

אוניברסיטת תל-אביב

הפקולטה למדעי הרוח ע"ש לסטר וסאלי אנטין

בית הספר למדעי התרבות ע"ש שירלי ולסלי פורטר

התוכנית ללימודים קוגניטיביים של השפה ושימושיה

**סימולציה תפיסתית ויזואלית בשתי המיספרות המוח**

**במהלך הבנת שפה ראשונה ושנייה**

חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"

מאת

**טל נורמן**

הוגש לסנאט של אוניברסיטת תל-אביב

אפריל 2021

עבודה זו נעשתה בהדרכת

**פרופסור אורנה פלג**

**תקציר**

תיאוריות מודאליות של עיבוד שפה מניחות כי הבנת שפה כרוכה בסימולציה מולטי-מודאלית של הסיטואציה המתוארת בקלט הלשוני. כלומר, אותן מערכות סנסוריות, מוטוריות, ורגשיות שמופעלות כאשר אנחנו חווים אירוע מסוים, מופעלות גם כאשר אנחנו קוראים או שומעים על האירוע. הבנת שפה, לפיכך, מערבת לא רק ייצוגים לשוניים, אלא גם ייצוגים מודאליים מסוגים שונים (למשל, ייצוגים ויזואליים) הקשורים באובייקטים ובמצבים המתוארים (Anderson, 2003; Barsalou, 2008; Glenberg, 2015).

על בסיס הנחה זו, בארסלו ועמיתיו (Barsalou, Santos, Simmons, & Wilson, 2008) הציעו מודל היברידי, לפיו משמעויות מיוצגות בשתי מערכות נפרדות: מערכת לשונית המקודדת משמעויות באמצעות אסוציאציות בין מילים, ומערכת סימולציה המקודדת משמעויות באמצעות ידע מודאלי לא-לשוני. באופן חשוב, המודל מניח קשר בין שני סוגי הייצוגים כך שבמהלך הבנת שפה, הקלט הלשוני מפעיל ייצוגים לשוניים במערכת הלשונית (למשל, הצורה הכתובה של המילה "כלב"), ואלה מפעילים ייצוגים קשורים במערכת הסימולציה (למשל, דימוי ויזואלי של כלב).

מחקרים רבים מראים התעוררות של ייצוגים סנסוריים, מוטוריים, ורגשיים במהלך הבנת שפה (לסקירה ראו Barsalou, 2008), אולם אלה התמקדו בעיקר בשפה ראשונה. בשונה משפה ראשונה, הנרכשת באופן טבעי וחוויתי, רכישת שפה שנייה עשויה להיות מנותקת מהחוויות שלנו במציאות, בעיקר כאשר השפה נלמדת במסגרת פורמלית והשימוש בה נעשה בהקשרי חיים מוגבלים יחסית. במקרה כזה, הקשר בין ייצוגים לשוניים במערכת הלשונית לייצוגים סנסוריים-מוטוריים במערכת הסימולציה עשוי להיות חלש יותר. לכן, ייתכן כי אחד ההבדלים המהותיים הקיימים בין הבנת שפה ראשונה ושנייה, בנסיבות כאלה, הוא ביכולת לבנות באופן ספונטני סימולציה עשירה ומורכבת של המצבים המתוארים בתוכן הלשוני.

לפיכך, המטרה הראשונה של עבודה זו הייתה לבדוק האם תהליכי הבנה של שפה שנייה, בהשוואה לשפה ראשונה, כרוכים בהתעוררות של ייצוגים מודאליים הקשורים לתוכן הלשוני. באופן ספציפי, המחקר הנוכחי התמקד ביכולת לעורר סימולציות ויזואליות במהלך קריאה בשפה ראשונה ובשפה שנייה. אם אופן רכישת השפה וצורת השימוש בה אכן משפיעים על יכולת זו, נצפה שמידע ויזואלי הקשור לתוכן הסמנטי של המילים יתעורר בעוצמה רבה יותר בזמן עיבוד שפה ראשונה, בהשוואה לעיבוד שפה שנייה.

המטרה השנייה של המחקר הייתה לבחון את התשתית הביולוגית של סימולציות ויזואליות אלה, תוך התמקדות בתרומה היחסית של כל אחת מהמיספרות המוח לתהליך זה. מחקרים קודמים שבדקו הבדלים בין שתי המיספרות המוח, הן במהלך עיבוד שפתי והן במהלך עיבוד ויזואלי, הראו יתרון שפתי להמיספרה השמאלית ויתרון ויזואלי להמיספרה הימנית (Corballis, 2003; Hugdahl, 2000). עם זאת, רק מחקרים בודדים בדקו את מידת המעורבות של שתי ההמיספרות בבניית סימולציות ויזואליות במהלך הבנת שפה, ואלה התמקדו רק בשפה ראשונה (למשל, Lincoln, Long & Baynes, 2007). לפיכך, המחקר הנוכחי בחן את היכולת הנפרדת והמשותפת של שתי המיספרות המוח לעורר ידע ויזואלי במהלך הבנת שפה ראשונה ושנייה. אם המיספרה שמאל מתמחה בעיבוד לשוני והמיספרה ימין מתמחה בעיבוד ויזואלי לא-לשוני, נצפה שתהליכי סימולציה ויזואלית ישענו בעיקר על המיספרה ימין. יתרה מכך, אם עיבוד שפה ראשונה מערב את מערכת הסימולציה, ואילו עיבוד שפה שנייה, הנלמדת באופן פורמלי, נשען בעיקר על המערכת הלשונית, נצפה למעורבות גדולה יותר של המיספרה ימין בעיבוד שפה ראשונה לעומת עיבוד שפה שנייה.

על מנת לבחון השערות אלה, בוצעו שני סטים של ניסויים. בכל הניסויים המשתתפים היו דוברי עברית ילידיים (עברית שפה ראשונה), שגרו בישראל כל חייהם, ולמדו את שפתם השנייה-אנגלית אחרי גיל 6 בבתי ספר בישראל. נבדקים אלה ביצעו מטלות זהות בשפתם הראשונה-עברית uבשפתם השנייה-אנגלית. המטלה הראשונה - מטלת התאמת תמונה למשפט (Zwaan, Stanfield & Yaxley, 2002) בחנה את היכולת של הנבדקים לעורר באופן ספונטני ידע לגבי הצורה המרומזת של האובייקטים המוזכרים בקלט הלשוני (ניסויים 1, 3). המטלה השנייה - מטלת שיפוט קשר סמנטי בין שתי מילים (Zwaan & Yaxley, 2003a) בדקה את היכולת של הנבדקים לעורר ידע ויזואלי לגבי המיקום המרחבי האופייני של האובייקטים המוזכרים (ניסויים 2, 4). בסט הניסויים הראשון (ניסויים 1, 2) גירויי המטרה (ראו תיאור בהמשך) הוצגו במרכז המסך לשתי המיספרות המוח. בסט הניסויים השני (ניסויים 3, 4), אותם גירויים הוצגו בשדה הראייה השמאלי להמיספרה הימנית או בשדה הראייה הימני להמיספרה השמאלית.

ניסויים 1 ו-3 עשו שימוש במטלת התאמת תמונה למשפט. במטלה זו הנבדקים קראו משפטים שתיארו אובייקט במיקום מסוים ("הילד ראה את הבלון באוויר/באריזה"). משפטים אלה הוצגו בעברית (שפה ראשונה) או באנגלית (שפה שנייה). מיד אחרי קריאת המשפט, הוצגה לנבדקים תמונה של אובייקט (למשל, בלון) והם התבקשו להחליט האם האובייקט שהוצג בתמונה, הוזכר במשפט שקראו (כן/לא). בכל הצעדים הקריטיים, האובייקט שבתמונה אכן הוזכר במשפט, אך צורתו יכלה להיות תואמת או לא תואמת לצורה המשתמעת מהמשפט. למשל, המשפט "הילד ראה את הבלון באוויר" מרמז על בלון מנופח, ולכן אחרי משפט זה, בתנאי התואם הוצגה תמונה של בלון מנופח, ובתנאי הלא-תואם הוצגה תמונה של בלון לא מנופח (ולהפך במשפט "הילד ראה את הבלון באריזה"). תגובות מהירות יותר בתנאי התואם בהשוואה לתנאי הלא-תואם (האפקט הצורני), מעידות על התעוררות ספונטנית של ידע ויזואלי לגבי צורת האובייקט במהלך הבנת המשפט. ניסוי 1 בחן התעוררות של ידע ויזואלי-צורני כאשר התמונות מוצגות במרכז המסך לשתי המיספרות המוח. ניסוי 3 בחן התעוררות של ידע ויזואלי-צורני כאשר התמונות מוצגות בשדה הראייה השמאלי להמיספרה הימנית או בשדה הראייה הימני להמיספרה השמאלית.

ניסויים 2 ו-4 עשו שימוש במטלת שיפוט קשר סמנטי. במטלה זו, הנבדקים התבקשו להחליט בכל צעד האם שתי מילים שהוצגו אחת מעל השנייה על גבי המסך קשורות במשמעותן (כן/לא). בשני הניסויים המילים הוצגו בעברית (שפה ראשונה) או באנגלית (שפה שנייה). בצעדים הקריטיים, שתי המילים היו קשורות סמנטית, ובנוסף ייצגו אובייקטים בעלי יחס מרחבי-אנכי אופייני, כך שבמציאות אובייקט אחד ממוקם בדרך כלל מעל האובייקט השני (מכונית-כביש). זוגות המילים הוצגו בשני תנאי תצוגה מרחביים: בתנאי התואם, הסידור המרחבי של שתי המילים על גבי המסך היה זהה למיקום המרחבי האופייני לרפרנטים שאותם הן מציינות ("מכונית" מעל "כביש"); ואילו בתנאי הלא-תואם, הסידור המרחבי של המילים היה הפוך מהיחס המרחבי שקיים בין הרפרנטים שלהן במציאות ("כביש" מעל "מכונית"). תגובות מהירות יותר בתנאי התואם, בהשוואה לתנאי הלא-תואם (האפקט המרחבי), מעידות על התעוררות ספונטנית של ידע ויזואלי לגבי המיקום המרחבי האופייני של האובייקטים במהלך הבנת המילים. ניסוי 2 בחן התעוררות של ידע ויזואלי-מרחבי כאשר המילים מוצגות במרכז המסך לשתי המיספרות המוח. ניסוי 4 בחן התעוררות של ידע ויזואלי-מרחבי כאשר המילים מוצגות בשדה הראייה השמאלי להמיספרה הימנית או בשדה הראייה הימני להמיספרה השמאלית.

ההשערות הספציפיות של המחקר היו כדלקמן: (א) בסט הניסויים הראשון (תצוגה מרכזית) צפינו שיימצא הבדל בין עיבוד שפה ראשונה לעיבוד שפה שנייה, כך שקריאת מילים ומשפטים בשפה שנייה תעורר במידה מופחתת, או לא תעורר כלל, ידע ויזואלי הקשור לצורה או למיקום המרחבי של האובייקטים המתוארים בקלט הלשוני. זאת עקב ההבדלים המהותיים הקיימים בין אופן הרכישה והשימוש של שתי השפות בקרב נבדקי המחקר. כלומר, האפקטים הויזואליים בשתי המטלות (האפקט הצורני והאפקט המרחבי) היו צפויים להיות חלשים יותר באופן מובהק בניסויים בשפה השנייה, בהשוואה לניסויים בשפה הראשונה. (ב) בסט הניסויים השני (תצוגה צידית) צפינו שתהליכי סימולציה במהלך קריאת מילים ומשפטים יערבו את שתי ההמיספרות. כלומר, אם ידע ויזואלי (צורני ומרחבי) אכן מתעורר במהלך הקריאה, הוא יתעורר בשתי המיספרות המוח, זאת משום שמנגנונים ויזואליים קיימים בשתיהן. אולם, צפינו כי ידע זה יתעורר במידה חזקה יותר בהמיספרה ימין מאשר בהמיספרה שמאל, עקב היתרון שיש להמיספרה ימין בעיבוד מידע ויזואלי לא-לשוני. כלומר, צפינו שהאפקטים הויזואליים (האפקט הצורני והאפקט המרחבי) שיתקבלו בהמיספרה ימין יהיו חזקים יותר, בהשוואה להמיספרה שמאל.

בהתאם להשערת המחקר הראשונה, בסט הראשון (תצוגה מרכזית), אפקטים ויזואליים התקבלו רק במקרה של שפה ראשונה (ורק במקרה של מטלת התאמת תמונה למשפט – ראו פירוט בהמשך). בניסוי 1 (מטלת התאמת תמונה למשפט), התקבלה אינטראקציה מובהקת בין תנאי הצורה (תואם/לא-תואם) לבין תנאי השפה (ראשונה/שנייה). בעוד שבשפה הראשונה האפקט הצורני היה מובהק, בשפה השנייה ההבדל בין התנאי התואם לתנאי הלא-תואם היה זניח. ממצא זה מעיד על כך שדו-לשוניים מהסוג שנבדק במחקר זה, בונים סימולציות ויזואליות בשפתם הראשונה, אך לא בשפתם השנייה. כלומר, בעוד הבנת שפה ראשונה שנלמדה באופן טבעי מערבת תהליכי סימולציה, נראה כי הבנת שפה שנייה שנלמדה בצורה פורמלית נסמכת בעיקר על תהליכי עיבוד לשוניים.

באופן מעניין, בשתי השפות, האפקט הצורני הושפע מסדר הבלוקים (שפה ראשונה אחרי שפה שנייה/שפה שנייה אחרי שפה ראשונה). בשפה הראשונה (עברית), האפקט הצורני היה חלש יותר כאשר הניסוי בשפה זו בוצע מיד לאחר הניסוי בשפה השנייה (אנגלית). לעומת זאת, בשפה השנייה (אנגלית), האפקט הצורני היה חזק יותר כאשר הניסויי בשפה זו בוצע מיד לאחר הניסוי בשפה הראשונה (עברית). ממצא זה מעיד על כך שאופן עיבוד המשפטים בכל אחת מהשפות בניסוי הראשון (עברית-סימולציה/אנגלית-לשוני בלבד), השפיע על אופן עיבוד המשפטים בכל אחת מהשפות בניסוי השני.

בנוסף, נמצא כי האפקטים הויזואליים הושפעו מסוג המטלה. בעוד שבמטלת התאמת תמונה למשפט (ניסוי 1) התקבל אפקט ויזואלי מובהק בשפה הראשונה, במטלת השיפוט הסמנטי (ניסוי 2) לא נמצאו אפקטים ויזואליים מובהקים, לא בשפה הראשונה ולא בשפה השנייה. ממצא זה מצביע על כך שמידת המעורבות של מערכת הסימולציה, גם במהלך הבנת שפה ראשונה, עשויה להיות מושפעת מגורמים שונים כגון: אופי המטלה (התאמת תמונה למשפט/שיפוט סמנטי), סוג הגירויים (עם תמונות/ללא תמונות), או סוג המידע הויזואלי שנבדק (צורני/מרחבי).

לסיכום, התוצאות שהתקבלו מסט הניסויים הראשון מרמזות על הבדל בין עיבוד שפה ראשונה ושנייה, כך שסימולציות ויזואליות במהלך הבנת שפה מתרחשות רק בשפה ראשונה. מעבר לכך, גם במקרה של שפה ראשונה, סימולציות ויזואליות נצפו רק במטלת התאמת תמונה למשפט, ורק כאשר הניסוי בשפה הראשונה נערך לפני הניסוי בשפה השנייה. תוצאות אלה יכולות להיות מוסברות במסגרת תיאוריות מודאליות המבחינות בין תהליכי עיבוד המבוססים על המערכת הלשונית בלבד, לתהליכי הבנה עמוקים יותר המערבים גם את מערכת הסימולציה (Barsalou et al., 2008). לפי הסבר זה, שפה שנייה, הנלמדת באופן פורמלי, אינה מייצרת קשרים חזקים בין שתי המערכות, ולכן נשענת בעיקר על המערכת הלשונית. שפה ראשונה, לעומת זאת, מאופיינת בקשר חזק בין שתי המערכות, ולכן מאפשרת את שני סוגי העיבודים - עיבוד רדוד יותר המערב רק את המערכת הלשונית (Glaser, 1992) ועיבוד עמוק יותר הכולל גם אקטיבציה של ייצוגים מודאליים (ויזואליים) במערכת הסימולציה (Solomon & Barsalou, 2004).

בהתאם להשערת המחקר השנייה, בסט השני (תצוגה צידית) האפקט הויזואלי הצורני היה חזק יותר כאשר הגירויים הוצגו בשדה הראייה השמאלי ישירות להמיספרה הימנית. גם בסט זה, אפקטים ויזואליים התקבלו רק במטלת התאמת תמונה למשפט (ניסויים 3א-3ב). בניסויים אלה נמצאה אינטראקציה שולית בין תנאי הצורה (תואם/לא-תואם) לתנאי שדה הראייה (ימני/שמאלי), כך שבלי קשר לשפה המעורבת, האפקט הצורני היה מובהק רק כאשר הגירויים הוצגו בשדה הראייה השמאלי להמיספרה הימנית. ממצא זה מעיד על כך שמעבר לסוג השפה (ראשונה/שנייה), ידע ויזואלי לא-לשוני מתעורר במידה חזקה יותר בהמיספרה הימנית, ככל הנראה עקב יתרונה של המיספרה ימין בעיבוד ויזואלי (Corballis, 2003; Hugdahl, 2000).

למרות שלא נמצאה אינטראקציה משולשת בין תנאי השפה (ראשונה-עברית/שנייה-אנגלית), תנאי הצורה (תואם/לא-תואם), ותנאי שדה הראייה (ימני/שמאלי), השוואות מתוכננות שבוצעו בכל שפה בנפרד הראו שההבדל בין שתי ההמיספרות, מבחינת האפקט הצורני, היה גדול יותר בשפה השנייה-אנגלית. באופן ספציפי, כאשר הניסוי בוצע בעברית, בשתי ההמיספרות התקבלו תוצאות דומות: התנאי התואם היה מהיר יותר מהתנאי הלא-תואם, אך הבדל זה לא הגיע לידי מובהקות. לעומת זאת, כאשר הניסוי בוצע באנגלית, ההבדל בין התנאי התואם לתנאי הלא-תואם היה מובהק בהמיספרה הימנית ולא קיים בהמיספרה השמאלית. ממצאים אלה, יחד עם ממצאי הניסוי הראשון (תצוגה מרכזית), מרמזים על מעורבות שונה של שתי ההמיספרות במהלך קריאת משפטים בשפה ראשונה ושנייה.

בכדי להמשיך ולבדוק את מידת המעורבות של שתי ההמיספרות במהלך קריאה טבעית בכל אחת מהשפות, נערכה השוואה בין האפקט הצורני שהתקבל כאשר התמונות הוצגו בשדה הראייה המרכזי לשתי ההמיספרות, לאפקט שהתקבל כאשר התמונות הוצגו בשדה הראייה הימני להמיספרה השמאלית או בשדה הראייה השמאלי להמיספרה הימנית. השוואות אלה הראו ששתי ההמיספרות מעורבות בתהליכי הקריאה של שתי השפות. עם זאת, מידת המעורבות של כל אחת מההמיספרות משתנה כתלות בשפה. בשפה ראשונה, דפוס האפקט הצורני שהתקבל בשדה הראייה המרכזי (אפקט מובהק), היה שונה מהדפוס שהתקבל בשדה הראייה הימני או השמאלי (בשני המקרים, האפקט הצורני לא הגיע לידי מובהקות). ממצא זה מעיד על כך שבמהלך קריאה טבעית בשפה ראשונה, שתי ההמיספרות תורמות באופן מצטבר לאפקט הצורני, ומכאן ששתיהן מעורבות בתהליכי ההבנה של משפטים כתובים בשפה ראשונה. לעומת זאת, בשפה שנייה, דפוס האפקט הצורני שהתקבל בשדה הראייה המרכזי (אפקט לא מובהק) היה דומה לזה שהתקבל בשדה הראייה הימני (אפקט לא מובהק) ושונה מזה שהתקבל בשדה הראייה השמאלי (אפקט מובהק). ממצא זה מעיד על כך שקריאה טבעית בשפה שנייה נשענת בעיקר על המיספרה שמאל (עיבוד לשוני בלבד), ולכן למרות שמשפטים בשפה שנייה יכולים לעורר ידע ויזואלי בהמיספרה ימין, ידע זה אינו משפיע על תהליכי העיבוד בתנאי קריאה רגילים (תצוגה מרכזית).

 לסיכום, ממצאי הסט השני מצביעים על מעורבות גדולה יותר של המיספרה ימין בתהליכי סימולציה ויזואלית. ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם הטענה לפיה עיבוד ויזואלי מתבצע בעיקר בצד ימין של המוח ואילו עיבוד לשוני מתבצע בעיקר בצד שמאל של המוח. בנוסף, השוואה בין התוצאות שהתקבלו בשדה הראייה המרכזי לתוצאות שהתקבלו בשדות הראייה הפריפריאליים, מלמדת על אינטראקציה שונה בין שתי המיספרות המוח בכל אחת מהשפות, כך שעיבוד שפה ראשונה נשען על שתי ההמיספרות, ואילו עיבוד שפה שנייה מתבצע בעיקר בהמיספרה שמאל.

יחד, ממצאי המחקר הנוכחי מצביעים על קשר בין אופן רכישת השפה, דפוס העיבוד ההמיספריאלי, והיכולת לעורר סימולציות ויזואליות במהלך הבנת שפה. באופן ספציפי, הממצאים מציעים כי במקרה של שפה ראשונה, הנרכשת באופן טבעי וחווייתי, העיבוד נשען על שתי המיספרות המוח, ולכן מערב לא רק ייצוגים לשוניים אלא גם ייצוגים ויזואליים לא-לשונים הקשורים לתוכן הלשוני. לעומת זאת, במקרה של שפה שנייה, הנלמדת באופן פורמלי, העיבוד נשען בעיקר על ההמיספרה השמאלית של המוח, ולכן מערב ייצוגים לשוניים בלבד.

להבדלים אלה עשויות להיות השלכות על טיב ההבנה של כל אחת מהשפות, משום שתהליכי הבנה המערבים סימולציה עשויים להוביל לעיבוד קונספטואלי עמוק יותר, המאפשר תהליכי עיבוד גבוהים הכוללים הסקת מסקנות וניבויים, ואילו תהליכי עיבוד לשוניים נוטים להיות שטחיים יותר ואף לא מספיקים עבור מטלות מסוימותSolomon & Barsalau, 2004; Barsalau et al., 2008) ). המחקר הנוכחי הציג הבדל מהותי בין שפה ראשונה לשפה שנייה בכל הנוגע לעיבוד המיספריאלי וליכולת סימולציה. נחוצים מחקרים נוספים על מנת לבחון את הקשר הסיבתי בין יכולת סימולציה ליכולת הבנה בשפה ראשונה ושנייה.