

# ראיה מרחבית – SPATIAL VISUALIZATION הבדלים בין תלמידים והשפעת ההוראה עליהם

מאת: דוד בן-חלים\*

מכון ויצמן למדע, רחובות.

## חשיבות הראיה המרחבית

לאופן כללי, היכולת המרחבית עוסקת בקשרים בין גופים בקונטקסט מרחבי. מקובל להתייחס ליכולת המרחבית כמורכבת משני המרכיבים: אוריינטציה מרחבית וראיה מרחבית. בעוד שאוריינטציה מרחבית מייצגת את היכולת ל"תפוס" מבנים ומודלים מרחביים, או לשמור על אוריינטציה ביחס לגופים במרחב, הרי הראיה המרחבית מייצגת את היכולת לדמיין מראה של גופים, תזוזה או שינוי בגופים עצמם ובתכונותיהם - בדרך כלל על-פי צורות ותמונות של הגופים. הדגש בראיה מרחבית מושם על המניפולציה בדמיון, במילים אחרות, גופים או תכונותיהם חייבים לעבור מניפולציה בדמיונו של העוסק בראיה מרחבית.

הקשר בין מתמטיקה וראיה מרחבית הוא ברור, לפחות מבחינה לוגית, במונחים מתמטיים, ראיה מרחבית דורשת שאובייקטים יעברו (בדמיון!) סיבוב - rotation, שיקוף - reflection, ו/או הזזה translation - כל אלו הם רעיונות חשובים מתחום המתמטיקה ובפרט מתחום הגיאומטריה. מספר מימצאים מתחום המחקר תומכים בקשר בין ראיה מרחבית ובין מתמטיקה ומקצועות מדעיים וטכניים אחרים:

- הראיה המרחבית מתגלה כאחד המרכיבים של היכולת המתמטית במרבית המחקרים המשתמשים בניתוח גורמים (Schonberger, 1976).

- המיתאים בין ראיה מרחבית ובין ההישגים במתמטיקה נמצא באותה רמה כמו המיתאים בין הכושר המילולי ובין ההישגים במתמטיקה -  $r = 0.45$  (Fennema and Sherman, 1977).

- מתאמים גבוהים נמצאו בין ראיה מרחבית והגיאומטריה הנלמדת בבית ספר -  $r = 0.57$ , ובין ראיה מרחבית וחשיבה כמותית -  $r = 0.69$  (Bock and Kolakowski, 1973).

\*מחקר זה נעשה במסגרת עבודת הדוקטורט של מחבר המאמר בהיותו במישגן, ארה"ב בשנים 1979-1982 (Ben-Haim, 1982).

כמו כן, קיימים מספר מחקרים המראים קשר בין ראייה מרחבית להישגים ב:  
- מדע (Bennett et al, 1966, 1973)  
- הנדסה (Poole and Stanley, 1972)  
- כימיה (Baker and Talley, 1972, 1974)

נוסיף לכך, שרוב המבחנים באוריינטציה מרחבית ובראייה מרחבית חוברו כדי לנבא הצלחה במקצועות כמו: ניווט, טיסה, הנדסה, שרטוט ואמנות במקביל לניבוי הצלחה בנושאים הנלמדים בבית הספר. אי לכך, מספר די גדול של חוקרים סובר שראייה מרחבית חשובה בגלל הקשר שלה למרבית המקצועות הטכניים-מדעיים ובפרט בלימודי המתמטיקה, מדע, אמנות ולימודי הנדסה.

סיבה נוספת לכך שמייחסים לראייה המרחבית חשיבות רבה, היא הגילוי של הבדלים בין המינים ביכולת הראייה המרחבית. מאז ומתמיד, הבדלים בין המינים בתחום הקוגניטיבי ובתחום האפקטיבי עניינו אנשי חינוך ופסיכולוגיה,

Maccoby ו Jacklin (1974) ערכו סקירה מקפת של הספרות המקצועית והמחקרים בקשר להבדלים בין המינים. הן מסכמות שעל אף שיש כמה אמונות וסברות על גורמים מאפיינים של הבדלים בין המינים שאין להם ביסוס וראיות מהמחקר, ניתן להסיק מהסקירה שיש הבדלים בין המינים ביכולת הראייה המרחבית. באופן כללי הישגי הבנים במשימות הקשורות לראייה מרחבית, גבוהים מאלו של הבנות. גם Harris (1981) מסיק מסקנה דומה לאחר שערך סקירה מקפת של המחקרים בנושא ההבדלים בין המינים במיומנויות המרחביות. בכל אופן, בדיקה מעמיקה של המחקרים בשטח זה, מראה שבכל זאת קיימת מידת מה של אי וודאות או מבוכה בנוגע לאחידות ולמובהקות של עליונות הבנים על הבנות בנושא הראייה המרחבית. אשר לעיתוי של הופעת ההבדלים, מספר מחקרים מציינים שהם מתחילים להופיע בגילאים מאוד מוקדמים בילדות ואילו חוקרים אחרים מציינים שההבדלים אינם מתגלים, אלא החל מגיל ההתבגרות או אפילו מגיל הבגרות המוקדם. בנוסף לכך, נמצא שמעט מאוד מחקרים עסקו בחקירה התפתחותית של ההבדלים בין המינים ביכולת הראייה המרחבית לאורך מספר גילאים (במיוחד בגילאי חטיבת הביניים) תוך כדי שימוש במבחן אחד.

ההסברים התאורטיים וההשערות בנוגע לגורמים להבדלים בין המינים בראייה מרחבית נעים לאורך טווח רחב מגורמים ביולוגיים-תורשתיים (כגון גנים, הורמונים, או מבנה המוח) ועד להדגשת התפקידים שממלאים ההוראה, הנסיון וגורמי הסביבה כולל ההשפעה התרבותית-חברתית והתפקיד שמיעדים לכל מין. מסקירות מקיפות של הספרות המקצועית העוסקת בהבדלים בין המינים בראייה מרחבית אנו למדים שהמסקנה הבלתי נמנעת היא שיסוד ההבדלים מונח בקומבינציה של גורמים תורשתיים וגורמים סביבתיים.

כתוצאה מהקשר בין מתמטיקה וראיה מרחבית והופעת ההבדלים בין המינים בראיה מרחבית, יש מספר חוקרים הסוברים שהראיה המרחבית מהווה את אחד המשתנים הקוגניטיביים שיכול להסביר הבדלים בין המינים בהישגים במתמטיקה.

### תיאור המחקר ומטרותיו

על אף החשיבות המרובה של הראיה המרחבית, מעט מאוד מדווח בספרות על תכניות לימוד כדי לשפר מיומנויות אלו. כמו כן, רוב התכניות הקיימות נוסו עם מבוגרים והתוצאות אינן חד-משמעיות. לא נמצא בספרות מחקר או ניסוי בעל היקף גדול ליישם ולהעריך יחידת הוראה בראיה מרחבית לטווח גדול של גילים או כיתות ובמיוחד לכיתות בחטיבת הביניים תוך כדי שימוש במבחן מתאים.

נקודה נוספת שיש לקחת בחשבון במחקר על משתנים קוגניטיביים, היא הקשר החזק בין המשתנים הקוגניטיביים והמשתנים האפקטיביים. בנושא של העמדות כלפי מתמטיקה נביא שתי נקודות הקשורות למחקר הנוכחי. סקירות מקיפות של הספרות המקצועית בנידון מדווחות על חשיבות גדולה מאוד לכיתות ו'-ח' בהתפתחות וייצוב העמדות כלפי מתמטיקה ושיש סימנים וראיות לכך שקיימים הבדלים בין המינים ביחס לעמדות כלפי מתמטיקה.

### מטרות:

כתוצאה מכל האמור לעיל, המטרות הראשיות של המחקר היו שתיים הקשורות זו בזו:

- א. לבחון קיום הבדלים בין המינים ובין הכיתות ביכולת הראיה המרחבית ובעמדות כלפי מתמטיקה של תלמידי כיתות ה'-ח', לפני הוראת הנושא.
- ב. לנתח על-פי מין ועל-פי כיתות את השפעת ההוראה (של יחידת לימוד בנושא ראיה מרחבית) על המיומנויות בראיה מרחבית ועל העמדות כלפי מתמטיקה של מידגם תלמידים מכיתות ו'-ח'.

כמו כן, השווה המחקר בין עמדות המידגם כלפי מתמטיקה וכלפי ראיה מרחבית, ונבחנו הבדלים בין המינים ובין הכיתות בעמדות כלפי ראיה מרחבית.

### מיתודולוגיה:

המחקר בוצע ב-1982 בבתי-ספר באיזורים שונים בעיר לנסיונג (בירת מישיונג) ובסביבתה. הנתונים שנאספו כללו אינפורמציה רקע על בתי-הספר ואוכלוסיות המידגם בנוסף לתוצאות מבחנים שקדמו להוראה (pre), מבחנים לאחר ההוראה (post) ומבחני זכרון (Retention) בראיה מרחבית ועמדות כלפי מתמטיקה וכלפי ראיה מרחבית.

טבלה 1 מפרטת את התפלגות המידגם שהשתתף בסקר שנעשה לצורך המטרה הראשונה.

איזור 1 - עירוני	איזור 2 - פרברים	איזור 3 - כפרי-חקלאי
בי"ס אחד:	בי"ס אחד:	בי"ס אחד:
כל כיתות ה' (4)	כל כיתות ו' (11)	כל כיתות ה' (4)
כל כיתות ו' (4)	כל כיתות ז' (6)	-----
		בי"ס שני:
		כל כיתות ו' (8)
		כל כיתות ז' (8)
		כל כיתות ח' (8)
n ≈ 200	n ≈ 400	n ≈ 700

טבלה 1: התפלגות המידגם שהשתתף בסקר

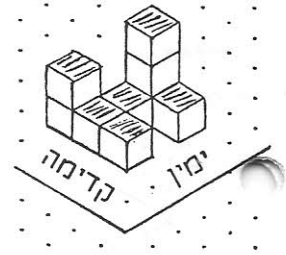
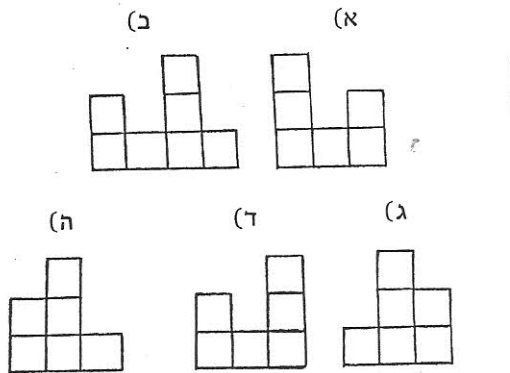
נתוני הרקע על אוכלוסיות האזורים הראו שהן שונות באופיין ואם נציג אותן לפי המצב הסוציאקונומי: איזור 1 הנמוך ביותר ואילו איזור 2 יהיה הגבוה ביותר. המידגם לניסוי ההוראה נלקח רק מאיזור 3 ובו השתתפו 430 תלמידים (4 כיתות ו', 7 כיתות ז' ו-7 כיתות ח'). במבחן הזכרון השתתפו 238 תלמידים מתוך ה-430 (2 כיתות ו', 4 כיתות ז' ו-4 כיתות ח').

#### כלי ההערכה:

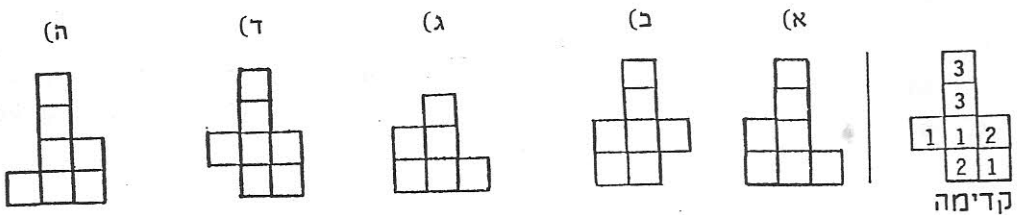
כלי ההערכה היו משני סוגים. סוג אחד לבדיקת העמדות כלפי מתמטיקה וכלפי ראייה מרחבית ואילו הסוג השני למדידת רמת המיומנות ביכולת הראיה המרחבית. שאלון העמדות פותח על-ידי White ו-Shumway (1981) והוא כולל זוגות של מילים כגון משעם-מלהיב, קשה-קל ובין כל זוג מילים חמישה רווחים לסימון העמדות על-ידי התלמיד. לכל תלמיד חושב ציון ממוצע בין 1 (הכיוון השלילי) ל-5 (הכיוון החיובי).

שאלון הראיה המרחבית פותח על-ידי צוות הפרוייקט MGMP ב-Michigan State University (המחבר היה חבר בצוות הפרוייקט). המבחן מסוג רב ברירה והוא כולל 32 פריטים, לכל תלמיד חושב ציון בין 0 ל-32 נקודות. נספח 1 מכיל את ההסברים והדוגמאות שהנבחנו מקבלים לפני השאלון בראיה מרחבית.

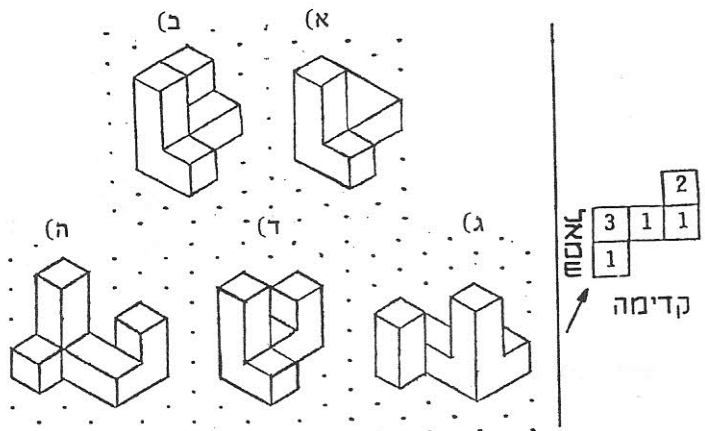
להלן מספר דוגמאות של שאלות מהמבחן בראיה מרחבית:  
 דוגמא 1 עוסקת במעבר מייצוג תלת-מימדי לדו-מימדי.  
 לפניך ציור של מבנה קוביות ששורטט מהפינה קדמית-ימנית.  
מצא את המראה מאחור.



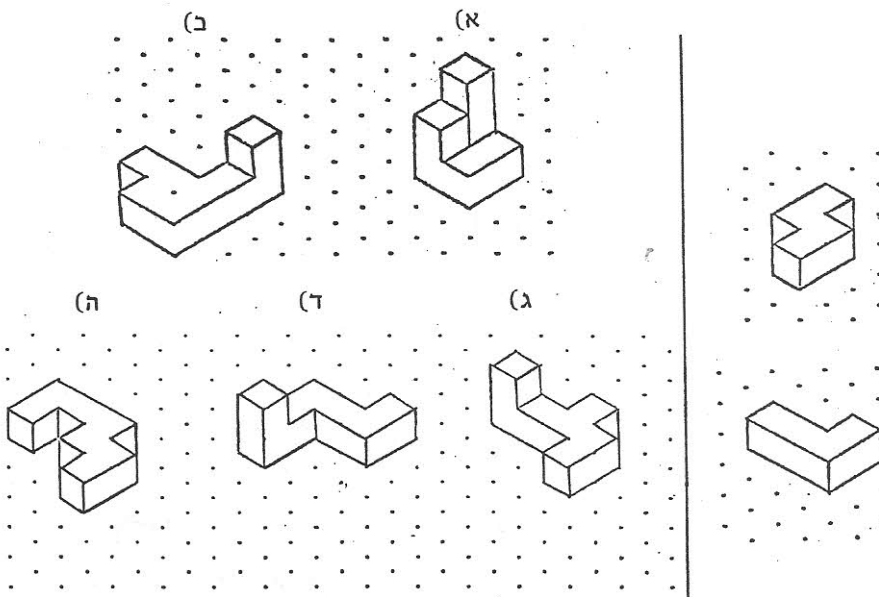
דוגמא 2 עוסקת במעבר מייצוג על-ידי תרשים מספרי למראה צד של המבנה.  
 נתון לך התרשים המספרי של מבנה קוביות.  
מצא את המראה מאחור.



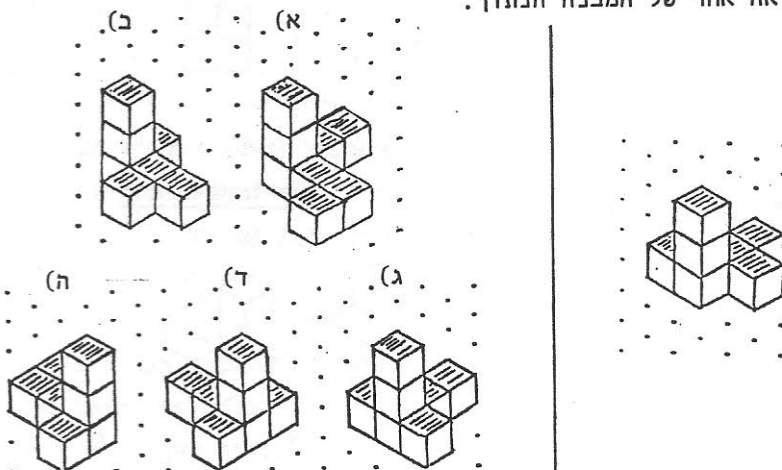
דוגמא 3 עוסקת במעבר מייצוג על-ידי תרשים מספרי למראה פינתי של המבנה.  
מצא את המראה מהפינה קדמית-שמאלית.



דוגמא 4 עוסקת בהרכבת מבנה משתי החתיכות נתונות.  
איזה מבנה ניתן להרכיב משתי החתיכות הנתונות?



דוגמא 5 עוסקת בזיהוי מראה של מבנה נתון לאחר שסובב.  
מצא מראה אחר של המבנה הנתון.



נספח 2 מכיל פרטים על דרגת המהימנות של כלי הערכה לבדיקת העמדות ורמת המיומנות ביכולת הראיה המרחבית.

## ההוראה בכיתות:

יחידת ההוראה בראיה מרחבית פותחה גם כן על-ידי צוות ה-MGMP. היחידה כוללת סידרה של 10 פעילויות הדורשות בין 12 ל-15 שעות הוראה. היחידה עוסקת בהצגת גופים תלת מימדיים בשרטוטים דו-מימדיים וההיפך, בניית גופים תלת-מימדיים (מקוביות) משרטוטיהם הדו-מימדיים. הפעילויות עוסקות עם המראות השטוחים של המבנים (מראות צד) וכמו כן עם השרטוטים הפינתיים על נייר איזומטרי (כגון מראה מפינה קדמית-ימנית). במרבית הפעילויות התלמידים נדרשים לבצע משימות הדורשות שימוש באורילינטציה מרחבית ובראיה מרחבית. הם נדרשים לסובב מבנים בדמיון ולשרטט מראה צד אחר או שרטוט איזומטרי מפינה אחרת. הקוביות תמיד נמצאות בהישג יד אם וצים להיעזר במודל הקונקרטי.

המורים שלימדו את היחידה, קיבלו שתי סדנאות של כ-3 שעות כל אחת בנוסף למדריך למורה המנחה את המורים ללמד לפי מודל הוראה שפותח על-ידי Shroyer ו-Fitzgerald (1979)

במודל זה שלושה שלבים:

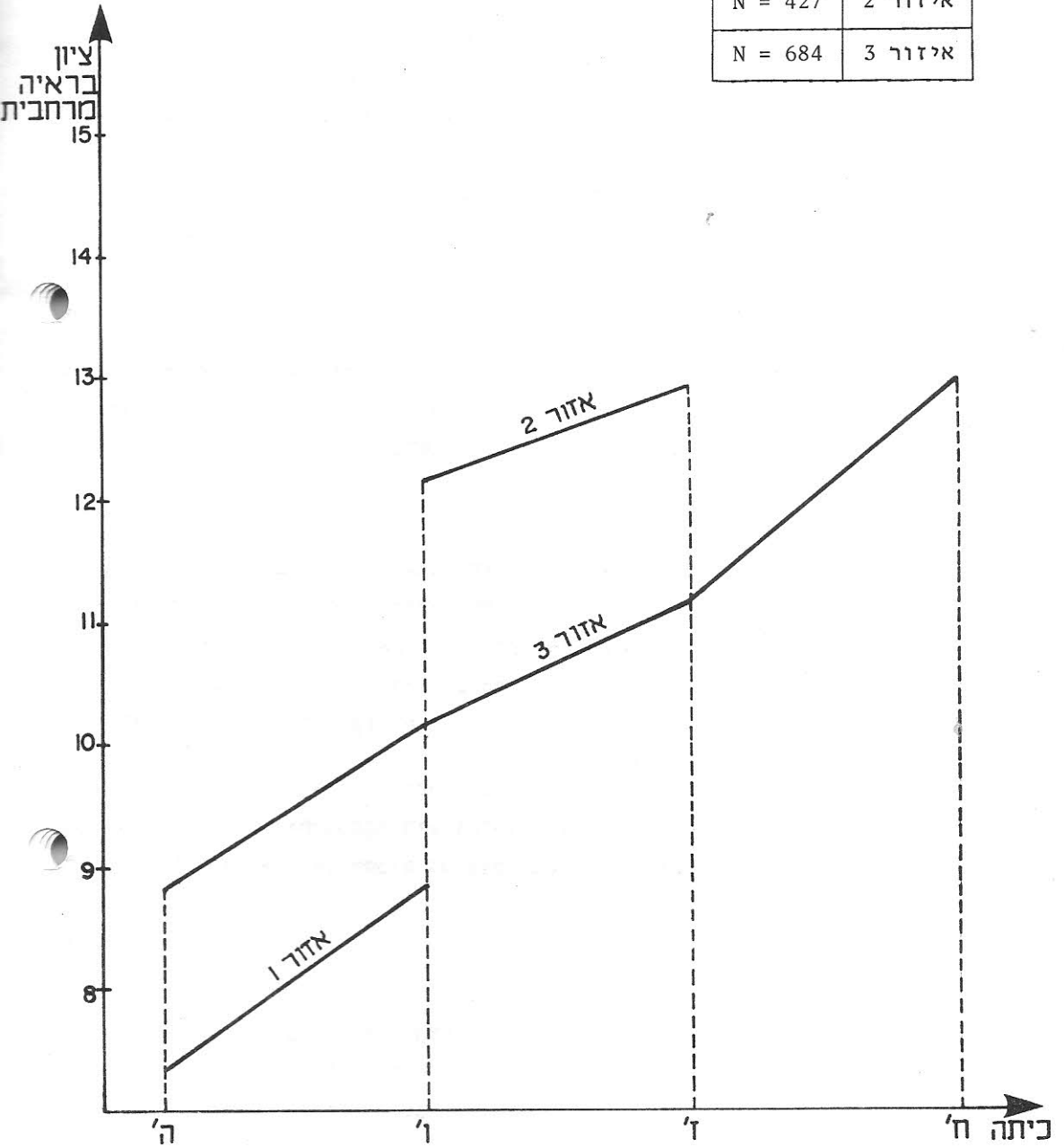
- א. שלב ה"שיגור" בו המורה מציג אתגר לפני התלמידים.
- ב. שלב ה"חקירה" בו המורה חוקר יחד עם התלמידים האוספים נתונים ומבצעים משימות תוך כדי שאילת שאלות מנחות ועבודה בקבוצות.
- ג. שלב ה"סיכום" בו מתנהל דיון כיתתי, סיכומים, הסקת מסקנות והנחת בסיס להרחבה או לפעילויות הבאות.

המדריך למורה כולל הדרכה מפורטת לגבי פעילות המורה, שאלות שיש לשאול בתוספת תשובות צפויות מהתלמידים וטיפול בשגיאות אופיניות, פתרונות מפורטים של דפי העבודה, שקפים לשימוש במטול והצעות להרחבת הפעילויות והעשרה.

## תוצאות:

שרטוט 1 מציג את תוצאות מבחן הקדם בראיה מרחבית על-פי איזורים ועל-פי כיתות גיל בהתאם. הטבלה בצד ימין של השרטוט מציגה את מספרי התלמידים בכל איזור. הציון המכסימלי שניתן להשיג במבחן הראיה המרחבית הוא 32.

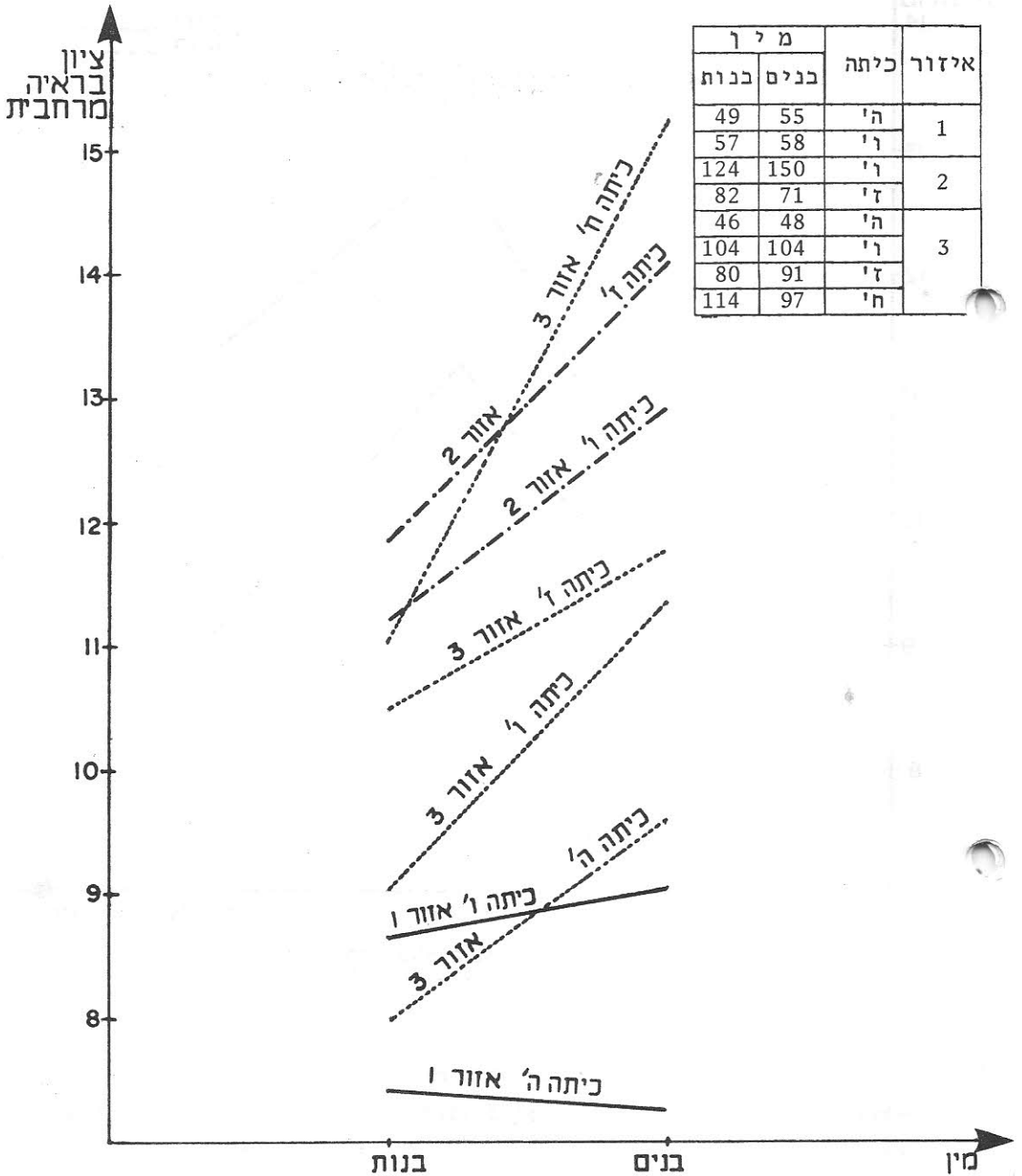
N = 219	איזור 1
N = 427	איזור 2
N = 684	איזור 3



שרטוט 1: מבחן קדם בראיה מרחבית על-פי איזור ועל-פי כיתה גיל.

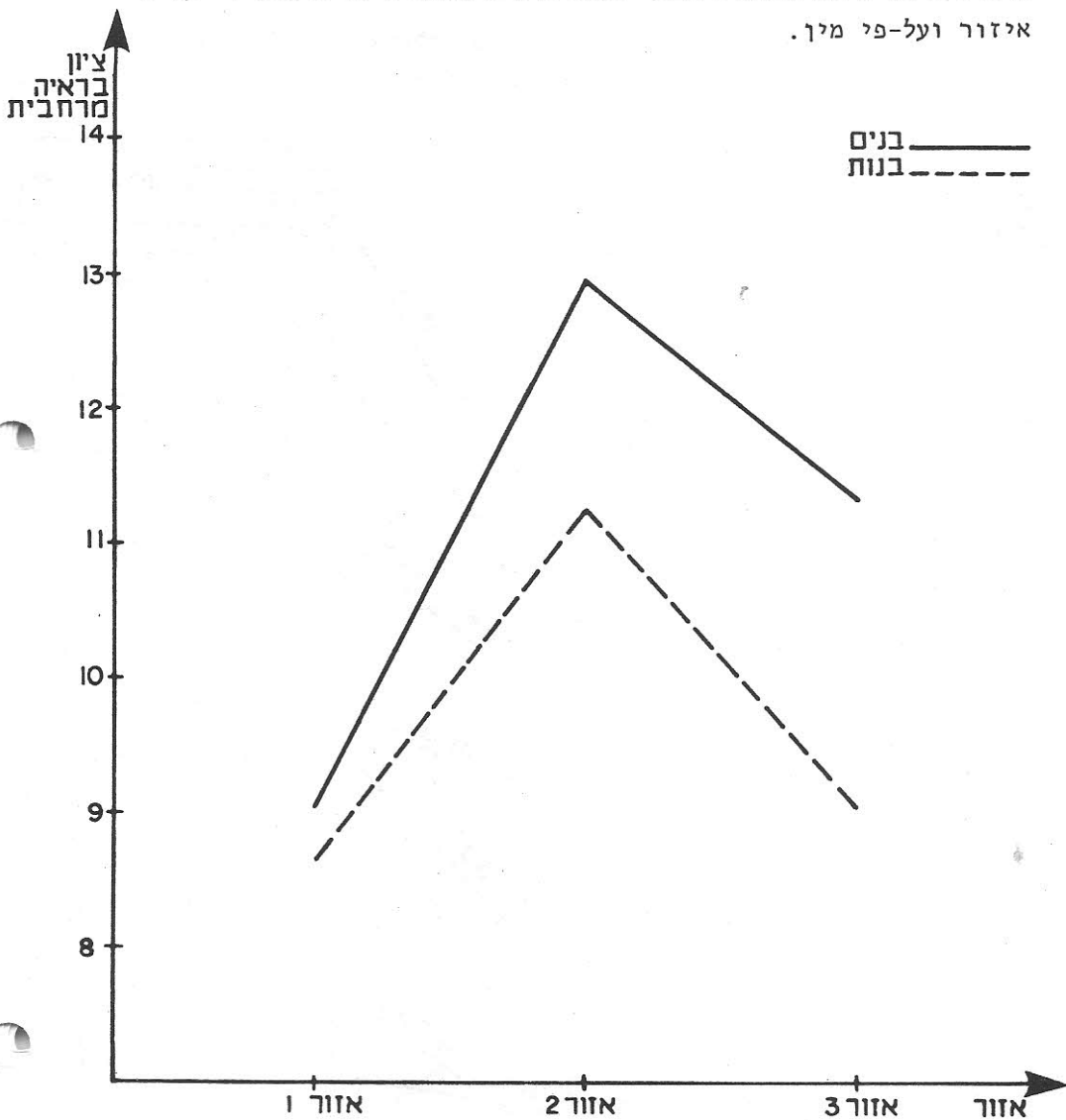


שרטוט 2 מציג את תוצאות מבחן הקדם בראיה מרחבית על-פי איזורים ועל-פי מין בכל כיתה גיל בהתאם. הטבלה בצד ימין של השרטוט מציגה את ההתפלגויות של בניים ובנות באיזורים 1, 2 ו-3 על-פי כיתות גיל.



שרטוט 2: מבחן קדם בראיה מרחבית על-פי איזור ועל-פי מין בכל כיתות גיל

שרטוט 3 מציג את תוצאות מבחן הקדם בראיה מרחבית של כיתות ו' על-פי איזור ועל-פי מין.



שרטוט 3: מבחן קדם בראיה מרחבית של כיתות ו' על-פי איזור ועל-פי מין

שרטוטים 4 ו-5 מציגים את תוצאות מבחן הקדם בעמדות כלפי מתמטיקה לאיזורים 1 ו-2 (בשרטוט 4) ואיזור 3 (שרטוט 5) על-פי כיתות גיל ועל-פי מין. הטבלאות בצד ימין של שרטוט 2 ושרטוט 1 מציגות את התפלגויות התלמידים וסך הכל בכל איזור. טווח ציונים אפשרי בשאלון העמדות נע בין 1 ל-5.

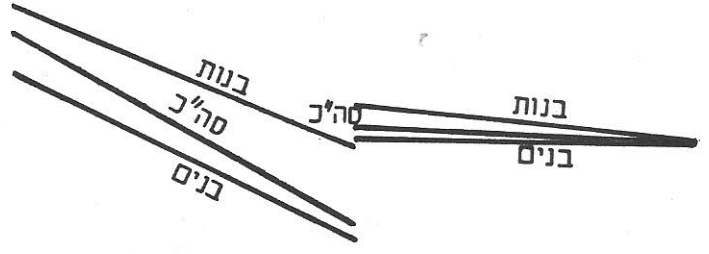
ציון  
בעמדות  
כלפי  
מתמטיקה

4

3

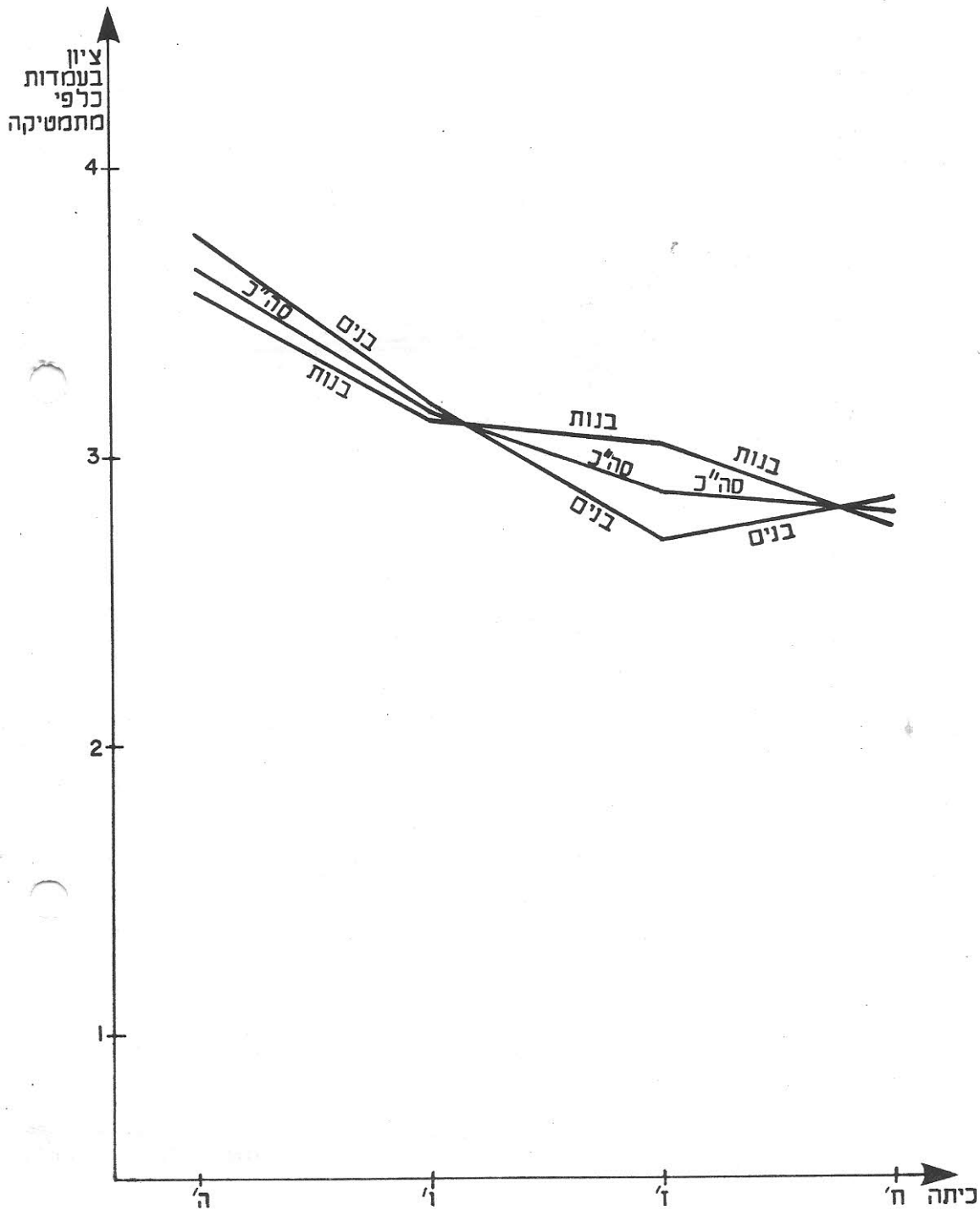
2

1



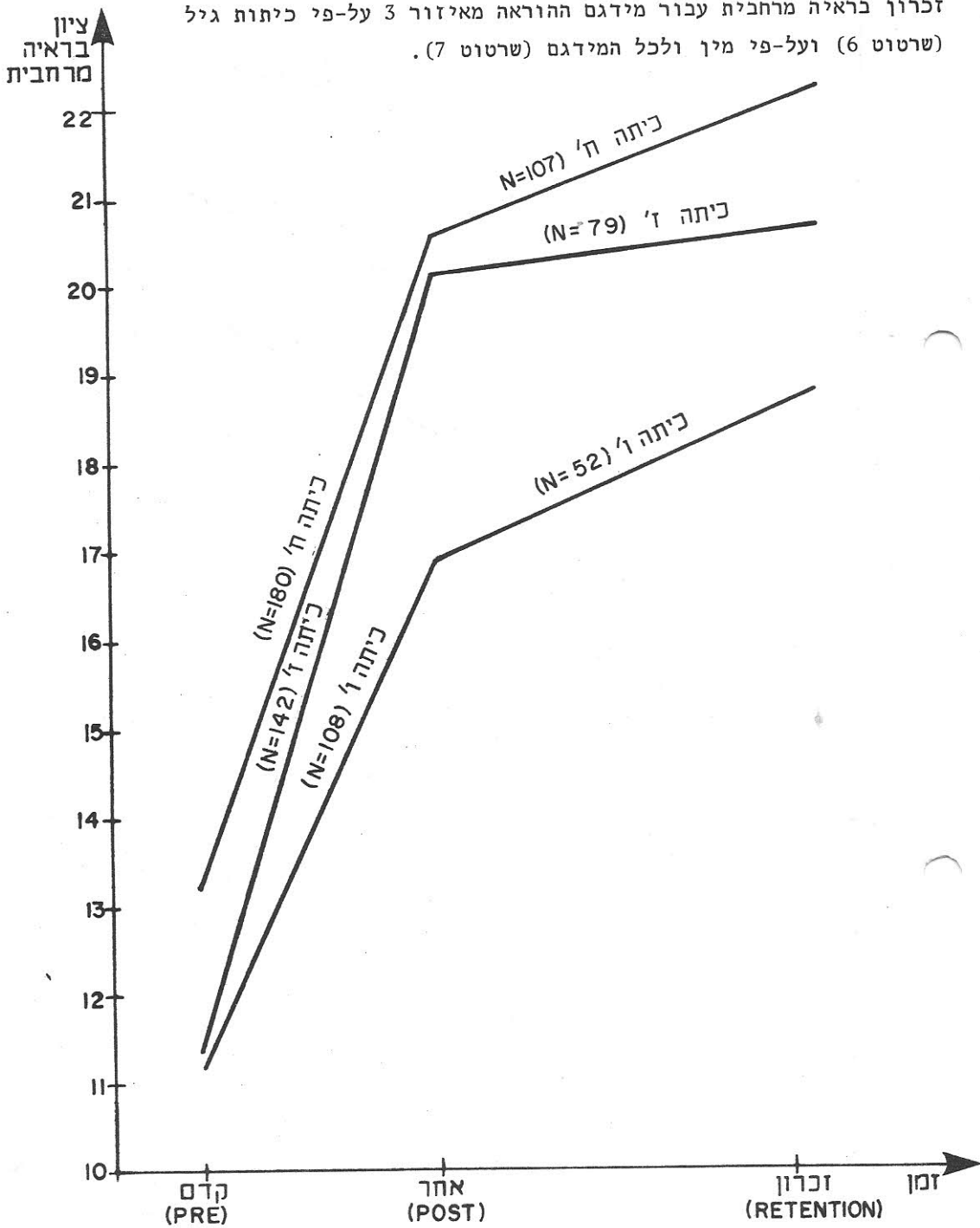
ה' אזור 1 אזור 2 כיתה

שרטוט 4: מבחן קדם בעמדות כלפי מתמטיקה לאיזורים 1 ו-2 על-פי כיתה גיל ועל-פי מין

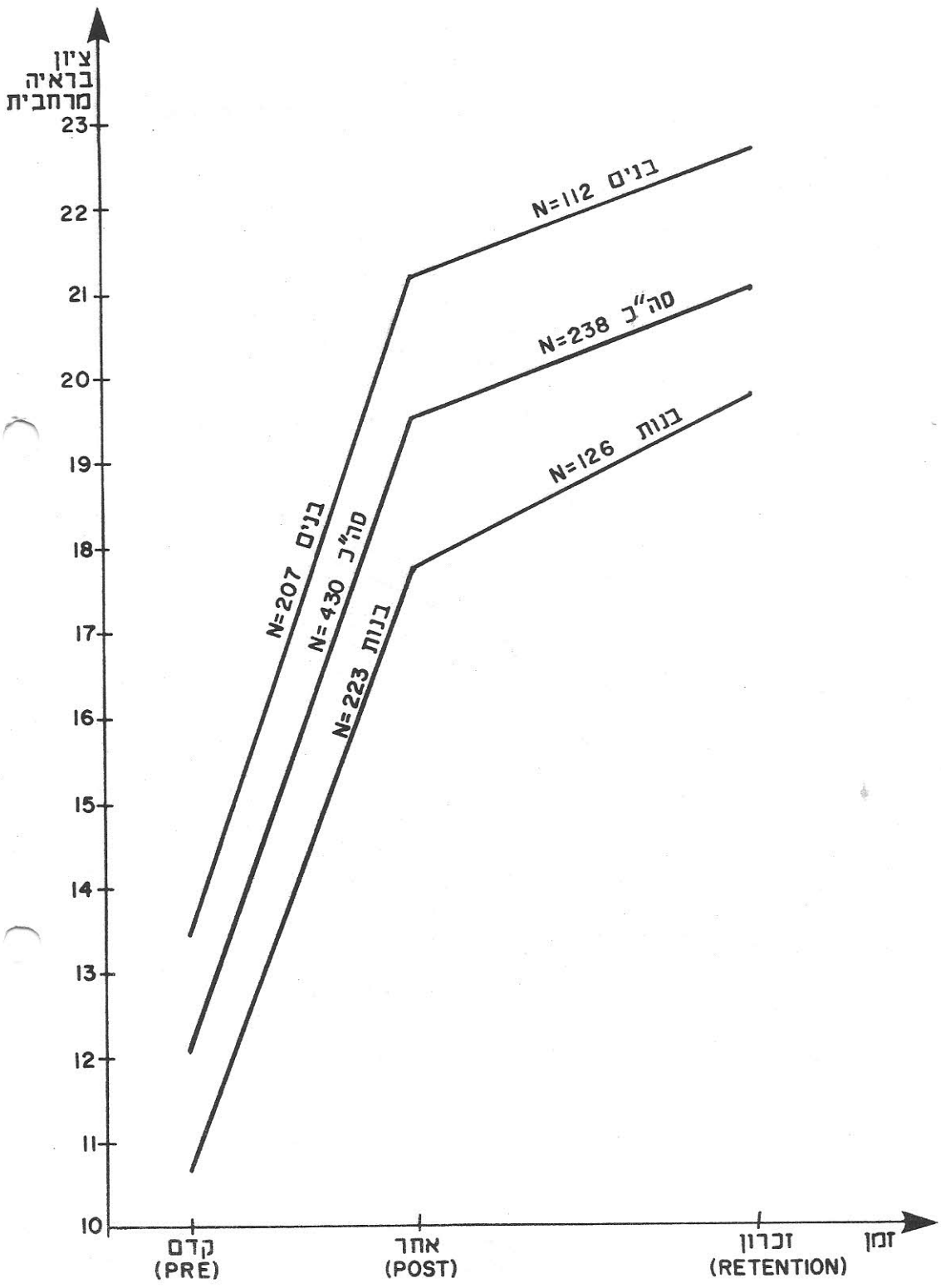


שרטוט 5: מבחן קדם בעמדות כלפי מתמטיקה לאיזור 3 על-פי כיתת גיל ועל-פי מין

שרטוטים 6 ו-7 מציגים את תוצאות מבחני קדם הוראה, אחרי ההוראה ומבחן זכרון בראיה מרחבית עבור מידגם ההוראה מאיזור 3 על-פי כיתות גיל (שרטוט 6) ועל-פי מין ולכל המידגם (שרטוט 7).

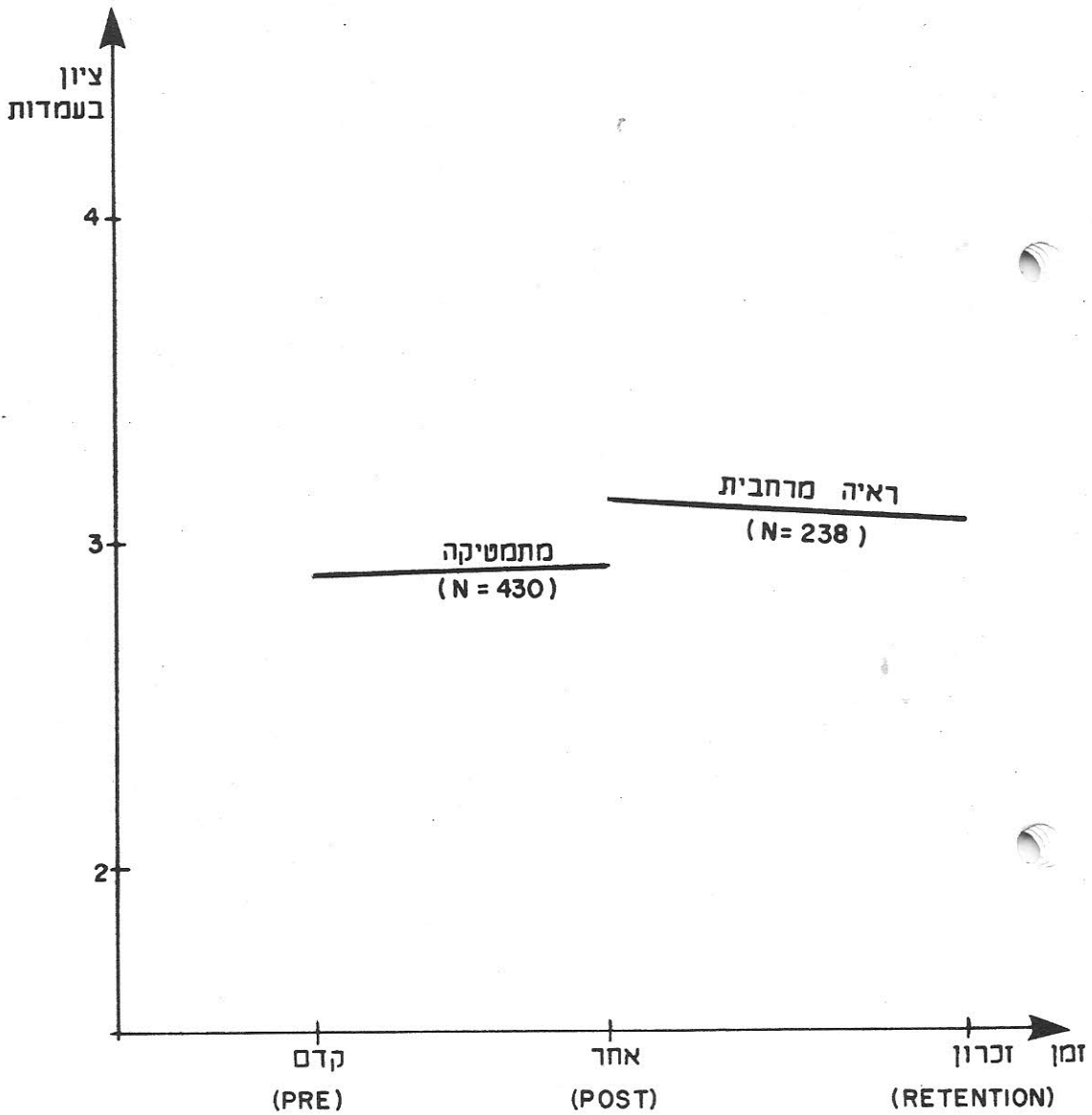


שרטוט 6: תוצאות מבחן הראיה המרחבית עבור מידגם ההוראה על-פי כיתות גיל



שרטוט 7: תוצאות מבחן הראיה המרחבית עבור מידגם ההוראה על-פי מין ולכל המידגם

שרטוט 8 מציג את תוצאות מבחני קדם הוראה ואחר ההוראה בעמדות כלפי מתמטיקה ואת תוצאות מבחני אחר ההוראה וזכרון בעמדות כלפי ראייה מרחבית עבור מידגם ההוראה.



שרטוט 8: תוצאות מבחני עמדות כלפי מתמטיקה וכלפי ראייה מרחבית עבור מידגם ההוראה

פרטים על דרכי העיבוד הנתונים והשיטות הסטטיסטיות בנספח 3.

להלן, המסקנות שהוסקו מהתוצאות שהוצגו בסעיף הקודם וכל זאת בהסתמך על העיבודים הסטטיסטיים ומבחני מובהקות.

תחילה, מוצגות המסקנות כתוצאה מהסקר שנערך לפני ההוראה:

א. קיימים הבדלים בין כיתות ה'-ח' בראיה מרחבית. הישגי הבנים והבנות בכיתות אלו השתפרו עם הגיל. זוהי התפתחות צפויה ומתקבלת על הדעת והיא תואמת מימצאים דומים על משתנים קוגניטיביים אחרים. מספר מחקרים שעסקו ישירות בראיה מרחבית כגון אלו של Sherman ו-Fennema (1977, 1978) ושל Guay ו-McDaniel (1977) גם מדווחים על תוצאות דומות.

ב. קיימים הבדלים בין כיתות ה'-ח' בעמדות כלפי מתמטיקה, כאשר יש ירידה עם הגיל. גם תוצאות אלו תואמות מימצאים בספרות המקצועית (ראה לדוגמא Fennema, 1977).

ג. קיימים הבדלים בין המינים בראיה מרחבית, כאשר באופן כללי, הישגי הבנים עולים על אלו של הבנות. מימצא זה תואם את הסיכומים של Maccoby ו-Jacklin (1974) ושל Harris (1981) אשר סקרו את הספרות המקצועית. אולם תוצאות אלו גם נוגדות את אלו של Armstrong (1980) ושל Sherman ו-Fennema (1977, 1978). יתכן שהניגודים נובעים ממספר גורמים, שאחד מהם הוא כלי ההערכה. בשני המחקרים הנ"ל השתמשו במבחנים בעלי סוג אחד של שאלות שיכולות למדוד אספקט אחד של יכולת הראיה המרחבית ואילו במחקר הנוכחי כלי ההערכה כלל פריטים מסוגים שונים, היכולים למדוד אספקטים אחדים של יכולת זו. יש צורך במחקרים נוספים כדי להעריך את הקשר בין הכלים השונים ולספק רמזים בקשר לתוקף המבנה של הכלים, כלומר מה מודד כל מבחן.

אשר לעיתוי הופעת ההבדלים בין המינים בראיה מרחבית, אכן לא ברור אם הם מתחילים בכיתה ה', באיזור 1 אין הבדלים בין המינים בכיתות ה', ואילו באיזור 3 קיימים הבדלים משמעותיים בין המינים בכיתות ה', כך שאין עדות ברורה לקיום ההבדלים בראיה מרחבית בגיל המוקדם של כיתות ה'. מחקר נוסף בכיתות ד'-ה' יכול לספק אינפורמציה שימושית בנושא זה.



ד. ההבדלים בין המינים בראיה מרחבית גדלו באופן משמעותי מכיתה ז' לכיתה ח'. זאת ניתן לראות מהמימצאים באיזור 3 בו היו כיתות ה'-ח'. יש לקחת בחשבון תוצאה זו בקבלת החלטות בנוגע לעיתוי של הכנסת הנושא בתוכנית הלימודים או מתן הוראה טיפולית בו. יש לציין, שהגידול בהבדלים בין המינים בראיה מרחבית בין כיתות ז' ו-ח' היה מלווה בשינוי עמדות כלפי מתמטיקה. עמדות הבנות כלפי מתמטיקה ירדו בעת שאלו של הבנים עלו בין כיתות ז' לכיתות ח'. עיתוי ההופעה של השתלבות המגמות האלו בעמדות וביכולת הראיה המרחבית עשוי לספק תמיכה בהשערת הסטריאוטיפ של תפקוד המינים כהסבר חלקי אפשרי להבדלים בין המינים בראיה מרחבית.

קיימים הבדלים בין האיזורים בראיה מרחבית. ככל שהמצב הסוציאקונומי עולה, ההישגים בראיה מרחבית עולים. מסקנה זו נובעת מהשוואת ההישגים של תלמידי כיתות ו' באיזורים 1, 2 ו-3. זה מצביע על קשר בין סוג האוכלוסיה שבה נמצא התלמיד וכושר הביצוע בראיה מרחבית. יש לציין שקיימים הבדלים בין המינים לרוחב כל 3 האיזורים ללא אינטראקציה בין איזור ומין.

ו. אין הבדלים בין המינים בעמדות כלפי מתמטיקה. מימצאים אלו הם בניגוד לסיכומי הסקירה של Fennema (1977) ושל Aiken (1976), אבל בהסכמה עם אחרים הטוענים שבגילים אלו אין הבדלים בין המינים בעמדות כלפי מתמטיקה (ראה לדוגמה: סיכומי סקירה של Sydam ו-Weaver, 1975).

לאחר ביצוע פזת ההוראה התוצאות מצביעות על המסקנות הבאות:

ז. רמת ההישגים של בני ובנות כיתות ו', ז' ו-ח' בראיה מרחבית עלתה באופן משמעותי כתוצאה מהוראת יחידת הלימוד בראיה מרחבית, כפי שהוזכר, יש מעט דיווחים על נסיונות ליישם יחידת לימוד בראיה מרחבית ולהעריך את השפעתה על שיפור היכולת המרחבית. רוב המחקרים המדווחים נעשו עם מבוגרים ומסקנותיהם בניגוד למימצא הנ"ל. לדוגמה Sedgwick (1961) הסיק בעקבות ניסוי יחידת לימוד בגיאומטריה תיאורטית, שיכולת הראיה המרחבית היא יכולת פנימית שאינה ניתנת לשינוי. לעומת זאת, Brinkmann (1966) שניסה ללמד פעילויות בראיה מרחבית בכיתות ח', הסיק מסקנה דומה לזו של המחקר הנוכחי, כלומר, שניתן לשפר את המיומנות האישית בראיה מרחבית כאשר ניתן אימון נאות.

ח. בנים ובנות הפיקו תועלת דומה מההוראה למרות ההבדלים ההתחלתיים בין המינים לטובת הבנים, שבעקבותיהם ניתן היה לשער שהבנים יפיקו מההוראה תועלת גדולה יותר מזו של הבנות. כתוצאה מכך, תוצאה זו אינה תומכת בהשערה שההבדלים בין המינים בראיה מרחבית הם על-פי יכולת נתונה מראש. בנקודה זו יש לציין, שההוראה לא כוונה מלכתחילה לחסל את ההבדלים בין המינים בראיה מרחבית וכמו כן לא תוכננה או ניתנה כל הוראה משלימה ו/או טיפולית לבנות. ברור, על-פי התוצאות בשרטוט 7 שההבדלים בין המינים בראיה מרחבית עדיין קיימים גם לאחר פזת ההוראה.

ט. תלמידי כיתות ז', ללא הבדל מין, הפיקו מההוראה תועלת רבה יותר מזו של תלמידי כיתות ו' ו-ח'.

אפשרות להסבר חלקי למימצא זה נעוצה בתוצאות מבחני קדם ההוראה שהצביע על כך שתלמידי כיתות ז' היו יותר הומוגניים מבחינת ההבדלים בין המינים מאשר תלמידי כיתות ו' ו-ח'.

י. השפעת ההוראה נשמרה לאורך זמן. למעשה, אחרי תקופה של 4 שבועות, רמת ההישגים של הבנים והבנות בראיה מרחבית אפילו עלתה מעט. תופעה זו היתה בלתי צפויה. ההשפעה נשמרה ללא גיל או מין. אם תופעה זו תחזור על עצמה, ייתכן שזו תהיה אינדיקציה, שיכולת הראיה המרחבית היא כושר לאחר שהוא נרכש, הוא מתפתח מעצמו הודות למודעות גדולה יותר לנושא או סיבות אחרות.

יא. לא חל שינוי בעמדות כלפי מתמטיקה בהשפעת ההוראה של יחידת הלימוד בראיה מרחבית. מימצא זה תואם את מסקנותיו של Aiken (1976) אודות ההשפעה של מבנה תכנית הלימודים על העמדות כלפי מתמטיקה.

יב. המגמות של עמדות התלמידים כלפי ראייה מרחבית כפי שנמדדו אחרי ההוראה, דומות לעמדותיהם כלפי מתמטיקה. קיימים הבדלים בין הכיתות בעמדות כלפי ראייה מרחבית לטובת הגילאים הנמוכים יותר, אבל אין הבדלים בין המינים בעמדות כלפי ראייה מרחבית.

לסיכום, מחקר זה מוסיף עוד ראיה התומכת בהשערה שיש הבדלים בין המינים בראיה מרחבית. הבדלים אלו הם לטובת הבנים ומופיעים בגיל ההתבגרות המוקדם. בנוסף לכך, חלקו השני של המחקר זה על השפעת ההוראה מספק תוצאות התומכות בדיעה שמימונויות הראיה המרחבית הן נלמדות וניתן לשפר הישגים על-ידי הוראה. כאשר ניתנת הזדמנות לפתח את כושר הראיה המרחבית לשני המינים, יש להם פוטנציאל שווה להשגת שיפור משמעותי מהאימון וכאשר כישורים אלו נרכשו, הם נשמרים לאורך זמן ואפילו ממשיכים להתפתח במשך

הזמן. אם מימצאים אלו יחזרו על עצמם, שהרי ניתנת כאן תמיכה בדרך בלתי ישירה להשערה שגורמים סביבתיים-חברתיים ונסיון שונה הם הגורמים שאחראים להבדלים בין המינים בראיה מרחבית, אף-על-פי שממצאים כאלו אינם מוציאים מכלל אפשרות את השפעתם של גורמים ביולוגיים-תורשתיים.

## השלכות

לתוצאות המחקר הזה יש השלכות על מספר תחומים ובפרט על תכניות הלימודים בבתי הספר ובתחום השתלמויות מורים.

אם אכן קיימים הבדלים בין המינים בראיה מרחבית, כפי שהתקבל ממחקר זה (ואחרים) ואם נקבל את הטיעון שיש קשר חזק בין ראייה מרחבית ומקצועות דעיים טכניים בנוסף למתמטיקה, ייתכן שההבדלים בין המינים במתמטיקה ומקצועות מדעיים אחרים נובעים (ולו חלקית) מההבדלים בראיה מרחבית. טיפול בהבדלים במתמטיקה ובמקצועות מדעיים אחרים באמצעות אותם נושאים לרוב אינו עוזר וייתכן שיש לנסות לטפל תחילה בהבדלים בראיה מרחבית. חלקו השני של המחקר בנוגע להשפעת ההוראה מספק הבטחה שאכן נושא זה נלמד ובעזרת הוראה טיפולית ומשלימה - קיים סיכוי טוב להצלחת ההוראה המתקנת. על אף חשיבות הראיה המרחבית ללימודי המתמטיקה, נושא זה מוזנח בתכנית הלימודים. ייתכן וקיימת מחשבה מוטעית שלימודי הגיאומטריה (ובפרט האויקלידית) מכסים נושא זה. יש להדגיש שגיאומטריה אינה ראייה מרחבית. אי לכך יש לשקול את הכלת הנושא של ראייה מרחבית בתוכנית הלימודים.

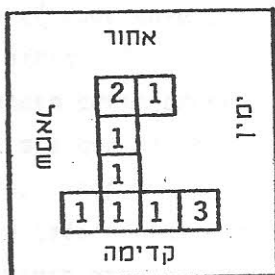
אכן, בעקבות מחקר זה מוצעת יחידת לימוד בנושא זה, המלווה במדריך למורה ובכלי הערכה.

אשר לעיתוי הכנסת הנושא, לפי תוצאות מחקר זה מומלץ ללמד את הנושא בכיתות ז', שם הושגו תוצאות אופטימליות כתוצאה מהשפעת ההוראה, הנקודת מבט של המורים, והשתלמויות בנושא זה, ניתן לציין שיש צורך בהשתלמות קצרה יחסית למורי המתמטיקה ובצרוף אספקת המדריך למורה - יש הצלחה די טובה.

בנושא העמדות כלפי מתמטיקה והמגמה השלילית המסתמנת בכיתות ה'-ח', תוצאות מחקר זה בנוסף לדווחי הספרות, צריכות להדאיג מחנכים ומורים למתמטיקה ודרושה פעולה בנידון,

שאלון ראייה מרחבית

עשה את הדוגמאות הבאות ולאחר מכן חכה להוראות נוספות.  
 לפניך דוגמא של תרשים מספרי של מבנה קוביות. המספר בכל ריבוע מצביע על מספר הקוביות שיש לשים על אותו ריבוע.

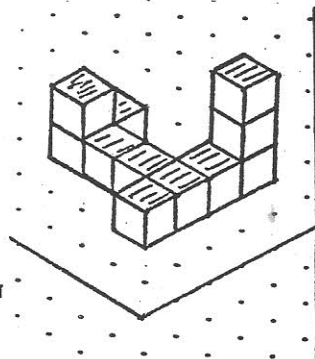


השתמש בנתונים של התרשים המספרי כדי לענות על שתי הדוגמאות הבאות.

לפניך מראה פינתי של המבנה הנ"ל.

מאיזו פינה שורטט המבנה?

דוגמא מס' 1



א קדמית-ימנית  
 ב אחורית-ימנית

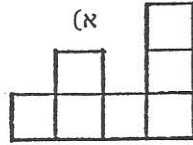
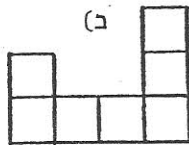
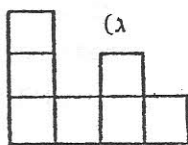
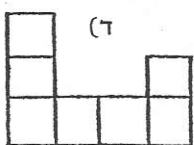
ג אחורית-שמאלית  
 ד קדמית-שמאלית

דוגמא מס' 1: הקף בעיגול את התשובה הנכונה:

א ב ג ד

דוגמא מס' 2:

לפניך המראות של אותו המבנה כאשר מסתכלים עליו מהצדדים. מצא את המראה של המבנה מקדימה.



דוגמא מס' 2: הקף בעיגול את התשובה הנכונה.

א ב ג ד

עצור! אל תתחיל את השאלון לפני שתקבל הוראה לכך.

דרגות מהימנות של כלי ההערכה

א. מהימנות שאלון העמדות כלפי מתמטיקה לקבוצות השונות היתה:

$$\alpha = 0.80 - 0.90 \text{ קרונבך}$$

ב. מהימנות שאלון העמדות כלפי ראייה מרחבית לקבוצות השונות היתה:

$$\alpha = 0.75 - 0.90 \text{ קרונבך}$$

ג. רמת המיתאם עבור שאלון העמדות כלפי מתמטיקה בין מבחני קדם, אחרי וזכרון היתה:

$$\alpha = 0.64 - 0.82 \text{ קרונבך}$$

ד. מהימנות שאלון הראיה המרחבית לקבוצות השונות היתה:

$$\alpha = 0.72 - 0.88 \text{ קרונבך}$$

ה. דרגת המהימנות של מבחן - מבחן חוזר בראיה מרחבית היתה 0.79 .

נספח 3עיבוד נתונים ושיטות סטטיסטיות

האנליזה של הנתונים שנאספו כללה חישובי ממוצעים, סטיות תקן, ניתוחי שונות חד ורב משתנים (Multivariate and Univariate analysis of Variance), ניתוחי שונות במדידות חוזרות, (Repeated-mensures), השוואה מתוכננת (Planned Comparison) ומבחני השוואות PostHoc לפי Scheffe.

1. Aiken, L.R. Update on Attitudes and Other Affective Variables in Learning Mathematics. *Review of Educational Research*, 1976, 46, pp. 293-311.
2. Armstrong, J.M., *Women in Mathematics. Achievement and Participation of Women in Mathematics: An Overview*. Denver: Education Commission of the States, March 1980.
3. Baker, S.R., & Talley, L.H. The relationship of visualization skills to achievement in freshman chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1972, 49, pp. 775-776.
4. ———. Visualization skills as a component of aptitude for chemistry - A construct validation study. *Journal of Research in Science Teaching*, 1974, 11, pp. 95-97.
5. Ben-Haim, D. "Spatial Visualization: Sex Differences, Grade Level Differences and the Effect of Instruction on the Performance and Attitudes of Middle School Boys and Girls". Ph.D. Dissertation, Michigan State University, 1982.
6. Bennett, G.K., Seashore, H.G., and Wesman, A.G. *Differential Aptitude Test, manual (4th ed)*. New York: Psychological Corporation, 1966.
7. ———. *Differential Aptitude Test, manual (5th ed.)* New York: Psychological Corporation, 1973.
8. Bock, R.D. and Kolakowski, D., Further evidence of sex-linked major-gene influence on human spatial visualizing ability. *The American Journal of Human Genetics*. 1973, 25, 1-14.
9. Brinkmann, E.H., Programmed Instruction as a technique for Improving Spatial Visualization. *Journal of Applied Psychology*, 1966, 50, pp. 179-184.
10. Fennema, E., Influences of selected cognitive, affective and educational variables on sex-related differences in mathematics learning and studying. In L.H. Fox, E. Fennema, and J. Sherman (eds.), *Woman and mathematics: Research perspectives for change*. Washington, D.C.: National Institute of Education, 1977.

11. Fennema, E., and Sherman, J. Sex-related differences in mathematics achievement and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 1978, 9, 189-203.
12. ————. Sex Related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors. *American Educational Research Journal*, Winter 1977, vol. 14, No. 1, pp. 51-71.
13. Guay, R.B., and McDaniel, E.D., The relationship between mathematics achievement and spatial abilities among elementary school children. *Journal for Research in Mathematics Education*, 1977, 8, 211-215.
14. Harris, L.J., Sex-related variations in spatial skill. In Liben, Patterson and Newcombe (Ed.), *Spatial Representation and Behavior across the life Span, Theory and Application*. New York: Academic Press, Inc. 1981, pp. 83-125.
15. Maccoby, E.E., and Jacklin, C.N., *The Psychology of Sex Differences*. Stanford, California: Stanford University Press, 1974.
16. Poole, C., and Stanley, G., A factorial and predictive study of spatial abilities. *Australian Journal of Psychology*, 1972, 24, 317-320.
17. Schonberger, A.K., The interrelationship of sex, visual spatial abilities, and mathematical problem solving ability in grade seven. Unpublished doctoral dissertation, University of Wisconsin, 1976.
18. Sedgwick, L.K., The Effect on Spatial Perception of Instruction in Descriptive Geometry. Unpublished Masters Thesis, Southern Illinois University, 1961.
19. Shroyer, J., and Fitzgerald, W., The Mouse and the Elephant. *Oregon Mathematics Teacher*, February, 1979.
20. Shumway, R.J., White, A.L., et al. Initial Effect of Calculators in Elementary School Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*. 1981, vol. 12, No. 2, 119-144.
21. Suydam, M.N., and Weaver, J.F., *Using research: A key to elementary school mathematics*. Colombus, Ohio: ERIC Center for Science, Mathematics, and Environmental Education, 1975.

שכבים עלון למורי המתמטיקה - תיק מס' 23