

“דברים שרואים משם לא רואים מכאן” שימוש בטכנולוגית AR כמקדמת תפיסה מרחבית של ההגדרה הקריטית של המושג מנסרה



יניב ביטון
תקוה עובדיה
אסנת פילוס
קארין אלוש

ד"ר יניב ביטון

ראש תחום מתמטיקה במרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח), תל-אביב.
בוגר הטכניון במחלקה לחינוך, מדע וטכנולוגיה.
מרצה לחינוך מתמטי בשאנן - המכללה האקדמית הדתית לחינוך, קריית
שמואל, חיפה.
עוסק בהערכה ומדידה בחינוך מתמטי.



ד"ר תקוה עובדיה

בוגרת הטכניון, מרצה להוראת מתמטיקה
במכללת אורנים, קריית טבעון ובמכללה ירושלים.



ד"ר אסנת פילוס

אוניברסיטת אוטווה, קנדה. תחומי מחקר עיקריים: זהות לומדים
במתמטיקה, תאוריות למידה, שיח כיתה, שילוב טכנולוגיה בהוראת
מתמטיקה, מתמטיקה בקרב תלמידים מהגרים.



קארין אלוש

מסלול מצוינות, שאנן - המכללה האקדמית הדתית
לחינוך, קריית שמואל, חיפה.

בשנים האחרונות חוקרים רבים עומדים על הקשר בין הבנת הגאומטריה ובין למידת מתמטיקה (Sinclair & Bruce, 2015). למעשה טהטה (Tahta, 1980) מסביר כיצד הגאומטריה היא חלק בלתי נפרד מהבנה מתמטית וכיצד הפרדה מלאכותית בין לימודי המתמטיקה ללימודי הגאומטריה מביאה לידי קשיים שאפשר למנוע אותם. כאן נמצא כי תלמידים רבים רואים בלמידת גאומטריה מקצוע קשה (Clements, 1998; Mulligan, 2011; Verdine, 2016; Lucca, Golinkoff, Hirsh-Pasek, & Newcombe, 2016).

בתוך כך נמצא כי יש קשר הדוק בין שיפור מיומנויות בראייה מרחבית ובין הבנה טובה יותר של תפיסות וידע בגאומטריה (Casey et al., 2008), וכי שימוש בטכנולוגיות דיגיטליות מאפשר חיזוק הקשר בין תנועה וראייה מרחבית מצד אחד ובין למידת הגאומטריה מצד אחר (Battista, 2001). הקשר החזק בין שימוש בטכנולוגיות דיגיטליות ללימוד הגאומטריה הביא לידי פיתוחים חדשניים המאפשרים ללומדים לחדד את הראייה המרחבית שלהם באמצעות למידה המערבת תנועה במהלך חקירת גופים גאומטריים. במאמר זה נתמקד בשימוש בטכנולוגיית המציאות הרבודה ללמידת מנסרות.

רקע היסטורי ליישומים של AR בחינוך מתמטי

הטבלה המופיעה למטה היא תרגום לעברית של טבלה שימושית שמוצעת בעבודתם של יאנג וסנטוסו (Young & Santoso, 2018, p. 221). היא מציגה שימושים, מגבלות ותוצאות של שימוש בטכנולוגיית AR. על פי טבלה זו (שאינה מתיימרת להיות מקיפה) אין עדיין מידע מדויק על אודות התפתחות תפיסה או הבנה של תהליך פתרון בעיה גאומטרית במרחב, כאשר הוא מבוצע באמצעות הטכנולוגיה הרבודה.

במחקר הנוכחי יושמה טכנולוגיה רבודה (Augmented Reality) ובקיצור (AR) לצורכי למידה של תלמידי כיתה ו' בנושא מנסרות (גאומטריה במרחב). לצורך זה נעשה שימוש באפליקציה ShapeApp שמסייעת בפיתוח חשיבה חזותית במרחב. האפליקציה מלווה את למידת נושא ה"גופים" בספר הלימוד ומסייעת בהמחשה תלת-ממדית של הגופים שנלמדים. האפליקציה מיישמת את טכנולוגיית המציאות הרבודה (Augmented Reality) AR, כך שכאשר מתבוננים במצג באמצעות מסך הסמארטפון נראה שכבות דיגיטליות למיניהן, כאילו הן קיימות במציאות. התלמיד או התלמידה יכולים להזיז את הגופים, לסובב, לפרוס אותם, למדוד, לחתוך גוף ולחבר מספר גופים יחד ובתוך כך לפתח תובנות על אודות תכונות הגוף וצורתו ובאמצעותן לפתור בעיות בנושא. האפליקציה מקילה גם על המורה בהמחשה ובהנגשה של הגופים כפריסות לסוגיהן, וכגופים המוצגים במנחים מגוונים. בסרטון המצורף נבחין בכל מיני אינטראקציות עם הגופים כפי שנעשו באפליקציה (קישור).

במאמר הנוכחי נציג חקר מקרה שבו השתתפו 13 תלמידי כיתה ו' שהתראינו במהלך פתרון בעיות בנושא מנסרות כגופים במרחב. מתוך הראיונות ניסינו לבדוק את מאפייני פתרון הבעיות באמצעות האפליקציה, לעומת מאפייני תהליך פתרון הבעיות ללא האפליקציה. מתוך הממצאים עולה כי האפליקציה מרחיבה את מרחב השיקולים של פתרון הבעיה, כך שפעולת ההזזה של הגוף, הפיכתו לפריסה ולגוף בחזרה, בדרך דינמית ומהירה, המחישת לתלמידים את תכונות בסיסי הגוף בכל מצב, הקלה על זיהוי ההבדל בין בסיס למקצוע של מעטפת בכל פוזיציה, והרחיבה את היכולת לנתח צורות גאומטריות בכלל, ואת ההבנה של תכונות (כגון גובה של מנסרה) המוצגות כפריסה כחלק מגוף או כחלק מצורה גאומטרית בפרט.

מילות מפתח: מציאות רבודה; מתמטיקה לבית ספר יסודי; גופים הנדסיים; תפיסה מרחבית גאומטרית.

שם המאמר (תרגום מאנגלית)	הקשר	מגבלות	ממצאים
מציאות רבודה שיתופית בחינוך Collaborative Augmented Reality in Education (Kaufmann, 2003)	שימוש ראשון בטכנולוגיית המציאות הרבודה בהוראת גאומטריה	הביצועים, המידות והמשקל של החומרה בתחילת שנת 2000	תלמידים מעדיפים קסדות שקופות. ישנן כל מיני בעיות הכרוכות בשימוש בקסדות שקופות
פיתוח ספר לימוד אינטראקטיבי של מציאות רבודה להוראה וללמידה של צורות גאומטריות Development of an Interactive Book with Augmented Reality for Teaching and Learning Geometric Shapes (Kirner, Reis, & Kirner, 2012)	ספר לימוד אינטראקטיבי באמצעות הטכנולוגיה של מציאות רבודה לתמיכה בלמידת צורות גאומטריות	ההתמקדות היא אך ורק בראייה מרחבית	ספר לימוד באמצעות הטכנולוגיה של מציאות רבודה יכול לתרום במידה יעילה לפיתוח מערכת הוראה תומכת. ספר לימוד כזה הוא משאב מבטיח מאוד לעומת אמצעי הוראה אחרים שמשתמשים במציאות רבודה
שימוש במציאות רבודה ככלי ללמידת גאומטריה בבית ספר יסודי Development of an Interactive Book with Augmented Reality for Teaching and Learning Geometric Shapes (Purnama, Andrew, & Galinium, 2014)	שימוש במציאות רבודה ליצירת מד זווית וירטואלי למדידת זוויות	הכלי מתמקד אך ורק בוויזואליזציה של צלע וזווית. ממשק המשתמש אינו מוגדר כראוי	השימוש במציאות הרבודה מעלה את המוטיבציה של התלמידים בלמידת גאומטריה. טכנולוגיית המציאות הרבודה יכולה לזרז את תהליך הלמידה לעומת שיטות הוראה מסורתיות

שם המאמר (תרגום מאנגלית)	הקשר	מגבלות	ממצאים
לפרוץ את גבולות הוראת הגאומטריה באמצעות המציאות הרבודה Cyberchase Shape Quest: Pushing Geometry Education Boundaries with Augmented Reality (Radu, Doherty, DiQuollo, McCarthy, & Tiu, 2015)	משחק במציאות רבודה לילדים בבית ספר היסודי	יש להדפיס את לוח המשחק	הטכנולוגיה עשויה לגרום לבעיה מכנית במשחק. פיתוח משחקים כרוך בתהליך איטרטיבי. מפתחי המשחק צריכים לבדוק בדיקות מוקדמות ובתכיפות רבה, וכן גם לערב בתהליך מומחים מתחומי דעת מגוונים
יישום במציאות רבודה עם תנועות ידיים ללימוד גאומטריה תלת-ממדית An Augmented Reality Application with Hand Gestures for Learning 3D Geometry (Le & Kim, 2017)	יישום ללמידת גאומטריה באמצעות מציאות רבודה וטכנולוגיות לזיהוי תנועות ידיים	היישום דורש התקנים אחרים לזיהוי תנועות ידיים של המשתמש רמת ההבנה ולמידת גאומטריה בקרב התלמידים	טכנולוגיית המציאות הרבודה יכולה להיות משולבת בהצלחה עם טכנולוגיות אחרות. שילוב של טכנולוגיית המציאות הרבודה עם התקן לזיהוי תנועות ידיים יכול להעלות את רמת ההבנה ולמידת גאומטריה בקרב התלמידים

חסרת המחקר

מטרת המחקר הנוכחי היא לאפיין את תהליך פתרון הבעיות של תלמידי כיתה ו' בנושא מנסרות בעת השימוש באפליקציה (AR) לעומת אפיון התפיסה והראייה המרחבית של התלמידים בפתרון בעיות בנושא ללא יישום האפליקציה. מחקרים קודמים שנעשו באמצעות טכנולוגיה רבודה לא דנו ביתרון היחסי של האפליקציה על פי מדדים למיניהם.

שאלת המחקר

האם שילוב אפליקציית AR מקדם פתרון בעיות בנושא גופים במרחב בקרב תלמידי כיתה ו', ואם כן, כיצד? מה מאפיין תהליך פתרון בעיות המלווה באפליקציה לעומת תהליך פתרון בעיות שאינו מיישם אותה?

מהלך המחקר

כאמור, המחקר הנוכחי בדק את תרומת השימוש בטכנולוגיית AR לפתרון בעיות בנושא גופים במרחב בקרב תלמידי כיתה ו'. להלן חמשת השלבים העיקריים במחקר:

שלב ראשון:

גיבוש קבוצת ניסוי: מטרת השלב הראשון הייתה לגבש קבוצת ניסוי שתתנסה בשימוש באפליקציית AR בלמידה. כדי לגבש קבוצה זו, בחנו את ידיעותיהם של 22 בנים ו-22 בנות הלומדים בכיתה ו' בבית ספר בצפון הארץ (בית הספר מחולק לכיתות בנים ובנות) על נושא המנסרה. התלמידים למדו את נושא המנסרות בכיתה ואף נבחנו מבחן מסכם בסיומו.

המבחן המסכם היה בנוי מארבע משימות בנושא גופים (ראו נספח מספר 1), שבהן במשימה הראשונה התלמידים נדרשו לזהות נפח ושטח פנים של תיבה כאשר התיבה עוברת ממצב נתון אחד למצב נתון אחר, הסרת קובייה ממקומות מסוימים בתיבה וההשפעה על הנפח. במהלך המשימה השנייה הוצגו לפני התלמידים פריסות למיניהן והיה עליהם לקבוע האם פריסות אלו יצרו מנסרה או לא. במשימה השלישית הוצגו לתלמידים גופים למיניהם כאשר היה עליהם לזהות מי מהם מנסרה ומי צורת הבסיס, ולסיום הוצגו לתלמידים מנסרות חתוכות, ועל התלמידים היה לזהות האם שני הגופים שהתקבלו לאחר החיתוך הם מנסרות.

לפי המבדק נמצאו התוצאות האלה:

אף שהמודעות לשילוב של טכנולוגיות של מציאות רבודה שמאפשרות ראייה מרחבית לשיפור הוראת ולמידת הגאומטריה ניכרת בפיתוח תמידי ובשיפור החומרה של כלים מורכבים ויעילים יותר, עדיין רב הנסתר על הגלוי באשר לתהליכי הלמידה שהמציאות הרבודה מאפשרת. מטרת המאמר הנוכחי היא לתרום לידע העוסק בקידום למידת גאומטריה באמצעות יישומון AR.

התפתחות היישומים של טכנולוגיית AR בהוראת הגאומטריה

התפיסה המרחבית בגאומטריה כוללת חמישה רכיבים: תפיסה מרחבית, ויזואליזציה מרחבית, סיבובים והנפשות, יחסים מרחביים ואוריינטציה מרחבית (Clements, 1998). המטרה העיקרית של הוראת הגאומטריה היא פיתוח רכיבים אלה. מחקרים מציעים כי למידת גאומטריה באמצעות מציאות וירטואלית מקדמת חשיבה ותפיסה מרחבית. לדוגמה קאופמן ושמלסטיג (Kaufmann & Schmalstieg, 2003) פיתחו סביבת למידה לגאומטריה במרחב הכוללת טכניקה של AR. מטרתם הייתה להמחיש את הגופים ואת תכונותיהם הגאומטריות במרחב, וכך להקל על התלמידים ללמוד על הגופים לא רק ויזואלית, אלא גם על פי תכונותיהם הייחודיות.

קאופמן (Kaufmann, 2006) הציג מחקר המתאר יותר מ-300 משתמשים בסביבה של גאומטריה דינמית תלת-ממדית המשלבת AR בלימודי גאומטריה ברמות למיניהן, והוכיח כי ההזדמנות לסובב עצמים גאומטריים במרחב גם מסייעת למורים בהבנת הכשלים של החשיבה המרחבית, וגם מקדמת את התפיסה המרחבית באמצעות עיצוב בעיות מתאימות לסביבה וללומד. רדו ועמיתיו (Radu et al., 2015) פיתחו משחק לילדים צעירים הכולל רמות התפתחות של תפיסה גאומטרית במרחב. במהלך פיתוח המשחק הם שיפרו ביצועים בכלי המשתמש במציאות הרבודה וגם במשימות על פי תגובת המשתמשים בזמן הלמידה. במסקנותיהם הם כתבו כי כדי להכין יישום וירטואלי מסוג מציאות רבודה, יש לערוך הערכה מעצבת לכלי וגם למשימות במהלך יישום בפועל של שניהם בו בזמן. בכל איטרציה הם שיפרו את המשימות כדי להתאים את הרמות לתלמידים, וכדי להשיג את המטרות הלימודיות לתכנים הגאומטריים הרלוונטיים. מחקרים לימד אותנו כי יש לבחון במחקר זה פתרון של כל משימה בנפרד, עם האפליקציה ובלעדיה.

טבלה 1: מיפוי תוצאות מבחן מסכם לשתי הכיתות בנות-בנים

משימה			בנות			בנים			סך הכול		
מספר משימה	סעיף	ענו נכון	ענו לא נכון	לא ענו	ענו נכון	ענו לא נכון	לא ענו	ענו נכון	ענו לא נכון	לא ענו	לא ענו
1	א	2	15	5	13	2	7	15	17	12	
1	ב	2	15	5	7	7	8	9	22	13	
1	א1	11	6	5	14	1	7	25	7	12	
1	א1ב	1	16	5	6	9	7	7	25	12	
1	א2	4	12	6	13	2	7	17	14	13	
1	א2ב	0	16	6	4	11	7	4	27	13	
1	א3	7	9	6	13	2	7	20	11	13	
1	א3ב	0	16	6	2	13	7	2	29	13	
1	א4	3	13	6	6	4	12	9	17	18	
1	א4ב	4	12	6	3	6	12	7	18	18	
2	א	11	8	3	18	2	2	29	10	5	
2	ב	16	3	3	15	5	2	31	8	5	
2	ג	9	10	3	14	6	2	23	16	5	
2	ד	18	1	3	17	2	3	35	3	5	
2	ה	13	7	3	12	8	2	24	15	5	
2	ו	6	15	1	12	8	2	18	23	3	
2	ז	12	7	3	19	1	2	31	8	5	
2	ח	14	4	4	17	3	2	31	7	6	
2	ט	17	4	1	11	9	2	28	13	3	
2	י	10	10	2	10	9	3	20	19	5	
2	יא	20	0	2	20	0	2	40	0	4	
2	יב	17	2	3	16	4	2	33	6	5	
3	א	9	11	2	13	7	2	22	18	4	
3	ב	17	2	3	16	3	3	33	5	6	
3	ג	11	8	3	17	3	2	28	11	5	
3	ד	17	3	2	20	0	2	37	3	4	
3	ה	7	13	2	5	15	2	12	28	4	
3	ו	14	6	2	20	0	2	34	6	4	
3	ז	4	15	3	8	12	2	12	27	5	
3	ח	11	9	2	3	17	2	14	26	4	
4	א	9	9	4	11	8	3	20	17	7	
4	ב	16	2	4	19	0	3	35	2	7	
4	ג	14	4	4	16	2	4	30	6	8	
4	ד	8	9	5	7	12	3	15	21	8	
4	ה	13	3	6	19	0	3	32	3	9	
4	ו	12	4	6	15	4	3	27	8	9	

חמישה תלמידים (3 בנים, 2 בנות), מהרבעון הראשון נבחרו ארבעה תלמידים (2 בנים, 2 בנות).

מתוך הטבלה עולה כי רוב המשימות בנים הצליחו יותר מבנות.

שלב שני:

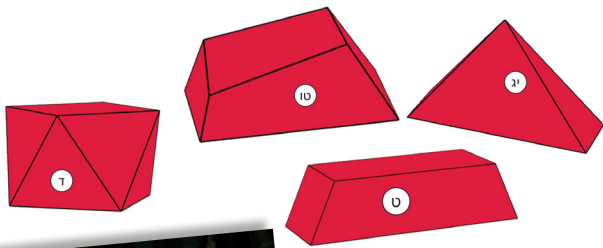
שלב שלישי:

מאחר שיחידת הלימוד היא בשלב פיתוח, היה חשוב לנו לבצע ראינות אישיים כדי להבין מקרוב את ההתנהגות של הלומדים במהלך פתרון הבעיות באמצעות הכלי ובלעדיו.

לפיכך החלק השלישי במחקר כלל 13 ראינות אישיים. כל תלמיד עבר ריאיון אישי מתועד ומוסרט מתחילתו ועד סופו (כל ריאיון נמשך במוצא כחצי שעה), והוא היה בנוי משני חלקים. בחלקו הראשון של הריאיון פתרו התלמידים מספר משימות בנושא

מיון ציוני התלמידים: לאחר בדיקת המבדקים, מוינו ציוני התלמידים לארבעה רבעים כאשר הרבע הראשון הכיל את הציונים הגבוהים ביותר (טווחים 9-0 שגיאות) והרבע האחרון הכיל את רשימת ההישגים הנמוכים ביותר (טווחים 27-36 שגיאות). לשלב הראינות שבו רצינו לבחון את השימוש באפליקציית AR, נבחרו תלמידים משלושה רבעים מתוך ארבעה. מהרבעון התחתון לא נבחרו תלמידים כלל מפאת מיקוד המחקר הנוכחי בהמללה והסבר, מהרבעון השלישי נבחרו ארבעה תלמידים (1 בן, 3 בנות), מהרבעון השני נבחרו

3. א. קחו מסופק הגופים את הפאונים האלה. רק אחד מהם הוא מנסרה. הקיפו אותו.



ב. הסבירו מדוע פאון זה הוא מנסרה:

ג. מה צורת הבסיס שלו?

ד. מדוע יותר הפאונים אינם מנסרות?

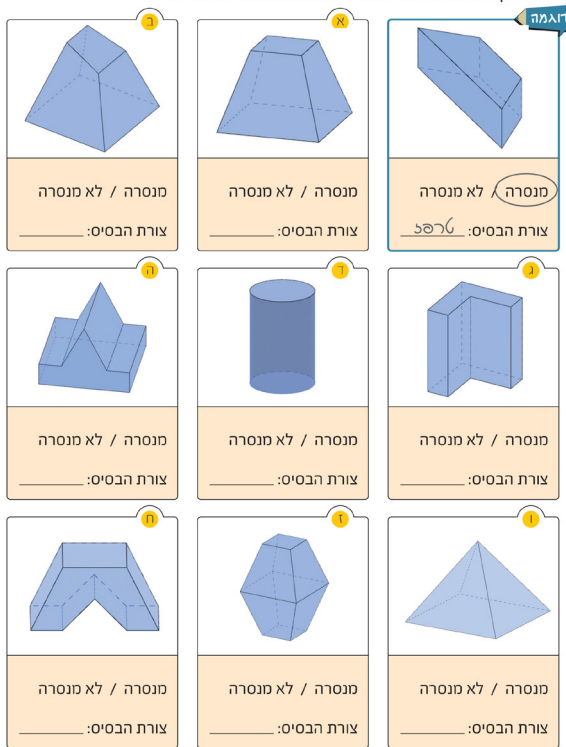


איור 2: בחירת מנסרה

במשימה זו התלמידים התבקשו לנמק את בחירתם בגוף שהוא מנסרה ולציין את צורת בסיסה של המנסרה. במשימה השלישית הובאו לתלמידים מגוון פאונים

והיה עליהם לבחור האם הפאון מנסרה או לא ומהי צורת הבסיס במקרה של זיהוי הפאון כמנסרה. באיור 3 אפשר להבחין כי המנסרות אינן מונחות על בסיסן, אלא על אחת מפאות המנסרה. נוסף על כך, בסיסן אינו אחד מהמצולעים המוכרים לתלמידים, כמו מלבן, ריבוע, משולש. נתון שהעלה את דרגת הקושי של המשימה.

5. לפניכם סרטונים של גופים. עבור כל גוף בדקו אם הוא מנסרה. אם כן, כתבו מה צורת הבסיס שלה וצבעו את אחד הבסיסים.



הם מצאתם ארבע מנסרות כולל הדוגמה?

איור 3: זיהוי מנסרה ונימוק

כאמור, בחלקו השני של הריאיון התלמידים בחנו ובדקו את תשובותיהם בעזרת השימוש באפליקציה AR. התלמידים התבקשו לנמק את תשובתם במתן הסבר וחשיבה בקול בזמן הפעלת האפליקציה.

המנסרות ללא השימוש באפליקציית ה-AR. בחלקו השני של הריאיון התלמידים השתמשו באפליקציית AR. להלן דוגמאות נבחרות של המשימות שהובאו לפני התלמידים:

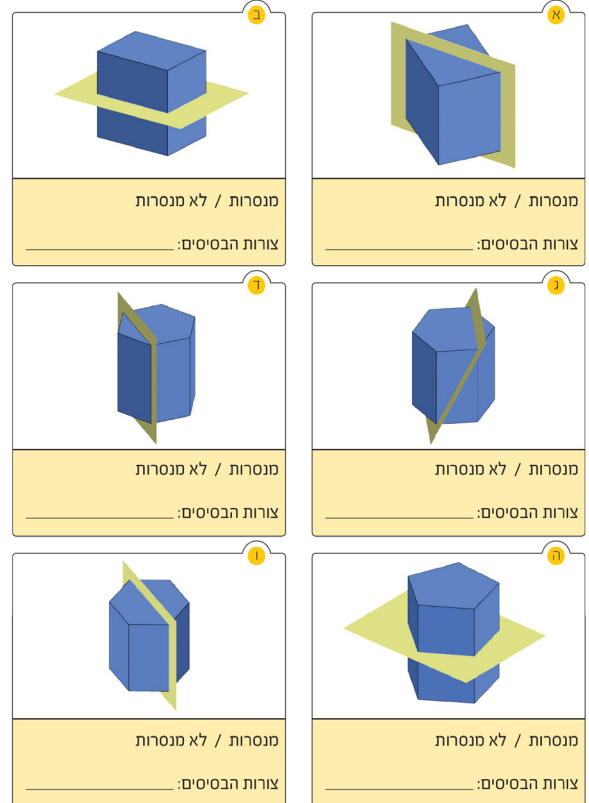
אוכלוסיית המחקר מתוארת בטבלה מס' 2 להלן:
טבלה מס' 2: פרופיל מרואיינים

זכר/נקבה	פרופיל
2 בנים 2 בנות	רבעון 1
3 בנים 2 בנות	רבעון 2
1 בן 3 בנות	רבעון 3

כלי המחקר:

להלן משימות מתוך הריאיונות:

9. בכל סעיף חתכו מנסרה והתקבלו שני גופים. האם שני הגופים שהתקבלו הם מנסרות? הקיפו. אם התקבלו מנסרות, מה צורת הבסיס של כל מנסרה?

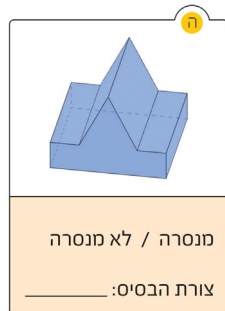


איור 1: חיתוך מנסרות

במשימות המוצגות באיור 1, נדרשו התלמידים לבחון האם שני הגופים שנוצרו מחיתוך המנסרה לאחר העברת מישור החיתוך המופיע באיור הם אכן מנסרות. כמו כן התלמידים התבקשו לציין מהי צורת הבסיס של כל מנסרה, במידה שבחרו שהגופים הם מנסרות. (ראוי לציין כי כבר בבית הספר היסודי אנו מכינים את התלמידים לחיתוך אורך, רוחב ואלכסון של גוף – תפיסות שבעבר היו מתחילים לפתח רק בבית הספר העל-יסודי בפתרון בעיות באינטגרלים, נפח של גוף סיבוב וכדומה.)

משימה אחרת שהתבקשו התלמידים לבצע הייתה זיהוי מנסרה מתוך ארבעה גופים (איור 2). כאן רצינו לבחון מה יהיו השיקולים שיגרמו להחלטה מי היא מנסרה? וכיצד התלמיד יעריך שהשיקול שלו נכון? בשתי המשימות התבונן התלמיד בדף, ורק אם לא הצליח לפתור, הוא השתמש באפליקציה כדי לנתח את הגוף.

משימה ה (עמ' 32)



איור 6: משימה ה

ארבעה תלמידים (שני בנים ושתי בנות מרבעונים 2 ו-3) מתוך ה-13 הצליחו לפתור את המשימה. הארבעה (שהצליחו) הזיזו בדמיונם (לדבריהם) את הגוף ומצאו "תנוחה" שבה יש שני בסיסים שווים ומקבילים, ולפי זה נימקו את בחירתם למנסרה כבנויה על שני בסיסים מקבילים ושווים.

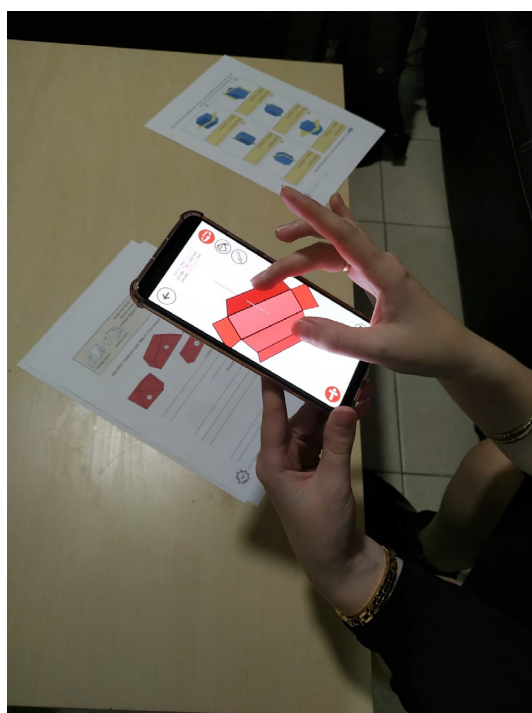
שיפוט על פי תכונות המעטפת

במשימה א (עמ' 31) התלמידים שפתרו נכון ללא האפליקציה, "הזיזו" את הגוף בדמיון וחיפשו את המעטפת כדי למצוא את הבסיסים השווים בתוך המעטפת. כאשר הם התבוננו במעטפת הם ניסו לזהות מקבילות או מצולעים אחרים, ואז מה שלא מקבילית, מבחינתם היה הבסיס ואז חיפשו בסיס חופף לו. כשהם מצאו שני מצולעים זהים וגם מקבילים זה לזה, הם נימקו שהצורה היא מנסרה. תלמידים ששגו אמרו:

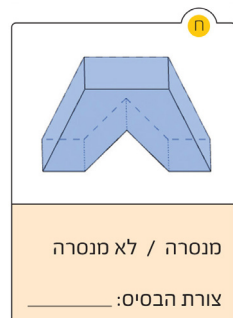
"לא מנסרה, (למה?) כי זה לא חופף."

"לא מנסרה, (למה?) כי אין לו שני בסיסים שווים, יש לו מצד אחד אבל לא."

"זה גם לא מנסרה, (למה?) כי אין זה, זה לא אותו דבר מלמטה וגם אין לזה איך קוראים לזה" (מדגימה עם היד בסיס של מנסרה אחרת).



איור 7: זיהוי מנסרה מתוך קבוצת גופים



איור 8: משימה ח

משימה ח (עמ' 32)

התלמידים שענו נכון (ארבעה, שלושה בנים ובת אחת מרבעונים 1 ו-2) יצרו לעצמם פריסה דמיונית של מעטפת ודנו בתכונות המצולעים הבסיסים לעומת המעטפת, כפי שציין אחד התלמידים שזו מנסרה "כי רק העמידו אותה שונה מהרגיל".

במחקר הנוכחי לא התמקדנו באפיון השגיאות וזיהוי תפיסות ראשוניות של גופים במרחב. המטרה הייתה לתקן שגיאות במהלך יישום האפליקציה. לפיכך הממצאים יתארו רק את התהליכים שבהם תלמידים פתרו בעיות בגופים הנדסיים באמצעות אפליקציית AR ובלעדיה. ממצאים אלה יוצגו בשתי דרכים: בדרך אחת נציג את כמות הפותרים נכונה לכל בעיה ובדרך השנייה נתמקד ברעיונות שהעלו התלמידים במהלך פתרון הבעיה באמצעות האפליקציה. הדגמת התשובות של כלל המרואיינים מציגה תמונה שלמה, שלכל מרואיין היה בה חלק אחר בהצגת תהליך התפיסה המרחבית של הגוף, כחלק מפתרון הבעיה.

הממצאים להלן יוצגו על פי שתי הקטגוריות העיקריות להלן ותת-הקטגוריות הנגזרות מהן:

1. שיקולי שיפוט לפתרון הבעיה טרם יישום אפליקציית AR: שיפוט על פי זיהוי תכונות הבסיסים, שיפוט על פי תכונות המעטפת.
2. שיקולי שיפוט לפתרון הבעיה במהלך יישום אפליקציית AR: שיפוט על פי טרנספורמציות, שיפוט על פי ניתוח צורת פריסת הגוף, שיפוט על פי פריסה המתמקד בזיהוי תכונות הבסיסים, שיפוט על פי פריסה המתמקד בתכונות מצולעי המעטפת.

שיקולי שיפוט לפתרון הבעיה טרם יישום אפליקציית AR

שיפוט על פי זיהוי תכונות הבסיסים

משימה ד (עמ' 35)

התלמידים נדרשו לזהות האם לאחר חיתוך המנסרה שני הגופים שהתקבלו הם גם מנסרות. באיסוף הנתונים עלה כי מתוך שלושה עשר התלמידים, 8 תלמידים (5 בנות ו-3 בנים) הצליחו לזהות

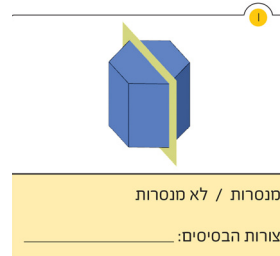


איור 4: משימה ד

את המנסרות המתקבלות מהחיתוך ללא אפליקציה (העונים נכון היו משלושת הרבעונים). שיפוט התלמידים התמקד בהשוואת תכונות הבסיסים. התלמידים שענו נכון, זיהו את הבסיס ה"חדש". התלמידים ששגו ראו בחלוקה הלא סימטרית של הבסיס משנה את הגוף ממנסרה לגוף אחר.

משימה ו (עמ' 35)

בדומה למשימה הקודמת, גם כאן נדרשו התלמידים לזהות האם לאחר חיתוך המנסרה שני הגופים שהתקבלו הם גם מנסרות. בסעיף זה 10 תלמידים ענו נכון מתוך 13 (5 בנים ו-5 בנות), וכולם ראו בחיתוך הסימטרי של הבסיס סיבה



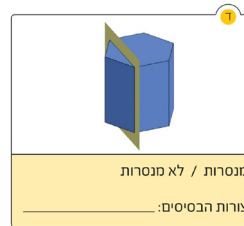
איור 5: משימה ו

להפיכת הגוף לשני חצאי גוף ששומרים על תכונותיו כמנסרה, כי הבסיסים הם זהים. במהלך הריאיון היה ברור לנו שאנחנו מעוניינים בתפיסה רחבה יותר של שיקולים, כמו ניתוח תכונות הבסיסים וזיהוי הממצא שהתכונות שוות. לכן בהמשך הריאיון הצגנו בעיות מורכבות יותר.

שיקולי שיפוט לפתרון הבעיה במהלך יישום אפליקציית AR

שיפוט על פי טרנספורמציות

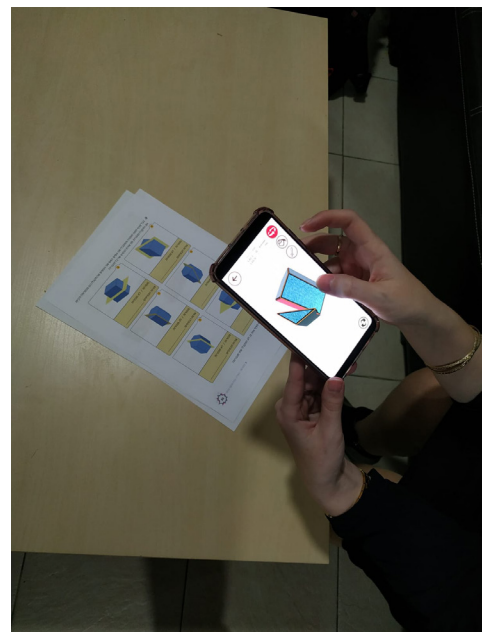
משימה ד (עמ' 35)



איור 9: משימה ד

התלמידים נדרשו להחליט האם לאחר חיתוך המנסרה שני הגופים שהתקבלו הם גם מנסרות. בין התלמידים שתיקנו את תשובתם באמצעות האפליקציה (שני בנים ובת מרבעון 1), היה תלמיד שסובב את חלקי המנסרה ובחן אותם מכמה כיוונים. היה אפשר לראות כי הוא התמקד בחיפוש אחר בסיסים והחליט "לא, אהה. כן. כל אחד בפני עצמו", כלומר החיתוך יוצר שתי מנסרות.

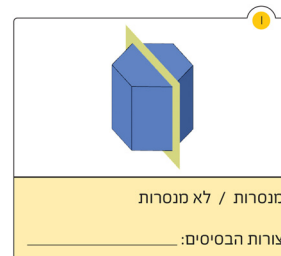
להלן תמונה של סיבוב כפי שהיא נראית באפליקציה:



איור 10: AR למשימה ד

משימה ו (עמ' 35)

בין התלמידות ששגו הייתה תלמידה שפתחה את הפריסה וניסתה לזהות היכן הבסיס נחתך. בשלב זה סברה התלמידה כי הגופים שנוצרו מהחיתוך אינם מנסרות בטענה: "בגלל שזה אלכסון ולא נקודה לנקודה". אך כאשר היא בדקה כל גוף בפני עצמו, היא זיהתה שלכל גוף ישנם שני בסיסים חופפים בלי שום קשר למקום החיתוך של בסיס המנסרה הנתונה. (במשימה זו תיקנו את תשובתם נכונה באמצעות האפליקציה בן אחד מרבעון 1 ושתי בנות מרבעון 2).



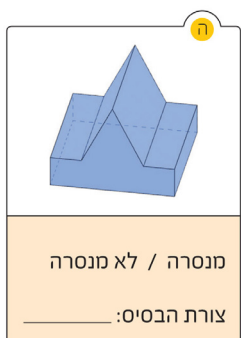
איור 11: משימה ו

איור 13: משימה א

התלמידים הזיזו את כל הגופים ואז החליטו מהי מנסרה.

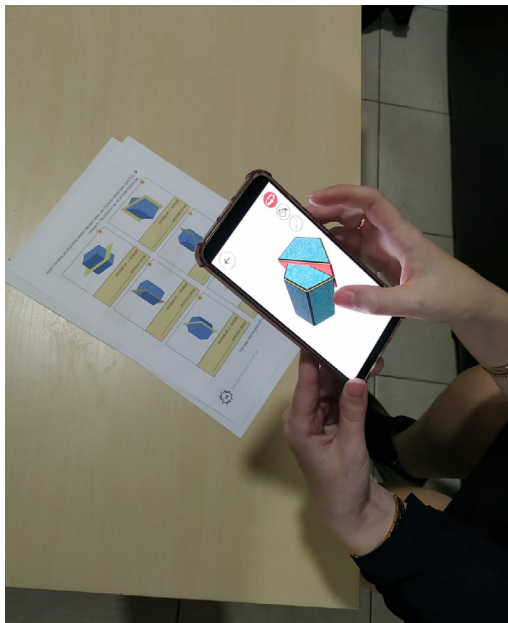
משימה ה (עמ' 32)

תשעת התלמידים שלא ענו נכון על השאלה, רבעון ראשון - 3 תלמידים, רבעון שני - חמש תלמידים, רבעון שלישי - תלמיד אחד, סובבו את הגוף באמצעות האפליקציה, ובמהלך הסיבוב החליטו



איור 14: משימה ה

להלן תמונה של הגוף כאשר מתבוננים בו באפליקציה:



איור 12: AR למשימה ו

משימה א (עמ' 31)



אם הם מזהים שני בסיסים זהים מקבילים שעלו בעת סיבוב.

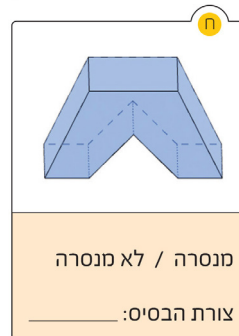
להלן דוגמאות של תמונות שאפשר לראות באפליקציה כפי שהם ראו:



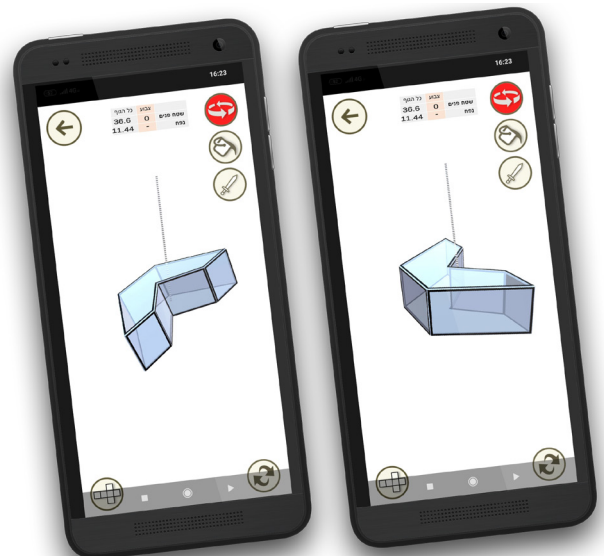
איור 15: AR של משימה ה

משימה ח (עמ' 32)

מקצת התלמידים שלא ענו נכון על השאלה, סובבו את הגוף כדי להתבונן במעטפת. רק לאחר סיבוב הם הזיזו אותה לכיוונים אחרים. ראו איור תמונות הזזה וסיבוב:



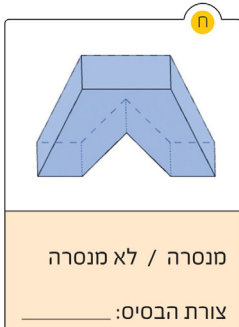
איור 16: משימה ח



איור 17: AR למשימה ח

שיפוט על פי ניתוח פריסת הגוף

משימה ח (עמ' 32)



איור 18: משימה ח

במשימה זו מקצת התלמידים שלא ענו נכון על השאלה ללא האפליקציה פרסו את הגוף בניסיון הראשון, והחליטו לפי הפריסה מי הם הבסיסים וקבעו שזו מנסרה. תלמידים אלה לא ביצעו סיבוב או טרנספורמציה וייתכן שהם עדיין בשלב הדו-ממדי.

שיפוט על פי פריסה המתמקד בזיהוי תכונות הבסיסים

משימה ד (עמ' 35)

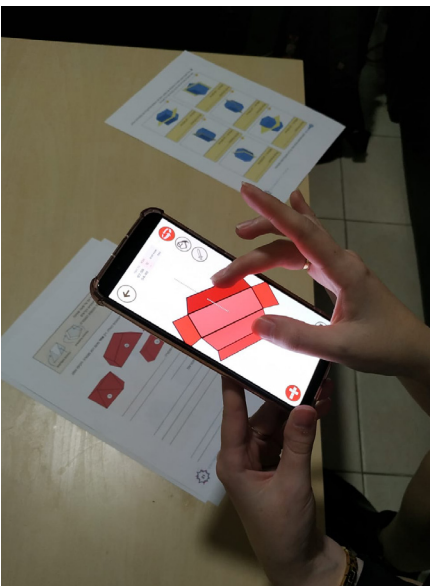


איור 19: משימה ד

התלמידים נדרשו לזהות האם לאחר חיתוך המנסרה שני הגופים שהתקבלו הם גם מנסרות. אחד התלמידים ששגה תיקן את עצמו באמצעות האפליקציה ואמר: "אז זה כן כי זה משולש וזה מחומש". התלמיד הצביע על הבסיסים "החדשים" אחרי החיתוך.

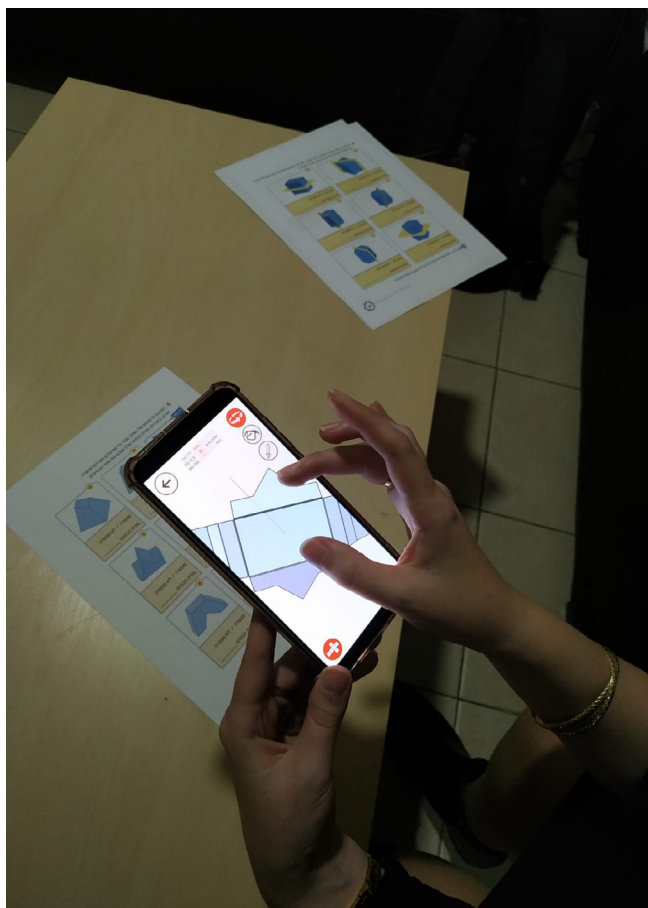
שיפוט על פי פריסה המתמקד בתכונות מצולעי המעטפת

תשובות שגויות אחרות היו מגוונות, כגון "כי זה לא יכול להיות מנסרה זה עקום, זו פירמידה, וזה עקום פה וגם פה (מצביע ומציג בפאון (ט) את הפאות הצדדיות שנראות באלכסון מהזווית הנתונה). וזה, לא יודע". גם תלמיד אחר הסביר על פי אותו עיקרון כי "ט) זה לא הגיוני, כי הזה פה לא שווה לזה (התלמיד מנסה לזהות 'בסיסים'. התלמיד מצביע על פאות אך מגדיר אותן כ'בסיסים'), (יג) זה בכלל פרמידה, (טו) זה גם לא שווה, זה יותר גדול מזה ('בסיסים'), (ד) זה הדבר הזה זה הדבר היחיד ששווה". כמה מהתלמידים ששגו פתחו את הגוף כפריסה באפליקציה (איור 20), ואז חיפשו בסיסים זהים על פי תכונות משותפות ומעטפת מתאימה לבסיסים ותיקנו את תשובתם.

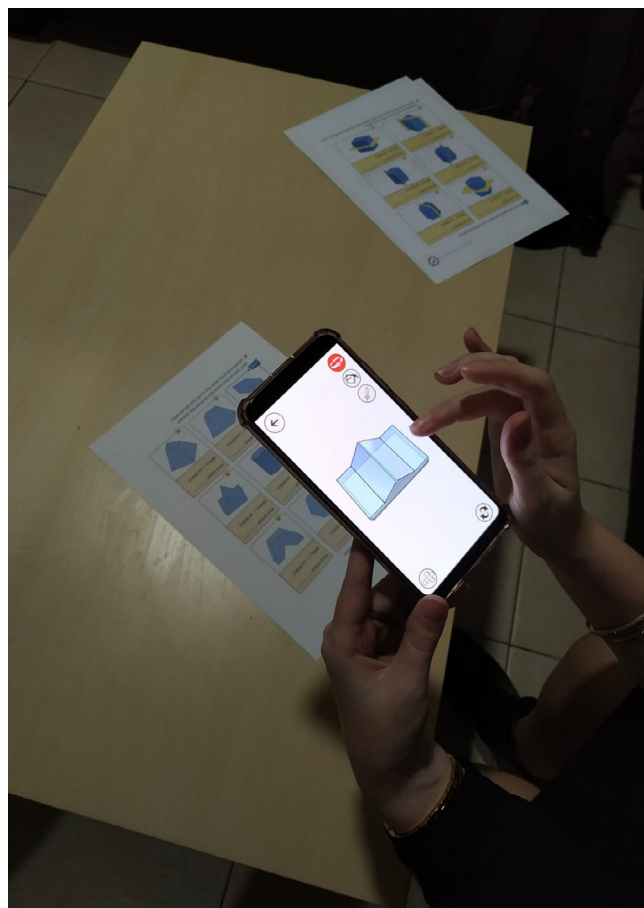


איור 20: פריסה של גוף

ארבעה תלמידים ענו נכון מההתחלה, חמישה ענו לא נכון ושיפרו בעזרת האפליקציה ועוד ארבעה לא תיקנו את תשובתם. התלמידים שתיקנו את תשובתם היו מרבעונים 2 ו-3. התלמידים ששינו את תשובתם לאחר השימוש באפליקציה הבחינו כי אכן פאון זה הוא מנסרה, וזיהו את שני הבסיסים.



איור 22: פריסה לצורך זיהוי בסיס



איור 21: הזזות של גוף

סיכום ממצאים

בטבלה 3 להלן מופיע סיכום ממצאי המחקר הממפה את התוצאות ומשמעותן.
טבלה מספר 3: תוצאות המחקר ופרשנותן הכללית

באמצעות AR				ללא AR		פתרון בעיה
שיפוט על פי תכונות מצולעי המעטפת	שיפוט על פי זיהוי בסיסים	שיפוט על פי פריסת הגוף	שיפוט באמצעות טרנספורמציות	שיפוט לפי תכונות מעטפת	שיפוט לפי זיהוי בסיסים	אופי פתרון הבעיה
פעולה אחרונה לפני שיפוט	פעולה שלישית אחרי פריסת הגוף	הפעולה השנייה שביצעו תלמידים שלא הצליחו לזהות את הבסיסים באמצעות הזזות	הזזה והנחת הגוף על מה שנראה כ"בסיס" הפעולה האינטואיטיבית הראשונה שביצעו כל משתתפי המחקר כאשר הם היו צריכים להחליט על תשובה האם הגוף הוא מנסרה ומדוע	שיפוט מועדף משני שהתבצע לאחר שהתלמיד לא זיהה את הבסיסים, ואז החליט לנסות לזהות מעטפת כדי להבין באמצעותה מהו הבסיס	שיפוט מועדף שהתבצע כפעולה ראשונה של כל 13 המרואיינים	
פעולה זו בוצעה רק כהשלמה לפעולות קודמות ולא כפעולה שעומדת בפני עצמה. אחרי שזוהו הבסיסים, תלמידים זהירים בחנו ואפיינו את שאר הצורות בפריסה כדי לוודא שהם זיהו נכון את הבסיסים והצורות האחרות נבנות על הבסיס	התלמידים הבינו שזיהוי בסיסים הוא התכונה הקריטית	התלמידים הבינו שפריסת הגוף היא הפעולה המקדמת לזיהוי בסיסים. חקירת הגוף מזמנת בחינת תכונות המצולעים וזיהוי שניים זהים שיהיו גם מקבילים כשהפריסה תהפוך לגוף	התלמידים הבינו שהגופים שהם פגשו בתחילת הלימוד היו מונחים על בסיסם, ושהגופים שהם נדרשים לחקור כעת לא מונחים על בסיסם, לכן הם הזיזו את הגופים עד שקיבלו מנח שמתאים למנחים שהכירו מקודם	התלמידים הבינו שזיהוי המעטפת הוא בעל חשיבות משנית וכי המצולעים במעטפת קשורים לבסיס	התלמידים הבינו את התכונה הקריטית של ההגדרה של מנסרה כגוף בעל שני בסיסים מנוגדים	פרשנות

Ibáñez, Di-Serio, Villarán-Molina, & Delgado-Kloos,) (2015) המעודדים להעריך ולעצב את תוכניות הלימוד באמצעות המציאות הרבודה במהלך ההוראה באמצעותם באופן שעונה על הבדלים תפיסתיים בין תלמידים.

אחת המסקנות של המחקר הנוכחי היא שבשלב הראשון של המחקר יש לכלול פתרון בעיות פשוטות כדי להצליח לזהות פעולות בסיסיות שתלמידים מבצעים באמצעות היישומון. ואכן נוכחנו כי הפעולות שהתלמידים ביצעו עם היישומון התחילו בהזזה, שזו פעולה שאפשר לבצע גם על גוף פיזי ולא וירטואלי. אך האפשרות של פריסה של גוף מתוך "נקודות מבט" מסוימות היא פעולה ייחודית ליישומון ה-AR. אפשרות הפריסה לימדה אותנו באיזה שלב תלמיד נסוג מהמרחב התלת-ממדי אל המרחב הדו-ממדי, אחרי שסיבוב לא הועיל לזיהוי בסיסים של מנסרה.

כפי שהוצג לעיל, החשיבה הגאומטרית כוללת חמישה היבטים: תפיסה מרחבית, ויזואליזציה מרחבית, סיבובים והנפשות, יחסים מרחביים ואוריינטציה מרחבית (Clements, 1998). באמצעות הלמידה בכלי המחקר הנוכחי, שכללו בעיות ויישומון ככלי עזר היה אפשר לבצע עם התלמידים פעולות עם כל חמשת ההיבטים: להתבונן במרחב ולנסות לתמרן אותו כאשר הוא מוצג בצורה דו-ממדית, לסובב ולהזיז גופים במרחב באמצעות הטכנולוגיה, להתבונן ביחסים שבין המצולעים בפריסה ולהחליט מי הם הבסיסים, להפוך גופים ולשנות את כיוונם, להפוך פריסות ולזהות את חלקיהן.

השלב המתוכנן הבא של המחקר הנוכחי הוא לתת יכולת פתרון באמצעות היישומון AR, לעומת חקר גופים פיזיים באמצעות פתרון בעיות מורכבות יותר, שאינן דנות רק בהיבט ההגדרה של המושג, אלא גם ביחסים וקשרים של תכונות בין גופים.

קיימים מחקרים (Merrill, Yang, Roskos, & Steele, 2016; Yilmaz, 2009) הדנים ביתרונם של בנים על בנות בהבנת המרחב בגאומטריה. במחקר זה נמצא ממצא דומה, אלא שלדעתנו יש לחקור את התפיסה המרחבית הייחודית, ונתון זה לא עלה במחקר הנוכחי. כמו כן חשבנו שיופיעו הבדלים בין הרמות של הרבעונים. לא מצאנו הבדלים בין הפרופילים כאשר התלמידים הפעילו את האפליקציה. ממצא זה עשוי להראות את תרומת השימוש בטכנולוגיה מתקדמת לטשטוש הבדלים בין תלמידים על בסיס מגדרי או הישגים קודמים ולמתן הזדמנויות שוות לכל הלומדים גם יחד. צריך בירור מעמיק נוסף, ואולי מדגם גדול יותר הכולל מחקר כמותי כדי לוודא שהאפליקציה היא זו המקדמת את פתרון הבעיה ואת תיקון התשובות.

תודות

אפליקציית ה-AR המתוארת במאמר הנוכחי אופיינה ופותחה במרכז לטכנולוגיה חינוכית.

המשימות המתוארת במאמר פותחו על ידי צוות הפיתוח למתמטיקה במרכז לטכנולוגיה חינוכית במסגרת פיתוח ספר גיאומטריה לכיתה ו'.

רשימת מקורות

- Battista, M. T. (2001). Shape makers: A computer environment that engenders students' construction of geometric ideas and reasoning. *Computers in the Schools*, 17(1-2), 105-120. doi:10.1300/J025v17n01_09
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A., & Copley, J. (2008). The development of spatial skills

בסיכומו של תהליך המחקר זיהינו הבדלים בביצועי התלמידים ללא השימוש ביישומון AR לעומת ביצועיהם באמצעות היישומון AR. בטבלה 3 מוצגות הפעולות שביצעו התלמידים ופרשנות זהירה על פי הידאולוג שהתנהל איתם במהלך הפעילות שלהם, מתוך ניסיון לא להפריע להלך החשיבה של התלמידים.

כאשר התלמידים פעלו ללא היישומון הם ביצעו שתי פעולות עיקריות: א) ניסו לזהות בסיסים; ב) ניסו לזהות את חלקי המעטפת כדי למפות מתוכה את הבסיסים. שתי פעולות אלה נעשו בעת התבוננות בגוף ושימוש במשפטים שמשקפים סוג של ניסיון "לפרוס" את הגוף בדמיון, כמו למשל משימה א (עמ' 31) ומשימה ח (עמ' 32).

כאשר התלמידים פעלו עם היישומון הם פעלו בסדר הזה: הזיזו את הגוף, ועל פי ההזזה ניסו לזהות בסיסים ומעטפת (ראו ממצאים שהוצגו לעיל בתת-כותרת "שיפוט על פי טרנספורמציות"). תחילה ניסו לפרוס את הגוף באמצעות הזזה ואז לזהות בעת הפריסה בסיסים, ואם לא הצליחו לזהות בסיסים ניסו לזהות את מבנה המעטפת כשלם ומתוכו לזהות בסיסים. לפי הפעילות ביישומון, ראינו שפעולות הסיבוב והטרנספורמציה של גוף הן פעולות בעלות משמעות עבור הלומד כדי להבין את הגוף במרחב. נוסף על כך, באמצעות היישומון הבחנו כי התלמידים שואפים לשמור על הגוף כשלם, לנתח אותו כגוף מרחבי שלם, ורק אם לא מצליחים הם מנסים להבין אותו באמצעות פריסה. כלומר המוטיבציה של התלמידים היא להישאר במרחב התלת-ממדי, וללמוד ולהבין אותו טרם "נסיגה" למרחב הדו-ממדי של הפריסה כפי שרואים בדוגמאות המוצגות בתת-הפרק שיפוט על פי טרנספורמציות טרם הפריסה.

דיון

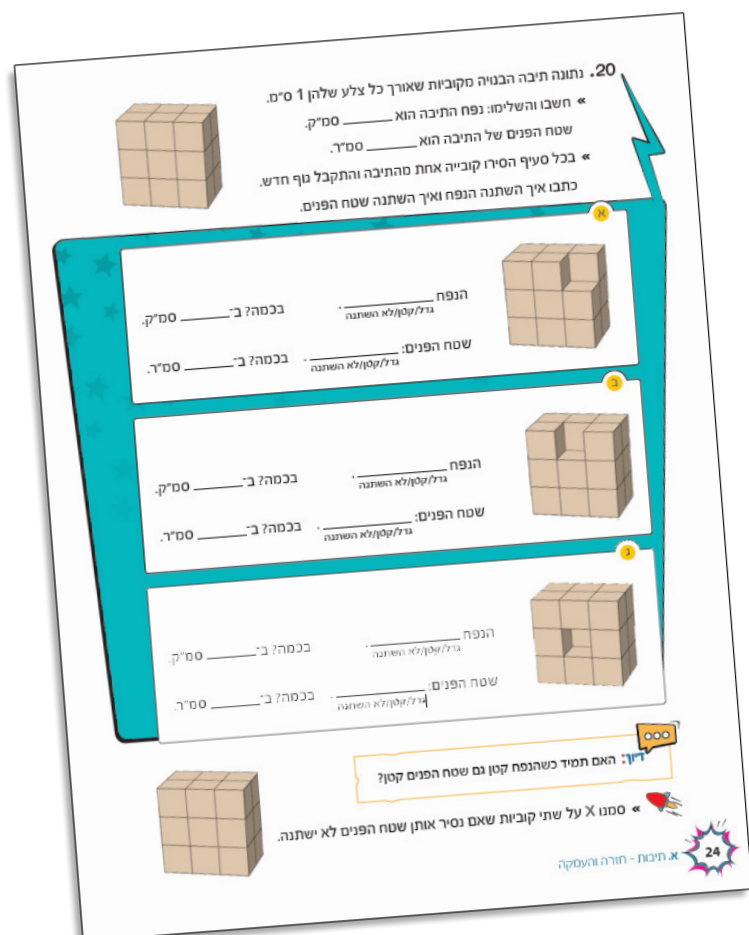
עבודות קודמות עם מציאות רבודה (Martín-Gutierrez, Trujillo, & Acosta-Gonzalez, 2013; Young & Santoso, 2018) נוגעות לפיתוח יכולת הראייה המרחבית בגאומטריה ולא דווקא זו העוסקת ביכולת תמרון בממד השלישי. עבודה זו מאירה שלושה חידושים עיקריים: החידוש הראשון הוא ההבנה כי המוטיבציה של התלמיד היא להבין גוף במרחב באמצעות המרחב ולכן הפעולות הראשונות של פתרון בעיה באמצעות היישומון, כוללות הזזה במרחב. החידוש השני נוגע לניסיון להבין את פעולות התלמידים, את התהליך ורצף הפעולות שמבצע תלמיד בזמן פתרון בעיה כדי לרכוש תפיסה של גוף במרחב (לפי פרק הממצאים אפשר לראות כי הפעולות כוללות סדרה קבועה של פעולות וסדר לוגי לביצוען). החידוש השלישי נוגע לממצא שמבחינת הלומדים סיבוב והזזה של גופים קודמים לפריסה של תלת-ממד. פעולה שמלמדת שהתלמידים ניסו קודם (איור 21) ורק כאשר לא הגיעו לפתרון, הפכו גוף לפריסה (איור 22).

ממד אחר של התובנות בעבודה הנוכחית נוגע לכלי וליכולת ההדגמה הוויזואלית באמצעותו. לפי ממד זה היה אפשר לטעון כי הכלי פותר את הבעיה ולא משאיר מקום לחשיבה של התלמיד על הבעיה. אך הבעיות נוסחו כך שאי אפשר לפתור את הדרישות באמצעות הכלי בלבד. כלומר הפותר צריך לבחור איזו פעולה לבצע באמצעות הכלי. הכלי מסייע למשתמש לבחור את דרכי ההתבוננות. פתרון בעיה הוא מפגש עם מרחב של אפשרויות לפתרון (Koichu, 2018), ותרומת המחקר הנוכחי היא להראות כי אחד הכלים במרחב האפשרויות הוא ההזדמנות והאפשרות לבחור בפעולות שמתאפשרות בכלי הריבוד.

הממצאים של המחקר הנוכחי עולים בקנה אחד עם מחקרים אחרים

- Radu, I., Doherty, E., DiQuollo, K., McCarthy, B., & Tiu, M. (2015, June). [Cyberchase shape quest: pushing geometry education boundaries with augmented reality](#). In *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 430-433). ACM. doi:10.1145/2771839.2771871
- Sinclair, N., & Bruce, C. D. (2015). New opportunities in geometry education at the primary school. *ZDM*, 47(3), 319-329. doi:10.1007/s11858-015-0693-4
- Tahta, D. (1980). About geometry. *For the Learning of Mathematics*, 1(1), 2-9.
- Verdine, B. N., Lucca, K. R., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2016). [The shape of things: The origin of young children's knowledge of the names and properties of geometric forms](#). *Journal of Cognition and Development*, 17(1), 142-161. doi:10.1080/15248372.2015.1016610
- Yilmaz, H. B. (2009). [On the development and measurement of spatial ability](#). *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(2), 83-96.
- Young, J. C., & Santoso, H. B. (2018). Preliminary study of JunoBlock: Marker-based augmented reality for geometry educational tool. In N. Abdullah, W. Wan Adnan, M. Foth (Eds.), *Communications in computer and information science: User Science and Engineering* (Vol. 886, pp. 219-230). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-13-1628-9_20
- through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26(3), 269-309. doi:10.1080/07370000802177177
- Clements, D. H. (1998). *Geometric and spatial thinking in young children*. Arlington, VA: National Science Foundation.
- Ibáñez, M. B., Di-Serio, Á., Villarán-Molina, D., & Delgado-Kloos, C. (2015). [Augmented reality-based simulators as discovery learning tools: An empirical study](#). *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 208-213. doi:10.1109/TE.2014.2379712
- Kaufmann, H. (2003). [Collaborative augmented reality in education](#). In *Proceeding of Imagina 2003 Conference* (pp. 1-4). Monte Carlo, Monaco.
- Kaufmann, H. (2006, August). [The potential of augmented reality in dynamic geometry education](#). In *12th International Conference on Geometry and Graphics* (pp. 1-14). Salvador, Brazil: ISGG.
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27(3), 339-345. doi:10.1016/S0097-8493(03)00028-1
- Kirner, T. G., Reis, F. M. V., & Kirner, C. (2012, June). Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes. In *7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012)* (pp. 1-6). Madrid, Spain: IEEE.
- Koichu, B. (2018). Mathematical problem solving in choice-affluent environments. In G. Kaizer, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E. Simmt, & B. Xu (Eds.), *Invited lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education* (pp. 307-324). Cham: Springer.
- Le, H. Q., & Kim, J. I. (2017, February). An augmented reality application with hand gestures for learning 3D geometry. In *2017 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)* (pp. 34-41). Jeju, South Korea: IEEE. doi:10.1109/BIGCOMP.2017.7881712
- Martín-Gutiérrez, J., Trujillo, R. E. N., & Acosta-Gonzalez, M. M. (2013). [Augmented reality application assistant for spatial ability training. HMD vs computer screen use study](#). *Procedia*, 93, 49-53. doi:10.1016/j.sbspro.2013.09.150
- Merrill, E. C., Yang, Y., Roskos, B., & Steele, S. (2016). Sex differences in using spatial and verbal abilities influence route learning performance in a virtual environment: A comparison of 6- to 12-year old boys and girls. *Frontiers in Psychology*, 7(Article 258), 1-17. doi:10.3389/fpsyg.2016.00258. eCollection 2016
- Mulligan, J. (2011). Towards understanding the origins of children's difficulties in mathematics learning. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 16(1), 19-39. doi:10.1080/19404158.2011.563476
- Purnama, J., Andrew, D., & Galinium, M. (2014, August). Geometry learning tool for elementary school using augmented reality. In *2014 International Conference on Industrial Automation, Information and Communications Technology* (pp. 145-148). Bali, Indonesia: IEEE. doi:10.1109/IAICT.2014.6922112

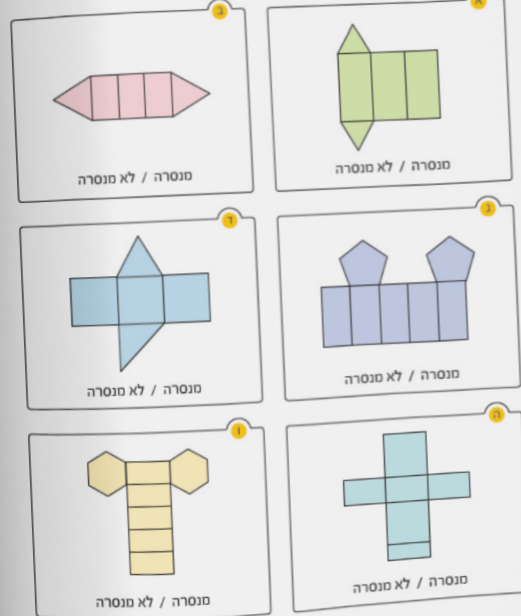
נספח 4: מבחן מסכם



פריסות של מנסרות

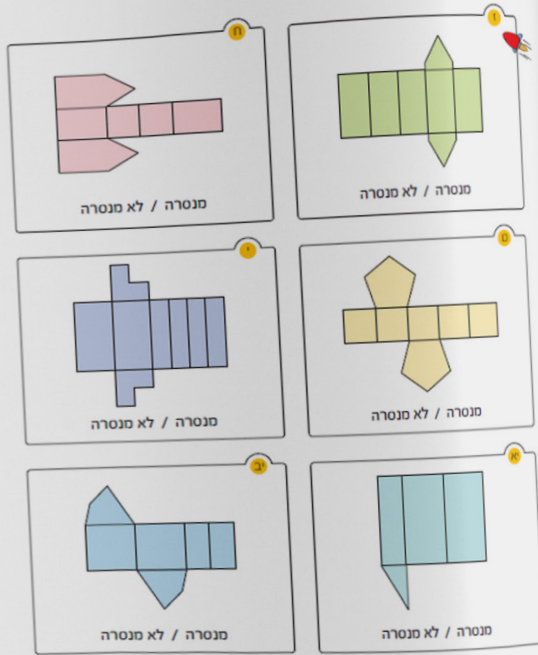
פריסה של מנסרה היא צורה שאפשר לקפל למנסרה.

21. לפניכם צורות שונות. באילו טעימים יש פריסות של מנסרות? הקיפו.
לבדיקה תוכלו להיעזר בדפי הנדירה פריסות של מנסרות - כן או לא שבמארג האיורים.



ב מנסרות - הכרה, נפח ושטח פנים

44

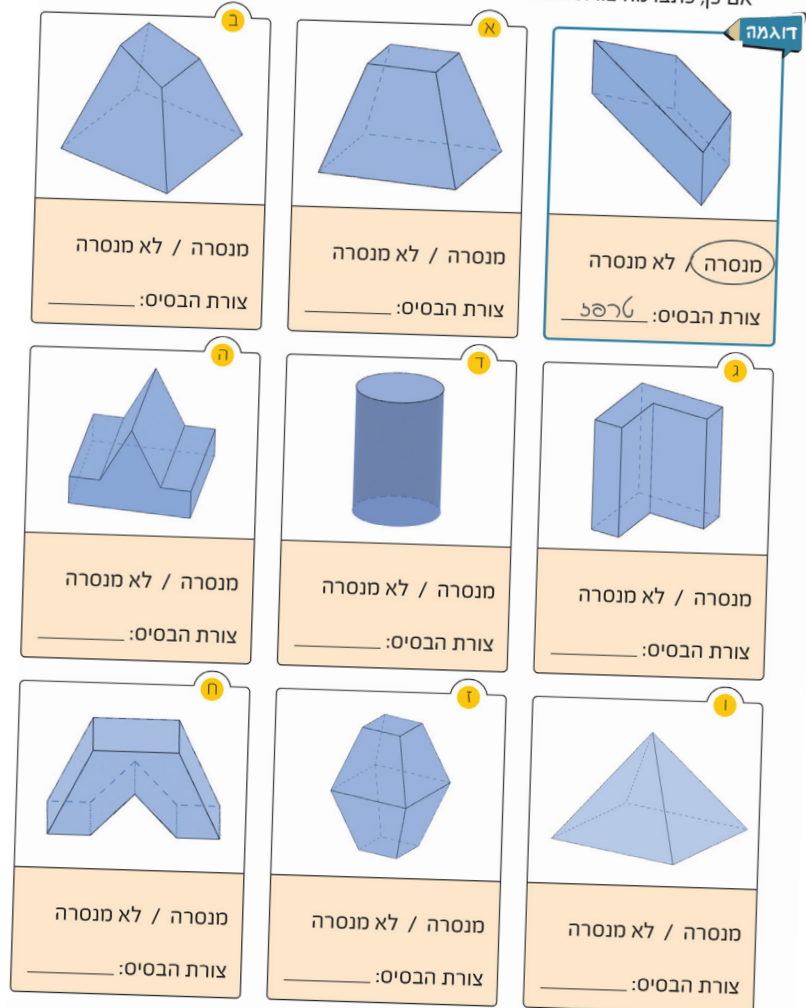


בדיקה: האם מצאתם שש פריסות של מנסרות שאחת מהן היא תיבה?

ב מנסרות - הכרה, נפח ושטח פנים

45

5. לפניכם סרטונים של גופים. עבור כל גוף בדקו אם הוא מנסרה.
אם כן, כתבו מה צורת הבסיס שלה וצבעו את אחד הבסיסים.



בדיקה: האם מצאתם ארבע מנסרות כולל הדוגמה?