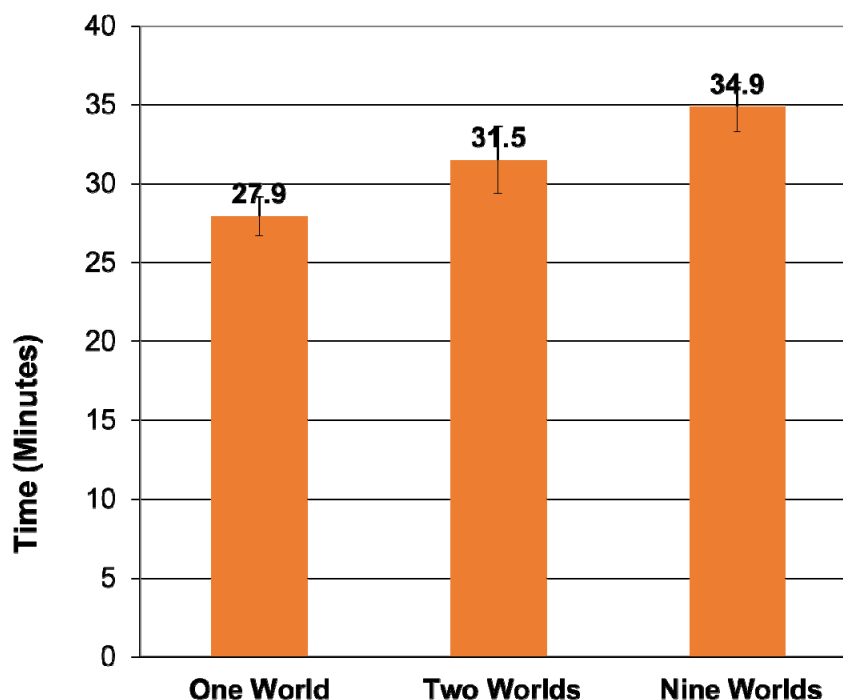
הליך המחקר

הניסוי בוצע באמצעות אפליקציית Zoom. הנבדקים צפו בשני סרטוני ההסברה על מערכת הניסוי, קיבלו קובץ WORD המכיל את הוראות הפעלת המערכת והוראות לשלבי ההרכבה. בכל מפגש, עד שישה נבדקים ביצעו את הניסוי בו-זמנית. כל מפגש נמשך כשעה. הנבדקים ביצעו את שלב האימון ושלב ההעברה בקצב שלהם. הניסוי נשאר בפגישת ה-Zoom לאורך כל הפגישה כדי לעזור בכל בעיה טכנית. בסיום המפגש, הודו לנבדקים והם קיבלו 80 ש"ח (כ-26 דולר) עבור השתתפותם.

תוצאות

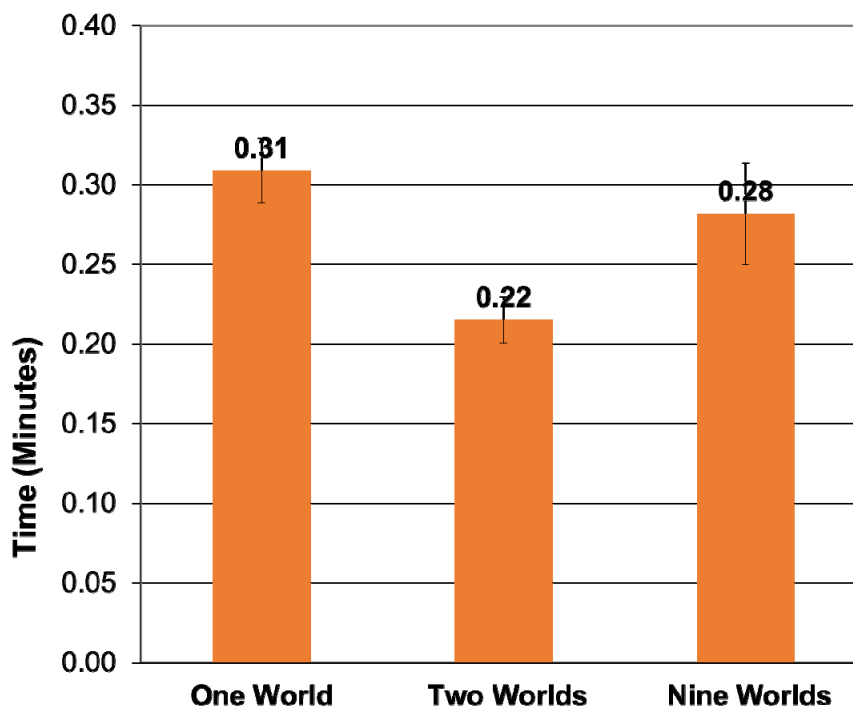
עבור שלב האימון, נמדד זמן האימון. עבור שלב ההעברה נמדדה קלות המעבר, שהוערכה לפי זמן המעבר בין המקטעים השונים (כלומר, הזמן מהשלמת מקטע, למשל, שלבים מס' 45 עד 55, ועד תחילת המקטע הבא, למשל, שלבים מס' 5 עד 16). בוצעו שני מבחני ANOVA, אחד עבור כל אחד מהמדדים הללו, כאשר הקבוצה (עולם אחד, שני עולמות ותשעה עולמות) היא המשתנה הבלתי תלוי הבין-נבדקי.

זמן האימון היה שונה באופן מובהק בין הקבוצות ($F(2,87) = 4.25, p = 0.018$). מבחן פוסט-הוק של LSD הצביע על זמני אימון ארוכים יותר עבור קבוצת תשעת העולמות ($M = 34.9$ דקות, $SD = 8.4$) בהשוואה לקבוצת עולם אחד ($M = 27.9$ דקות, $SD = 6.8; p = 0.005$). ההבדל בין זמן האימון של קבוצת תשעת העולמות לקבוצת שני העולמות ($M = 31.5$ דקות, $SD = 11.4$) לא היה מובהק ($p = 0.16$), וכך ההבדל בין זמן האימון של קבוצת שני העולמות והעולם האחד ($p = 0.14$). תוצאות אלו מוצגות באיור 2.



איור 2. זמן אימון ממוצע לכל קבוצה (עם קווי שגיאה).

זמן המעבר הממוצע בין מקטעים בשלב ההעברה היה שונה באופן מובהק בין הקבוצות ($F(2,87) = 4.25$, $p = 0.018$). מבחן פוסט-הוק של LSD הצביע על זמן מעבר קצר משמעותית עבור קבוצת שני העולמות (דקות, $M = 0.22$, $SD = 0.08$) בהשוואה הן לקבוצת העולם האחד (דקות, $M = 0.31$, $SD = 0.11$; $p = 0.006$) והן לקבוצת תשעת העולמות (דקות, $M = 0.28$, $SD = 0.17$; $p = 0.048$). ההבדל בין זמן המעבר הממוצע של קבוצות העולם האחד ותשעת העולמות לא היה מובהק ($p=0.42$). תוצאות אלו מוצגות באיור 3.



איור 3. זמן מעבר ממוצע לכל קבוצה בשלב ההעברה (עם קווי שגיאה).

דיון

לאור תוצאות הניסוי, ניתן לומר שלשאלת המחקר, האם הימצאות בכמה עולמות וירטואליים בו-זמנית ומעבר מהיר ביניהם יכולים לשפר את הגמישות הקוגניטיבית, יש תשובה מורכבת. ראשית, זה תלוי במספר העולמות הוירטואליים שבהם נעשה שימוש. נראה, שתשעה עולמות הם יותר מדי כדי להשיג מטרה זו. האימון עם תשעה עולמות וירטואליים היה מייגע, כפי שבא לידי ביטוי בזמן האימון, וארוך, והביצועים המתקבלים אינם שונים מהביצועים שהושגו באימון רגיל בעולם וירטואלי אחד. נראה, שהנדקים לא הצליחו לשמור את תשעת העולמות במוחם בזמן האימון, לא יכלו לזכור מה המצב בעולם לפני שעזבו אותו כשחזרו לעולם הזה, ותפסו את שלב האימון כביצועים צעדים שונים באופן אקראי ללא שום היגיון. במונחים של מודל מנטלי, שהוא ההבנה של המשתמש לגבי אופן הפעולה של מערכת מסוימת, המבנה הפנימי שלה, התהליכים הקשורים וכו' (Norman 1983; Johnson-Laird 1983; Gentner & Stevens 1983), הם לא יכלו לפתח מודל מנטלי שכלל כמה עולמות וירטואליים. לפיכך, אין זה מפתיע שהגמישות הקוגניטיבית שלהם בשלב ההעברה לא הייתה שונה מהגמישות הקוגניטיבית של נבדקים שהתאמנו בעולם וירטואלי אחד. המצב היה שונה מאוד עבור קבוצת שני העולמות. האימונים של שני העולמות הוירטואליים לא היו ארוכים יותר מאימון בעולם וירטואלי אחד, אבל הגמישות הקוגניטיבית שהתקבלה הייתה טובה יותר מבחינת זמן המעבר.

תודות

המחקר מומן בחלקו על ידי המועצה להשכלה גבוהה, ישראל.

מקורות

- Canas, J. J., Fajardo, I., & Salmeron, L. (2006). Cognitive flexibility. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, 1, 297-301.
- Cañas, J., Quesada, J., Antolí, A., & Fajardo, I. (2003). Cognitive flexibility and adaptability to environmental changes in dynamic complex problem-solving tasks. *Ergonomics*, 46(5), 482-501. <https://doi.org/10.1080/0014013031000061640>
- Ellis, J. A., Whitehill, B. V., & Irick, C. (1996). The effects of explanations and pictures on learning, retention, and transfer of a procedural assembly task. *Contemporary Educational Psychology*, 21(2), 129-148. <https://doi.org/10.1006/ceps.1996.0012>
- Gentner, D., & Stevens, A. L. (1983). *Mental Models*. Psychology Press, UK. <https://doi.org/10.4324/9781315802725>
- Johnson-Laird, P. N. (1983) *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness (No. 6)*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Norman, D. A. (1983) Some observations on mental models. In: Gentner D, Stevens A L (ed) *Mental models*, Psychology Press, UK, 7-14. <https://doi.org/10.4324/9781315802725>
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 346-362. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.346>
- Villani, V., Pini, F., Leali, F., Secchi, C., & Fantuzzi, C. (2018). Survey on human-robot interaction for robot programming in industrial applications. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.236>
- Vysocky, A. L. E. S., & Novak, P. (2016). Human-Robot collaboration in industry. *MM Science Journal*, 9(2), 903-906. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2016_06_201611