

מערכת מציאות רבודה ככלי לשיפור הבנה מתמטית בקרב ילדים**נירית גביש**המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה
nirit@braude.ac.il**זיו טרייגר**המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה
ziv365@gmail.com**ערן חורש**המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה
eranh@braude.ac.il**אליאס שמילוב**חברת "אינקטיו"
elias@intactio.com**Augmented Reality System as a Tool
for Improving Mathematical Skills among Children****Ziv Treiger**ORT Braude College
ziv365@gmail.com**Nirit Gavish**ORT Braude College
nirit@braude.ac.il**Elias Shamilov**Intactio
elias@intactio.com**Eran Horesh**ORT Braude College
eranh@braude.ac.il**Abstract**

Computer games can provide a platform for expression, empowerment, instilling a sense of control and efficacy for children. Studies show that computer games among children may have effect on their cognitive and motor development skills in present and future. The focus of the current study was on augmented reality training system (AR), in which the real world is combined with virtual objects, and its aim was to examine the effects of AR on the acquisition of mathematical cognitive skills compared to a virtual system. For this purpose, we used a computer game called "Intactio", which was developed as an AR system that combines virtual objects in a computer monitor and a real tangible coins machine. The AR system was compared to a virtual system, which is based on the AR version, but includes only the computer monitor with the virtual coins. In both versions, the participant served as a salesperson in a virtual store, in which they need to sell products to occasional customers, receive payment and order goods from a supplier. Sixty children in the ages 6 to 8 participated in study, and were randomly assigned to the two experimental group. The research hypothesis was that integrating two different worlds - virtual reality and tangible reality – would lead to a better acquisition of mathematical cognitive skills compared to training with the virtual system only. The results supported our hypothesis, demonstrating that participants in the AR group identified better the profitable products.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, Mathematical Skills, Learning.

תקציר

משחקי מחשב יכולים לספק פלטפורמה לביטוי, העצמה, הגברת תחושת השליטה ושיפור היעילות בקרב ילדים. מחקרים מראים כי משחקי מחשב עשויים להשפיע על פיתוח הכישורים

הקוגניטיביים והמוטוריים שלהם בהווה ובעתיד. המחקר הנוכחי התמקד במערכת מציאות רבודה (AR), שבה העולם האמיתי משולב עם אובייקטים וירטואליים, ומטרתו היתה לבחון את השפעותיה של AR על רכישת מיומנויות קוגניטיביות מתמטיות בהשוואה למערכת וירטואלית. לשם כך, השתמשנו במשחק מחשב בשם "Intactio", אשר פותח כמערכת AR המשלבת אובייקטים וירטואליים בצג מחשב ומכונת מטבעות אמיתית. מערכת ה-AR הושוותה למערכת וירטואלית, המבוססת על גרסת ה-AR, אך כוללת רק את צג המחשב עם מטבעות וירטואליים. בשתי הגרסאות, המשתתף שימש כמוכר בחנות וירטואלית, שבה הוא היה צריך למכור מוצרים ללקוחות מזדמנים, לקבל תשלום ולהזמין מוצרים מהספק. 60 ילדים בגילאים 6 עד 8 השתתפו במחקר, והוקצו באופן אקראי לשתי קבוצות הניסוי. השערת המחקר הייתה כי שילוב שני עולמות שונים – מציאות וירטואלית ומציאות מוחשית – יוביל לרכישה טובה יותר של מיומנויות קוגניטיביות מתמטיות בהשוואה לאימון במערכת הווירטואלית בלבד. התוצאות תמכו בהשערה שלנו, והראו כי המשתתפים בקבוצת AR זיהו טוב יותר את המוצרים הרווחיים.

מילות מפתח: מציאות מדומה, מציאות רבודה, כישורים מתמטיים, למידה.

מבוא

מציאות רבודה זו טכנולוגיית מחשוב המאפשרת הוספה של שיכבה דיגיטלית המתמזגת ביחד עם העולם האמיתי אותו אנו רואים וחווים בכל העת. העולם נמצא במגמת מעבר לשימוש בטכנולוגיות של מציאות רבודה (Augmented Reality – AR), והציפיה היא שמציאות רבודה תשפר את חיינו בתחומים של תחזוקה, עיצוב, חינוך, שיפור מיומנויות ועוד (Van Krevelen & Poelman, 2010).

המשמעויות של מציאות רבודה בתחום החינוך והלמידה עדיין נלמדות, אך מספר חוקרים הצביעו על היתרונות שטומנת בחובה מערכת כזו. Cooperstock (2001) האמין כי למערכת AR יש תועלת והשפעה פוטנציאלית רחבה להוראה ולמידה, משום שהיא יוצרת סביבת למידה אותנטית המתאימה למגוון רחב של סגנונות למידה. Dede (2008) הצביע על כך שככל שהטכנולוגיות מתקדמות עם השנים, כך גם מורים ומחנכים מפתחים באופן מתמיד את שיטות ההוראה. Yuen and Johnson (2011) ציינו את הגישות המאפשרות ל-AR להפוך לכלי בעל השפעה אדירה על רכישת כישורים של תלמידים, כגון האפשרות הניתנת ללומדים ליצור אובייקטים וירטואליים ואז לקשור אותם למיקומים ספציפיים בעולם האמיתי, וכן הוויזואליות והאינטראקטיביות המוגברת. אחד היתרונות של טכנולוגיית ה-AR הוא בכך שלמשתמש קיימת האפשרות לאינטראקציה עם המציאות ובאותה העת לגשת למידע מדומה למטרות הדרכה. המשתמש יכול לבצע את המשימה תוך כדי גישה לחומר הדרכתי נוסף ובכך לשפר את יכולות הלמידה שלו (Webel et al, 2011). הערך המוסף של קבלת משוב מהמציאות הרבודה תוך כדי ביצוע המשימה הנדרשת עוזר לתלמיד לשפר את רמת מיומנותו ותחל להתפתח בצורה טובה עד השלב בו הוא יבצע את המשימה במציאות האמיתית ללא עזרים (MacKenzie, 1992). Billinghamurst (2002) מוסיף כי השימוש בכלים ברי מגע, והיכולת לעשות מעבר חלק בין המציאות הקיימת לזו הווירטואלית, יוצרים אפשרויות חדשות לפיתוח מיומנויות למידה.

למרות כל זאת, חשוב לזכור כי טכנולוגיית ה-AR עדיין נמצאת בחיתוליה בתחום זה. כפי שהצביעו החוקרים Marshall et al. (2007). הם הביעו ספקות לגבי השפעתה האמיתית של מערכת AR על למידה. לטענתם, טכנולוגיות AR רבות פותחו עבור אספקטים של חינוך, אבל רק מעטים הוטמנו בתוך סביבת לימוד של כיתות אמיתיות. המחקר הנוכחי התמקד בהשפעותיה של מערכת AR על שיפור ההבנה המתמטית בקרב ילדים, בדגש על תפיסות רווח והפסד.

קשיים בהבנת חישובים מתמטיים בקרב ילדים נפוצים ברוב מדינות ארצות הברית כמו גם באומות מתועשות אחרות. ההשלכות של קשיים אלו הן רציניות ויכולות להמשיך עם הילד גם לגיל בגרות. ילדים עם חולשות באריתמטיקה בסיסית לא יפתחו את היסודות הבסיסיים הנדרשים עבור למידה של מתמטיקה מתקדמת בעתיד (Dougherty, 2003). למרות העובדה שרמת ידע גבוהה במתמטיקה פותחת דלתות לקריירה בתחומי המדע והטכנולוגיה, תלמידים רבים אינם מצליחים להגיע לרמה הנדרשת. חלק מהתלמידים לומדים בהדרגה להימנע מכל דבר שחישובים מעורבים בו ואף מפתחים חרדות ופוביות ממתמטיקה (Ashcraft, 2002). Geary et al. (1990) מצאו כי לרוב הפרעות בהבנה מתמטית נחשפות במהלך הלימוד בביה"ס יסודי. Jordan et al. (2006) מצאו כי ישנם ילדים שמתקשים בתפיסת הבנה מתמטית אך מצטיינים בקריאה, ומנסים לנצל את יכולתם הוורבאלית הטובה על מנת לפצות על חסרונם היחסי במתמטיקה. הדבר לא צולח ברוב המקרים, והם נשארים מאחור בחישובים פשוטים של חיבור וחסור.

היתרון של מערכת AR בשיפור ההבנה המתמטית יכול להתבטא בהמחשה טובה יותר של ערכים מספריים וכמויות. כבוגרים אנו רואים ערכים מספריים כגופים מופשטים, אשר יכולים להיות מיוצגים ע"י מספר, מילה,

מספר שורות בכרטיס או רצף של צפופים משעון קיר. הערכה מופשטת זו מתפתחת בהדרגה במהלך השנים הראשונות של החיים. מחקרים רבים מראים כי כאשר ילדים צעירים משווים ערכים מספריים בסימונים, הן סמליים והן ולא סמליים, הם מעוררים אזורים במוח בדיוק כמו מבוגרים כולל קליפת המוח הטמפורלית. יחד עם זאת, ילדים מגייסים את קליפת המוח הזו במהלך משימות מספריות בעצימות גבוהה בהרבה מאשר אנשים מבוגרים (Cantlon et al, 2009). ילדים בגיל 4 מזהים ומתארים הבדלים כלליים בנוגע לכמויות. לדוגמא, הם יכולים להצביע על שתי ערימות של ציפס ולומר באיזו ערימה יש יותר ובאיזו יש פחות, ילדים בגיל זה, מסתמכים בעיקר על תפיסה ויזואלית מאשר על ספירה לשם קבלת החלטה (Xu & Spelke, 2000). מאידך, בגיל 6 הילדים כבר מבינים את ערכם של מספרים, כמו לדוגמא שהספרה 8 גדולה מהספרה 5. ידע מספרי זה עוזר לילדים לחשוב על בעיות מתמטיות, והתפתחותו קריטית לניסיון המוקדם של הילד עם מספרים (Siegler & Booth, 2004). מערכת AR, המאפשרת לילד לחוש את הכמויות בצורה פיזית ולא רק בצורה ויזואלית, יכולה לתרום להבנת התפיסה הכמותית ותפיסות רווח והפסד. לכן, השערתנו הייתה שהשימוש במערכת מציאות רבודה יביא לתוצאות טובות יותר מאשר שימוש במערכת מציאות וירטואלית מבחינת שיפור הבנה מתמטית בדגש על מונחי רווח והפסד בקרב ילדים.

שיטה

מערך הניסוי

בניסוי נעשה שימוש במשחק שפותח על ידי חברת "אינטקטיו". המשחק מורכב מתוכנה הפועלת על מחשב ומכונת מטבעות. השחקן נדרש לקנות ולמכור מוצרים, כשאת הכסף שנמסר עבור רכישת המוצר מקבלים פיזית דרך מכונת המטבעות, ויש להכניס לתוכה את הכסף שנמסר לספק בעת קניית המוצרים. יש אפשרות לשחק במשחק בגרסה וירטואלית בלבד (ללא מכונת המטבעות) עם אותם החוקים בדיוק. עבור כל מוצר מופיעים מחיר המכירה שלו ללקוח (חץ אדום) ומחיר הקנייה שלו מהספק (חץ כחול). קיימים מוצרים ריווחיים, שבהם מחיר המכירה הוא 3 ומחיר הקנייה הוא 2, ומוצרים לא-ריווחיים, שבהם הן מחיר המכירה והן מחיר הקנייה הם 2. מטרת השחקן היא להרוויח כמה שיותר כסף בסוף המשחק, והוא יכול להחליט האם הוא קונה מוצרים מהספק, וכמה.



איור 1. תצוגת המשחק בעת הגעת לקוח



איור 2. תצוגת המשחק בעת הגעת ספק



איור 3. הכנסת כסף לתוך מכונת המטבעות בעת תשלום לספק

נבדקים

הנבדקים היו 60 ילדים בגילאי 6-8 מצהרונים בכרמיאל. 30 ילדים הושמו באופן אקראי בקבוצת המציאות המדומה (VR), ללא מכונת המטבעות, ו-30 ילדים הושמו בקבוצת המציאות הרבודה (AR), שכללה את מכונת המטבעות. מבחן מתמטי קצר בדק שהיכולת המתמטית של הילדים הנבדקים תקינה ומתאימה לגילם.

משימת הניסוי

במהלך הניסוי שיחק כל יחד במשחק, והוא שימש כמוכר בחנות שמשימתו היא למכור מוצרים ללקוחות ולקנות מוצרים מהספק במידה ונגמרו המוצרים על המדף. בחנות היו שישה סוגי מוצרים: בננות, עוגיות, שוקולדים, המבורגרים, תפוחים ובקבוקי קולה. חלק מהמוצרים היו מוצרים ריווחיים (בננות ועוגיות), אשר נקנים מהספק ב-2 שקלים ונמכרים ללקוח תמורת 3 שקלים, כלומר שקל רווח על כל תנועה של מוצרים אלו. חלק מהמוצרים היו מוצרים לא רווחיים (המבורגרים, שוקולדים, תפוחים, בקבוקי קולה), אשר נקנים מהספק תמורת 2 שקלים ונמכרים ללקוח גם תמורת 2 שקלים, כלומר אין כלל רווח עבור כל מכירה וקניה של מוצרים אלו. משימת הניסוי כללה 10 סבבים שבהם התבצעו מכירות שלאחריהן הגיע הספק, ומשימתו של הילד הייתה להחליט האם לקנות מוצרים מהספק, ואם כן, לבחור את הכמות הרצויה בין 1 ל-4 יחידות.

מהלך הניסוי

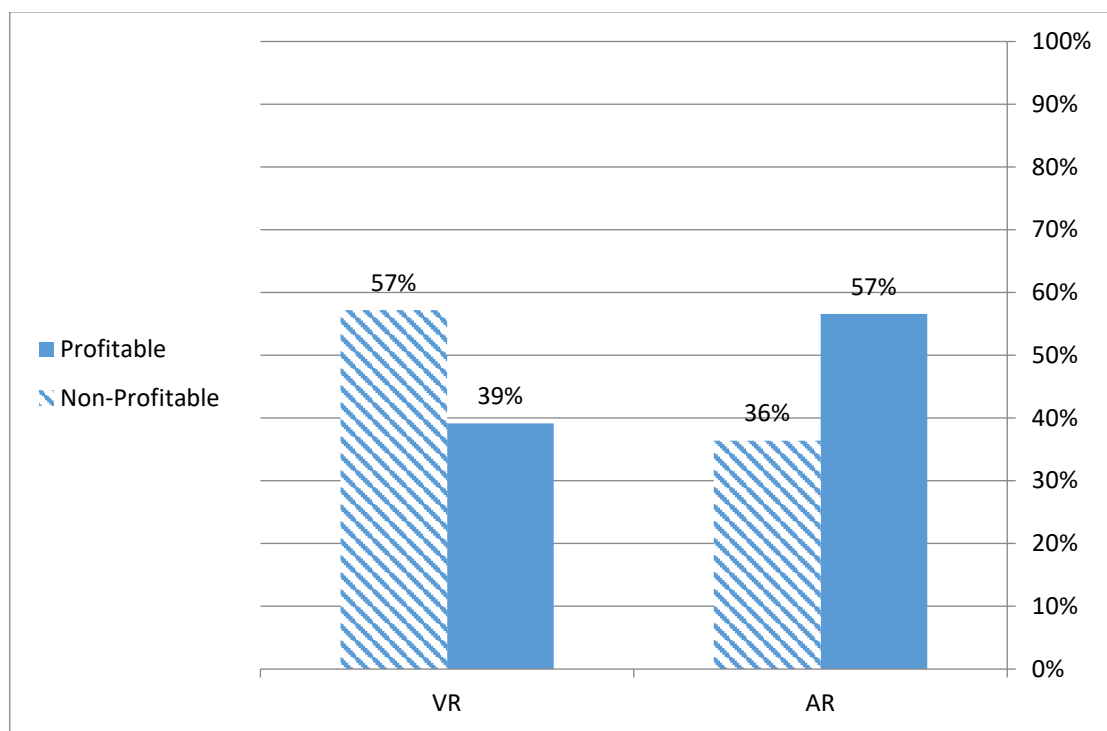
הניסוי נערך בצהרונים בעיר כרמיאל. כל ילד השתתף בניסוי באופן אינדיבידואלי, והושם באופן אקראי לאחת מקבוצות הניסוי. הניסוי נמשך כחצי שעה. לפני הניסוי קיבלנו את הסכמת ההורים לגבי השתתפות הילדים בניסוי. לאחר מכן, הנסיין מילא מספר פרטים אישיים לגבי הילד ועשה איתו מבחן הבנה מתמטית. בסופו, הנסיין תיאר את המשחק ואת הניסוי וניתנה לנבדקים התנסות עם המשחק. לאחר שהנסיין וידא הבנה של

המשחק ותנאי הניסוי, הנבדקים התנסו באופן עצמאי ב-10 סבבים של המשחק (סבב הינו מכירה של מוצרים עד להגעת ספק, ואז קבלת החלטה האם להזמין מוצר מסויים מהספק וכמה יחידות). כאשר הסתיים שלב זה, הנסיין הודה לנבדקים ושחרר אותם.

תוצאות

נבדק אחוזי ההשקעה של הנבדקים בכל אחד מהסבבים, כאשר אחוזי השקעה מוגדר כסך היחידות שהם החליטו להזמין מהספק יחסית למספר המקסימלי של היחידות שניתן להזמין (4). הסבבים חולקו לשתי קבוצות: סבבים 1-5 וסבבים 6-10. עבור כל אחד מן הסבבים נערך ניתוח מסוג Repeated measure, כאשר המשתנה התוך-נבדקי היה סוג המוצר (ריווחי או לא), והמשתנה הבין-נבדקי היה הקבוצה (VR – ללא שימוש בקופה האמיתית, AR – עם שימוש בקופה האמיתית).

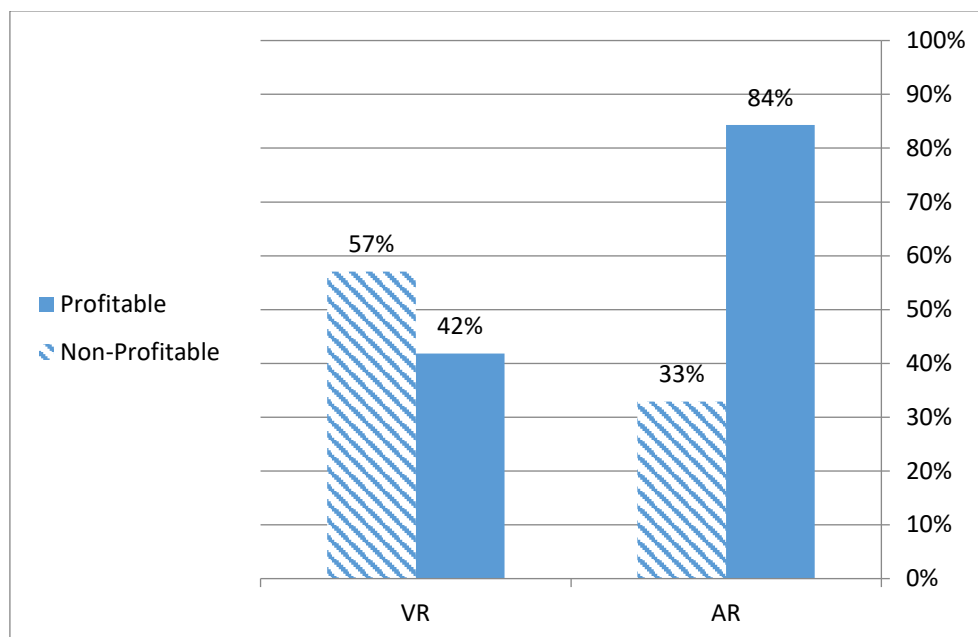
עבור סבבים 1-5, לא היה הבדל מובהק סטטיסטית בין אחוזי ההשקעה במוצרים הריווחיים ($M = 0.48, SD = 0.17$) והלא-ריווחיים ($M = 0.47, SD = 0.16; F(1,58) = 0.67, p = 0.67$), וכן לא היה הבדל מובהק סטטיסטית בין אחוזי ההשקעה עבור קבוצת ה-VR ($M = 0.48, SE = 0.015$) ועבור קבוצת ה-AR ($M = 0.47, SD = 0.16; F(1,58) = 0.68, p = 0.41$). לעומת זאת, האינטראקציה בין סוג המוצר ובין הקבוצה הייתה מובהקת סטטיסטית ($F(1,58) = 46.60, p < 0.001$): עבור קבוצת ה-VR, אחוזי ההשקעה במוצרים הריווחיים ($M = 0.57, SD = 0.14$) ואילו עבור קבוצת ה-AR אחוזי ההשקעה במוצרים הריווחיים ($M = 0.39, SD = 0.16$) היה גבוה יותר מאחוזי ההשקעה במוצרים הלא-ריווחיים ($M = 0.36, SD = 0.11$). התוצאות מוצגות באיור 4.



איור 4. אחוזי ההשקעה מתוך כמות מקסימלית אפשרית להזמנה עבור סבבים 1-5

עבור סבבים 6-10 הצטיירה תמונה דומה, ואף יותר מובהקת. היה הבדל מובהק סטטיסטית בין אחוזי ההשקעה במוצרים הריווחיים ($M = 0.63, SD = 0.32$) והלא-ריווחיים ($M = 0.46, SD = 0.20$); $F(1,53) = 13.8, p < 0.001$ וכן היה הבדל מובהק סטטיסטית בין אחוזי ההשקעה עבור קבוצת ה-VR ($M = 0.59, SD = 0.02; F(1,53) = 11.42, p = 0.001$) ועבור קבוצת ה-AR ($M = 0.50, SE = 0.02$) מהאינטראקציה המובהקת מאוד בין סוג המוצר ובין הקבוצה, שאף התחזקה בסבבים אלו ($F(1,53) = 49.18, p < 0.001$): עבור קבוצת ה-VR, אחוזי ההשקעה במוצרים הריווחיים ($M = 0.42, SD = 0.28$) היה נמוך יותר מאחוזי ההשקעה במוצרים הלא-ריווחיים ($M = 0.57, SD = 0.21$), ואילו עבור קבוצת ה-AR אחוזי ההשקעה במוצרים הריווחיים ($M = 0.84, SD = 0.17$) היה גבוה יותר מאחוזי ההשקעה במוצרים הלא-ריווחיים ($M = 0.42, SD = 0.28$).

קבוצת ה-AR. התוצאות מוצגות באיור 5. $(M = 0.34, SD = 0.09)$. כפי שניתן לראות, ההפרש בין ההשקעה במוצרים הריווחיים והלא-ריווחיים גדל עבור



איור 5. אחוז השקעה מתוך כמות מקסימלית אפשרית להזמנה עבור סבבים 6-10

דיון ומסקנות

התוצאות איששו את השערתנו כי השימוש במציאות מדומה יאפשר לילדים ללמוד בצורה טובה יותר מושגים מתמטיים כמו רווח והפסד בהשוואה לשימוש במציאות מדומה. אחוז ההשקעה במוצרים הריווחיים גבוה יותר מאחוז ההשקעה במוצרים הלא-ריווחיים רק עבור קבוצת ה-AR. בקרב קבוצה זו הודגמה למידה, משום שההפרש בין אחוז ההשקעה במוצרים הריווחיים לעומת אחוז ההשקעה במוצרים הלא-ריווחיים הלך וגדל לאורך הסבבים.

מחקר זה מדגים כי מערכת מציאות רבודה יכולה לסייע לילדים בני 6 עד 8 ברכישת מיומנויות למידה והבנה מתמטיות, שהתבטאו בניסוי הנוכחי במושגי רווח והפסד. מגמת המעבר שבה אנו מצויים לשימוש בטכנולוגיות של מציאות רבודה, אשר תשפר את חיינו, לא תפסח גם על אחד התחומים החשובים בחינוך, תחום החינוך. מחקרי המשך צפויים לבדוק תחומים נוספים שבהם מערכת מציאות רבודה יכולה לסייע ללמידה, והאופן בו ניתן ליישם עקרונות אלו בתיכון מערכות לאימון ושיפור כישורים.

תודות

המחקר מומן בחלקו על ידי הוועדה לתכנון ותקצוב של המועצה להשכלה גבוהה.

מקורות

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185.
- Barfield, W. (2015). *Fundamentals of wearable computers and augmented reality*. CRC Press.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education—cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73–272.

- Cantlon, J. F., Libertus, M. E., Pinel, P., Dehaene, S., Brannon, E. M., & Pelphrey, K. A. (2009). The neural development of an abstract concept of number. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(11), 2217-2229.
- Cooperstock, J. R. (2001). The classroom of the future: Enhancing education through augmented reality. *Proceedings of HCI International*, pp. 688-692.
- Dede, C. (2008). Immersive interfaces for learning: Opportunities and perils [motion picture]. Available from *The President and Fellows of Harvard College*.
- Dougherty, C. (2003). Numeracy, literacy and earnings: evidence from the National Longitudinal Survey of Youth. *Economics of Education Review*, 22(5), 511-521.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Nabors Oláh, L., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77(1), 153-175.
- Marshall, P., Rogers, Y., & Hornecker, E. (2007). Are tangible interfaces really any better than other kinds of interfaces? In *CHI'07 workshop on tangible user interfaces in context & theory*.
- Van Krevelen, D. W. F., and Ronald Poelman. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75, 428-444.
- Webel, S., Bockholt, U., Engelke, T., Peveri, M., Olbrich, M., & Preusche, C. (2011). Augmented reality training for assembly and maintenance skills. In *BIO web of conferences* (Vol. 1, p. 00097). EDP Sciences.
- Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 4(1), 11.