

Passig, D., Tzuriel, D. & Eshel-Kedmi, G. (2013). *Ameliorating children's cognitive modifiability through mediated learning and Dynamic Assessment with 3D Immersive VR environments.*

Ameliorating children's cognitive modifiability through mediated learning and Dynamic Assessment with 3D Immersive VR environments

תקציר

הולכות ומתרבות העדויות לכך שגישת האבחון הדינמי תורמת רבות לקבלת משוב עשיר ומהימן יותר לגבי יכולתם הקוגניטיבית של ילדים (Tzuriel, 2001). במחקר הנוכחי, בחנו את יכולת ההשתנות הקוגניטיבית של ילדים באמצעות למידה במסגרת אבחון דינמי בסביבות ממוחשבות. מטרת המחקר הייתה לבדוק האם השימוש בתהליך אבחון דינמי בסביבות ממוחשבות שונות ובהן גם סביבות תלת ממד מטמיעות (immersive 3D virtual environment) ישקף בצורה טובה יותר את יכולת ההסקה האנלוגית לאורך זמן של הנבדקים ולא רק את ההישגים שלאחר הלמידה. במחקר זה נערך לראשונה, למיטב ידיעתנו, אבחון דינמי בסביבת מציאות מדומה. במחקר השתתפו 117 ילדים מכיתות א'-ב'. הנבדקים חולקו לארבע קבוצות: קבוצת ניסוי 1 בסביבת מציאות מדומה תלת-ממדית ומטמיעה (N=36) קבוצת ניסוי 2 בסביבת דו-מימד ממוחשבת (N=36), קבוצת ניסוי 3 בלוח וקוביות מעץ (N=24) וקבוצת בקורת 4 בלוח וקוביות מעץ (N=21). בכל קבוצות הניסוי בוצע שלב למידה באופן דומה ונערכה מדידה לפני ואחר-למידה. בקבוצת הביקורת נבדקו הביצועים הקוגניטיביים מבלי שבוצע שלב למידה.

הממצאים מצביעים על כך שהלמידה במסגרת האבחון הדינמי בסביבת המציאות המדומה תרמה להעצמת היכולת הקוגניטיבית של הנבדקים ושהאבחון הדינמי בסביבה זו שיקף במידה רבה יותר את פוטנציאל הלמידה בחשיבה אנלוגית של הנבדקים בהשוואה לאבחון דינמי בסביבת מחשב דו-ממדית ובסביבת לוח וקוביות עץ. הממצאים מצביעים גם על כך שהאבחון הדינמי במציאות מדומה היה אפקטיבי יותר עבור הנבחנים בהפנמה של העקרונות הקוגניטיביים שתווכו, כלומר ביכולת ליישם בפתרון בעיות מורכבות יותר. הביצועים במבחן ההעברה בקבוצת התלת-מימד היו גבוהים יותר בהשוואה לקבוצות האבחון הדינמי בסביבת הדו-מימד ובסביבה ללא המחשב.

מילות מפתח: אבחון דינמי, למידה מתווכת, שינוי קוגניטיבי, הסקה אנלוגית, מציאות מדומה.

מבוא

כושר ההשתנות הקוגניטיבי

במחקר הנוכחי יישמנו יחדיו מספר תיאוריות ובחנו את השפעתן על שיפור ההסקה האנלוגית של ילדים. להלן סקירה קצרה של עיקרי התיאוריות שיישמו במחקר. הראשונה היא תיאוריית כושר ההשתנות הקוגניטיבית-המבנית וההתנסות בלמידה מתווכת (Tzuriel, 2011; Feuerstein, Klein & Tennenbaum, 1991). ממנה נגזרת גישת האבחון הדינמי בה נקטנו במחקר הנוכחי. אחת הטענות המרכזיות בתיאוריה זו היא כי התפתחות תהליכים מנטאליים גבוהים קשורה בעיקר בהתנסות בלמידה מתווכת – (Mediated Learning Experience)

(MLE). לעומת זאת, החשיפה הישירה לחומרי למידה נתפסת לפי תיאוריה זו כמוגבלת לצרכים הבסיסיים של הילד מאחר והיא מושפעת ישירות מהגירויים בסביבתו הקרובה. בהתאם לתיאוריה, על מנת שהסביבה תתרום להתפתחות הילד, לא די בחשיפתו לגירויים אלה, אלא יש צורך גם במבוגר שיתווך בינו לבין סביבתו. המתווך ממקד את הילד ביחסים שבין הגירויים, בסדר הצגתם, במשמעותם ובקשר שיש ביניהם לבין התוצאות הצפויות. התווך מתבצע בתזמון המתאים לילד, בהקבצה ובארגון עולם הגירויים שלו, בסינון הגירויים הלא רלוונטיים ובהצבתם בקונטקסט המתאים. המתווך מעבד ומפרש את הסביבה בצורה המתאימה לילד ומעשיר את האינטראקציה בינו ובין סביבתו במרכיבים שאינם קשורים במצב המיידי אלא שייכים לעולם המשמעותי והכוונות, הנגזרות מעמדות ומערכים באופן המקדם למידה והתפתחות (Feuerstein, et al, 1980).

על פי תיאוריה זו אינטליגנציה מוגדרת כיכולתו של האורגניזם להשתנות, לנצל עקרונות ותבניות התנהגות שנלמדו בעבר לשם הסתגלות למצבים חדשים. לפי זה, התערבות קוגניטיבית בעזרת התנסות בלמידה מתווכת מביאה לשינוי במהלך הצפוי של התפתחות הפרט. המושג השתנות קוגניטיבית (cognitive modifiability) פירושו שינוי מבני שנוצר בעזרת התערבות המכוונת את היחיד לקליטת גירויים חיצוניים (Lidz, 1991; Tzuriel, 2000). על פי תיאוריית כושר ההשתנות הקוגניטיבי לא ניתן להעריך את פוטנציאל הלמידה על בסיס התנסויות למידה קודמות או על בסיס התוצר הסופי של התנסויות הלמידה הללו (הישגים), אלא צריך לשים את הדגש על תהליך הלמידה והערכת כושר ההשתנות השכלי.

אבחון דינמי

שיטת האבחון הדינמי מייצגת מגמה חדשה יחסית בהערכת פוטנציאל הלמידה והיא מוצעת כחלופה לאבחון הסטטי בהערכת היכולת הקוגניטיבית של הילד. האבחון הדינמי מתמקד בהתבוננות ובמידת יכולת ההשתנות הקוגניטיבית של הלומד בסיוע התנסות בלמידה מתווכת. הרעיון המרכזי בשיטה זו הוא להתבונן בשינוי שעובר הנבדק כמדד עיקרי לפוטנציאל הטמון בו ללמידה, וזאת לעומת האבחון הסטטי בו נמדדים ביצועי הנבדק ללא ניסיון להתערב (Tzuriel, 2001).

צוריאל הרחיב את גישת האבחון הדינמי לגישת אבחון בעלת מאפיינים ייחודיים לגיל הרך והגדיר את המאפיינים הייחודיים של האבחון הדינמי בהקשר לחומרי האבחון, תהליכי ההערכה ותהליכי התווך, המותאמים לשלב ההתפתחותי של אופרציות קונקרטיות בו נמצא הילד. בהתאם לכך הוא פיתח כלי אבחון דינמיים שונים להערכת פוטנציאל הלמידה בגיל הרך (Tzuriel, 2001). הגישה האבחונית אותה הוא פיתח היא אינטגרטיבית ומשלבת את ממדי המטלה, ממדי הלומד וממדי התווך. ממדי המטלה של המבחנים מבוססים על קריטריוני תוכן שהותאמו לגיל הרך, והם כוללים גירויים צבעוניים המכילים תמונות וקוביות עץ המאפשרים מניפולציה ומשחק. השינוי בהם הוא אינטגרטיבי והטעות אינה נתפסת כקבועה. רמות המורכבות ורמות ההפשטה נעים מדרגה נמוכה לגבוהה. מאפייני הלומד מתייחסים בעיקר לממדי חשיבה, ממדי הנעה וממדים רגשיים ואישיותיים המשפיעים על הילד בזמן האבחון, תוך לקיחה בחשבון של השלב ההתפתחותי בו הוא מצוי. ממדי התווך מתייחסים לממדים הראשוניים של הלמידה המתווכת המופעלים באופן שכיח באבחון הדינמי. לפי צוריאל, על הבוחן להיות קשוב לצורכי הילד, להתאים את טון הדבור ותנועות הגוף שלו למצב

הילד ולהתאים את סגנון התקשורת שלו לרמת ההפשטה בה הילד נמצא. לכן, רמת ההפשטה של הבעיות המוצגות לילד גדלה בהדרגה בכלי האבחון אותם הוא פיתח.

בגישתו של צוריאל לאבחון דינמי בגיל הרך יש שתי גרסאות מדידה. האחת גרסה קלינית-חינוכית בה מעריכים את הבצוע של הילד באופן איכותי בממדים שונים של תהליך הלמידה. בגרסה השנייה, גרסת מדידה/מחקר, המבחן מועבר בשלושה שלבים: קדם-למידה, למידה ואחר-למידה. בשלב הלמידה הילד מקבל תווך לפתרון וללמידת אסטרטגיות שונות. המחקר הנוכחי בוצע בגישת מדידה/מחקר. בשתי גרסאות המדידה מתקיים שלב ראשוני (preliminary) שמטרתו להכיר לנבחן את ממדי המבחן ועקרונות פתרון הבעיות וכן לקבוע האם הנבחן מוכן לעבור לשלב הבא של הצגת הבעיות. במבחנים קיים גם שלב העברה בו נבדקות בעיות רחוקות במימד אחד או יותר מבעיות המקור שתוכן. מידת ההצלחה בפתרון בעיות ההעברה מציינת עד כמה הפנים הנבחן את הלמידה ואת עקרונות הפתרון שלמד לבעיות שונות מבעיות המקור ומהווה סמן חשוב לכושר ההשתנות הקוגניטיבי שלו (Tzuriel, 2001). סוגיית ההעברה נבדקה גם היא במחקר הנוכחי.

לאורך השנים נערכו מחקרי אבחון דינמי בגיל הרך על מנת לבסס את כלי האבחון הדינמי ולהוכיח את יעילותם ככלי ניבוי ליכולת למידה (Tzuriel & Kaufman, 1999). פחות נבדקו היבטי אבחון דינמי בסביבת מחשב. על כן השאלה שביקשנו לבחון במחקר זה הייתה עד כמה תהליך של למידה במסגרת אבחון דינמי בסביבה ממוחשבת יתרום באופן דיפרנציאלי להשתנות הקוגניטיבית של הילדים ביחס לתהליך אבחון המתקיים בסביבת אבחון רגילה (לא בסביבת מחשב).

אבחון דינמי בסביבת מחשב

ייחודו של המחקר הנוכחי הוא בניסיון להבין את השפעותיו של תהליך למידה המתקיים במסגרת אבחון דינמי בסביבת מחשב ובמיוחד בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה (3D Immersive Virtual Reality) על ביצועים קוגניטיביים של ילדים בחשיבה אנלוגית.

ממחקרים רבים עולה כי סביבות ממוחשבות תורמות ומפתחות כישורי חשיבה מגוונים בקרב ילדים (Clements & Samara, 2002) וכי שתרגול כשרים קוגניטיביים בסביבת מציאות מדומה תורם במיוחד לשיפור הביצועים הקוגניטיביים (Passig & Edan, 2000; 2002; Edan & Passig, 2007; Passig & Miler, 2014).

ההתנסות בסביבת מציאות מדומה מתאפיינת בתחושות היטמעות (immersion) ונוכחות (presence) המאפשרות למשתמש לחוש כאילו הוא חלק מהסביבה בה הוא פועל. ניתן גם להציג בעולם הוירטואלי מושגים מופשטים בהדמיות מוחשיות ונקודות מבט חדשות שאינן מתאפשרות בעולם האמיתי. הערכנו כי מאפיינים אלה יתאימו לאופי הקונקרטי של חומרי האבחון הדינמי בגיל הרך ולתהליכיו, והם יכולים להוות פלטפורמה מעצימה בתהליך הלמידה והאבחון ובתהליך גישור העקרונות שיילמדו.

לפיכך, במחקר הנוכחי, בדקנו את פוטנציאל ההשתנות הקוגניטיבית של הלומד, באמצעות ההתנסות בלמידה במסגרת אבחון דינמי בסביבות שונות ובעיקר בסביבות ממוחשבות ובסביבות תלת-ממד. שילוב זה של משתנים הוא נדבך נוסף בהבנת תרומת המציאות המדומה בתהליך למידה של פתרון בעיות חשיבה מסוג אנלוגיות.

במחקר בדקנו את השפעת תהליך הלמידה במסגרת האבחון הדינמי בסביבה תלת-ממדית מטמיעה, בסביבת מחשב דו-ממדית, ובסביבה ללא מחשב על השתנות קוגניטיבית בחשיבה אנלוגית. שיערנו כי ההשתנות הקוגניטיבית של ילדים בתהליך אבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה תהיה גבוהה יותר מאשר בסביבת מחשב דו-ממדית, בסביבה ללא מחשב ומאשר בקבוצת הביקורת.

מבחן העברה

מאפיין חשוב במחקר הנוכחי הוא בדיקת העברה של העקרונות שנלמדו בתהליך הלמידה בשלב האבחון הדינמי לפתרון בעיות קשות יותר. העברה היא שימוש יעיל ומנומק בעקרונות, יחסים ואסטרטגיות בעת ביצוע משימה הנתפסת על ידי המעביר כקשות באופן מובהק מהמשימות שבמסגרתן הם נלמדו. בדרך כלל תהליך ההעברה מכיל שלושה שלבים: (א) רכישה – בשלב זה הלומד מבצע בהצלחה את המשימה בה הוא תורגל, (ב) העברה – בשלב זה הלומד חוזר על ההתנהגות שנרכשה ללא עזרה בתנאים שונים מאלה שבהם נעשתה הרכישה, (ג) שמירה – בשלב זה הלומד משמר את הרכישה ואת ההעברה זמן רב לאחר האימון. Perkins & Salomon (1989) הציעו הבחנה בין שני סוגי העברה: *העברה בדרך תחתית והעברה בדרך עלית*. העברה בדרך תחתית היא העברה אוטומטית וספונטנית של מיומנויות שתורגלו היטב. היא מופיעה על ידי זרז התנהגותי שנלמד היטב בעבר בקונטקסט חדש. בהעברה בדרך תחתית, מיומנות קוגניטיבית כלשהי נלמדת ומתורגלת בהקשרים שונים ומגוונים ובשל מגוון ההקשרים היא נעשית אוטומטית וגמישה למדי. לאחר מכן, בהקשר אחר, די בדמיון כלשהו בין הגירוי לבין מאפייני ההקשר הקודם כדי לעוררה. החוקרים מדגישים כי תרגול בהקשרים מגוונים ורחבים שיש ביניהם זיקה הדדית, יאלץ את המיומנות קוגניטיבית להתאים עצמה בדרכים מתוככמות לכל אחד מההקשרים האלה. כך לדעתם מושגת הרחבה ניכרת של היכולת הקוגניטיבית המתנתקת בהדרגה מההקשר המקורי שלה ונעשית זמינה יותר בהקשרים אחרים.

במחקר הנוכחי, הנחנו כי ההתנסות של הנבחן באבחון דינמי בסביבות שונות במחשב ובקוביות עץ תשפיע לא רק על ביצועיו בעת האבחון, אלא תשתמר ותבוא לידי ביטוי גם במועד מאוחר יותר. כלומר, האבחון הדינמי יאפשר לנו להעריך את פוטנציאל הלמידה במבנה של מבחן לפני ואחר-למידה ומבחן העברה לאחר שבועיים.

היבט נוסף בו נחקר מושג ההעברה נוגע לקשר שבין השימוש בטכנולוגיות ממוחשבות לבין השיפור בכישורים קוגניטיביים לאורך זמן וללא הטכנולוגיה. חוקרים אחדים (Pea, 1987; Salomon, Perkins & Globerson, 1991) ערכו הבחנה בין שני תהליכים בהם טכנולוגיות משפיעות על קוגניציה לאורך זמן. האחד מכונה Effect With Technology והשני Effect Off Technology.

התהליך הראשון נוגע לשינויים החלים בביצועים של המשתמש במהלך האינטראקציה עם הטכנולוגיה ולכן הוא מכונה "האפקט עם הטכנולוגיה". בתהליך זה השינוי מתרחש במהלך השותפות האינטלקטואלית של המשתמש עם הטכנולוגיה המשפיעה על מה שהאדם עושה, כיצד הוא עושה זאת ומתי. לדעת החוקרים הללו, ניתן לחלק טכנולוגיות באופן כללי למכונות העובדות עבורנו ולמכונות שעומדים לנו עליהם. לדוגמה מנוע ושעון עובדים עבורנו. לעומת זאת עפרון ומצלמה דורשים את ההפעלה האקטיבית שלנו וללא הפעלה זו כמעט ואינם עושים דבר. טכנולוגיות אלה מייצרות עימנו שותפויות שבעיקרן הן אינטלקטואליות. השותפות עם כלי המחשב כוללים שלושה מרכיבים המצויים בכל שותפות אנושית: חלוקת עבודה, תלות הדדית והתפתחות לאורך זמן.

Pea (1987), מציעה לכנות כלי מחשב המאפשרים לייצר שותפות אינטלקטואלית בשם כלים קוגניטיביים. כלים אלה מאפשרים למשתמש לתפקד ברמה קוגניטיבית המרחיבה את גבולות היכולת של המערכת הקוגניטיבית שלו. השותפות האינטלקטואלית עם הכלים הממוחשבים יכולה לשנות את היחס בין מידת הידע הראשוני הקיים אצל האדם לבין הידע החדש שנבנה אצלו.

התהליך השני של השפעת הטכנולוגיה על היכולת האינטלקטואלית של המשתמש קשור לשינויים החלים ביכולות הקוגניטיביות של המשתמש כתוצאה מהאינטראקציה עם הטכנולוגיה. אפקט זה מכונה על ידי החוקרים "אפקט בריחוק מהטכנולוגיה" (Effect Off Technology). כלומר, השותפות האינטלקטואלית עם הכלי הממוחשב משאירה חותם העברה קוגניטיבי ביכולות קוגניטיביות שונות, כגון ביכולת הכללה, בויסות עצמי וכדומה. יכולות משופרות מסוג זה ישרתו את הלומד במצבים שונים ואף יסייעו לו באינטראקציות עם כלים ממוחשבים נוספים. האפשרות של חותם העברה קוגניטיבית מבוססת על ההנחה שמיומנויות חשיבה המופעלות בזמן הפעילות עם הכלי האינטלקטואלי או מופעלות בעקיפין על ידו מתפתחות ומועברות במצבים שונים ממנו או לפחות דומים לו.

הבעיה שהתעוררה לאורך השנים בבדיקת יכולת ההעברה כאשר הלמידה נערכה בעזרת טכנולוגיה היתה לא פשוטה. כאשר הטכנולוגיות היו ישנות יחסית, כצפייה בטלוויזיה וכתיבה, שהן נפוצות ונוכחותן קשורה לגורמים סוציולוגיים רבים, קשה היה לבצע בעזרתן "ניסויים נקיים" שיוכיחו שההעברה התרחשה בגללן. לחילופין, קשה היה לערוך מחקרים בטכנולוגיות חדשות לנחקרים כדי לבחון את השפעתן על העברה באופן מובהק. המחקר הנוכחי בו נעשה שימוש בטכנולוגיה חדשה יחסית זימן לנו את האפשרות לבחון את יכולת ההעברה באופן מובהק. שיערנו כי ציוני הבצועים הקוגניטיביים של ילדים בפתרון בעיות במבחן ההעברה יהיו גבוהים יותר לאחר למידה בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה לעומת ציוני הביצועים לאחר למידה בסביבת מחשב דו-ממדית, בסביבה ללא מחשב ובקבוצת הביקורת.

חשיבה אנלוגית ואבחון דינמי

היבט תיאורטי נוסף אותו כללנו במחקר נוגע להתפתחות יכולת ההסקה האנלוגית של ילדים בגיל הרך. ביקשנו לבחון את ההשתנות הקוגניטיבית ביכולת ההסקה האנלוגית כאשר טכנולוגיות שונות מעורבות בתהליך הלמידה והאבחון. בחרנו בחשיבה אנלוגית משום היותה מרכזית בהתפתחותם הקוגניטיבית של ילדים. חשיבה אנלוגית היא אסטרטגית חשיבה המאפשרת לילדים להסיק מסקנות לגבי תופעות חדשות (Holyoak, 2004). במחקרים שונים נמצא כי תינוקות מראים יכולת לפתור בעיות אנלוגיות בגיל שנה וחצי אך הם לא מגיעים לרמת יכולת גבוהה עד הגיעם לבגרות (Richland, Morrison & Holyoak, 2006). בעוד הדעה הרווחת היא כי היכולת האנלוגית חשובה להתפתחות הקוגניטיבית של הילדים, קיימת אי הסכמה לגבי המכניזם של התפתחות ההיסק האנלוגי.

לאורך השנים הוצעו מספר תיאוריות והסברים בנושא זה. שתי גישות תיאורטיות מרכזיות העוסקות בהתפתחות ההיסק האנלוגי אצל ילדים הן התיאוריה המבנית של פיאזה (Piaget & Inhelder, 1969) המתבססת על שלבי התפתחותו של הילד ותיאוריית עיבוד המידע של סטרנברג (Sternberg, 1977) המתמקדת במרכיבים שונים של עיבוד מידע.

בהתאם לפיאז'ה היכולת להסיק לגבי יחסים מתחילה להתפתח סביב גיל שבע שנים. בגיל זה מתחילים הילדים לפתור בעיות המצריכות מיון לקבוצות. היכולת למיין לקבוצות מצביעה על היכולת להבין את הקשר בין עצמים בקבוצה, וממנה מתפתחת היכולת לבנות יחסים חדשים בין עצמים אלה, כלומר להתמודד עם הסקה מהסדר הגבוה (higher order relational reasoning) ולהבין את עקרון הזהות בין היחסים (הבנת זהות בין היחס המקשר את מונח א' ל- ב' ליחס המקשר בין ג' ל-ד'). לפי פיאז'ה תהליך ההסקה האנלוגית מהסדר הגבוה מתרחש בתקופת האופרציות הפורמאליות בגילאים 11-12. בגיל צעיר יותר הילדים חושבים על יחסים באנלוגיה במונחים של זה אחר זה, באופן שהם בוחרים ביחס אחד כדי לקשר בין מונח א' ל ב' של האנלוגיה, וביחס אחר כדי לקשר בין המונחים ג' ו-ד' של האנלוגיה. היסק מסוג זה נקרא היסק מהסדר הנמוך (lower order relational reasoning). על פי תפיסה זו יחסים מהסדר הגבוה דורשים רמת היסק גבוה יותר לעומת יחסים מהסדר הנמוך.

כביקורת לגישתו של פיאז'ה התפתחו שתי גישות תיאורטיות (derivative theories) הנגזרות מהתיאוריה המרכזית שלו. הראשונה היא של Goswami (1992) הנקראת The Relational Primacy Theory. על פי גישה זו, הקושי לפתור אנלוגיות הוא בשל קושי להבין את היחסים בין המונחים ולא בשל הקושי להתמודד עם תהליך ההיסק. ההנחה היא שיכולת ההסקה האנלוגית היא יכולת הקיימת כבר מגיל צעיר אלא שהיא גדלה ככל שהידע האישי שאנו צוברים לגבי יחסים רלוונטיים מתרחב. המעבר להבנת יחסים על פי תיאוריה זו אינו תלוי בגיל הילד אלא בידע שלו.

הגישה השנייה היא גישת ה- Relational Shift לפיה החשיבה האנלוגית מתאפשרת אצל ילדים כאשר מתרחש שינוי בחשיבה הקרוי מעבר ביחסים. הילדים מפרשים אנלוגיה תחילה במושגי דמיון בין עצמים ו/או מאפיינים. בפתרון בעיות בחשיבה אנלוגית מאפיין זה בא לידי ביטוי בתדירות גבוהה יחסית של טעויות שהמאפיינים שלהן הוא דמיון בין עצמים. מרכיב זה הולך ופוחת ככל שעולה גיל הילדים, ובהדרגה הם עוברים להערכה על בסיס יחסים (Gentner, 1996).

הגישה התיאורטית השנייה בהתפתחות ההסקה האנלוגית הנובעת מגישת עיבוד המידע היא מודל הרכיבים של סטרנברג (Sternberg, 1977). סטרנברג זיהה את המרכיבים העומדים בבסיס ההסקה האנלוגית ותיאר רצף תהליכים בלתי תלויים המונה חמישה שלבים: 1. קידוד (encoding) – תהליך המתייחס לזיהוי המונחים הרלוונטיים באנלוגיה ושמירתם בזיכרון; 2. הסקה (inference) – תהליך המתייחס לגילוי היחס בין המונחים א' ל-ב' ושמירתם בזיכרון; 3. מיפוי (mapping) – תהליך המתייחס לגילוי היחס המקשר בין מונחים א' ל-ג' באנלוגיה; 4. יישום (application) – תהליך המתייחס לזיהוי היחס הקיים בין א' ל-ב', וליישום היחס ל-ג', ולכל אחת מהאפשרויות של ד'. 5. מתן תשובה (response) – תהליך המתייחס לבחירת התשובה הנכונה. במחקרים שונים נמצא כי עם העלייה בגיל הנבדקים התקצר משך הבצוע של כל אחד מהרכיבים.

אחד הדברים המעניינים העולים ממחקרים שנערכו בגישת האבחון הדינמי בעשור האחרון הוא כי ילדים מצליחים לפתור בעיות אנלוגיות ברמה הרבה יותר גבוהה לאחר שלב למידה קצר ואינטנסיבי, זאת יותר ממה שניתן היה לצפות לגבי ילדים בגילים (Tzuriel, 2000, 2001, 2007). במחקרים אחרים, בהם נבדקה התפתחות היכולת האנלוגית של ילדים, נמצא כי תווך בחשיבה אנלוגית המותאם לילדים, המבוסס על יחסים מוכרים

ו/או על אמצעים קונקרטיים חזותיים תלת-ממדיים, בעלי אופי משחקי ותוך התנסות בלמידה פעילה, סייע לילדים צעירים להצליח בפתרון בעיות בחשיבה אנלוגית (Richland et al, 2006). עוד נמצא כי לימוד מוקדם של חשיבה אנלוגית אצל ילדים, סייע בשימוש ספונטני באנלוגיות לפתרון בעיות לא רק סמוך למועד הלמידה אלא גם בא לידי ביטוי עד מספר שבועות לאחר מכן לעומת קבוצת בקורת שלא עברה לימוד מוקדם (Tunteler & Resing, 2007). כלומר, תהליך למידה שיטתי של פתרון בעיות בחשיבה אנלוגית נשמר לאורך זמן.

במחקרים שנערכו בגישת האבחון הדינמי החוקרים הבחינו בין אנלוגיות תפיסתיות (perceptual) לאנלוגיות מושגיות (conceptual). אנלוגיות מושגיות מבטאות יחסים סמנטיים בין עצמים מוכרים ועל כן נדרש ידע מוקדם על מנת לפתור אותן, בעוד שאנלוגיות תפיסתיות מבטאות יחסים חזותיים בין עצמים מוכרים כגון צבע, גודל, מיקום וכדומה. באנלוגיות תפיסתיות המידע הרלוונטי נמצא בבעיה ואין צורך לשלוף אותו מן הזיכרון. אנלוגיות מושגיות לעומת זאת מבוססות על רמת עיבוד גבוהה יותר של מרכיבים. הן מופשטות יותר ונדרשת עבור פתרון הבנה גבוהה יותר במושגים, בעקרונות וביחסים. בעוד ששני סוגי האנלוגיות כוללים זיהוי ומיפוי של רמזים תפיסתיים המצויים באנלוגיה, האנלוגיה המושגית דורשת גם הפשטה של היחסים בין א' ל-ב' ויישומם ל-ג' ו-ד'. במחקר שנערך על ידי Tzuril (2007) נבדק אפקט ההעברה של אימון בסוג אחד של אנלוגיות (מושגיות או תפיסתיות) על הבצוע בסוג השני של האנלוגיות. אחת מהמסקנות במחקר היתה כי אימון באנלוגיות מושגיות מועבר גם לאנלוגיות תפיסתיות בעוד שאימון באנלוגיות תפיסתיות, בגלל אופיין הקונקרטי, אינו מספק לילד עקרונות מופשטים ומוכללים המאפשרים לו להעביר את הלמידה לתחום של אנלוגיות מושגיות.

במחקר הנוכחי, ערכנו אבחון דינמי באנלוגיות תפיסתיות ופתרון בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה. פוטנציאל הלמידה של הנבחן נמדד לפי כושרו להשתמש בעקרונות שלמד לפתרון בעיות ההולכות ונעשות מורכבות יותר מהבעיות שבאמצעותן הוקנו לו העקרונות. הנחת היסוד במחקר הייתה כי ההתנסות בלמידה במסגרת אבחון דינמי בסביבות שונות תשקף טוב יותר את פוטנציאל הלמידה בחשיבה אנלוגית, וכי השימוש במבחן הדינמי יסייע לנו במדידה מדויקת יותר של היכולת האנלוגית ולא רק של ההישגים. עוד הנחנו כי המציאות המדומה היא סביבה אשר מתאימה לשמש כסביבה להערכת יכולת קוגניטיבית, וכי הלמידה בסביבה התלת-ממדית והמטמיעה תהיה אפקטיבית יותר בהפנמה של האסטרטגיות לפתרון בעיות אנלוגיות שתוכן, כלומר ביכולת ליישמן בפתרון בעיות מורכבות יותר. למעשה ביקשנו לבדוק אם האבחון הדינמי במציאות מדומה יאפשר לילדים לבטא טוב יותר את יכולתם הקוגניטיבית.

שיטה

נבדקים

במחקר השתתפו 117 ילדי כיתות א'-ב' בטווח גילאים בין שש וחצי עד תשע שנים כאשר הממוצע הוא 90.00 חודשים ($SD = 6.88$). התלמידים נדגמו משני בתי ספר יסודיים שנבחרו בצורה מזדמנת. לא נכללו במחקר ילדים שאובחנו כבעלי קשיי למידה על מנת לקבל קבוצות הומוגניות בכל אחת מת-קבוצות המחקר ולמנוע הטיה של ילדים לקויי למידה.

לקראת המחקר פנינו להורים מכל כיתות א-ב של שני בתי הספר באמצעות מכתב ובו ביקשנו מהם לאשר את השתתפות בנם/בתם במחקר באחת מקבוצות המחקר שייעדנו את ילדם אליה (בקורת ללא מחשב, קוביות עץ- ללא מחשב, סביבת מחשב דו-ממדית, סביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה). המחקר אושר עלי ידי המדען הראשי של משרד החינוך הישראלי וועדת האתיקה כנדרש. מתוך 167 הורים שקיבלו פנייה לאישור השתתפותו של ילדם במחקר, הביעו הסכמתם 128 הורים. לא השתתפו ילדים שלא התקבל אישור מהוריהם. אחוז הסיורב שהתקבל בכל קבוצה היה דומה. מתוכם פרשו בתחילת תכנית האבחון 11 ילדים שהביעו חוסר רצון להשתתף על אף הסכמת הוריהם. לפיכך, המספר הסופי של הנבדקים במחקר היה 117 ילדים. בהם 61 בנים ו-56 בנות. להלן התפלגות ארבע הקבוצות על פי מגדר.

טבלה 1. התפלגות קבוצות המחקר על פי מגדר.

באופן כללי נראה היה שמספר הבנים גדול במקצת ממספר הבנות, 52.1% לעומת 47.9%. ניתוח χ^2 לא הצביע על הבדל מובהק בין הקבוצות $\chi^2 = .75, df = 1, ns$.

במחקר נבדק גם גיל הילדים והשכלת ההורים. במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים בין הקבוצות במאפיינים אלה, נעשו ניתוחי שונות חד-כיווניים. התוצאות מפורטות בטבלה 2.

טבלה 2. ניתוח שונות חד-כיווני של הקבוצות על פי גיל והשכלת הורים.

כפי שניתן לראות בטבלה 2, לא מצאנו הבדלים מובהקים בין ארבע קבוצות המחקר מלבד בהשכלת האב. בניתוחי השוואה בזוגות על פי Scheffe נמצא הבדל מובהק רק בין קבוצת ניסוי 3 (קבוצת הקוביות), בה רמת ההשכלה של האב הייתה נמוכה יחסית לבין קבוצת ניסוי 1.

יש לציין כי עקב מיקוד המחקר באבחון דינמי בסביבת מחשב הוחלט בשלב תכנון קבוצות המחקר כי קבוצות האבחון בסביבת מחשב יהיו גדולות יותר משתי הקבוצות האחרות.

כלי המחקר

במחקר זה השתמשנו בכלים לאבחון דינמי בחשיבה אנלוגית CMB-AN בשלוש וריאציות: בייצוג שולחני (לוח וקוביות), בייצוג ממוחשב דו-ממדי (ממשק עכבר ומסך) ובייצוג תלת-ממד (ממשק מציאות מדומה). להלן פירוט כלי המחקר.

תת-מבחן אנלוגיות מתוך סוללת כושר השתנות קוגניטיבי

מבחן האנלוגיות בו השתמשנו נלקח מתוך סוללת כושר השתנות הקוגניטיבי (Cognitive Modifiability Battery-Analogies – CMB-AN שפותח על ידי Tzuril (1995). מטרת המבחן היא להעריך את כושר ההשתנות הקוגניטיבי בחשיבה אנלוגית אצל ילדים צעירים. המבחן מיועד לילדים בכיתות א'-ד' וילדים בגיל

הגן אך הוא מתאים גם לילדים בכיתות ה'–ח' בעלי קשיי למידה. הסוללה כוללת שבעה תתי-מבחנים העוסקים בפונקציות קוגניטיביות שונות, המתאימים להליך אבחון דינמי ולהליך התערבות. הליך האבחון מבוסס על תיאוריית כושר ההשתנות הקוגניטיבי וההתנסות בלמידה מתווכת של פוירשטיין (Feuerstein, et al., 1980) שהותאמה ליישומים עם ילדים (Tzuriel, 2000).

בתחילת כל תת-מבחן מתקיים שלב פרלימינארי בו מכינים את הנבחן לאבחון. ההכנה מתבצעת על ידי הכרת ממדי המבחן וכללים בסיסיים של פתרון הבעיה. בשלב זה מעודדים את הילד לפתור בעיות בהשוואה לרוחב השורה (משמאל לימין) ולאורכה (מעלה מטה).

המבחן בנוי מלוח עץ בגודל 18x18 ס"מ המכיל 9 חלונות המסודרים בפורמט 3x3 ו-64 קוביות עץ בארבעה צבעים (צהוב, כחול, אדום וירוק). בכל צבע 4 גבהים (2 ס"מ, 3 ס"מ, 4 ס"מ ו-5 ס"מ). הבוחן מניח את הקוביות בחלונות על מנת ליצור את הבעיה האנלוגית.

במבחן האנלוגיות פתוחים ארבעת החלונות המצויים בקודקודי הלוח. הבוחן מניח את הקוביות בשלושה מתוך ארבעת החלונות ומבקש מהילד להשלים את הקוביות בחלון הרביעי. הבעיות מוצגות לבוחן בחוברת בעיות ולנבחן בפורמט קוביות עץ (תלת-מימד). סדר הנחת הבעיה הוא חלון ימני עליון, חלון שמאלי עליון חלון שמאלי תחתון כאשר החלון הריק הוא החלון הימני התחתון. תת-מבחן האנלוגיות כולל שני חלקים: בעיות אבחון ובעיות העברה. בעיות האבחון מחולקות לשלושה חלקים: לפני-למידה, למידה, אחר-למידה. בכל חלק 14 בעיות כאשר הבעיות מקבילות. בעיות ההעברה כוללות 9 בעיות לכל שלב. מטרת בעיות ההעברה היא להעריך את מידת ההפנמה של העקרונות לפתרון בעיות בחשיבה אנלוגית שנלמדו בשלב האבחון בבעיות שהולכות ונהיות מורכבות יותר. במחקר הנוכחי נערך שימוש בכל פרקי המבחן.

הבעיות במבחן מבוססות על מימדי צבע, גובה, מספר ומיקום (דוגמא באיור 1 – בעיה מספר 14 משלב אחר-למידה). המבחן כולל בעיות בשלוש רמות קושי הנגזרות ממספר המימדים אותם מכילה הבעיה. הבעיות מאורגנות מן הקל אל הכבד. מספר הממדים המשתנים גדל כאמור בהדרגה כאשר ממד המיקום נחשב כקשה מכולם.

איור 1. בעית אנלוגיה משלב אחר-למידה (AN14-A)

בעיות ההעברה מורכבות יותר מבחינת מספר מימדי המבחן שהן כוללות (גובה, מיקום, צבע וכמות) ומבחינת רמת ההפשטה הנדרשת בהן. כמו כן, לחלק מהן מתווספת מורכבות נוספת לפיה חלה טרנספורמציה ביחס שבין חלון שמאלי עליון לחלון שמאלי תחתון (היחס בין מונחי א-ג של אנלוגיה) בנוסף לטרנספורמציה בין חלון שמאל עליון לחלון ימני עליון (היחס בין מונחי א-ב של אנלוגיה).

במחקר הנוכחי ניהלנו את מבחן ההעברה בשיטת האבחון הסטטי שכלל 14 בעיות ללא שלב למידה. דוגמא לבעיית העברה (TR8-A) מובאת באיור 2.

במהלך האבחון מבוצעים שלב לפני-למידה, שלב למידה ושלב אחר-למידה. שלבים אלו מאפשרים את הערכת הביצועים הקוגניטיביים של הילד. הבוחן מניח את הבעיה כאשר לילד מותר לצפות בתהליך בניית הבעיה. בשלב לפני-למידה לא ניתן תווך, פרט למתן הוראות לפי הצורך, הנוגעות לנטיית הילד לאימפולסיביות, כגון: "הסתכל לשני הכוונים", "אל תמהר", "בדוק בשנית" וכדומה. בשלב אחר-למידה מטרת המבחן היא להעריך את רמת הבצוע האחרונה של הילד בהשוואה לביצועיו טרם הלמידה. גם בשלב זה לא ניתן תווך. רמת השיפור מהווה אינדיקציה ליכולת ההשתנות של הילד בעתיד.

בין מדידת הלפני ואחרי מתבצע כאמור שלב הלמידה. המטרה בשלב הלמידה היא ללמד את הילד כיצד לחפש אחר המימדים הרלוונטיים לבעיה, להבין את חוקי הטרנספורמציה של האנלוגיות, לחפש באופן שיטתי אחר הקוביות המתאימות ולשפר את יעילות הבצוע ובמיוחד את הצורך בדיוק בכל הקשור בגובה ובמיקום הקוביות. אסטרטגית התווך כוללות גם מיקוד לא-ורבלי, שיום, אינטונציה ריתמית של התכנים ולימוד ישיר של חוקי מיון וטרנספורמציה.

במהלך האבחון נקטנו בשתי גישות עיקריות ללימוד האנלוגיות: אנליטית וטרנספורמטיבית. על פי הגישה האנליטית כל מימד מנותח בנפרד כך שעל הילד להחליט בנפרד לגבי הצבע, הגובה, המספר והמיקום. האינטגרציה של המימדים מתרחשת לאחר שהילד זיהה בהצלחה כל אחד מהמימדים בנפרד. לעיתים נעשה שימוש בדרך של האנשת הקוביות, לדוגמא, אומרים לו כי קובייה אדומה חברה עם צהובה. על פי גישת הטרנספורמציה מלמדים את חוקי ההעברה של היחסים בין הקוביות. למשל, אומרים לו: בחלק העליון הקובייה האדומה הופכת לירוקה. הצבע אם כן משתנה וכל יתר המימדים נשארים אותו דבר. לפי זה יש להעביר את אותו יחס לחלק התחתון (הבוחן מצביע על הקובייה השמאלית התחתונה). במחקר שלנו נקטנו בשתי הגישות בהתאמה לתגובות הילדים ולאופי הבעיה.

הציינון נרשם על דף תשובות המחולק לשלושה חלקים: לפני למידה, אחר-למידה והבצועים בשלב הלמידה. ציוני לפני-ואחר-למידה שימשו לצורך ניתוח הביצועים הקוגניטיביים של הנבחן ומהם הורכב מדד ציון האנלוגיות לפני-ואחר-למידה. בשלב הלמידה הבוחן רושם הערות איכותיות של תהליך הלמידה. לכל תשובה ריבוע המחולק לארבע בו רושם הבוחן את תשובתו של הנבחן באמצעות אות המייצגת את הצבע (Red, Blue, Yellow, Green) ומספר המייצג את גובה הקובייה (1, 2, 3, 4). בניתוח תוצאות המחקר הנוכחי השתמשנו בציוני לפני ואחר-למידה בלבד, לא השתמשנו בהערות האיכותיות של הבוחן.

הציינון במחקר הנוכחי בשלב האבחון הדינמי ובמבחן ההעברה בוצע בגישת מדידה/מחקר שכלל שתי שיטות ציינון: הכול או לא-כלום, וניקוד חלקי. לפי שיטת הכול או לא-כלום ניתן ציון כאשר כל המימדים של התשובה נכונים (צבע, גובה, מספר ומיקום). סה"כ הציון עבור כל שלב הוא 14 נקודות. בשיטת ציינון זו הפקנו את מדד ציון האנלוגיות לפני-ואחר-למידה. בשיטת הניקוד החלקי הציינון הוא עבור כל אחד מהמימדים: צבע, גובה, מספר ומיקום. עבור כל תשובה נכונה במימד הנבחן מקבל נקודה אחת. בשיטת ציינון זו הפקנו את

מדד ציון הביצועים בכל אחד מהמימדים. הציון המלא על פי שיטת הניקוד החלקי הוא 56 נקודות. היתרון בהערכת הנבחן בשתי שיטות הציון הוא בכך שהפער המתקבל בין שני הציונים מצביע על קשיים ביכולת האינטגרציה של המימדים בפתרון הבעיה (Tzuriel, 2001). מן המבחן הופקו שלושה מדדים: לפני-למידה, אחר-למידה, וציון העברה. למבחן בפורמט הקוביות נמצאה מהימנות קרונבך-אלפא של 0.83 ו-0.78 לפני-למידה ואחר-למידה, בהתאמה (Tzuriel, 2000).

מבחן אנלוגיות ממושב

עיבדנו את מבחן האנלוגיות הני"ל (CMB-AN) לפורמט דיגיטלי כך שאפשר יהיה להריצו על גבי מחשב בצורת מולטימדיה דו-ממדית (ממשק עכבר ומסך) ובצורת עולם וירטואלי תלת-ממדי ומטמיע (Head Mounted Display – HMD interface).

בעקבות תוצאות מחקר מקדים שערכנו, בו התמקדנו בבדיקת הקשיים בהתנסות באבחון דינמי בשתי הסביבות הממוחשבות ובבדיקת תגובות הילדים לסביבות אלה, שיפרנו את כלי האבחון הממוחשבים בהיבטי חומרה ותוכנה. בנוסף גובש תהליך הכרות מובנה של הילד עם הסביבה הממוחשבת טרם התחלת המבחן. תהליך ההיכרות ארך כ-10 דקות וכלל את הנושאים הבאים: אוריינטציה במרחב הווירטואלי (למעלה למטה ימינה שמאלה וסיבובים), הכרות והסתגלות ל-HMD, בחירת קוביות ממחשן הקוביות והזזתן במרחב עד להצבתן על גבי הלוח, תרגול תנועה ותפעול פונקציות במרחב הווירטואלי באמצעות העכבר (תמונה 1).

תמונה 1. ילדה מתנסה בממשק עם סביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה ו-HMD

עולמות וירטואליים

המסך הראשון ממנו התחיל הליך האבחון הדינמי הכיל לוח מרובע שטוח בצבע אפור שבכל אחת מקצוותיו היה ריבוע שחור (להלן חלונית). בתוך החלונית היו מוצבות הקוביות הצבעוניות בהתאם לבעיה. בחלקו הקדמי של הלוח מצוין חץ המהווה נקודת ייחוס קבועה לצד הקדמי של הבעיה (הצד הקרוב לנבחן, בתחתית המסך) ולנקודת הפתיחה שלה (איור 3).

איור 3: מסך הכניסה לעולם הווירטואלי בסביבה הממוחשבת הדו-ממדית והתלת ממדית.

מצד ימין עליון של המסך היה מצוי מחשן הקוביות המיוצג באמצעות מלבנים בארבעת הצבעים של קוביות המבחן (כחול, ירוק, אדום, צהוב) המסודרים זה לצד זה ובארבעה מלבנים בכל צבע המייצגים את ארבעת הגבהים מהגבוה לנמוך המסודרים האחד מתחת לשני (סה"כ 4x4 קוביות). מאחר ובמחשן הקוביות של המבחן המקורי 64 קוביות, בעולם הווירטואלי קיימת האפשרות על ידי לחיצה על הקובייה המתאימה במחשן לקבל עד 4 קוביות מאותו סוג.

תוכנת המחשב אפשרה התבוננות בבעיה משלוש זוויות: התבוננות מלמעלה, התבוננות מהצד והתבוננות מתוך הבעיה (המדמה מצב בו הנבחן עומד במרכז הלוח ומסתכל סביב). נקודת המוצא היתה זווית-העל. בחלק העליון במרכז המסך מיקמנו שלושה כפתורים. לחיצה על כל אחד מהם אפשרה מעבר לאחת מבין שלוש זוויות ההסתכלות על הבעיה. באיור 4 מוצגת בעיה לדוגמא בלוח הוירטואלי במבט-על.

איור 4. ייצוג בעיה TR2-B בלוח הוירטואלי במבט-על.

ניתן להתבונן בבעיה גם ממבט-צד (איור 5) ובמבט מבפנים בסביבה תלת-מימדית מטמיעה בלבד (איור 6).

איור 5: ייצוג בעיה TR2-B בלוח הוירטואלי במבט-צד.

איור 6: ייצוג בעיה TR2-B בלוח וירטואלי במבט-מבפנים.

בנוסף, הסביבה הממוחשבת תוכננה כך שניתן יהיה לבצע רוטציה בבעיה באמצעות סיבובה בציר רוחבי ב- 360° מעלות (דבר המאפשר להתבונן בה מכוונים שונים) ובזווית של כ- 45° מעלות בציר האורכי (מעלה מטה) (איור 7).

איור 7. רוטציה המאפשרת התבוננות בבעיה TR2-B מאחור (180°).

שאלון הנעה פנימית

בנוסף לכלי האבחון הדינמי בקוביות עץ ובעולמות ממוחשבים מדדנו את גם את רמת ההנעה הפנימית של הילדים באמצעות הכלי Picture Motivation Scale שפותח על ידי Haywood (1971)

This test was designed to assess children's tendency to engage in tasks for their own sake. The test is composed of a set of 12 pairs of pictures (with 8 additional non-discriminating "buffer" items), each pair representing two different activities. In each item the subject is asked first to choose the activity he or she would prefer to do and then to give a reason for the choice. The child is given a list of 10 reasons to select from, 5 of which represent a task-intrinsic motivation (e.g., challenge, curiosity, responsibility, creativity, aesthetics) with the other 5 representing task-extrinsic motivation (e.g., ease, comfort, physical safety,

familiarity, material gain). The item-total reliability coefficients range from .16 to .43 ($p < .05$); the Cronbach-alpha coefficient was .66. Haywood (1971) and Tzuriel and Klein (1983) have reported validity of the test for prediction of academic achievement and cognitive performance במחקר הנוכחי נמצאה .

מהימנות של $\alpha = .73$.

הליך

המחקר כלל שני שלבי מדידה אשר בוצעו בהפרש של שבועיים זה מזה. שלב המדידה הראשון כלל אבחון דינמי בחשיבה אנלוגית (למידה ומדידה לפני-ואחר-למידה) ושלב המדידה השני כלל פתרון בעיות העברה באנלוגיות (בעיות מורכבות יותר שפתרון דרש יישום של עקרונות חשיבה אנלוגית שנלמדו באבחון הדינמי). שלב המדידה השני התקיים במתכונת של אבחון סטטי, דהיינו מדידת ביצועים קוגניטיביים ללא שלב למידה. להלן פרוט ההליך.

תחילה, בכל ארבע הקבוצות, ענה כל ילד על שאלון הנעה פנימית לפני מבחן האנלוגיות. לאחר מכן, בשלב הראשון בכל קבוצות הניסוי בוצע אבחון דינמי פרטני. האבחון בוצע בחדר קטן שהוקצה בבית-הספר לטובת המחקר. בחדר לא נכחו תלמידים נוספים. האבחון הדינמי כלל בדיקת ביצועים לפני-למידה, שלב למידה מתווכת ובדיקת ביצועים לאחר-למידה (סה"כ שתי מדידות). באופן זה הוערכה ההשתנות הקוגניטיבית של הנבחנים בקבוצות הניסוי. משך הזמן שהוקצה לאבחון הדינמי בשלוש הקבוצות היה זהה וארך שעה וחצי. משך זה חולק לשלושה חלקים: 30 דקות לשלב לפני-למידה, 30 דקות לשלב הלמידה, ו-30 דקות לשלב אחר-למידה.

האבחון כלל את כל פריטי האבחון במבחן אנלוגיות מתוך ה-CMB. כל חלק כלל 14 פריטים. הפריטים היו מקבילים לשלבים השונים (לפני-למידה, למידה ואחר-למידה). במשך האבחון נתנה הפסקה של כ-5 דקות התרעננות בין השלבים. זמן ההתרעננות לא נכלל במשך הזמן של שעה וחצי. יש לציין כי ילדים רבים נהנו מתהליך האבחון ולא רצו לצאת להתרעננות אלא בחרו להמשיך.

לפני תחילת האבחון נערכה הכרות בין הילד הנבדק לבוחן. בכל סביבות האבחון קיים הבוחן עם הילד הכרות מקדימה של סביבת האבחון, מושגי המבחן (גובה, צבע, מספר, מיקום) וכללי הלמידה על פי ההנחיות לעריכת המבחן כפי שמופיעות במדריך המבחן (Tzuriel, 1995). בנוסף, בסביבת המחשב הדו-ממדית ובסביבת המחשב התלת-ממדית והמטמיעה הבוחן נתן הסבר לגבי ממשק עכבר-מסך ונערכה הכרות עם הכפתורים המאפשרים תנועה בעולם הוירטואלי ובסביבת התלת-ממדית המטמיעה. הבוחן נתן הסבר גם לגבי משקפי התלת-מימד מטמיעות (HMD), התנועה וההתמצאות במרחב הוירטואלי, וכן הוקצו מספר דקות הסתגלות להרכבת המשקפיים ולהתבוננות על המרחב הוירטואלי באמצעותם.

בקבוצת הביקורת בשלב הראשון בוצע פתרון בעיות פרטני עם כל אחד מהנבחנים. גם המפגש עם משתתפי קבוצת הביקורת בוצע באותו חדר קטן שהוקצה בבית-הספר לטובת המחקר וללא נוכחות תלמידים נוספים. בקבוצה זו נבדקו הביצועים הקוגניטיביים בבעיות של לפני ואחר-למידה, אולם לא ניתן שלב למידה. לפני תחילת האבחון נערכה הכרות בין הילד הנבדק לבוחן וכן הכרות מקדימה של סביבת האבחון ומושגי המבחן. למפגש הוקצתה שעה בלבד (פחות חצי שעה מאשר בקבוצות הניסוי).

חשוב לציין כי שלב הלמידה התקיים באופן דומה בכל קבוצות הניסוי. ניתן דגש לכך שהתווך יהיה שווה לכל הקבוצות פרט לקבוצת הביקורת. כמו כן הושם דגש על כך שדרגת המיקוד, מספר הפעמים בהם ניתן ויסות התנהגות, מתן תגמולים מילוליים לילד ופתוח תחושת יכולת יינתנו אף הם ברמה שווה בכל קבוצות הניסוי. כך שההבדל העיקרי בין הקבוצות היה בסביבת הלמידה.

השלב השני במחקר נערך שבועיים לאחר מועד האבחון הראשון. המטרה הייתה לבחון את מידת ההעברה של עקרונות פתרון בעיות אנלוגיות שנלמדו בשלב האבחון בסביבות הלמידה השונות על פתרון בעיות מורכבות יותר (בעיות אנלוגיה קשות יותר מבחינת מספר משתנים/מימדים אליהם נדרש הלומד להתייחס בו-זמנית). הבדיקה נערכה במציאות (לא בסביבת מחשב) בלוח וקוביות, במתכונת אבחון סטטי. אבחון זה נערך אף הוא באופן פרטני בחדר קטן וללא נוכחות ילדים נוספים. במהלכו פתר כל אחד מהילדים הנבחנים מקבוצות הניסוי והביקורת 14 בעיות העברה.

תוצאות

הבדלים בין הקבוצות בכושר ההשתנות הקוגניטיבי

כושר ההשתנות הקוגניטיבי נבדק באמצעות מבחן האנלוגיות (CMB-AN) שממנו הופקו חמישה מדדים: ציון אנלוגיות לפני ואחרי-למידה המבוסס על ממוצע כל המימדים המפורטים לעיל בפרק כלי המחקר, וארבעה ציונים המבטאים את המימדים השונים במבחן (גובה, מיקום, מספר וכמות). טווח הציונים בכל אחד מתחמת המדדים היה 1-14.

שיערנו כי כושר ההשתנות הקוגניטיבי ביכולת ההסקה האנלוגית שתתקבל אצל קבוצת המחשב התלת-ממדית והמטמיעה תהיה גבוהה יותר מאשר בקבוצת המחשב דו-מימד ובקבוצת הקוביות מעץ.

במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים התחלתיים בין הקבוצות (המדידה הראשונה) ביצענו ניתוח שונות חד-כווני כשהמשתנה הבלתי תלוי הוא קבוצות המחקר והמשתנה התלוי הוא ציון האנלוגיות במבחן לפני-למידה. ניתוח זה לא מצאנו הבדל מובהק בין הקבוצות בממד הכללי של האנלוגיות $F(3,113) = 1.64, ns$. כלומר, לא מצאנו הבדלים בין קבוצות המחקר השונות.

לאחר מכן במטרה לבדוק את השערת המחקר האומרת כי השיפור שיימדד בקבוצת המחשב התלת-ממדית מטמיעה יהיה גבוה יותר מאשר בקבוצת מחשב דו-מימד ובקבוצת הקוביות, ביצענו ניתוח שונות עם מדידות חוזרות של קבוצה x זמן (4×2) כאשר משתנה הזמן הוא משתנה Within. ניתוח זה מצאנו בממד הכללי הבדל מובהק בין המדידה הראשונה למדידה השנייה $F(1,113) = 241.77; P < .001, \text{Eta}^2 = .68$. כמו כן מצאנו אינטראקציה מובהקת של קבוצה x זמן $F(3,113) = 25.18; P < .001, \text{Eta}^2 = .40$. בטבלה 3 מוצגים הממוצעים וסטיות התקן בארבע הקבוצות לפני-ואחרי-למידה ובגרף 1 מוצגת האינטראקציה.

טבלה 3. ממוצעים, סטיות תקן, וניתוח F של ציון אנלוגיות לפני ואחרי-למידה בקרב ארבע קבוצות המחקר.

גרף 1. ממוצעי ציון אנלוגיות לפני ואחר-למידה בקרב קבוצות המחקר.

כפי שניתן לראות מטבלה 3 ומגרף 1 שלוש קבוצות הניסוי שיפרו את ביצועיהן מלפני-לאחר-למידה לעומת קבוצת הביקורת שלא הראתה כל שיפור.

בניתוח שונות עם מדידות חוזרות שעשינו עבור כל צמד קבוצות בנפרד (טבלה 4) נמצא הבדל מובהק בין כל שלוש קבוצות הניסוי לבין קבוצת הביקורת. ואכן, כפי שנראה מהשוואת הקבוצות בטבלה 4, ניתן לראות כי השיפור הגדול ביותר בביצועים מלפני לאחר-למידה, חל בקבוצת התלת-ממד המטמיעה (1) לעומת קבוצת הדו-ממד (2), קבוצת הקוביות (3) וקבוצת הביקורת (4).

טבלה 4. ניתוח שונות להשוואה בין זוגות של ארבע קבוצות המחקר בשלב מדידת לפני ואחר-למידה (האבחון הדינמי).

ממצאים אלה תומכים בהשערת המחקר על פיה ימצא שיפור בחשיבה האנלוגית לפני ואחר-למידה בתהליך האבחון הדינמי וכן שהשיפור הטוב ביותר יהיה בקבוצה התלת-ממד המטמיעה.

הבדלים בין הקבוצות במימדי המבחן לחשיבה אנלוגית

במחקר בדקנו גם ארבעה מימדים המרכיבים את הבעיה: צבע, מיקום, גובה ומספר. לבדיקת ההבדלים בין הקבוצות במדידה הראשונה במימדים אלה ביצענו ניתוח שונות מרובה חד-כווני כאשר המשתנה הבלתי תלוי היה הקבוצה והמשתנים התלויים היו ארבעת המימדים. בניתוח זה לא מצאנו הבדל מובהק בין הקבוצות, $F(12,324) = 1.75, ns$. כלומר, לא מצאנו הבדל בין הקבוצות בשלב לפני-למידה בחשיבה אנלוגית במימדים השונים.

במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים בין ארבע קבוצות המחקר בשינויים שחלו מלפני הלמידה ולאחריה ביצענו ניתוח שונות מרובה (MANOVA) של קבוצה x זמן (2x4) עם מדידות חוזרות בהתייחס לזמן. בניתוח זה מצאנו אינטראקציה מובהקת של קבוצה x זמן, $F(12,336) = 2.11 ; P < .05, \eta^2 = .07$. הממוצעים וסטיות התקן של ארבעת המימדים בקבוצות השונות וכן תוצאות ניתוחי ה-MANOVA שנעשו לכל מימד בנפרד מוצגים בטבלה 5.

טבלה 5. ממוצעים סטיות תקן וניתוח F של ארבעת המימדים בקבוצות השונות ותוצאות MANOVA עבור כל מימד בנפרד.

מטבלה 5 ניתן לראות שבניתוחי השונות שעשינו עבור כל מימד בנפרד מצאנו הבדלים מובהקים בין הקבוצות בכל המימדים פרט למימד המיקום. ממצא זה מצביע על כך שההשתנות הקוגניטיבית פעלה בו-זמנית במספר

מימדים בכל הקבוצות. יש לציין שעל פי גודל האפקט η^2 ניתן לראות שההבדלים היו הגבוהים ביותר במימד הצבע. גרפים 2-4 מציגים את השינויים במימדי הגובה, המספר והצבע שחלו בקבוצות השונות.

גרף 2. השינוי שחל במימד הגובה מלפני-למידה לאחר-למידה.

מגרף 2 נראה שבעוד שבקבוצת הביקורת (ללא מחשב) לא חל כמעט שינוי במימד הגובה, בכל שלוש הקבוצות האחרות חל שיפור.

גרף 3. השינוי שחל במימד צבע מלפני-למידה לאחר-למידה.

מגרף 3 נראה שבעוד שבקבוצת הביקורת (ללא מחשב) לא חל כמעט שינוי במימד הצבע, בכל שלוש הקבוצות האחרות חל שינוי כאשר קבוצת הביקורת ללא המחשב בולטת ביניהן.

גרף 4. השינוי שחל במימד מספר מלפני-למידה לאחר-למידה.

מגרף 4 נראה שבעוד שבקבוצת הביקורת (ללא מחשב) לא חל כמעט שינוי במימד המספר, בכל שלוש הקבוצות האחרות חל שינוי.

לסכום, בכל שלושת המימדים (גרפים 2-4) ניתן לראות שבכל הקבוצות חל שיפור במימד הגובה, המספר והצבע. לעומת קבוצת הביקורת שם לא חל כל שיפור.

במטרה לבדוק את ההבדלים בין הקבוצות ביצענו ניתוחי שונות עם מדידות חוזרות בכל צמד קבוצות בנפרד עבור כל אחד מהמימדים (פרט למימד המיקום) (טבלה 6).

טבלה 6. השוואה בין זוגות של ארבעת קבוצות המחקר בשלב האבחון הדינמי במימד הגובה, במימד המספר ובמימד הצבע.

התוצאות בטבלה 6 מצביעות על כך שבאופן כללי יש הבדלים מובהקים בין קבוצה 4 (ביקורת) לקבוצה 3 (ניסוי-קוביות) בכל שלושת המימדים. כמו כן התוצאות מצביעות על כך שיש הבדלים מובהקים בין קבוצה 4 (ביקורת) לקבוצה 1 (ניסוי-תלת מימד) במימדים של גובה ומספר. במימד הגובה קיים גם הבדל בין קבוצה 4 (ביקורת) לקבוצה 2 (ניסוי-בסביבת מחשב דו מימד).

הקשר בין הנעה פנימית לביצועים קוגניטיביים בחשיבה אנלוגית

הנעה פנימית נמצאה במחקרים קודמים כבעלת השפעה על השתנות קוגניטיבית בתהליכי אבחון דינמי (Tzuriel, 2001). לשם כך בדקנו משתנה זה גם במחקר הנוכחי. ההשערה שלנו היתה כי ילדים עם הנעה פנימית גבוהה יותר יראו כושר השתנות קוגניטיבי גבוה יותר באבחון הדינמי ובמבחן ההעברה מאשר ילדים בעלי הנעה פנימית נמוכה יותר.

במטרה לבדוק האם השינוי שחל ברמת הביצועים קשור להנעה הפנימית של הנבדק, חילקנו את המשתתפים במחקר על פי חציון לגבוהים ולנמוכים בהנעה פנימית. ערכנו ניתוח שונות של קבוצה x הנעה פנימית (2x4) באנלוגיות לפני-למידה. בניתוח זה לא מצאנו הבדל מובהק בין הילדים עם ההנעה הפנימית הנמוכה לבין הילדים בעלי ההנעה הפנימית הגבוהה $F(1,109) = .69; ns$. גם לא מצאנו אינטראקציה מובהקת של קבוצה x הנעה פנימית $F(3,109) = 1.73; ns$. בניתוח שונות של קבוצה x הנעה פנימית x זמן (2x2x4) עם מדידות חוזרות בהתייחס לזמן לא מצאנו אינטראקציה מובהקת של הנעה x זמן $F(1,109) = .93; ns$ וגם לא מצאנו אינטראקציה מובהקת של קבוצה x הנעה פנימית x זמן $F(3,109) = 1.88; ns$.

הבדלים בין הקבוצות במבחן ההעברה בחשיבה אנלוגית

מבחן אנלוגיות העברה ניתן כשבועיים לאחר האבחון הדינמי וכלל בעיות בחשיבה אנלוגית שהיו ברמה גבוהה יותר מאלו שהועברו באבחון הדינמי. המטרה הייתה לבחון האם חלה הפנמה של בעיות האנלוגיה שנלמדו בקבוצות בעת שעברו אבחון דינמי בסביבות אבחון שונות. ההשערה שלנו הייתה כי בשלב פתרון בעיות ההעברה הביצועים הקוגניטיביים של הילדים שעברו אבחון דינמי בקבוצת מחשב תלת-ממדית מטמיעה יהיו גבוהים יותר מאשר בקרב ילדים בקבוצת מחשב דו-מימד, בקבוצה ללא מחשב (קוביות) ובקבוצת הביקורת. לבחינת ההשערה ערכנו ניתוח שונות חד-כווני כאשר המשתנה הבלתי תלוי היה קבוצה, והמשתנה התלוי היה ציון אנלוגיות העברה. מצאנו הבדל מובהק בין ארבעת קבוצות המחקר. הממוצעים, סטיות התקן של הביצועים במבחן ההעברה בקבוצות השונות וציון F מוצגים להלן בטבלה 7.

טבלה 7. ממוצעים, סטיות תקן וניתוח F של הביצועים הקוגניטיביים במבחן אנלוגיות העברה בקרב ארבעת קבוצות המחקר.

התוצאות בטבלה 7 מצביעות בבירור על כך שההישגים הגבוהים ביותר הם בקבוצת המחשב התלת-ממדית לעומת שתי קבוצות הניסוי האחרות. בקבוצת המחשב בדו-מימד ובקבוצה ללא המחשב רמת ההישגים היתה דומה. רמת ההישגים הנמוכה ביותר הייתה בקרב קבוצת הביקורת.

במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים מובהקים בין הקבוצות בביצועים הקוגניטיביים במבחן ההעברה ביצענו ניתוחי השוואה בזוגות על פי Scheffe. בניתוחים אלה, מצאנו הבדלים מובהקים ($P < .05$) בין קבוצת הביקורת לשאר הקבוצות. כפי שנראה מטבלה 7, ההישגים בקבוצת הביקורת במבחן ההעברה היו נמוכים מההישגים בשאר הקבוצות. כמו כן בניתוח Scheffe מצאנו הבדל מובהק בין קבוצת המשתתפים ללא מחשב וקבוצת

המחשב בדו-מימד לקבוצת המחשב בתלת-ממד. נראה כי ההישגים של הקבוצה בתלת-ממד היו גבוהים יותר מההישגים בקבוצות האחרות.

הבדלים בין הקבוצות במימדי מבחן ההעברה בחשיבה אנלוגית

השערת המחקר היתה כי ציוני הבצועים הקוגניטיביים של ילדים בכל אחד ממימדי האנלוגיה הנבדקים במבחן אנלוגיות העברה (צבע, גובה, מספר ומיקום) יהיו גבוהים יותר לאחר אבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה לעומת אבחון דינמי בסביבת מחשב דו-ממדית, בסביבה ללא מחשב ובקבוצת ביקורת. במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים בין הקבוצות השונות בארבעת המימדים הללו ביצענו ניתוח MANOVA חד-כווני כאשר המשתנה הבלתי תלוי היה הקבוצה והמשתנים התלויים היו ארבעת מימדי המבחן. בניתוח זה מצאנו הבדל מובהק בין ארבעת הקבוצות $F(12,336) = 2.56; P < .01, \eta^2 = .09$. הממוצעים וסטיות התקן וכן תוצאות ניתוחי השונות להשוואה בין הקבוצות בכל אחד מארבעת המימדים שבדקנו, מוצגים בטבלה 8.

טבלה 8. ממוצעים, סטיות תקן וניתוחי F של המימדים השונים במבחן ההעברה, על פי ארבעת קבוצות המחקר.

התוצאות של ניתוחי השונות שביצענו על כל ממד בנפרד שבטבלה 8 מצביעות על כך כי קיימים הבדלים מובהקים בגובה ובצבע. בניתוחי השוואה בזוגות על פי Scheffe שביצענו על מנת לאתר את מקור ההבדלים בין הקבוצות מצאנו בממד הגובה הבדל מובהק בין קבוצת המחשב בדו-מימד ובתלת-ממד לבין קבוצת הביקורת. על פי הממוצעים ניתן לראות שהציון במימד הגובה בקבוצת המחשב בדו-מימד ובתלת-מימד גבוה יותר מאשר בקבוצת הביקורת.

בהתייחס לצבע מצאנו שקיים הבדל בין קבוצת הביקורת לבין כל שאר הקבוצות כאשר בקבוצת הביקורת ההישגים במימד זה נמוכים יותר.

הבצועים הקוגניטיביים במבחן ההעברה בחשיבה אנלוגית בהתייחס להנעה

במטרה לבדוק האם ההישגים של הילדים במבחן ההעברה תלויים ברמת ההנעה חילקנו את המשתתפים במחקר על פי חציון רמת ההנעה הפנימית לשתי קבוצות וביצענו ניתוח שונות של קבוצה x הנעה פנימית (4x2). בניתוח זה לא מצאנו הבדל מובהק על פי רמת ההנעה הפנימית, $F(1,109) = .26; ns$ וגם לא מצאנו אינטראקציה מובהקת של קבוצה x הנעה פנימית, $F(3,109) = .89, ns$. נראה כי בדומה לשלבים של לפני-ואחר-למידה של האבחון הדינמי, גם במבחן ההעברה ההנעה הפנימית לא נמצאה כשורה לבצועים הקוגניטיביים של הילדים.

לסכום, במבחן ההעברה מצאנו הבדלים מובהקים בבצועים הקוגניטיביים בין קבוצות המחקר. בנוסף, מצאנו הבדל מובהק בין קבוצת ללא מחשב וקבוצת המחשב בדו-מימד לקבוצת המחשב בתלת-מימד כאשר ההישגים בקבוצת התלת-מימד גבוהים יותר מההישגים בקבוצות הניסוי האחרות.

לעומת תוצאות אלה, בבחינת ההבדלים בבצועים בין ארבעת קבוצות המחקר בפתרון בעיות העברה בארבעת מימדי המבחן מצאנו הבדל מובהק בין קבוצת המחשב בתלת-מימד ובקבוצת המחשב בדו-מימד לקבוצת הביקורת במימד הגובה, והבדל מובהק בין קבוצת הניסוי לקבוצת הביקורת במימד הצבע. לא מצאנו הבדל מובהק בבצועים הקוגניטיביים בארבעת המימדים בין קבוצת המחשב בתלת-מימד לשאר הקבוצות כפי ששיערנו. נראה כי ממצא זה דומה לממצא שהתקבל בשלב האבחון הדינמי לפיו קיים הבדל מובהק בציון הכולל לפני-ואחר למידה בין קבוצת המחשב בתלת-מימד לבין קבוצת הניסוי האחרות אך לא קיים הבדל מובהק בין הקבוצות בכל אחד מהמימדים בנפרד.

דין

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבדוק את השפעותיו של תהליך למידה המתקיים במסגרת אבחון דינמי בסביבת מחשב ובמיוחד בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה (3D Immersive Virtual Reality) על ביצועים קוגניטיביים של ילדים בחשיבה אנלוגית. שאלנו האם השימוש בתהליך אבחון דינמי בסביבות שונות ובהן גם סביבות ממוחשבות ישקף בצורה טובה יותר את פוטנציאל הלמידה לאורך זמן ולא רק את ההישגים שלאחר הלמידה ביכולת ההסקה האנלוגית של ילדים.

מטרה זו מבוססת על ממצאי מחקרים שונים בתחום פתוח החשיבה בסביבות מחשב (Dede, 2005) וממצאי מחקרים בתחום למידה מתווכת ואבחון דינמי בקרב ילדים (Tzurriel & Shamir, 2010). ממטרת המחקר המרכזית גזרנו את מטרות המשנה והשערות המחקר שלנו. מטרת המחקר הראשונה הייתה לבדוק את השפעת הלמידה במסגרת אבחון דינמי בסביבת תלת-ממדית מטמיעה על ההשתנות הקוגניטיבית בחשיבה אנלוגית בהשוואה להשפעת הלמידה במסגרת אבחון דינמי בסביבת מחשב דו-ממדית ולהשפעת הלמידה במסגרת אבחון דינמי בסביבת ללא מחשב, כאשר תהליך הלמידה המתווכת ניתן באופן דומה בכל סביבות הלמידה. שיערנו כי ההשתנות הקוגניטיבית של ילדים בחשיבה אנלוגית בתהליך אבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה תהיה גבוהה יותר מאשר בסביבת מחשב דו-ממדית, מאשר בסביבת ללא מחשב ומאשר בקבוצת הביקורת.

המטרה השנייה הייתה לבדוק את אפקט ההעברה משלושת מצבי האבחון על פתרון בעיות אנלוגיה מורכבות יותר, שבועיים לאחר הלמידה. ההשערה הייתה כי ציוני הביצועים הקוגניטיביים של ילדים בפתרון בעיות אנלוגיות במבחן ההעברה יהיו גבוהים יותר לאחר אבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה לעומת אחר אבחון דינמי בסביבת מחשב דו-ממדית, אחר אבחון בסביבת ללא מחשב או אחר אבחון בקבוצת הביקורת.

אבחון דינמי בסביבות למידה שונות

השערת המחקר הייתה כי ההשתנות הקוגניטיבית של ילדים בחשיבה אנלוגית, בציון מבחן האנלוגיות לפני ואחר-למידה ובציוני מימדי המבחן בתהליך אבחון דינמי הנערך בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה תהיה גבוהה יותר באופן מובהק מאשר ההשתנות הקוגניטיבית בסביבת מחשב דו-ממדית, מאשר בסביבת ללא מחשב ומאשר בקבוצת הביקורת.

הממצאים תמכו בהשערה זו בהתייחס לציון אנלוגיות לפני ואחר-למידה (טבלה 3-4 וגרף 1). בבדיקה מצאנו הבדלים מובהקים בין קבוצת הביקורת לכל יתר הקבוצות וכן בין הקבוצה ללא מחשב והקבוצה בסביבת מחשב בדו-מימד לבין הקבוצה בסביבת מחשב בתלת-מימד. אולם ניתן לראות שהשיפור בביצועי החשיבה האנלוגית שנמדד בקרב הנבדקים שהתנסו באבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה היה גדול יותר באופן מובהק מאשר בקבוצת המחשב בדו-מימד ובקבוצת הלוח והקוביות מעץ.

ממצאים אלו מצביעים על כך שההתנסות באבחון דינמי בסביבה תלת-ממדית מטמיעה משקפת/מבטאת פוטנציאל למידה גבוה יותר של הנבחן בהשוואה להתנסות דומה באבחון דינמי בסביבות למידה אחרות. כלומר, התוצאות אותן אנו מוצאים בטווח הקצר, מצביעות על כך שיש לו פוטנציאל שלא מנוצל. פוטנציאל זה לא יבוא לידי ביטוי אלא אם נממש אותו בעתיד.

כמו כן ממצאים אלו מצביעים על כך כי ניתן לקיים הליך אבחון דינמי הכולל למידה מתווכת בסביבה טכנולוגית של תלת-מימד מטמיעה וכי השימוש בסביבה זו תורם להישגי הנבחן. תוצאות אלה תומכות בתוצאות המחקרים הקודמים בתחום המציאות המדומה ומוסיפות עליהן נדבך חשוב. ממצאי המחקר הנוכחי אנו למדים כי התנסות בפתרון בעיות תוך שימוש בטכנולוגית המציאות המדומה משפיעה על השיפור ביכולות קוגניטיביות. המחקר הנוכחי מאשש את טענותיו של Passig (2014) בנושא זה, ומרחיב אותן גם לעולמות הלמידה המתווכת והאבחון הדינמי.

בשונה ממחקרים קודמים בתחום הלמידה המתווכת והאבחון הדינמי, הוספנו במחקר הנוכחי נדבך נוסף בכך ששילבנו את האבחון הדינמי בהסקה אנלוגית עם מציאות מדומה תלת-ממדית מטמיעה. ואכן נראה כי האבחון הדינמי בסביבה זו יכול לשקף במידה רבה יותר את פוטנציאל הלמידה של הנבדק, בהשוואה לסביבות האבחון האחרות. ההסבר לכך טמון באופי השימוש במציאות מדומה. השיפור בכישורי חשיבה נגזר מן האפשרויות הטמונות בטכנולוגיה לייצג מושגים מופשטים באופנים קונקרטיים, חזותיים, תלת-ממדיים ובעלי אופי משחקי. ממחקרים קודמים בתחום התפתחות חשיבה אנלוגית בגיל הרך ידוע כי כאשר אנלוגיות מוצגות לילדים באמצעות אמצעים מוכרים בעלי משמעות קונקרטית הם מיטיבים לפתור אותם (Goswami, 1992; Halford, 1993). תכונות אלה הטמונות באופייה של טכנולוגית המציאות המדומה התלת ממדית והמטמיעה הרחיבו כפי הנראה את אופן הצגת המידע וסייעו לילדים צעירים במהלך הליך האבחון הדינמי של יכולת ההסקה האנלוגית.

נראה כי במהלך הלמידה והמדידה הועצמו אפשרויות ההתנסות הקונקרטית של הילד, באמצעות חשיפה למידע ויזואלי נוסף וחדש אשר אינו מתקיים במציאות. מידע ויזואלי זה עורר כנראה התנסות תפיסתית ייחודית שתרמה ליצירת ייצוגים פנימיים מורחבים וחדשים וסכמות חדשות שכנראה העצימו את יכולתו של הפרט לפתור בעיות. בהמשך, כאשר התבקש הילד לפתור בעיות, מידע ויזואלי שנקלט קודם לכן ישירות מהחושים הפך, כפי שתיאורית ה-DCT (Paivio, 1991) טוענת, למידע תפיסתי הנשלף על ידי הנבחן מהזיכרון בעת ההתמודדות עם בעיה.

הסבר נוסף אפשרי קשור למצב הקוגניטיבי בו היו מצויים הילדים בעת שהשתתפו באבחון הדינמי ביכולת ההסקה האנלוגית. ידוע כי לילדים קשיים אופייניים המאפיינים את תהליך ההתפתחות של יכולת ההסקה האנלוגית שלהם. אחד הבולטים שבהם הוא היכולת לכלול מספר יחסים בו-זמנית. ייתכן כי האפשרות

להתבונן בבעיה באופן מורחב ומגוון יותר בסביבת המציאות המדומה, בהבדל מסביבות הלמידה האחרות, סייעה לילדים להבין טוב יותר את כללי הטרנספורמציה של האנלוגיות והם היטיבו לחפש באופן שיטתי אחר הקוביות המתאימות לפתרון הבעיה. כך הם שיפרו את יכולתם לחשוב סימולטנית על מספר מימדים המשתנים בו זמנית, לכלול אותם לכלל פתרון מלא של הבעיה ולהשיג ביצועים טובים יותר בהשוואה לביצועים שהושגו בסביבות הלמידה האחרות.

הסבר אחר לממצאים אלו יכול להיות קשור גם לאופי הגיאומטרי של העצמים, אשר נכללו בעולם המדומה במחקר הנוכחי. לדוגמה, במחקר (Passig & Eden, 2002) בו נבדקה השפעת תרגול רוטציות של צורות גיאומטריות (מספר קוביות המחוברות זו לזו ויוצרות עצם גיאומטרי לא סימטרי) על הביצועים הקוגניטיביים, נמצא יתרון בביצועים של תלמידים אשר תרגלו רוטציה של העצם בסביבה התלת-ממדית מטמיעה, זאת בהשוואה לסביבה לא ממוחשבת. גם במחקר הנוכחי, נראה לנו כי ההדמיה של בעיות המורכבות מקוביות המהוות עצם גיאומטרי תלת-מימדי בסביבה תלת-ממדית מטמיעה, תרמה להבנת הבעיה וליכולת הנבדק לפתור אותה בהשוואה לסביבות למידה אחרות. ייתכן שלשימוש בתכנים גיאומטריים תלת-ממדיים בסביבה תלת-ממדית מטמיעה יש יתרון יחסי על פני תכנים דומים בסביבות אחרות. עם זאת, מומלץ לבדוק הבט זה במחקרים עתידיים כדי להוסיף ולהבין את היתרון הזה.

אבחון דינמי בחשיבה אנלוגית בהקשר לארבעת מימדי המבחן

הביצועים בהם נדרשה חשיבה אנלוגית נבדקו גם באמצעות ארבעה מימדים נוספים: מיקום, גובה, מספר וצבע. כזכור, מימד המיקום מבטא את השינוי שחל במיקום הקוביות במעבר (טרנספורמציה) בין חלק א' לחלק ב' של האנלוגיה; מימד הגובה מבטא את השינוי שחל בגובה הקוביות ביחס בין חלק א' לחלק ב' באנלוגיה; מימד המספר מבטא את השינוי שחל בכמות הקוביות במעבר בין חלק א' לחלק ב' באנלוגיה; ומימד הצבע מבטא את השינוי שחל בצבע הקוביות במעבר בין חלק א' לחלק ב' של האנלוגיה. גם כאן ההשערה שלנו הייתה כי ההשתנות הקוגניטיבית של ילדים בתהליך אבחון דינמי בכל אחד ממימדי האנלוגיה תהיה גבוהה יותר אצל הנבדקים בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה מאשר אצל הנבדקים בשאר קבוצות הניסוי. בבדיקת השפעת התוודך על הביצועים במימדים השונים מצאנו הבדל מובהק בין המדידה הראשונה לשנייה אך לא מצאנו הבדל מובהק בביצועים הקוגניטיביים במימדים השונים בין קבוצת המחשב בתלת-מימד לבין שאר קבוצות הניסוי. כמו כן לא מצאנו מימד דומיננטי אחד אשר השפיע באופן בולט על תוצאות הביצועים הקוגניטיביים (טבלה 5-6, גרפים 4-2).

ממצא זה היה שונה מהציפיות שלנו. מחד, מצאנו שהממצאים שלנו תומכים בממצאי מחקרים קודמים שנערכו בעזרת מבחן ה-CMB-AN. במחקרים ההם נמצא הבדל מובהק בציון האנלוגיות לפני-למידה ולאחריה ובציוני המימדים לפני-למידה ולאחריה (Tzuriel & Shamir, 2007; 2010) כלומר, בדומה לשינוי המובהק בציון האנלוגיות לפני-למידה ולאחריה, נמדד גם שינוי מובהק בכל אחד ממימדי המבחן.

מאידך, בשונה מהמחקרים הקודמים שהתבצעו בסביבת למידה יחידה, היתרון שנמצא לסביבה התלת-ממדית מטמיעה בציון האנלוגיות לפני ואחרי-למידה, לא חזר על עצמו בהתייחס למימדי הבעיה.

ניתן להסביר את ההבדל בממצאים בין ההשערה הראשונה לשנייה באמצעות גישות הציינון בהן נקטנו. במדידת ציון המבחן באנלוגיות מלפני לאחרי-למידה נקטנו בגישת הציינון "הכול או לא כלום". בגישה זו הדגש היה על פתרון מלא של הבעיה. די שהנבחן יטעה בפתרון אחד ממימדי הבעיה על מנת שלא יקבל ניקוד על הפתרון. כלומר, בשיטה זו נדרש הנבחן לשקלל מספר טרנספורמציות יחד לכלל תשובה כוללת, ורק מענה נכון בארבעת המימדים זיכה את הנבחן בנקודה. לעומת זאת במדידת הציון במימדי המבחן נקטנו בגישת הציינון החלקי, לפיה הציון שניתן לפתרון נכון של כל מימד נערך בנפרד ולא היתה קיימת תלות ביניהם. הנבחן נדרש לעקוב באופן שיטתי וליניארי אחר הטרנספורמציה בכל מימד בנפרד. כאשר הוא סיים טיפול במימד אחד הוא עבר לבדיקת המימד הבא.

על פי גישה זו ייתכן מצב בו הנבחן פתר נכונה שלושה מתוך ארבעת המימדים ועל כן הוא קיבל ציון חלקי של שלוש נקודות (נקודה עבור כל תשובה נכונה). ייתכן כי בשתי שיטות הציינון נדרשות יכולות חשיבה שונות; כאשר בשיטת "הכול או לא כלום" נדרשת אינטגרציה של כל המימדים. כך שהיתרון שנמצא לסביבה התלת-ממדית מטמיעה בציון האנלוגיות לפני-למידה ולאחריה, אינו נשמר כאשר מדובר בציון למימדי האנלוגיות. ניתן לסכם כי השפעתה של ההתנסות באבחון דינמי בסביבת המציאות המדומה על הבצועים הקוגניטיביים במחקר הנוכחי הייתה בקידום יכולת הנבחן להתבונן בבעיה באופן כולל, להתייחס סימולטנית לטרנספורמציות שחלו במימדי הבעיה וליצירת אינטגרציה ביניהם, לקראת פתרון מלא. לצד זאת, כאשר המדובר בפתרון כל מימד בנפרד, להתנסות באבחון דינמי בסביבת מציאות מדומה השפעה דומה על הבצועים הקוגניטיביים בהשוואה לסביבת מחשב דו-מימד ולסביבת לוח וקוביות.

הסבר נוסף להבדלים בממצאים בין ההשערה הראשונה והשנייה עשוי להיות קשור לתיאורית ה"היררכיה ההפוכה" The Theory of Visual Perceptual Learning Reverse Hierarchy של Ahissar & Hochstein (2004). תיאוריה זו פותחה בעשור האחרון ולאחרונה נמצאו לה תימוכין במחקרים נוספים (פיסולוגיים של המוח Bar, et al., 2006). לפי תיאוריה זו, מהירות הזיהוי של עצמים והזכירה שלהם לא תלויים בפשטות העצם או במורכבותו, אלא במידת החשיבות והרלוונטיות שלו לחיינו. המוח משתמש הן בעיבוד מקבילי והן בעיבוד טורי, אבל המידע שחודר למודעות ונאגר בזיכרון מגיע קודם כל ממרכזי הראייה הגבוהים. כלומר התוצר הסופי של העיבוד הוא זה שחודר ראשון למודעות שלנו בבואנו לפתור בעיה. הנחת העבודה על פי תיאוריה זו היא שהמוח מאתר, מזהה וזוכר את העיקר ומוחק ושוכח את הטפל. הזיהוי המהיר של העיקר כרוך בחוסר מודעות לפעילות באזורים נמוכים יותר של מערכת הראייה. על בסיס זה ייתכן כי במחקר הנוכחי, ההתנסות באבחון דינמי בסביבה תלת-ממדית מטמיעה העצימה את התפיסה החזותית של משאבי המידע על ידי הנבדק, והגבירה את הזכירה הכוללת של הבעיה במרכזי הראייה הגבוהים. מרכזים אלה, אשר אחראים על יצירת התמונה המורכבת, במקרה זה על הפתרון השלם של הבעיה, העצימו את יכולת החשיבה של הנבחן שבאה לידי ביטוי בהישגים טובים יותר בפתרון כולל של הבעיות. לעומת זאת יתרון זה לא בא לידי ביטוי בפתרון כל מימד בנפרד שכן אז מדובר בפרטים ספציפיים של הבעיה המעובדים באזורים הנמוכים יותר של מערכת הראייה.

העברה של אסטרטגיות למידה שנלמדו בשלב האבחון לפתרון בעיות מורכבות יותר

בשלב השני של המבחן בדקנו את מידת ההעברה של אסטרטגיות הלמידה שנלמדו בשלב האבחון לפתרון בעיות מורכבות יותר מאלו שהועברו באבחון דינמי ובחנו את ההבדלים בביצועים הקוגניטיביים בין הקבוצות שעברו אבחון דינמי בסביבות למידה שונות. האבחון נערך בסביבה ללא מחשב וכלל ארבע-עשרה בעיות העברה בשיטת האבחון הסטטי.

הבעיות אשר באמצעותן בדקנו את מידת ההעברה היו מורכבות יותר בהשוואה לבעיות שהוצגו באבחון הדינמי במספר המימדים מהן הורכבו (מימדי המבחן-צבע, גובה, מספר, מיקום), באופי הטרנספורמציה שחלה בהן (טרנספורמציה מחלק א' לחלק ב' של האנלוגיה בכל ארבעת מימדי המבחן במקביל כאשר בחלק מהן התווספה מורכבות נוספת לפיה חלה טרנספורמציה ביחס שבין חלק א' לחלק ג' באנלוגיה) וברמת ההפשטה הנדרשת בהם. יש להדגיש כי בשלב האבחון הדינמי, לעומת זאת, הבעיות אופיינו בכך שכמות המימדים בהם חלה טרנספורמציה במעבר מחלק א' של הבעיה באנלוגיה לחלק ב' גדלה בהדרגה ממימד אחד לשלושה לכל היותר, הבעיות הוצגו מן הקל לכבד והמפתח לפתרון הבעיה נבע בעיקר מהיחס שבין חלק א' לחלק ב' של האנלוגיה.

הנחת המחקר שלנו הייתה כי ציוני הביצועים הקוגניטיביים של ילדים בפתרון בעיות אנלוגיות במבחן ההעברה וכן בציוני הביצועים הקוגניטיביים בכל אחד ממימדי האנלוגיה הנבדקים (צבע, גובה, מספר ומיקום) יהיו גבוהים יותר לאחר אבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה לעומת אבחון דינמי בסביבת מחשב דו-ממדית, בסביבה ללא מחשב ובקבוצת ביקורת.

מהתוצאות עלה כי בשלב השני של המבחן בו הנבדקים התבקשו למצוא פתרון לבעיות מורכבות הכוללות שימוש בעקרונות יסוד שנלמדו בשלב הראשון, היו הבדלים מובהקים בחשיבה אנלוגית בין קבוצות המחקר. מצאנו כי ההישגים בקבוצת הביקורת במבחן ההעברה נמוכים מההישגים בשאר הקבוצות. כמו כן מצאנו הבדל מובהק בין הקבוצה ללא המחשב וקבוצת המחשב בדו-מימד לקבוצת המחשב בתלת-מימד. ההישגים בקבוצת התלת-מימד היו גבוהים יותר באופן מובהק מההישגים בקבוצות האחרות. ממצאים אלה דומים לממצאים הנוגעים לאבחון דינמי בסביבות שונות (טבלה 7).

בנוסף, בחינת ההבדלים בביצועים הקוגניטיביים בכל אחד מארבעת המימדים הראה על הבדל מובהק בין ארבע הקבוצות. מצאנו הבדלים מובהקים בגובה ובצבע בין קבוצת המחשב בדו-מימד ובתלת-מימד לבין קבוצת הביקורת. יחד עם זאת, לא מצאנו הבדל מובהק בביצועים הקוגניטיביים במימדי המבחן בין קבוצת המחשב התלת-מימד לבין שאר קבוצות הניסוי כפי ששיערנו בתחילה (טבלה 8).

ממצאים אלה מצביעים על כך שיש כנראה קשר גומלין במבחן בין ההישגים בשלב האבחון הדינמי לבין ההישגים במבחן ההעברה וכי קשר זה תקף גם בהתייחס לאבחון דינמי בסביבה תלת-ממדית מטמיעה. מסקנה אפשרית נוספת העולה מן הממצאים היא כי השפעת הלמידה במסגרת אבחון דינמי על הביצועים הקוגניטיביים בסביבה התלת-ממדית והמטמיעה תרמה לביצועים לא רק בעת האבחון הדינמי אלא הופנמה ובאה לידי ביטוי שבועיים לאחר מכן בהישגים בפתרון בעיות מורכבות בסביבה ללא מחשב. ציוני הערכת הביצועים של הנבדקים שנמדדו במבחן ההעברה, תיקפו את מהימנות התוצאות בהשערה הראשונה בדבר פוטנציאל הלמידה שנמדד בשלב האבחון הדינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה.

ממצאי המחקר הנוכחי תומכים בממצאי מחקר אחר בו נמצא כי ילדים אשר תרגלו אנלוגיות בסביבת מציאות מדומה שימרו את אסטרטגיות הלמידה יותר מאשר ילדים אשר תרגלו באמצעות תמונות (Passig & Miler, 2014). יחד עם זאת ממצאי המחקר הנוכחי מוסיפים נדבך על המחקרים הקודמים. במחקר הנוכחי, ההישגים שנמדדו באבחון הדינמי בסביבת המחשב בתלת-מימד השתמרו אף הם ובאו לידי ביטוי במבחן ההעברה ובסביבה ללא עזרים טכנולוגיים (לא בסביבת מחשב). כלומר, הבט נוסף העולה מן הממצאים הוא כי רמת ההישגים שנמדדה באבחון הדינמי נשמרה אף במבחן ההעברה שהתקיים בסביבה שונה מהותית מהסביבה הממוחשבת התלת-ממדית והמטמיעה.

ניתן להסביר את התוצאה הזאת בשני אופנים. ההסבר האפשרי הראשון כרוך באופי הטכנולוגיה. ייתכן כי בשלב הראשון של המחקר (בשלב האבחון הדינמי), ההתנסות של הנבדקים בעולם הוירטואלי התלת-ממדי והמטמיע יצרה אפקט המכונה על ידי Effect With Technology (1991) Salomon, Perkins & Globerson. ייתכן והשותפות עם העולם המדומה ומאפייניו הייחודיים בהליך האבחון הדינמי עוררה אצל הילד התנסות תפיסתית ייחודית, העצימה אותו והגבירה את רמת ההישגים באבחון.

בהמשך, ייתכן כי במבחן ההעברה התקיים Effect Off Technology הנובע מעוצמת ההשפעה של המפגש הקודם עם הטכנולוגיה. כלומר, השפעת ההתנסות באבחון דינמי על הביצועים הקוגניטיביים בסביבה התלת-ממדית והמטמיעה תרמה לא רק בעת האבחון הדינמי אלא הופנמה ובאה לידי ביטוי גם בהישגים בפתרון בעיות מורכבות בהן נדרשה העברה של אסטרטגיות למידה בחשיבה אנלוגית שנלמדו קודם לכן. הביטוי לכך היה בהישגים גבוהים יותר בקבוצת המחשב בתלת-מימד בהשוואה לביצועים בקבוצת המחשב בדו-מימד. באופן זה ניתן אולי להסביר מדוע היתרון שנמדד בהישגי ההערכה של הילדים באבחון הדינמי בסביבה התלת-ממדית המטמיעה נשמר במבחן ההעברה.

יש לציין כי במחקר הנוכחי, בנוסף לשותפות של הנבדק עם הטכנולוגיה, נכח גורם שותף נוסף והוא הבוחן-המתווך. ייתכן כי קודקוד נוסף זה בשותפות יצר שילוב ייחודי שהעצים ותרם עוד יותר להרחבת גבולות היכולת של הנבחן. תימוכין לכך ניתן למצוא במחקר קודם בו נמצא כי ילדים אשר נחשפו לפעילות במחשב בתיווך מבוגר שיפרו יותר את רמת תפקודם במדדים הקוגניטיביים של חשיבתם המופשטת, ביכולתם לתכנן, באוצר המילים שלהם, ובקואורדינציה הויזואלית-מוטורית המאפיינת את גילם. הם גם שיפרו יותר את רמת תפקודם במדדי הסגנון של תגובתם ובחשיבתם הרפלקטיבית, בהשוואה לילדים אשר פעלו במחשב ללא תיווך מבוגר או עם ליווי מבוגר בלבד (Klien, Nir-Gal & Darom, 2000).

הסבר שני לממצאים קשור לתופעת ההעברה בלמידה (Learning transfer) (Salomon & Perkins, 1989) עשו הבחנה מעניינת ותבעו את המושג "העברה בדרך תחתית" (Low-road transfer). לפיה, ככל שיסוד קוגניטיבי כלשהו נלמד ומתורגל בהקשרים רבים יותר כך מושגת העברה זמינה ונרחבת יותר של היכולת שנלמדה מההקשר המקורי שלה להקשרים דומים ואחרים. מבחינה זו, הממצאים שלנו משקפים תוצאות של מחקרים קודמים בהן הובהר כי ההתנסות בסביבת מציאות מדומה תלת-ממדית מטמיעה מתאפיינת כהתנסות מגוונת יותר מאשר התנסות בסביבות למידה אחרות כגון לוח, תמונות ומחשב בסביבת דו-מימד. ייתכן כי במחקר הנוכחי, ההתנסות באבחון דינמי בסביבת מחשב תלת-ממדית זימנה לנבדק התנסות בפיתרון הבעיות בהקשרים רבים יותר מאשר בסביבות הלמידה האחרות.

השפעת ההנעה הפנימית של הנבחנים על הביצועים הקוגניטיביים

לבסוף, הנחנו כי ילדים עם הנעה פנימית גבוהה יותר יראו כושר השתנות קוגניטיבית גבוה יותר באבחון הדינמי מאשר ילדים בעלי הנעה פנימית נמוכה יותר. כמו כן הנחנו כי ילדים עם הנעה פנימית גבוהה יותר יראו בצועים קוגניטיביים טובים יותר בפתרון בעיות העברה בחשיבה אנלוגית לעומת ילדים בעלי הנעה נמוכה יותר.

בבדיקת השפעת ההנעה הפנימית על הביצועים הקוגניטיביים לא מצאנו הבדל מובהק בין הילדים עם ההנעה הפנימית הנמוכה לבין הילדים בעלי ההנעה הפנימית הגבוהה לפני ואחר-למידה. ממצאים דומים התקבלו גם במבחן ההעברה. זאת אף כי בספרות ניתן למצוא דוגמאות רבות לקשר בין הנעה להישגים בלימודים (Ryan & Deci, 2000) ובמחקרים קודמים בתחום האבחון הדינמי בגיל הרך, אף נמצא כי ההנעה הפנימית של הילד נתפסת כמרכיב אינהרנטי ביכולתו ואף נמצאה כמשפיעה על הישגיו (Tzuruel, 2001).

ייתכן וההסבר לפער בין ממצאי המחקר הנוכחי לבין ממצאי מחקרים קודמים קשור לאופי המשימה והתוכן של מבחן האנלוגיות CMB-AN. במרבית המחקרים הקודמים נמדדה החשיבה האנלוגית באמצעות כלי אבחון המבוססים על תמונות או אמצעים המייצגים תכנים ממשיים כגון חיות, חפצים, פרצופים וכדומה שהיו מוכרים ומשמעותיים לנבחנים. במחקר הנוכחי, לעומת זאת, התמקדנו בשימוש בקוביות בעלות צורה קבועה בצבעים וגבהים שונים ללא משמעות ממשית בחיי היומיום. כמו כן, המיקוד במחקר הנוכחי היה באנלוגיות תפיסתיות. כלומר, היחסים בין חלקי האנלוגיה אותם היה על הנבדק למצוא השתקפו בבעיה עצמה והוא לא נדרש לחפש אחר עקרון מופשט וחיצוני לבעיה, המקשר בין מושגי האנלוגיה כפי שהיה נדרש לעשות בפתרון אנלוגיות מושגיות. ייתכן כי אופי עיבוד הנתונים הנדרש לפתרון אנלוגיות תפיסתיות, הקטין את השפעת ההנעה של הנבחן. כלומר, ההתנסות באבחון הדינמי והבצועים הקוגניטיביים הנמדדים בכלל זה לא הושפעו מנטיית הנבחן להנעה פנימית או להנעה חיזונית.

סכום

לממצאי המחקר הזה יכולות להיות השלכות תיאורטיות ומעשיות. מבחינה תיאורטית נראה כי השילוב של סביבה ממוחשבת תלת-ממדית מטמיעה בהליך למידה מתווכת ואבחון דינמי, יוצר "שותפות אינטלקטואלית" בין המחשב לבין הנבדק והבוחן-המתווך. שותפות זו יוצרת כפי הנראה התנסות תפיסתית ייחודית אשר מרחיבה את עולם הדימויים המנטאליים של הנבדק, מעצימה את הפנמת העקרונות הקוגניטיביים שמתווכים לו ותורמת לביצועיו. על כן, טכנולוגית המציאות המדומה היא סביבת אבחון חשובה ומתאימה. נראה גם שהערכת יכולת ההשתנות הקוגניטיבית של הילד מושפעת גם מהסביבה בה נערך האבחון ומהשותפות בין הילד, למחשב ולבוחן. אנו מאמינים כי שתי נקודות אלה הן תרומה חשובה לתיאורית האבחון הדינמי.

מבחינה מעשית, למחקר זה יכולים להיות יישומים קליניים וחינוכיים מגוונים. נראה כי מאבחנים ואנשי חינוך יכולים להשתמש בתוצאות אבחון דינמי שיערך בסביבה תלת-ממדית מטמיעה כדי לנבא במהימנות גבוהה יותר את כושר השתנות הקוגניטיבי של נבדקים במציאות שמחוץ לכותלי כיתה הלימוד. אנו מאמינים כי למאבחנים נפתחה סביבה נוספת בה הם יכולים לנהל את האבחון הדינמי שישקף טוב יותר את פוטנציאל

הלמידה של הילד. בתוכניות האבחון ניתן יהיה להסב כלי אבחון דינמיים מסורתיים לעולמות וירטואליים עשירים ומגוונים ולפתח כלי אבחון חדשים בתחומים קוגניטיביים שונים ולאוכלוסיות שונות. כלים אלה יפתחו בפני הבוחן עולם רחב של התנסויות שאינו מתאפשר באבחון דינמי ללא עזרים טכנולוגיים.

References

- Ahissar, M. & Hochstein, S. (2004). The reverse hierarchy theory of visual perceptual learning. *Trends in Cognitive Science*, 8(10), 457-464.
- Bar, M. et al. (2006). Top-down facilitation of visual recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. January 10, 2006, 103(2), 449–454.
- Clements, D. & Samara, J. (2002). The role of technology in early childhood learning. *National Council of Teachers Mathematics*, 8, 340-343.
- Dede, C. (2005). Planning for neo-millennial learning styles-shifts in students learning style will prompt a shift to active construction of knowledge through mediated immersion. *Educause Quarterly*, 7, 7-12.
- Eden, S. & Passig, D. (2007). Three-dimensionality as an effective mode of representation for expressing sequential time perception. *Journal of Educational Computing Research*. 36(1), 51-63.
- Feuerstein, R., Rand, Y., Hoffman, M. B. & Miler, R. (1980). *Instrumental enrichment. An Intervention Program for Cognitive Modifiability*. Baltimore: University Park Press.
- Feuerstein, R., Klein, P. S., & Tennenbaum, A. (Eds.) (1991). *Mediated Learning Experience*. London: Freund.
- Gentner, D. (1996). More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a casual-mapping task. *Cognitive Development*, 13, 453-478.
- Goswami, U. (1992). *Analogical Reasoning in Children*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Halford, G. S. (1993). *Children's Understanding: The Development of Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Holyoak, K. J. (2004). Analogy. In K. J. Holyoak & R. J. Forrison (Eds.). *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. New York: Cambridge University Press. 117-142.
- Klein, P., Nir-Gal, O. & Darom, E. (2000). The use of computers with or without adult mediation: Effects on children's cognitive performance and behavior. *Computers in Human Behavior*, 16, 591-608.
- Lidz, C. S. (1991). *Practitioner's Guide to Dynamic Assessment*. New York: Guilford.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.

- Passig, D. & Eden, S. (2000). Enhancing the induction skill of deaf and hard of hearing children with virtual reality technology. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5, 277-285.
- Passig, D. & Eden, S. (2002). Virtual reality as a tool for improving spatial rotation among deaf and hard-of-hearing children. *CyberPsychology & Behavior*, 4, 681-686.
- Passig, D. & Miler, T. (2014). Solving conceptual and perceptual analogies with virtual reality among kindergarten children of emigrant families. *Teacher College Record*, in print on 116(3).
- Pea, R.D. (1987). Integrating human and computer intelligence. In R. D. Pea & K. Sheingold (Eds.), *Mirrors of Mind: Patterns of Experience in Educational Computing*. Norwood, NJ: Albex, 128-146.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *The Psychology of the Child*. London: Rutledge & Kegan.
- Richland, E. A., Morrison, G. R. & Holyoak, J. K. (2006). Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problem. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94, 249-273.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *The American Psychologist*, 55(1), 68-78.
- Salomon, G. & Perkins, D. N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanism for a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24, 113-142.
- Salomon, G., Perkins, D. & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researchers*, 20(3), 2-9.
- Sternberg, R. J. (1977). Component processes in analogical reasoning. *Psychological Review*, 84, 353-378.
- Tzuriel, D. & Haywood, H. C. (1984). Exploratory behavior as a function of motivational orientation and task conditions. *Personality and Individual Differences*, 5, 67-76.
- Tzuriel, D. (1995). *The Cognitive Modifiability Battery (CMB): Assessment & Intervention. Instruction Manual*. School of Education, Bar-Ilan University: Ramat-Gan, Israel.
- Tzuriel, D. & Kaufman, D. (1999). Mediated learning and cognitive modifiability: The dynamic assessment of young Ethiopian immigrants in Israel. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 13, 539-552.
- Tzuriel, D. (2000). Dynamic assessment of young children: educational and intervention perspectives. *Educational Psychology Review*, 12, 385-435.
- Tzuriel, D. (2001). *Dynamic Assessment of Young Children*. New York: Kluwer Academic /Plenum Publishers.

Tzuriel, D. (2007). Transfer effects of teaching conceptual versus a perceptual analogies. *Journal of Cognitive and Education Psychology*, 6(2), 194-217.

Tzuriel, D. & Shamir, A. (2002). The effects of mediation in computer assisted dynamic assessment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 21-32.

Tzuriel, D. & Shamir, A. (2007). The effects of peer mediation with young children (PMYC) on children's cognitive modifiability. *British Journal of Educational Psychology*, 77, 143-165.

Tzuriel, D. & Shamir, A. (2010). Mediation strategies and cognitive modifiability in young children as a function of peer mediation with young children program and training in analogies versus math tasks. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 9, 48-72.

טבלה 1. התפלגות קבוצות המחקר על פי מגדר.

	מגדר		קבוצה	
	בנות		בנים	
	%	N	%	N
1 - תלת-מימד	47.4	17	52.6	19
2 - דו-מימד	41.7	15	58.3	21
3 - קוביות	50	12	50	12
4 - בקורת	57.1	12	42.9	9
סה"כ	47.9	56	52.1	61

טבלה 2. ניתוח שונות חד-כווני של הקבוצות על פי גיל והשכלת הורים.

Eta ²	F(3,113)	בקורת - 4	ניסוי 3- קוביות	קבוצות		מימדים	
				ניסוי 2 - דו מימד	ניסוי 1 - תלת מימד		
.06	2.59	88.23	88.66	88.89	92.30	M	גיל
		6.79	6.12	7.21	6.08	SD	
.08	3.26*	15.42	14.91	16.91	16.94	M	השכלת אב
		2.83	3.06	2.81	3.38	SD	
.03	1.09	16.19	15.42	16.19	16.56	M	השכלת אם
		1.99	2.65	2.57	2.26	SD	

* $p < .05$

טבלה 3: ממוצעים סטיות תקן וניתוח F של ציון אנלוגיות לפני ואחרי- למידה בקרב ארבע קבוצות המחקר.

		קבוצות									
קבוצה X זמן	F(3,113)	ביקורת		קוביות		דו-מימד		תלת-מימד		מדד	
		אחרי	לפני	אחרי	לפני	אחרי	לפני	אחרי	לפני		
Eta ²											
.40	25.18***	4.19	4.00	10.45	4.70	9.75	4.02	10.72	2.58	M	ציון
		3.57	4.42	3.20	4.49	2.87	3.36	3.89	3.27	SD	

*** $p < .001$

טבלה 4. ניתוח שונות להשוואה בין זוגות של ארבע קבוצות המחקר בשלב מדידת לפני ואחרי-למידה (האבחון הדינמי).

Eta ²	F	df	השוואה בין הקבוצות
.40	28.53***	1,43	3 - 4
.47	49.11***	1,55	2 - 4
.68	117.70***	1,55	1 - 4
.00	.00	1,58	2 - 3
.09	5.88*	1,58	1 - 3
.12	9.89**	1,70	1 - 2

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

לוח 5 : ממוצעים סטיות תקן וניתוח F של ארבעת המימדים בקבוצות השונות ותוצאות MANOVA עבור

כל מימד בנפרד.

מימדים	תלת-מימד	דו-מימד	קוביות		ביקורת		קבוצה X זמן	Eta ²		
			לפני	אחרי	לפני	אחרי				
גובה	9.47	12.02	9.36	11.58	10.08	13.16	2.82*	.07	M	
	3.56	.43	3.81	.43	3.16	.52			SD	
מיקום	9.55	12.25	9.13	12.05	9.33	11.58	1.85	.04	M	
	2.71	.38	3.04	.38	2.69	.46			SD	
צבע	10.52	13.50	11.13	13.00	9.16	13.08	3.83*	.09	M	
	4.84	.34	3.79	.34	4.44	.42			SD	
מספר	11.69	13.33	11.11	12.72	9.16	12.70	3.56*	.05	M	
	2.85	.36	3.38	.36	4.74	.44			SD	

* $p < .05$

טבלה 6. השוואה בין זוגות של ארבע קבוצות המחקר בשלב האבחון הדינמי במימד הגובה, במימד המספר

ובמימד הצבע.

Eta ²	F(1,43)	df	Eta ²	F(1,43)	df	Eta ²	F(1,43)	df	השוואה בין הקבוצות
	מספר			צבע			גובה		
.01	.58	1,58	.06	3.97	1,58	.00	.31	1,58	2 - 1
.02	1.11	1,70	.00	.02	1,70	.00	.14	1,70	3 - 1
.11	6.71*	1,55	.05	2.92	1,55	.11	6.46*	1,55	4 - 1
.06	3.50	1,58	.06	3.70	1,58	.01	.77	1,58	3 - 2
.06	3.75	1,55	.12	2.49	1,55	.08	4.45*	1,55	4 - 2
.22	12.35***	1,43	.14	7.64*	1,43	.18	9.18**	1,43	4 - 3

* $p < .05$, ** $p < .01$

טבלה 7. ממוצעים סטיות התקן וניתוח F של הבצועים הקוגניטיביים במבחן אנלוגיות ההעברה בקרב ארבע קבוצות המחקר.

קבוצות							
Eta ²	F(3,113)	בקורת	קוביות	דו-מימד	תלת-מימד		בצועים
.32	17.34***	1.47	3.50	3.59	5.32	M	אנלוגיות
		1.20	2.02	1.76	2.47	SD	העברה

*** $p < .001$

טבלה 8. ממוצעים סטיות תקן וניתוחי F של המימדים השונים במבחן ההעברה, על פי ארבע קבוצות המחקר.

מימדים	קבוצות					
	תלת מימד	דו מימד	קוביות	בקורת	F(3,113)	Eta ²
גובה	M	10.75	10.36	9.95	8.66	3.91*
	SD	1.72	1.95	2.47	3.24	
מיקום	M	9.75	9.75	9.04	8.61	1.28
	SD	2.40	1.82	2.09	3.91	
צבע	M	12.41	12.13	11.87	9.90	8.18**
	SD	1.18	1.29	2.55	2.93	
מספר	M	10.61	9.75	10.08	9.47	1.47
	SD	1.98	2.37	1.93	2.56	

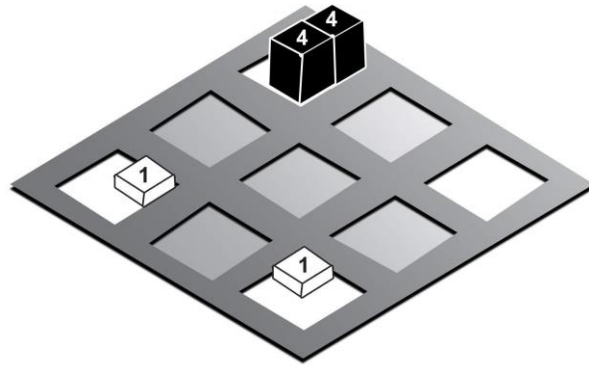
* $p < .05$, ** $p < .01$

תמונה 1. ילדה מתנסה בממשק עם סביבת מחשב תלת-ממדית מטמיעה ו-HMD



איור 1. בעית אנלוגיה משלב אחר-למידה (AN14-A)

AN14-A



Reading:

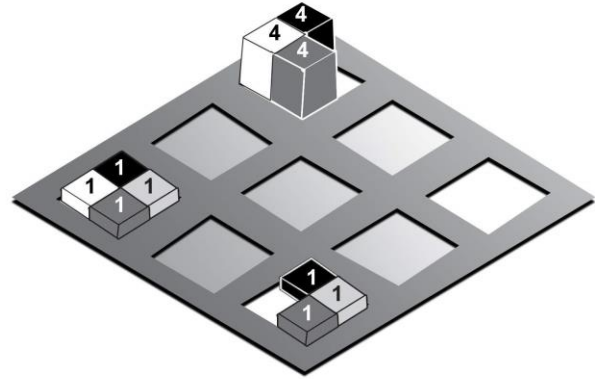
- Red
- Blue
- Green
- Yellow

איור 2. איור 2. בעיית העברה (TR8-A).

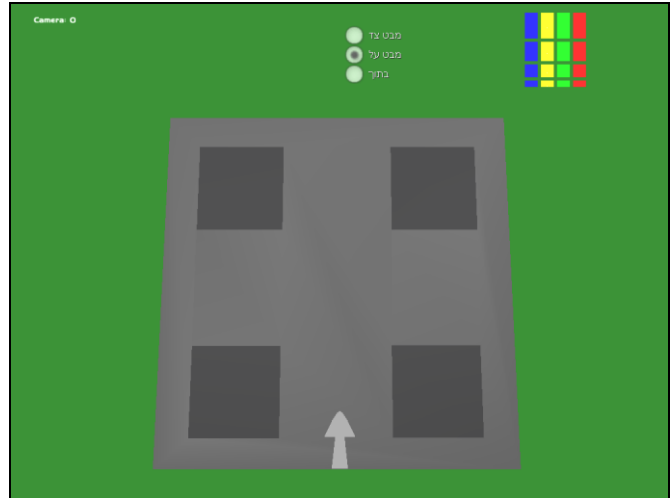
TR8-A

Reading:

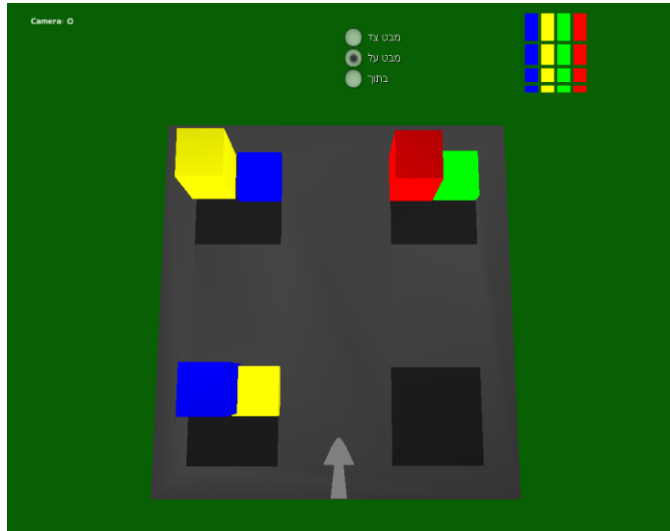
- Red
- Blue
- Green
- Yellow



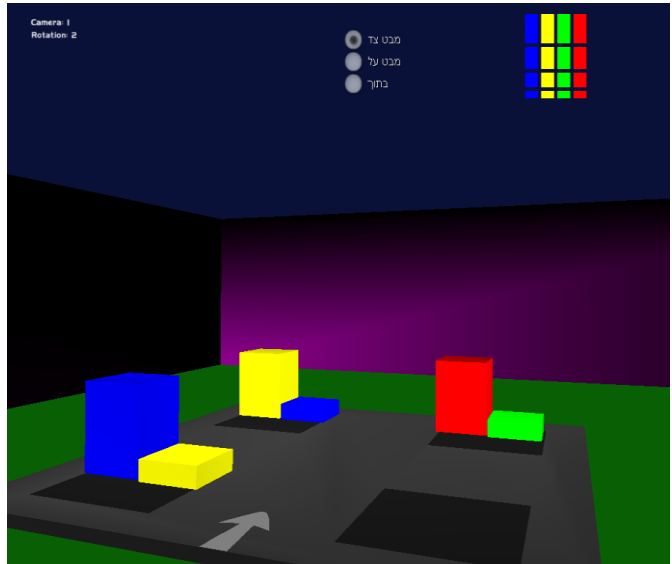
איור 3: מסך הכניסה לעולם הוירטואלי בסביבה הממוחשבת הדו-ממדית והתלת ממדית.



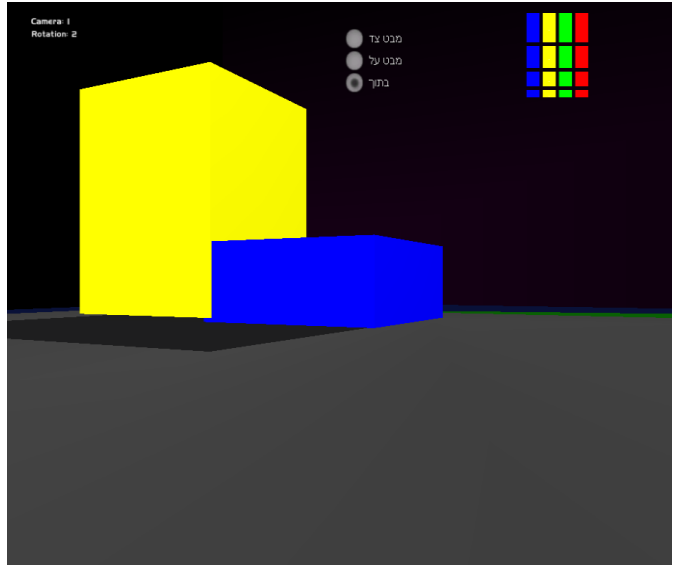
איור 4. ייצוג בעיה TR2-B בלוח הוירטואלי במבט-על.



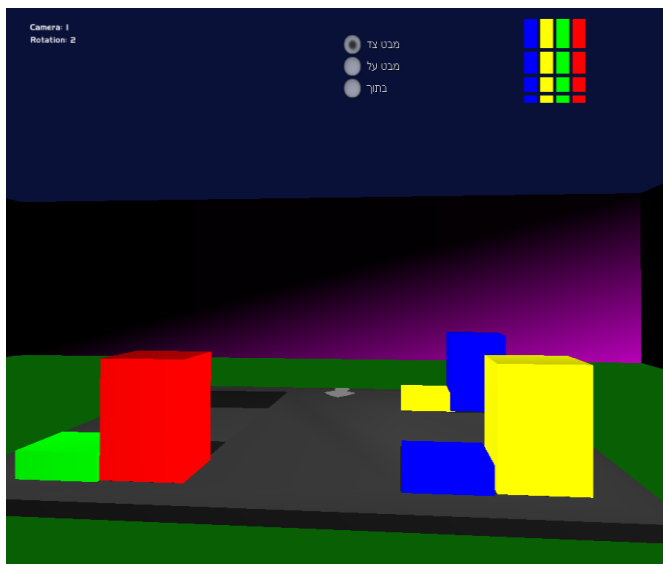
איור 5: ייצוג בעיה TR2-B בלוח הוירטואלי במבט צד.



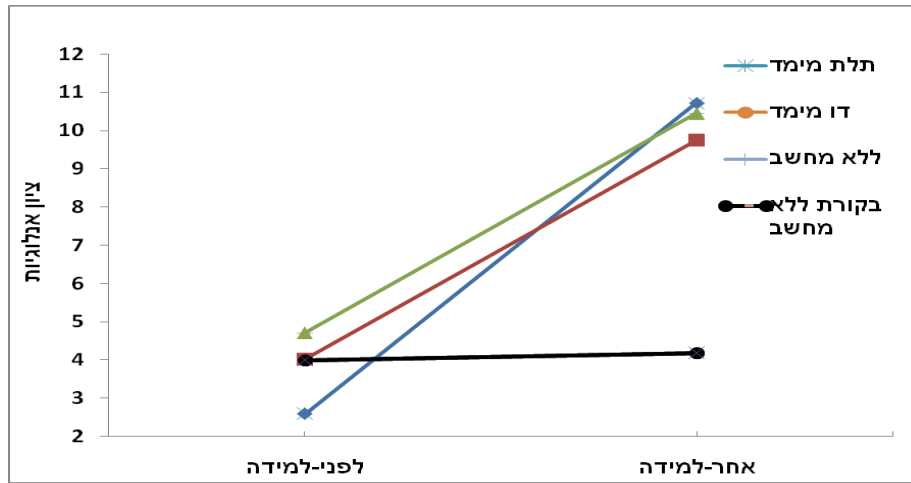
איור 6: ייצוג בעיה TR2-B בלוח וירטואלי במבט-מבפנים.



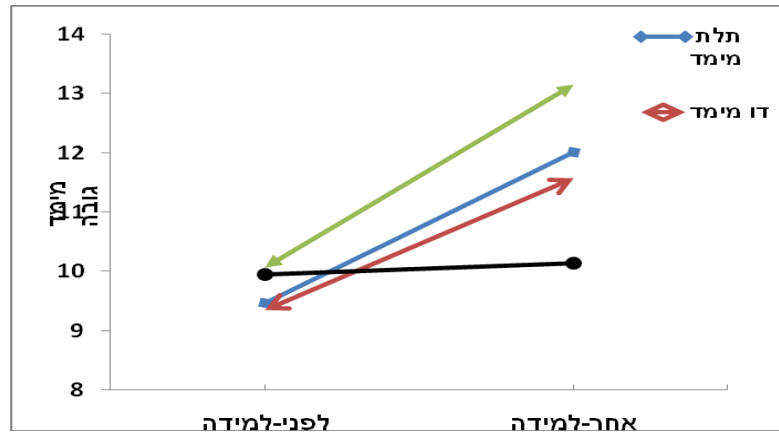
איור 7. רוטציה המאפשרת התבוננות בבעיה TR2-B מאחור (180°).



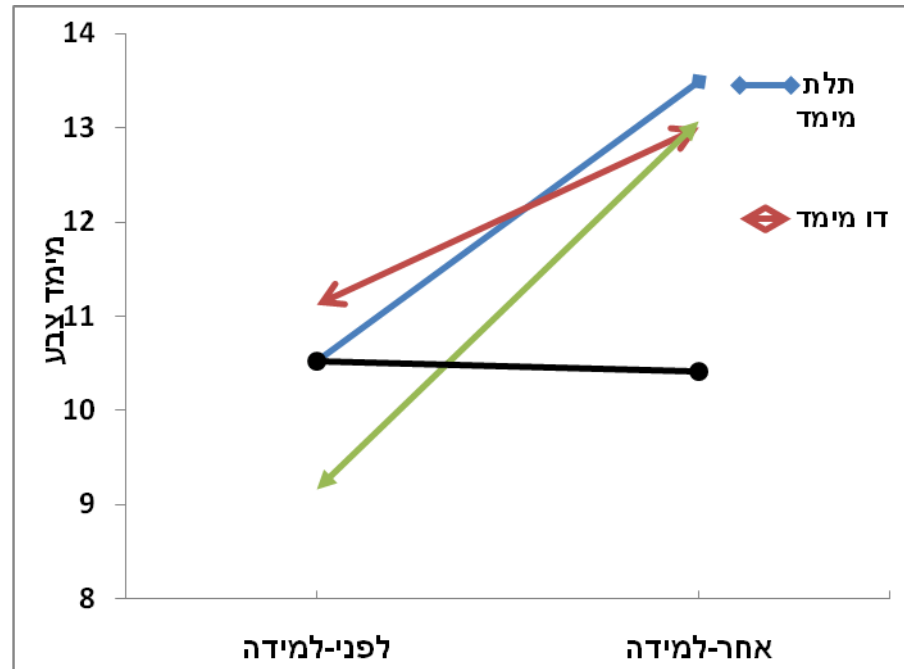
גרף 1. ממוצעי ציון אנלוגיות לפני-ואחרי-למידה בקרב קבוצות המחקר.



גרף 2. השינוי שחל במימד הגובה מלפני-למידה לאחר-למידה.



גרף 3. השינוי שחל במימד צבע מלפני-למידה לאחר-למידה.



גרף 4. השינוי שחל במימד מספר מלפני-למידה לאחר-למידה.

