

# סימולטור - כלי הדרכה למניעת תאונות עבודה

**מחקרים הראו כי להדרכה בסימולטור יתרון על פני הדרכה פרונטלית, כיוון שהחוויה הרגשית מועצמת על ידי הדמיון. אך התרומה העיקרית היא בחיזוק המוטיבציה ללמידה, בהתנהגות בטיחותית ובקידום הבטיחות בעבודה.**

**יש גם הנאה בלמידה**

מאת ד"ר לליב אגוזי, מחלקת מחקר

המוסד לבטיחות ולגיהות

תצלומים: <https://www.ocl.info>

<https://forcetechnology.com>

<https://www.engineering.com>



סימולטור גשר פיקוד ימי

סימולטורים משמשים בעולם זה כמה עשורים לתרגול מיומנויות שונות, כגון טיסה, ניתוחים, נהיגה או הפעלת ציוד מכני כבד. הסימולטור מאפשר להתנסות בהתמודדות עם סיטואציות חדשות, מורכבות, יקרות, מסוכנות או נדירות במצב המדמה את המציאות במידה רבה, אך שומר על בטיחות הלומדים וסביבתם (Jah et al., 2001).

עם התקדמות העולם הטכנולוגי פותחו סימולטורים שונים, החל בהדמיית שימוש בציוד מול אנימציה המגיבה למכשירי השליטה בציוד, ועד מציאות מדומה המגיבה לתנועות הגוף והפניית המבט של המשתמש. סימולטורים אלה מדמים את המציאות ברמות שונות של דמיון ומאפשרים למשתמש תרגול חוזר ללא סיכון אישי. תרגול זה של התמודדות עם מצבים שונים וחריגים מרחיב את מאגר ההתנסויות ואפשרויות הבחירה של המשתתפים ומסייע להם בקבלת החלטות השומרות על בטיחותם בעת התמודדות עם מצבים לא צפויים (Wahl et al., 2020).

## מה עם סימולטורים בתחום הבנייה?

בתחום הבנייה תוארו בסקירת הספרות המחקרית סימולטורים שתוכננו למטרות שונות, כגון סיוור באתר בנייה וזיהוי גורמי סיכון (56.5% מהסימולטורים), הימנעות מסיכון (23.9%), תגובה למצבי סיכון ותקשורת בצוות (17.4%), בטיחות בהפעלת ציוד כבד (15.2%) ו-10.9% בנושאים אחרים (Moore & Gheisari, 2019). הסקירה מתארת גם אמצעי הפעלה שונים של הסימולטורים משימוש במקלדת המחשב, דרך שימוש במשחקי מחשב המופעלים עם מוטות הפעלה ופיקוד, שימוש בטלפונים ניידים או משחקים המזהים תנועה במרחב.

## ומה השפעות ההדרכה באמצעות סימולטור?

הסימולטור חושף את המשתמשים בו לחוויה רב-חושית, הכוללת למידת מידע, התנסות מוטורית, שילוב של מידע ויזואלי עם תרגול תיאום מוטורי עין-יד, וכן, חוויה רגשית, המועצמת בשל הדמיון למציאות. שילוב של אלה צפוי לשפר את הלמידה, הזיכרון והשימוש במידע בזמן אמת.

אכן, במחקרים על טיפול בחרדות, בעיות אכילה ומצבים רגשיים אחרים נמצא כי שימוש במציאות מדומה מצליח ליצור דפוס התנהגות חדשים ובריאים יותר עבור המטופל (Riva, 2022). נוסף על כך, רבים מהסימולטורים עושים שימוש באמצעים משחקיים, שמוסיפים להנאה מתהליך הלמידה, מייצרים חיבור של המשתמשים לסימולציה וריכוז גבוה יותר, ובכך, מקלים על ההתמדה של הלומדים.

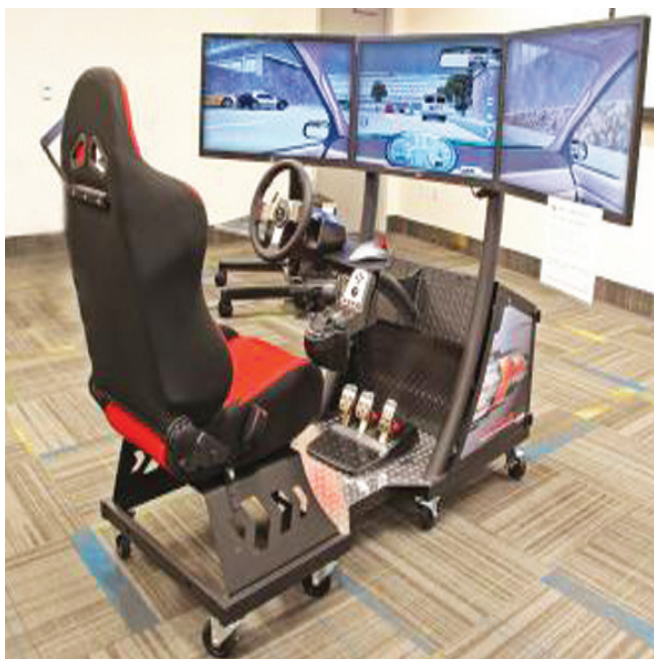
מחקר מטא-אנליזה, שבחן את טיב הלמידה בעזרת מציאות מדומה לעומת למידה פרונטלית סטנדרטית, מצא כי לסימולטורים יש יתרונות בכמה תחומים. היתרון הברור בכל סוגי הסימולטורים הוא במוטיבציה רבה יותר ללמידה ולמעורבות גבוהה יותר של הלומדים בעזרת סימולטור. עוד מצא המחקר כי סימולטורים שונים ותיאורי מקרה שונים, שבהם מתנסים הלומדים, משפיעים באופן שונה על טיב הלמידה, הזיכרון והשימוש בידע בהמשך. לא בכל סוגי הסימולטורים נמצא יתרון על פני למידה פרונטלית רגילה, ויש הבדל באפקטיביות בין למידה של ידע, למידה של תהליכי עבודה או מיומנות פיזית, שכל אחת מהמיומנויות

## עד כמה הסימולטור מדמה את המציאות?

שלב ראשון וחיוני כדי להשיג השפעה מרבית של ההתנסות בסימולטור על המודרכים הוא בהשגת תחושה שהסימולטור מדמה את המציאות. מידת תחושת המציאותיות שמעניק הסימולטור, תחושה של משתמשי הסימולטור שהם נוכחים בתוך הסיטואציה המוצגת, משפיעה על הטמעת ההתנסות, ריכוז וזיכרון הפרטים מההדרכה (Dinh et al., 1999). העברת תחושה של נוכחות במציאות המדומה תלויה בסוג הסימולטור, לדוגמה, סימולטור מציאות מדומה המונח על עיני המודרך/ת, לעומת סימולטור עם מסכים, מכשירי הפעלת הסימולטור (מקלדת, ג'ויסטיק, הגה וכד') ומידת הדמיון שלהם למכשיר העבודה בפועל, טיב הסרט המוקרן או סימולטור בתנועה או בשיבה (Hughes, 2019).

דרכי מדידה שונות הוצעו כדי לבחון תחושה זו בלי להשפיע עליה. שאלונים הם הדרך הפשוטה ביותר, וכיום, נעשה בהם השימוש הרב ביותר. נבחנו גם בדיקת קצב לב ומדדים גופניים, אך החיבור למכשירי המדידה מהווה גורם מפריע שמנתק את המשתמשים מתחושת המציאות בסימולטור (Schwind et al., 2019). Schwind ושותפיו מצאו כי מילוי שאלון תחושת הנוכחות במציאות המדומה מייצר פחות שונות כאשר נעשה בתוך הסימולטור בתום הפעילות, לעומת לאחר היציאה מהסימולטור.

שאלה נוספת שעולה היא עד כמה הסימולטור מדמה את המציאות, הן מבחינת אמינות הסיטואציות המוצגות ותגובתיות מדויקת של הסימולטור לפעולות המודרך, והן מבחינת התנהגות האדם בסימולטור לעומת התנהגות במציאות. האם תנועה מסוימת בעוצמה, תזמון ומהירות, שתבצע בסימולטור, תתבצע באופן דומה מספיק במציאות. O'Hern ושותפיו (2017) השוו נהיגה באופניים בסימולטור בהשוואה לכביש ומצאו כי התנהגות הרוכבים הייתה דומה מאוד בסימולטור ובכביש בהתנהגויות כגון מיקום בנתיב, הפחתת מהירות בהגעה לפניות והתנהגויות כביש אחרות, למעט מהירות הנסיעה, שהייתה מעט גבוהה יותר בכביש, לעומת הסימולטור.



סימולטור נהיגה



סימולטור לתרגול ניתוחים

או הכישורים הללו הראו אפקטיביות רבה יותר רק בחלק מהסימולציות הרלוונטיות להן. כך לדוגמה, סימולציות שאפשרו תרגול מעשי היו בעלות השפעה רבה יותר מתוכנות שבהן היו רק הסברים והדגמות. סוג המשוב המתקבל מהתוכנה הראה אף הוא הבדלים כאשר משוב עם הסבר היה מועיל יותר ללמידת ידע מאשר רמזים ויזואליים, ומשוב על התגובה הרצויה היה מועיל יותר בלמידת תהליך עבודה (Merchant et al., 2014). מחקר מטא-אנליזה אחר בחן את ההשפעות השונות שיש להוראות משחק מוגדרות, לעומת התנסות תוך כדי למידה עצמית, ואת מידת האקטיביות של המתנסה (אקטיבי - ניווט עצמי במשחק, פאסיבי - המשחק ממריך בתהליך). אקטיביות במשחק הגבירה את המוטיבציה והעניין של הלומדים, הסברים ברורים שיפרו למידה של ידע, אך למידה תוך התנסות שיפרה התמצאות ולמידה מרחבית (Ferguson et al., 2020).

## מה חשוב לתכנן בסימולטור?

בהקמת סימולטור יש חשיבות רבה לתכנון המצבים השונים והתסריטים שיענו על מטרות ההדרכה. צוות רב-תחומי, הכולל אנשי מקצוע בתחום, עובדים מנוסים ממגוון ארגונים ותעשיות יחד עם אנשי הדרכה, צריך להגדיר את ההתנהגויות, התובנות והלמידה שהאימון בסימולטור אמור להשיג. כמו כן, יש להגדיר את אופן המדידה של המטרות האלה ובהתאם לתכנון את התסריטים שישו את התרגול הרצוי (Crichton, 2017). אין סימולטור שידמה את המציאות באופן מלא, לכן, בחירת הסימולטור צריכה להתאים למטרות ואת מטרות ההדרכה חשוב לקבוע על פי מה שיכול לספק הסימולטור. הדרכה על רצף פעולות קבוע שצריך להטמיע במודרך/ת אינה דומה להדרכה על הפעלת מכשיר מורכב והלמידה של תנועת השרירים ותיאום עין-יד הנלווים (Hughes, 2019).

כדי לקבל הדרכה בעלת השפעה על בטיחות העובדים, יש צורך בסימולטור שיש בו נתונים רבים ומגוונים ואפשרויות תגובה תואמות להתנהגות המודרך/ת. יכולת מדידה, הקלטה וניתוח של התנהגויות המודרך בזמן אמת ואלגוריתם המגיב בהתאם. לסיום, לאחר הדרכה שפיתחה את התנהגות הבטיחות של המודרך, נחוץ להשלים תהליך המחבר את ההתנהגות שנלמדה לאסטרטגיות ניהול סיכונים הקיימות באתרי העבודה הרלוונטיים (Kassem et al., 2017).

## מקורות

- Crichton, M. T. (2017). From cockpit to operating theatre to drilling rig floor: five principles for improving safety using simulator-based exercises to enhance team cognition. *Cognition, Technology & Work*, 19(1), 73-84.
- Dinh, H. Q., Walker, N., Hodges, L. F., Song, C., & Kobayashi, A. (1999, March). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. In *Proceedings IEEE Virtual Reality* (Cat. No. 99CB36316) (pp. 222-228). IEEE.
- Ferguson, C., van den Broek, E. L., & van Oostendorp, H. (2020). On the role of interaction mode and story structure in virtual reality serious games. *Computers & Education*, 143, 103671.
- Hughes, A. (2019). VR or Online? Choosing a Platform for Training Simulations. <https://elearningindustry.com/vr-or-online-training-simulation-choosing-platform>
- Jha, A. K., Duncan, B. W., & Bates, D. W. (2001). Simulator-based training and patient safety. *Making health care safer: A critical analysis of patient safety practices*, Ch.45.
- Kassem, M., Benomran, L., & Teizer, J. (2017). Virtual environments for safety learning in construction and engineering: seeking evidence and identifying gaps for future research. *Visualization in Engineering*, 5(1), 1-15.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- Moore, H. F., & Gheisari, M. (2019). A review of virtual and mixed reality applications in construction safety literature. *Safety*, 5(3), 5167-.
- Nykänen, M., Puro, V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., ... & Teperi, A. M. (2020). Implementing and evaluating novel safety training methods for construction sector workers: Results of a randomized controlled trial. *Journal of safety research*, 75, 205-221.
- O'Hern, S., Oxley, J., & Stevenson, M. (2017). Validation of a bicycle simulator for road safety research. *Accident Analysis & Prevention*, 100, 53-58.
- Riva, G. (2022). Virtual reality in clinical psychology. Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology.
- Schwind, V., Knierim, P., Haas, N., & Henze, N. (2019, May). Using presence questionnaires in virtual reality. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-12).
- Wahl, A., Kongsvik, T., & Antonsen, S. (2020). Balancing Safety I and Safety II: Learning to manage performance variability at sea using simulator-based training. *Reliability Engineering & System Safety*, 195, 106698. ■

## האם ההדרכה בסימולטור השיגה את ייעודה?

אחת הבעיות המשמעותיות בהדרכות בכלל, ובכאלה שעושות שימוש בסימולטורים בפרט, היא ביכולת לבדוק אם ההדרכה השיגה את ייעודה. בדיקת השפעת ההדרכה אינה פשוטה ולפעמים כמעט בלתי ניתנת לביצוע, משום שהאימון היה, לדוגמה, על מצבים חריגים מאוד, כדוגמת התרסקות מטוס, תקלה נדירה במהלך ניתוח או מצבים המדמים סיכון גבוה לחיי אדם, או עלויות כספיות גבוהות (Wahl et al., 2020). בעיה נוספת בבחינת אפקטיביות ההדרכה היא בהפרדת גורמים רבים נוספים, שעשויים להשפיע על התוצאות הרצויות, כדוגמת תרבות העבודה בארגון, שינויים בצוות, ההשפעה של עצם העיסוק בנושא הבטיחות ועוד. כתוצאה מכך, האפקטיביות של הדרכות סימולטור לשיפור הבטיחות בבנייה נמדדה עד כה באופן מוגבל מאוד.

Kassem ושותפיו (2020) מציינים בסקירה שלהם כי מכל שלבי תהליך קידום הבטיחות, הכוללים זיהוי סיכונים, הערכת סיכונים, תכנון תגובה לסיכון ומעקב וניהול סיכונים, התחום הנחקר ביותר הוא זיהוי סיכון, משום שהוא הבסיס לשאר השלבים ומשום שהוא הזמין והקל ביותר לבחינה. כמו כן, מדד זה נבחן בדרך כלל באותו סימולטור של ההדרכה, ולא במציאות, בתנאים שבהם העובדים פועלים. שאר השלבים, הכוללים הערכת סיכון וקבלת החלטות בהתמודדות עם סיכון, נחקרו ונמדדו מעט מאוד, אם בכלל, כולל המדד המורכב ביותר למדידה, שהוא שיפור הבטיחות והפחתת תאונות בפועל. עם זאת, מחקרים שבחנו את השפעת ההדרכה בסימולטור בהשוואה להדרכה בהרצאה בלבד מצאו כי ההדרכה בסימולטור הגבירה התנהגות הקשורה לקידום הבטיחות, הכוללת מודעות וזיהוי סיכונים, תחושת מסוגלות בהתמודדות מול גורמי סיכון והקפדה גבוהה יותר על התנהגות בטוחה באתר הבנייה, על פי הדיווח העצמי של פועלי הבניין גם חודש לאחר ההתנסות בסימולטור (Nykänen et al., 2020).

---

**הסימולטור חושף את המשתמשים בו לחוויה רב-חושית, הכוללת למידת מידע, התנסות מוטורית, שילוב של מידע ויזואלי עם תרגול תיאום מוטורי עין-יד, וכן, חוויה רגשית, המועצמת בשל הדמיון למציאות. שילוב של אלה צפוי לשפר את הלמידה, הזיכרון והשימוש במידע בזמן אמת.**

---

**לסיכום:** תרגול ולמידה של בטיחות בעבודת הבניין בסימולטור מציג הזדמנויות מבטיחות לשיפור המודעות, הידע והתנהגות הבטיחות של מפעילי ציוד כבד ועובדים בתחום הבנייה. לצד תחומים שיעילות ההדרכה בהם עדיין דורשת המשך מחקר, כגון הורדת אירועי בטיחות, ישנם תחומים, כגון חיזוק המוטיבציה ללמידה ולהתנהגות בטיחותית, שההדרכה בעזרת סימולטור מספקת בהם יתרון ברור. הפיתוח המהיר של הטכנולוגיה, תסריטי הבטיחות ותגובתיות הסימולטור מציעים הזדמנות לתרומה משמעותית של תחום זה לקידום הבטיחות בעבודה.