

**הקשר בין תהליכי תפיסה חזותית וקשב חזותי  
לבין עיבוד גרף קווי**

**חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"**

**מאת**

**פרחיה תמר וקסמן**

**בית הספר לחינוך**

**הוגש לסנט של אוניברסיטת בר-אילן**

**תשרי, תשע"ז**

**רמת גן**

עבודה זו נעשתה בהדרכתם של

פרופ' מיכל ציון

מבית הספר לחינוך המגמה להוראת המדעים

של אוניברסיטת בר-אילן

ד"ר רונית רם צור

מן הפקולטה למדעים

של מכללת סמינר הקיבוצים

## תקציר

היכולת לעבד מידע המוצג באופן גרפי היא מיומנות חשובה הדרושה לחיים בחברה המודרנית. ייחודיות הגרף ביכולתו לספר לקורא סיפור תמציתי ומוחשי לעומת טבלאות נתונים, וזאת בתנאי שהקורא מבין את ה"שפה שהגרף מדבר" (מור, 1995). אף על פי שעיבוד ובנייה של גרף מהווים חלק חשוב בקוריקולום של תחומי דעת שונים, נמצא כי תלמידים רבים מתקשים בעיבוד גרף, וקשיים אלו מתגלים בכל שכבות הגיל, החל מתלמידים בבית הספר היסודי ועד לסטודנטים באוניברסיטה. מתברר כי לתלמידים רבים ידע קודם ותפיסות קודמות לגבי עיבוד גרף, המובילים להשפעה של תהליכי מעלה-מטה על עיבוד הגרף. בנוסף, ידוע כי גם למידע החזותי המוצג בגרף ישנה השפעה על יכולת עיבוד הגרף, ומכאן שגם תהליכי מטה-מעלה משפיעים על עיבוד הגרף.

### שאלות המחקר העיקריות

- שאלה 1: מהי השפעת העומס הקוגניטיבי על תהליך עיבוד גרף?
- שאלה 2: מהו סוג הקשר הקיים בין המאפיינים האישיים לבין היכולת לעבד גרף בצורה נכונה?
- שאלה 3: מהו סוג הקשר הקיים בין תנועות העיניים המתבצעות בעת עיבוד הגרף לבין תהליכים קוגניטיביים גבוהים?

### מתודולוגיה

על מנת לבחון את יכולת עיבוד הגרף והשפעת תהליכי מטה-מעלה ומעלה-מטה על עיבוד גרף, נערכו מספר מבחנים, כפי שיתואר להלן. מדגם המחקר מנה 40 סטודנטים. הנבדקים הגיעו לשני מפגשים במעבדה, בהפרש זמן של שבועיים. במפגש הראשון ענו הנבדקים על שאלון עמדות ואוריינות גרפית, וביצעו שני מבחנים של עיבוד גרף. האחד, מבחן GPT1 (Graph Processing Type 1) ומבחן נוסף, אחד מבין שני מבחנים של GPT3 (Graph Processing Type 3) או GPT4 (Graph Processing Type 4). המבחנים בוצעו תוך כדי ניטור תנועות עיניים. המפגש השני כלל ארבעה חלקים: ביצוע מבחן עיבוד גרף GPT2 (Graph Processing Type 2) ללא ניטור תנועות עיניים, פרדיגמת נבון, מבחן d2 וחלקים ממבחן וקסלר מבוגרים (מטריצה, סימן-צורה, זיכרון קדימה וזיכרון אחורה). GPT1-4, הוא מבחן ממוחשב, רב בררתי שחובר לצורך מחקר זה. המבחן בדק את היכולת של הנבדק לעבד מידע מגרף קווי. במבחן נאספו מדדים התנהגותיים, מידת הדיוק וזמן התגובה הנדרש למתן תשובה, בנוסף התבצע ניטור תנועות עיניים. השאלות במבחן היו מחולקות ל 7 דרגות של עומס קוגניטיבי. העומס הקוגניטיבי נוצר על ידי שילוב בין שלושה גורמים: עומס חזותי, סוג השאלה, והידע הקודם של הנבדק. עומס קוגניטיבי נוסף נוצר על ידי שינוי בהכוונה של תהליך העיבוד ועל ידי הצורך לענות על שאלה המתייחסת לגרף. במבחן GPT1 לא הייתה דרישה לענות על שאלה לאחר הסתכלות על הגרף, ולא הייתה הכוונה של עיבוד הגרף. במבחן GPT4 לא הייתה הכוונה של עיבוד הגרף, השאלה הוצגה רק לאחר הצגת הגרף. במבחנים GPT2 ו GPT3, הייתה הכוונה של עיבוד הגרף. במבחן GPT2, השאלה הוצגה יחד עם הגרף, ובמבחן GPT3, השאלה הוצגה לפני הצגת הגרף.

## הממצאים העיקריים

1. מניתוח הממצאים ההתנהגותיים עולה כי מספר פרמטרים משפיעים על העומס הקוגניטיבי של המטלה, ויכולים להשפיע על אסטרטגיית ויכולת עיבוד הגרף. שלושת הפרמטרים הם: סוג השאלה, הידע הקודם של הנבדק ומידת ההכוונה של תהליך העיבוד. לעומת זאת, לעומס החזותי אין השפעה על אסטרטגיית עיבוד הגרף. בנוסף נמצא שחוסר הכוונה של תהליך העיבוד, יצר עומס קוגניטיבי נוסף, הבא לידי ביטוי בהארכת זמן התגובה וירידה במידת הדיוק, בעיקר בשאלות בהן העומס הקוגניטיבי נמוך, אך בשאלות בהן העומס הקוגניטיבי גבוה, הגורם המגביל את מידת הדיוק ואת זמן התגובה לא היה מידת ההכוונה אלא העובדה שהגרפים לא שגרתיים ולא קיים ידע קודם לעיבוד הגרפים הללו. כלומר, לא היו סכמות קודמות המקצרות את זמן התגובה, והעומס על זיכרון העבודה גדל, ולכן יש צורך באוריינות גרפית גבוהה על מנת לעבד נכון את המידע המוצג בגרפים אלו. כאמור, לא נמצאה השפעה של העומס החזותי על מידת הדיוק וזמן התגובה. העומס החזותי משפיע על תהליכי מטה-מעלה ושלושת הגורמים האחרים, סוג השאלה, הידע הקודם, ומידת ההכוונה, הנם תהליכי מעלה-מטה המשפיעים על התגובה. **כלומר, על פי הממצאים ההתנהגותיים, לתהליכי מעלה-מטה השפעה גדולה על אסטרטגיית עיבוד הגרף.**

2. העובדה כי לא נמצא קשר בין מבחן  $d2$  לבין תהליך עיבוד גרף, ונמצא קשר חלקי בין פרדיגמת נבון לבין עיבוד גרף, מחזקת את המסקנה כי תהליכי עיבוד גרף הנם תהליכים המכוונים בעיקר על ידי תהליכי מעלה-מטה ופחות על ידי תהליכי מטה-מעלה.

3. מניתוח תנועות העיניים עולה כי אסטרטגיית עיבוד הגרף משתנה בהתאם לידע הקודם שיש לנבדק לגבי הגרף. בגרפים מוכרים, ובדרישה קוגניטיבית נמוכה, כנראה, אסטרטגיית עיבוד הגרף מושפעת מתהליכי מעלה-מטה המכוונים את תהליכי מטה-מעלה, והללו מאפשרים עיבוד נכון של המידע המוצג בגרף. אף על פי כן, ישנם נבדקים המתקשים בעיבוד הגרף, כנראה, בשל השפעה חזקה יותר של תהליכי מטה-מעלה, המכוונים את התפיסה החזותית על פי הגירויים החזותיים, המובילים לעיבוד שגוי של הגרף. ניתן להבחין כי אסטרטגיית עיבוד הגרף שונה כאשר אין לנבדק ידע קודם, הגרף חדש ואינו מוכר לנבדק. במצב כזה, תהליך עיבוד הגרף מתבסס על אסטרטגיות תהליכי מטה-מעלה, ועל אסטרטגיות קודמות המתאימות לגרפים אחרים מוכרים, אך שגויות עבור הגרפים בהן העומס הקוגניטיבי גבוה. מהניתוח האיכותני ניתן להסיק שלצורך עיבוד נכון של הגרף, יש להפנות את הקשב החזותי אל המידע החזותי המאפשר תשובה נכונה. אולם, **הפניית הקשב לאזורים שאינם מציגים את המידע הרלוונטי לתשובה נכונה, אזורים בעלי בולטות חזותית, מפריעה בעיבוד המידע.**

4. מהניתוח הכמותי של ניטור תנועות העיניים, עולה, כי בשתי השניות הראשונות מתבצע עיבוד של המידע הטקסטואלי, ולאחר מכן, המשך העיבוד משתנה בהתאם לדרישת המשימה. כמו כן, פיזור ומשך הפיקסאציות באזורי העניין השונים, מושפע מהצורך לבצע מטלה קוגניטיבית, וגם ממידת ההכוונה בתהליך עיבוד הגרף, אך ההבדל אינו קיים באזור כותרות הצירים. בנוסף, לא נמצא כמעט הבדל במספר ומשך הפיקסאציות בין עיבוד גרף

המציג עקומה אחת לבין עיבוד גרף המציג שתי עקומות, כלומר, גם כאן, בדומה לממצאים ההתנהגותיים, ניתן לראות כי לעומס החזותי השפעה קטנה על אסטרטגיית עיבוד הגרף. לסיכום, ניתן לשער כי אסטרטגיית עיבוד הגרף מחולקת למספר שלבים, השלב הראשון מתבצע במהלך שתי השניות הראשונות, בהן, תהליכי מעלה-מטה, והידע הקודם של הנבדק מכוונים את תהליכי מטה-מעלה, הכוללים את קריאת המידע הטקסטואלי, ומאפשרים זיהוי של מאפייני הגרף. לאחר מכן, במידה והדרישה הקוגניטיבית נמוכה, ממשיכים תהליכי מטה-מעלה להשפיע על הפניית הקשב ופיזור הפיקסאציות, בהתאם למאפיינים החזותיים של הגרף, והנטייה לקרוא את הטקסט הנלווה לגרף, אך חל שינוי, ומהפניית קשב לאזור כותרת הגרף, מופנה הקשב אל המידע הטקסטואלי הנוסף, כותרות הצירים, וערכי הצירים. אולם, אם קיימת דרישה קוגניטיבית, מתבצע עיבוד של המידע החזותי, ותהליך עיבוד הגרף מושפע מתהליכי מעלה-מטה, המכוונים את תהליכי מטה מעלה, והקשב מופנה אל אזור העקומה, בעיקר על חשבון אזור כותרת הגרף.