

**למידת דקדוק מלאכותי בגילאים שונים  
וברמות מורכבות שונות: השוואה בין  
קוראים תקינים לקוראים עם דיסלקציה**

חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"

**מאת:**

**פסיה קטן**

בית הספר לחינוך

**הוגש לסנאט של אוניברסיטת בר-אילן**

כסלו, תשע"ז

רמת גן

## תקציר

מזה כמה עשורים עומד חקר הדיסלקציה ההתפתחותית במוקד ההתעניינות. מחקרים הגדירו דיסלקציה כלקות למידה המתאפיינת בקשיים בתהליך רכישת הקריאה והכתיבה (American Psychiatric Association, 2013; Pennington, 2009). לקות זו הינה מהשכיחות באוכלוסיה ושיעורה עומד על 5%-12% (Katusic, Colligan, Barbaresi, Schaid, & Jacobson, 2001). קיימת ספרות מחקרית המתחקה אחר מקור ואופי הלקות בקרב אנשים עם דיסלקציה התפתחותית. התיאוריה הרווחת והנפוצה ביותר היא התיאוריה הפונולוגית (*The Phonological Deficit Hypothesis*; Vellutino et al., 2004; Snowling, 2000). על פי תיאוריה זו, המקור ללקות הוא בקושי לבצע מניפולציה על יחידות פונמיות המאוכסנות בזיכרון הדקלרטיבי לטווח ארוך. תיאוריה זו נתמכת על-ידי ממצאי מחקרים המצביעים על כך שמרבית הדיסלקטים מפגינים לקויים פונולוגיים (Snowling, 2000). לקשיים בתחום הפונולוגי ישנה השפעה רבה על רכישת הקריאה ומכן נובעת חשיבותה של תיאוריה זו. ממצאי מחקרים אחרים הצביעו על ערוצים נוספים, מלבד הקריאה, בהם אנשים עם דיסלקציה מפגינים לקות, בהם הפרעות קשב (Loruss, Facoetti, Turatto & Mascetti, 2001), קשיים מוטוריים (Nicolson & Fawcett, 1990) וקשיים ויזואליים (Stein & Walsh, 1997). קוצר-ידה של התיאוריה הפונולוגית להסביר את הלקויים בערוצים הנוספים הביא את החוקרים להציע תיאוריות נוספות. אחת התיאוריות השואפת לספק הסבר לכמה מן הלקויות הנוספות המופיעות בדיסלקציה, שהוצעה על-ידי מספר חוקרים (לדוגמא: Stein & Walsh, 1997), מכונה "התיאוריה המגנוסלולרית" (*Magnocellular Theory*). תיאוריה זו הוצעה בעקבות ממצאים המצביעים על ביצועים ירודים בקרב נבדקים עם דיסלקציה כאשר הם מקבלים מידע בערוץ הוויזואלי. התיאוריה גורסת כי קיים קשר בין התהליך הוויזואלי לתהליך הקריאה (Talcott et al., 2000) ומניחה כי בדיסלקציה קיים כשל ברזולוציה הטמפורלית באופן ספציפי בערוצים המגנוקולריים (Kevan & Pammer, 2009). גם תיאוריה זו אינה חפה ממגבלות, שהעיקרית שבהן נובעת מהתבססותה על ממצאים ספציפיים שחוקרים אחרים (לדוגמא: Amitay, Ben - Yehudah, Banai, & Ahissar, 2002) לא הצליחו לשחזר. מגבלותיהן של שתי התיאוריות שהובאו לעיל, הובילו את החוקרים לחפש אחר קושי ראשוני יותר המהווה את הבסיס לדיסלקסיה ונותן מענה רחב יותר למגוון הקשיים שנמצאו (Kerkhoff, De Bree, De Klerk, & Wijnen, 2013). אחת התיאוריות שהוצעה בכדי להתחקות אחר קושי ראשוני זה הינה, תיאורית הלמידה הסמויה או בשמה העדכני "למידה סטטיסטית" (Bennett, Romano, Howard, & Howard, 2008; Folia et al., 2008). הלמידה הסטטיסטית מתייחסת ליכולת ללמוד ולזהות דפוסים וסדירויות חוזרים בגירויים רצפים. למידה זו מתבצעת לרוב באופן בלתי מודע, אוטומטי ולא מכוון (Reber, 1967). ההנחה היא שלמידה סטטיסטית מהווה בסיס להתפתחותה של שפה תקינה, והיא הכרחית לרכישתן של מיומנויות שפתיות, כמו קריאה וכתיבה. כך לדוגמה, בתהליך רכישת השפה ילדים בגילאים צעירים מזהים ולומדים דפוסים סטטיסטיים בסביבה האוריינית. זאת, בעזרת מידע, כמו אחוז הפעמים שהברה מסוימת קודמת להברה אחרת. בדרך זו הם מזהים תבניות שפתיות של מילים וכן את החוקיות הקיימת בשפה. דפוס

למידה זה מהווה בסיס ללמידת השפה (Kerkhoff et al., 2013). המחקר הנוכחי התמקד בתיאוריה זו על למידה לא מפורשת.

למידה לא-מפורשת (implicit learning) מתרחשת כאשר תהליך הלמידה מתבצע באופן בלתי-מודע ובלתי-מכוון וללא הפניית קשב ללמידה, כשכתוצאה מכך הלומד אינו מודע לתהליך הלמידה שהתרחש ועל כן אינו יכול להסביר כיצד רכש את הידע. זאת, בשונה מתהליך הלמידה מפורשת (explicit learning), המתרחש באופן מכוון מתוך מטרה מודעת של רכישת ידע, תוך מודעות הלומד לתהליך הרכישה שהתרחש וכשכתוצאה מכך הוא יכול להסביר את החוקים שעומדים בבסיס הלמידה (Reber, 1967; Lorchbach & Worman, 1989).

קיימת תיאוריה לפיה המערכת הקוגניטיבית לומדת את הסביבה שמקיפה אותה באמצעות תפיסת הסדירויות (הדפוסים שחוזרים על עצמם) המופיעות בבסיסם של הגרסאות המגוונות לפעולות שונות. חלק מהסדירויות הללו הינן מורכבות ורובן נלמדות בצורה לא מפורשת. בעקבות תיאוריה זו, מיוחס ללמידה הלא-מפורשת תפקיד מרכזי בפעילות הקוגניטיבית של בני האדם, שכן ללא המידע שנרכש בצורה לא-מפורשת תתקשה המערכת הקוגניטיבית לבצע אפילו פעילויות פשוטות למדי (Altmann, Dienes, & Goode, 1995; Reber, 1967).

הלמידה הלא-מפורשת נמצאה חשובה מאוד לרכישת השפה ולהתפתחות המיומנויות של הקריאה והכתיבה (Gombert, 2003; Saffran, Newport, Aslin, Tunick, & Barrueco, 1997). חוקרים רבים טענו שבתהליך הקריאה נדרשות גם יכולות למידה מפורשת וגם יכולות למידה לא מפורשת, כשלקות באחת מהיכולות הללו יכולה לפגוע בתהליך של רכישת הקריאה באופן שוטף (Gombert, 2003; Share, 1995; Sperling et al., 2004).

פרדיגמות מחקריות שונות שאפו להתחקות אחר תהליך הלמידה הלא מפורשת. אחת הפרדיגמות שנעשה בה שימוש רב הינה פרדיגמת "משימת הדקדוק המלאכותי" (Artificial Grammar Learning - AGL) (Dienes & Berry, 1991; Reber 1967). משימת הדקדוק המלאכותי דורשת מהנבדקים לקודד יחסים סטטיסטיים מורכבים בסדרת רצפים המוצג בפניהם וכרוכה ביכולת להשליך את החומר שלמדו לחומר חדש שטרם נלמד (Pothen, 2007). משימה זו דורשת יכולת הפשטה והכללה מסדר גבוה. התהליכים המעורבים במשימה זו דומים לתהליכים הנדרשים בעת רכישת הקריאה, בעת לימוד שפה חדשה וכן בזמן איות (Ise, Arnoldi, Bartling, & Schulte-Korne, 2012; Friederici, Steinhauer, & Pfeifer, 2002). משימת הדקדוק המלאכותי ניתנת לביצוע בשני צורות: מפורשת ולא-מפורשת. בגרסתה הלא-מפורשת, דורשת המשימה מהנבדק הבחנה בין רצפים חדשים המוצגים בפניו ושיפוט לגבי כל רצף האם הוא "דקדוקי" או "לא-דקדוקי". מחקרים רבים שעשו שימוש במשימה זו הצביעו על אחוזי דיוק גבוהים בשיפוט רצפים כ"דקדוקיים" או כ"לא-דקדוקיים". בממצא זה יש להעיד, אפוא, על קיומה של למידה, זאת למרות שהנבדקים התקשו לתאר ולבאר את החוקים שעמדו בבסיס הלמידה (Pothen & Kirk, 2004; Reber & Allen, 1978). ממצאי מחקרים אלה עולה כי חלק מן המידע שנלמד במשימת הדקדוק המלאכותי אינו דורש חשיפה מפורשת של הלומדים לחוקים שעומדים בבסיס הגירויים: כל שנדרש הוא לחשוף לסדרת רצפים שנבנו לפי דקדוק מסוים בכדי שתתרחש למידה של אותו דקדוק (Altmann, Dienes, & Goode, 1995; Reber, 1967).

עוד נמצא, כי נבדקים שפרק-הזמן שהוקצב להם לחשיפה לגירויים שהוצגו בפניהם בשלב האימון לא היה מספק או נבדקים שנחשפו בשלב האימון לדקדוק שונה מהדקדוק שאליו נחשפו בשלב המבדק, הפגינו אחוזי הצלחה נמוכים יותר מנבדקים שקיבלו פרק-זמן מספק לחשיפה לגירויים ומנבדקים שנחשפו לדקדוק זהה בשלב האימון ובשלב המבדק (Altmann, Dienes, & Goode 1995; Reber, 1967). החוקרים העלו רעיון נוסף, לפיו בכדי להחליט שרצף הוא "לא-דקדוקי", על פי רוב די לנבדקים בזיהוי רמז אחד בלבד, שכן עם זיהוי הרמז לא נדרש מהם עיבוד נוסף והם יכולים מיד לתייג את הרצף כ"לא-דקדוקי". לדוגמא: רצף שהאות הראשונה שלו כלל לא הופיעה בגירויים שהוצגו בשלב האימון אבל רק לעיתים נדירות בתחילתו של רצף, מועד לתיוג מהיר כ"לא-דקדוקי" מבלי שהנבדק יראה לנכון לעבד את הרצף כולו. היות ומטבע הדברים הרצפים ה"לא-דקדוקיים" פחות דומים לרצפים שהוצגו בשלב האימון, קימת סבירות גבוהה לכך שהגירויים המוצגים בשלב המבדק יכילו רמזים מסוג זה (Assmann & Kinder, 2000; Kahta & Schiff, 2016).

מחקרים מצאו שהיכולת ללמוד מגירויים שמגיעים מהערוץ הוויזואלי ולהסתמך עליהם הולכת ומשתפרת עם הגיל (Thomas & Nelson, 2001). ממצא זה הוביל חוקרים לבחון את השינויים המתרחשים ביכולת לבחון את משימת הדקדוק המלאכותי על הרצף הגילאי בקרב ילדים ומבוגרים בעלי התפתחות תקינה. במחקרים שהשוו את יכולות הלמידה הלא-מפורשת בין אוכלוסיות ילדים בגילאים שונים בעלי התפתחות תקינה ואוכלוסיית מבוגרים אכן נמצא כי יכולת זו הולכת ומשתפרת עם העלייה בגיל (e.g. Thomas & Fletcher, Maybery, & Bennett, 2000; Maybery, Taylor, & Nelson, 2001) וברמה הקוגניטיבית (O'Brien-Malone, 1995). כמו כן, נמצא כי הן הילדים והן המבוגרים הצליחו במשימת הדקדוק המלאכותי באחוזים שהיו גבוהים מרמת הניחוש (מעל 50%), אם כי אחוזי ההצלחה שנמצאו בקרב המבוגרים היו גבוהים, משמעותית, מאלה של הילדים (Reber, 1967; Van den bos & poletiek, 2006). החוקרים דיווחו שהצלחה במשימת הדקדוק המלאכותי מעידה על היכולת לעקוב ולגלות חוקיות (כולל חוקיות שפתית) (Reber, 1967). מכאן, איפה, חשיבותה של משימת הדקדוק המלאכותי בבחינת תהליכי למידה בקרב אוכלוסיות עם לקויות-למידה ובכללם אנשים עם דיסלקציה. החוקרים שיערו כי התבוננות בתהליכי הלמידה הלא מפורשת תוכל לסייע להם בהצגת נקודת מבט נוספת לקושי העומד בבסיס הלקות של קוראים עם דיסלקציה (Pavlidou & Williams, 2009; Pavlidou et al., 2010; Williams, 2014).

ספרות מחקרית נרחבת עוסקת בשאלה, האם לקוראים עם דיסלקציה התפתחותית יש קשיים בלמידה לא מפורשת (ראה, לדוגמא: Bennett, Romano, Howard, & Howard, 2008; Folia, et al., 2008). על אף שקיימת ספרות מחקרית הנדרשת לנושא זה, שאלת יכולתם של אנשים עם דיסלקציה ללמוד בצורה לא-מפורשת עדיין נתונה למחלוקת. חלק מבין המחקרים מצאו כי בקרב אנשים עם דיסלקציה יכולת הלמידה הלא-מפורשת הינה ברמת הנורמה (Kelly, Griffiths, & Frith, 2002; Waber, Marcus, Forbes, Bellinger, Weiler, Sorensen, & Curran, 2003), בעוד שבמחקרים אחרים נמצא כי קוראים עם דיסלקציה מפגינים לקויים ביכולת זו בהשוואה לקוראים ללא דיסלקציה (Pothos & Kirk, 2004; Vicari, Finzi, Menghini, Marotta, Baldi, & Petrosini, 2005; Stoodly, Harrison, & Stein, 2006; Kahta & Schiff, 2016). מחקרים נוספים מצאו כי אחוזי ההצלחה של קוראים עם דיסלקציה במשימת הדקדוק המלאכותי קרובים לאלה שנמצאו בקרב קוראים עם התפתחות שפה תקינה (Rüsseler, Gerth & Münte,).

2006). המחקרים הללו בוצעו אמנם בקרב מבוגרים, אולם נטען כי לקות זו ביכולת הלמידה הלא-מפורשת מצויה גם בקרב ילדים. במחקרים בקרב ילדים עם דיסלקציה נמצא כי הם התקשו בביצוע משימת הדקדוק המלאכותי (Schiff & Pavlidou et al., 2009; Pavlidou et al., 2010; Pavlidou & Williams, 2014; Katan, 2014; Katan et al., 2016). מחקרים שהשוו את הביצועים במשימה זו בין ילדים עם דיסלקציה וילדים ללא דיסלקציה, מצאו כי האחרונים הפגינו אחוזי הצלחה גבוהים יותר באופן משמעותי מהראשונים, שביצעו ברמת ניחוש (Pavlidou et al., 2009; Pavlidou & Williams, 2010; Kelly, & Williams, 2010). החוקרים הסיקו כי ילדים עם דיסלקציה התפתחותית מתקשים להסתמך על למידה לא מפורשת בהשוואה לבני גילם. נתונים אלה מצביעים על כך שהילדים הללו מתמודדים עם קושי בלמידת מידע מופשט וכן במצבי למידה מורכבים. הקושי של הילדים הללו בלמידה לא מפורשת יכול להסביר באופן חלקי את הבעיות הצצות אצלם בתהליך רכישת הקריאה. הועלתה השערה לפיה ילדים עם קריאה תקינה מפגינים רמה מסוימת של רגישות לדפוסים כתובים לא מפורשים - יכולת בעלת תפקיד מכריע בתהליך רכישת הקריאה (Gombert, 2003; Cassar & Treiman, 1997). לעומתם, ילדים עם דיסלקציה התפתחותית מפגינים רגישות נמוכה יותר לדפוסים הלא-מפורשים בסביבתם, מצב שמקשה על ביצוע מיפוי פונולוגי-אורתוגרפי של הסביבה המובנית ומהווה גורם מתערב ביכולתם לגבש מודעות פונולוגית תקינה (Howard et al., 2006; Sperling et al., 2004).

התיאוריה הנפוצה ביותר טוענת כי לאנשים עם דיסלקציה התפתחותית יש לקות פונולוגית (Snowling, 2000). אולם תיאורית "הלמידה הסטטיסטית" מתחקה לפי החוקרים אחר קושי ראשוני ומקיף יותר העומד בבסיס הדיסלקסיה. מטרת המחקר הנוכחי הינה, אפוא, חקר תיאוריה זו כפי שהיא משתקפת בלקות הקיימת בלמידה לא-מפורשת (Howard, & Howard, 2008).

רכישת שפה הינה תהליך מורכב הדורש התמודדות עם דפוסים מורכבים. רכישת הדפוסים המורכבים הללו עומדת בבסיס ההתפתחות הקוגניטיבית וכן בבסיס תהליך רכישת שפה (Saffran, Newport, Aslin, Tunick, & Barrueco, 1997) ורכישת יכולות הקריאה והכתיבה (Gombert, 2003). היות ומורכבות השפה בכלל ומורכבות הגירויים שמוצגים לנבדקים במהלך מחקרים בפרט הינם נושאים בעלי חשיבות רבה וקיים סביבם דיון מתמיד, המחקר הנוכחי שואף להעמיק ולהתבונן בהיבטים שונים של מורכבות הגירוי ובהשלכות של המורכבות על למידה לא-מפורשת בכלל ובפרט על הביטויים של יכולת זו בילדים עם דיסלקציה התפתחותית.

מטרת העבודה הנוכחית הינה בחינת תהליך הלמידה הלא-מפורשת בלמידת גירויים בקרב ילדים עם דיסלקציה התפתחותית. המחקר הנוכחי כולל ארבעה מחקרים, המתמקדים בארבעה נושאים: א. הקשר שבין רמת המורכבות של הגרף (TE) (topological entropy) לרמת הביצועים במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה; ב. הקשר שבין מדד המורכבות ברמת הגירויים (CS) לרמת הביצועים במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה; ג. הקשר שבין רמת המורכבות של גירוי הגרף לפי מדד ה-TE למידת ההצלחה בביצוע משימת הדקדוק המלאכותי בילדים עם התפתחות תקינה בהשוואה לילדים עם דיסלקציה התפתחותית; ד. בדיקת עוצמת הקשר בין מדד המורכבות ברמת הגירוי (CS) לרמת הביצועים במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב ילדים עם התפתחות תקינה בהשוואה לילדים עם דיסלקציה התפתחותית, מעבר להשפעה של רמת המורכבות של הגרף.

הרציונל העומד מאחורי חקר המורכבות מתבסס על קביעתו של ריבר (Reber, 1967), לפיה למידה לא-מפורשת מתאימה במיוחד לדפוסים ולתהליכי למידה מורכבים. רכישת שפה באופן כללי ולימוד קריאה וכתובה בפרט הינם תהליכים מורכבים שנרכשים לפחות באופן חלקי בצורה לא מפורשת. עקב כך ייתכן שהתהליכים הללו לקויים בקרב אנשים עם דיסלקציה (Howard et al., 2006; Bennett et al., 2008; Kahta & Schiff, 2016).

במרכז העבודה הנוכחית עמדו השאלות הבאות: א. מהן ההשלכות של המורכבות ברמת הגרפים או הגירוויים המוצגים במשימת הדקדוק המלאכותי על אחוזי ההצלחה בביצוע המשימה? ב. מהי ההשפעה של רמת המורכבות על הביצוע בקרב ילדים (ובפרט ילדים עם דיסלקציה), כפי שהדבר בא לידי ביטוי באחוזי ההצלחה של הנבדקים?

ארבעת המחקרים הנכללים בעבודה הנוכחית שואפים להשיב על השאלות הללו.

**המחקר הראשון** הינו מטה-אנליזה של מחקרים קודמים, שבדקו את הקשר שבין רמת המורכבות של הגרף כפי שהיא באה לידי ביטוי במדד הכמותי TE (Boltt and Jones, 2000), לבין אחוזי ההצלחה בביצוע משימת הדקדוק המלאכותי. נמצא קשר הפוך בין שני הגורמים, ככל שמורכבות הגרף עולה אחוזי ההצלחה יורדים ולהיפך.

**המחקר השני** מתאר ניסוי כמותי שערכנו למדידת הקשר שבין רמת המורכבות של הגרף לבין אחוזי ההצלחה במשימת הדקדוק המלאכותי, בקרב שלוש קבוצות של נבדקים: ילדים קוראים תקינים תואמי גיל כרונולוגי (CA), ילדים קוראים תקינים תואמי גיל קריאה (RA) וילדים עם דיסלקציה התפתחותית (DD). במסגרת מחקר זה, בו התבקשו הנבדקים לבצע את משימת הדקדוק המלאכותי, נכללו שני גירוויים – גרף אחד מורכב וגרף אחד פשוט.

ממצאי מחקר זה עולה קשר משמעותי בין רמת המורכבות של הגרף לאחוזי הדיוק של הנבדקים, כפונקציה של גיל וקבוצה. הממצאים הללו עולים, אפוא, בקנה אחד עם ממצאי המחקר הראשון.

מחקר זה מדגיש את חשיבות ההתייחסות וההתחשבות ברמת המורכבות של הגירווי בפרדיגמת הדקדוק המלאכותי, שכן בחירה של גרף פשוט מדי או מורכב מדי (לפי מדד ה-TE) עלול להטות את תוצאות המחקר ולהוביל למסקנות הלא נכונות. לדוגמא, בכמה מחקרים שבחנו ביצועים במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב אוכלוסייה של ילדים (Pavlidou et al., 2009; Pavlidou & Williams, 2010; Pavlidou, Kelly, & Williams, 2010), הגרפים ששימשו כגירוויים היו מורכבים מדי והדבר הוביל למסקנה המוטעית לפיה ילדים בכלל וילדים עם דיסלקציה בפרט הינם נעדרי יכולת למידה לא-מפורשת. לבחינת ההשפעה של רמת המורכבות בקרב ילדים עם דיסלקציה התפתחותית חשיבות מרובה, שכן ממצאי מחקרים קודמים (Pothen & Kirk, 2004; Rüsseler, Gerth, & Münte, 2006) עולה כי נבדקים מבוגרים עם דיסלקציה הפגינו במשימת הדקדוק המלאכותי אחוזי הצלחה דומים לאלו של נבדקים ללא דיסלקציה. ממצאים אלה מעלים את השאלה, האם המקור לביצועיהם הירודים של ילדים עם דיסלקציה התפתחותית הינו בליקוי ביכולת הלמידה הלא מפורשת, או שהמקור לביצועים הירודים ולקושי בלמידה הלא-מפורשת במשימה שהועברה במסגרת המחקר הינו ברמת המורכבות הגבוהה, לפי מדד ה-TE, של הגרף.

הממצאים שהתקבלו במחקר הראשון הניעו אותנו לפנות למדדים כמותיים נוספים לבחינת רמת המורכבות של משימת הדקדוק המלאכותי, המוצעים בספרות המקצועית (Johnstone & Shanks 1999, 2001; Perruchet, Vinter & Michael, 1998; Jamieson & Mewhort, 2005). **המחקר השלישי** התמקד באחד

מהם: "מדד עוצמת הצורות" (CS - chunks strength) (Perruchet, Vinter & Michael, 1998), הבוחן את רמת המורכבות של הקשר בין גירויי האימון לגירויי המבדק. מדד זה הוצע כמדד כמותי לרמת המורכבות של הגירוי, בו ניתן להשתמש לצורך השוואת נתונים בין מחקרים שונים שבחנו למידה לא מפורשת תוך מתן משקל הן לגירויי האימון והן לגירויי המבדק (Knowlton and Squire, 1994; 1996).

צורות (chunks) הינם צמדים או שלשות של אותיות המופיעים ברצפים של הגירוי, הן ברצפי האימון והן ברצפי המבדק. הצורות השונים מדורגים על-פי עוצמתם: צורות הנחשבים כבעלי עוצמה גבוהה יותר מכילים צמדים או שלשות של אותיות שהופיעו בגירויי האימון בשכיחות גבוהה יותר כשבכך למעשה עולים סיכויי של רצף מסוים שיופיע מאוחר יותר בשלב המבדק (ומכיל את הזוגות והשלשיות הללו) להיחשב על ידי הנבדקים כרצף "דקדוקי" ולהיפך (Knowlton & Squire, 1994, 1996; Reber, 1967).

**המחקר השלישי** הציג סקירה מקיפה של ספרות מחקרית העוסקת במדידת רמת המורכבות של הגירוי באמצעות מדד ה-CS בקרב נבדקים מבוגרים עם התפתחות תקינה. מסקירה זו עולה קשר חזק בין מדד ה-CS לאחוזי ההצלחה של הנבדקים במחקרים השונים. קשר זה מתיישב עם ממצאי מחקריהם של Knowlton and Squire (1994) ושל Rohrmeier & Cross (2014) שהשתמשו במדד ה-CS ומצאו שאחוזי ההצלחה עולים ככל שמדד ה-CS גבוה יותר (Poletiek, 2002; Meulemans & Van der Linden, 2003; Sallas et al., 2007).

הממצאים המוצגים בשלושת המחקרים שתוארו לעיל הביאו אותנו לבחון את השאלה, באיזה משני המדדים – TE או CS - ימצא קשר חיובי חזק יותר בינו לבין אחוזי ההצלחה במשימת הדקדוק המלאכותי. ביתר ספציפיות: האם שימוש בגירוי מורכב במונחי מדד ה-TE לעומת שימוש בגירויים קלים לזיהוי, הנחשבים כצורות בעלי עוצמה גבוהה (high CS), יביאו לידי ביצועים משופרים יותר במשימת הדקדוק המלאכותי? ומה יקרה במצב ההפוך? השאלות הללו נדנו לגבי ילדים עם וללא דיסלקציה במטרה לקבל תמונה כללית יותר על הקבוצות הללו.

**המחקר הרביעי והאחרון** מתאר ניסוי שערכנו בקרב שתי קבוצות ילדים (קוראים תקינים וקוראים עם דיסלקציה), ובו בדקנו את השאלה שלעיל. ממצאי המחקר עולה קשר חיובי משמעותי בין רמת מדד ה-CS שבגירויי משימת הדקדוק המלאכותי לאחוזי ההצלחה במשימה, הן בקרב מבוגרים והן בקרב ילדים (קוראים תקינים וקוראים עם דיסלקציה). קשר זה נמצא חזק ומשמעותי יותר מהקשר שבין רמת מדד ה-TE לאחוזי ההצלחה של הנבדקים. ממצאים אלה מאששים את ממצאי המחקר השלישי ומורים על קשר משמעותי בין מדד ה-CS לאחוזי הביצוע במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב הנבדקים. הממצאים הללו עומדים בסתירה לממצאי מחקר קודם (Pavlidou and Williams, 2014) לפיהם ילדים עם דיסלקציה התפתחותית ואף ילדים עם התפתחות תקינה לא הצליחו לנצל את רמת העוצמה של הצורות על-מנת להגיע לביצועים טובים במשימת הדקדוק המלאכותי, בשונה ממבוגרים עם התפתחות תקינה שהצליחו בכך.

ניתן, אפוא, לסכם ולומר כי ממצאיו העיקריים של המחקר הנוכחי מספקים תמיכה אמפירית לתיאוריה המצביעה על לקות בלמידה לא מפורשת בקרב ילדים עם דיסלקציה התפתחותית. במחקר הנוכחי נמצא כי ילדים עם דיסלקציה התפתחותית התקשו לקבל תוצאות בהתאם לקבוצת הביקורת של ילדים תואמי גיל כרונולוגי (CA) במיוחד כאשר במשימה היו מעורבים גירויים מורכבים. על אף שבמשימות שהכילו גירויים ברמת מורכבות נמוכה יחסית אחוזי ההצלחה של הילדים עם הדיסלקציה היו גבוהים מרמת ניחוש, ביצועיהם היו ירודים מביצועיהם של קבוצת הביקורת וכמעט זהים לביצועים שנצפו בקרב קבוצת ילדים

צעירים יותר תואמי גיל קריאה (RA). התוצאות הללו מצטרפות לממצאי מחקרים המצביעים על כך שלילדים עם דיסלקציה התפתחותית ליקויים בלמידת גירויים שדורשים הסתמכות על למידה לא מפורשת (לדוגמא: Pavlidou, Williams, & Kelly, 2009)

המחקר הנוכחי מעשיר ומרחיב את הידע הקיים לגבי ההשפעה של המורכבות במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב ילדים בשתי רמות שונות (רמת הגרף - TE ורמת הגירוי - CS).

במחקר הראשון, שביצענו במסגרת הניסוי השני, פיתחנו את מדד ה-TE, שהוצע כמדד כמותי למדידת המורכבות של הגרף באופן שיצור אחידות בין הנתונים שמופיעים במחקרים השונים (Boltt and Jones, 2000). הממצאים שהתקבלו תאמו לממצאיהם של ואן-דן-בוס ופולטיק (Van den Bos & Poletiek, 2008), שהשתמשו אף הם במדד זה והסיקו כי אחוזי ההצלחה יורדים ככל שגדל מספר הסימנים הטעונים התייחסות על מנת להכריע האם הסימן הבא בתור הינו המשך "דקדוקי" או "לא-דקדוקי" של הגרף. בפרט, תוצאות אלו הצביעו על כך שככל שהגרף במשימת הדקדוק המלאכותי מורכב יותר לפי מדד ה-TE, כך אחוזי ההצלחה של הנבדקים יהיו נמוכים יותר (Van den Bos & Poletiek, 2015). ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם ממצאי מחקרים בתחום הקריאה והכתיבה בשפות שונות. ממצאי המחקרים בשפות שונות מובילים אותנו למסקנה מעניינת לגבי ילדים עם דיסלקציה התפתחותית. נראה כי הילדים הללו לומדים מהר יותר ובצורה יותר מדויקת כאשר המערכת פחות עמומה ויותר עקבית (Ziegler, 2003; 2005; 2010).

הממצאים הללו תואמים לתוצאות המחקר השני שהראה שהן ילדים שהם קוראים תקינים והן הילדים עם דיסלקציה משיגים תוצאות גבוהות יותר כאשר רמת המורכבות של הגרף וכן האנטרופיה נמוכות יותר (לפי מדד ה-TE) ולהיפך. מקצת המחקרים תמכו בכך שהלמידה הלא-מפורשת בקרב אנשים עם דיסלקציה הינה שמורה (Rüsseler et al., 2006; Roodenry & Dunn 2007). מחקרים שהתמקדו בילדים עם דיסלקציה מצאו אצלם יכולת ביצועית דומה לילדים עם התפתחות תקינה, ממצא שהוביל אותם למסקנה לפיה הלמידה הלא-מפורשת בקרב ילדים עם דיסלקציה הינה שמורה ברמה הבסיסית (Roodenry & Dunn 2007). התוצאות הללו עולות בקנה אחד לתוצאות המחקר השני שערכנו, שהראה כי ילדים עם דיסלקציה הצליחו בגרף הקל של הדקדוק המלאכותי. כלומר, ברמה הבסיסית יכולת הלמידה הלא מפורשת שלהם שמורה. בניגוד לכך, תוצאות מחקרים אחרים (לדוגמא: Pavlidou et al. 2009), מצביעות על כך שבמקרה של למידה לא-מפורשת של חוקיות מורכבת המצב שונה לחלוטין. מחקרים שונים (Pavlidou & Williams, 2010; Pavlidou, Kelly, & Williams, 2010; Pavlidou & Williams, 2014), שבדומה למחקר שלנו השתמשו בגרף עם רמת מורכבות גבוהה (לפי ה-TE), מצאו כמונו שכאשר נדרשה למידה של מבנים מורכבים יותר ילדים עם דיסלקציה הפגינו לקות ביכולת הלמידה הלא מפורשת.

ממצאים אלה ניתנים להשוואה עם ממצאים שנמצאו בקרב מבוגרים. מחקרים הראו שיכולות הלמידה הלא מפורשות משתפרות עם הגיל (Thomas & Nelson, 2001). כתוצאה מכך, חוקרים החליטו לחקור השפעה של הגיל הכרונולוגי על הביצוע במשימת הדקדוק המלאכותי. לשם כך, נבדקו ילדים עם התפתחות תקינה בגילאים שונים בטווח הגילאים שבין 6 ל-18 שנים, בהשוואה למבוגרים. המחקרים מצאו הבדלים בביצוע לטובת המבוגרים, אם כי ביצועיהם של הילדים היו מעל רמת ניחוש (Reber, 1967; Van den Bos & Poletiek, 2006).



ממצאי המחקר השני שביצענו תומכים, אפוא, בממצאי המחקרים שתוארו לעיל. גם במחקר הנוכחי נמצאו בקרב ילדים עם התפתחות תקינה אחוזי הצלחה גבוהים יותר עם העלייה בגיל (כיתות ג' לעומת כיתות ו'). אם משווים את הממצאים הללו לממצאים שהתקבלו בקבוצת המבוגרים כפי שהצגנו במחקר הראשון, נראה כי המבוגרים הצליחו באחוזים גבוהים יותר משתי קבוצות הילדים. שני המחקרים הראשונים מצבעים, אפוא, על קשר חזק בין רמת המורכבות של הגרף, כפי שנבחנה לפי מדד ה-TE, לבין רמת הביצוע בקרב הנבדקים.

באשר למחקר השלישי, מקצת המאמרים שנותחו במסגרתו הצביעו על כך שהרגישות למורכבות ברמת הגירוי, כפי שהיא באה לידי ביטוי בכוח של הצורות (CS), משקפת מסגרת סטטיסטית תלויה למידה. ה-CS דורש מהנבדקים להיות רגישים למבנה הן של גירויי המבדק והן של גירויי האימון. לעומת זאת, מדד ה-CS מצביע על למידה בסיסית של חוקיות בצורה לא מפורשת (Forkstam, Hagoort, Fernandez, Ingvar, & Petersson, 2006).

על החשיבות הגבוהה והמכרעת של מדד ה-CS ניתן ללמוד מההשוואה בין מדד זה למדד ה-TE שנערכה במסגרת המחקר הרביעי. כפי שנצפה בניסוי שנערך לצורך המחקר הרביעי, רמת המורכבות של הגירוי (CS) נמצאה חזקה יותר באופן משמעותי והאפילה על ההשפעה של מדד המורכבות ברמת הגרף (TE). כתוצאה מכך, הן בגרף הפשוט של Mathews ועמיתיו (1989) והן בגרף המורכב של Knowlton & Squire (1996), צרורות המתאפיינות ב-CS נמוך הורידו את אחוזי ההצלחה של הנבדקים בעוד שצרורות עם CS גבוה שיפרו את אחוזי ההצלחה בכל שלושת הקבוצות של הילדים. ממצאים אלה עומדים בסתירה לממצאיהם של פאבלידו וויליאמס (Pavlidou and Williams, 2014), שהשתמשו במחקרם בגרף בעל רמת המורכבות הגבוהה ומצאו כי צרורות המתאפיינים ב-CS גבוה לא עזרו לילדים. בנוסף, החוקרים העלו השערה לפיה ה-CS וה-TE הינם כוחות המתחרים האחד בשני באופן שבו רמת המורכבות של הגרף (TE) תגבר על ה-CS או להיפך הכוח של הצורות (CS) יגבר על מורכבות הגרף (לפי ה-TE) במהלך הביצוע של משימת הדקדוק המלאכותי (Knowlton & Squire, 1996). ממצאי המחקר הנוכחי, שנערך בקרב ילדים, מחזקים הנחה זו ומצביעים על כך שרמת המורכבות של הגירוי (CS) חזקה ומשמעותית יותר מרמת המורכבות של הגרף (TE). ממצאי המטה-אנליזה שנערכה במסגרת המחקר השלישי, שהתמקדו באוכלוסייה של מבוגרים קוראים תקינים, תומכים בממצאים הללו (Reber, 1967; Knowlton & Squire, 1996).

הממצאים העולים מכל ארבעת המחקרים יחד מספקים ראיות לכך שקוראים עם דיסלקציה לקויים ביכולת הלמידה הלא-מפורשת שלהם. למידה לא-מפורשת, כפי שהוצגה במחקרים קודמים, קשורה לתהליכי קריאה וכתובה שנמצאו לקויים בקרב קוראים עם דיסלקציה. נבדקים נוטים להישען על למידה לא-מפורשת כשהם נדרשים להתמודד ולקודד דפוסים סטטיסטיים מורכבים כמו במשימת הדקדוק המלאכותי. תוצאות המחקר הנוכחי מצביעות, אפוא, על כך שהקשיים בלמידה לא-מפורשת המאפיינים קוראים עם דיסלקציה באים יותר לידי ביטוי בסביבה מורכבת מאשר בהקשרים פשוטים יותר. ואכן, ממצאי המחקר הנוכחי עולים בקנה אחד עם תוצאות מחקרים קודמים שדיווחו על לקות ביכולת למידה לא מפורשת מסדר גבוה בקרב אוכלוסייה זו (Pavlidou, Kelly, & Williams, 2010; Kahta & Schiff, 2016).

לעבודה הנוכחית השלכות חשובות, הן בתחום החינוכי-יישומי והן בתחום המתודולוגי-מחקרי. באשר להשלכות היישומיות בתחום החינוך, הניסויים השונים שבוצעו במחקר הנוכחי מצביעים על החשיבות הרבה שבהתייחסות לרמת מורכבותו של חומר הלמידה המוצג לילדים עם דיסלקציה התפתחותית. אחד הממצאים העיקריים של עבודה זו הוא כי מסרים וחומרים ברמת מורכבות גבוהה הדורשים הישענות רבה על למידה לא מפורשת, יהיו מאתגרים מדי עבור ילדים עם דיסלקציה התפתחותית, כשמורכבות זו עלולה לגרום להם להיכשל במשימה שהוצבה בפניהם. אי לכך, כאשר המורים מביאים חומר לכיתה או מרצים בכיתה במהלך שיעור, חשוב ביותר כי המורה יעביר את מילות המפתח העיקריות של שיעור בצורה ברורה ופשוטה, בכדי להקל על ילדים עם דיסלקציה היושבים בכיתה.

מהרעיון לעיל וממצאי ממחקרים קודמים עולה נקודה נוספת, לפיה בקרב קוראים עם דיסלקציה מנגנון הלמידה המפורשת שמור יותר, ככל הנראה, ממנגנון הלמידה הלא-מפורשת, כפי שהדבר בא לידי ביטוי באתגרי למידה מורכבים כגון לימוד קריאה וכתובה. העבודה הנוכחית אמנם אינה כוללת מחקרים הבודקים יכולת למידה מפורשת, שכן היא מתמקדת בהיבט של הלמידה הלא-מפורשת ובקשיים המופיעים בצורת למידה זו. עם זאת, לאור ממצאי מחקרים קודמים המציגים את הלמידה הלא מפורשת, לפחות בקרב מבוגרים עם דיסלקציה, כשמורים יחסית, עולה ההמלצה המעשית לפיה כשבאים ללמד ילדים עם דיסלקציה התפתחותית חומר לימודי להשתדל להעביר את החומר בצורה ברורה, חדה, ישירה ומפורשת ככל שניתן.

בתחום המתודולוגי-מחקרי עולה ההמלצה לפיה יש לקחת בחשבון את רמת המורכבות של הגירוי בבואנו לבחור גירויים למשימה המוצגת לנבדקים עם דיסלקציה התפתחותית, שכן השימוש בגירויים מורכבים מדי או קלים מדי עלול לגרום להטיית תוצאות המחקר ולהובלת החוקרים למסקנות מוטעות העלולות, בסופו של דבר, להוביל לטעויות בשטח.

המחקר הנוכחי אינו חף ממגבלות. ראשית, על אף שזמן-החשיפה לגירויים שניתן לנבדקים בשלב האימון היה מספק, בהתבסס על ממצאי מחקרים קודמים, במחקר הנוכחי לא ננקטו אמצעים כלשהם על-מנת לוודא כי אכן התרחשה למידה של הרצפים בשלב האימון. תיאורטית, ייתכן ובפועל נבדקים עם דיסלקציה התפתחותית התקשו לעבד כראוי את הגירויים בשלב האימון מפאת זמן-חשיפה בלתי מספק ומשום כך התקבלו תוצאות לא מספקות בשלב המבדק. עם זאת, חשוב לציין כי בכדי שהלמידה תיחשב כלא-מפורשת ישנה חשיבות להגבלת זמן החשיפה לגירויים בשלב האימון, שכן חשיפה לפרק זמן ממושך מדי עלול להביא את הנבדקים לידי למידה מפורשת, שלא עמדה במוקד המחקר של העבודה הנוכחית. מגבלה זו מזמינה, אפוא, מחקר המשך שיתבסס על מתודולוגיה מחקרית שבכוחה לוודא כי זמן-הלמידה שניתן לנבדקים אכן יהיה מספק ללמידה לא-מפורשת של הגירויים אך לא ארוך מדי בכדי שיאפשר את התערבותם של תהליכים מפורשים בלמידה.

מגבלה נוספת של מחקר זה נעוצה בהיעדר התייחסות ללמידה המפורשת. לאור ממצאי מחקרים קודמים (בעיקר אלה שהתבצעו בקרב אוכלוסיות של מבוגרים), שמצאו כי הלמידה המפורשת בקרב קוראים עם דיסלקציה התפתחותית הינה שמורה, עולה הצורך במחקרים עתידיים שיבחנו האם למידה מפורשת אכן תוכל לסייע לילדים עם דיסלקציה התפתחותית בשיפור אחוזי ההצלחה במשימת הדקדוק המלאכותי, בפרט בגרפים המורכבים.

לבסוף, יש לתת את הדעת לדרכי המדידה של מידת המורכבות של הגירויים. במחקר הנוכחי בחרנו במדד ה-TE כמדד למורכבות הגרף ובמדד ה-CS כמדד למורכבות הגירויים. מדד ה-CS טרם נבחן בעבר בקרב מבוגרים עם דיסלקציה התפתחותית. עבודה זו שופכת אור על הפן ההתפתחותי הקיים מבחינת מדד

המורכבות בילדים ביחס למבוגרים ללא דיסלקציה, שכן הממצאים מצביעים על כך שאחוזי ההצלחה בביצוע המשימות עם הגרפים המורכבים שנצפו בקרב הנבדקים המבוגרים גבוהים מאלה שנצפו אצל הנבדקים הילדים. עבודה זו מצביעה גם על כך שהילדים נוטים להיעזר בעוצמתם של הצורות (CS) ובכך משפרים את אחוזי ההצלחה שלהם. ממצאים אלה מזמינים, אפוא, מחקר המשך שיחקור את תמונת המצב בקרב מבוגרים עם דיסלקציה מבחינת השפעה של מדד ה-CS. מחקר מסוג זה יוכל להידרש לשאלה, האם היכולת להפיק תועלת מעוצמת הצורות (CS) אכן מתפתחת עם הגיל בקרב נבדקים עם דיסלקציה, או שמא יכולת זו תהיה לקויה גם בבגרותם.

כיוון מחקרי מוצע נוסף להיות הינו השוואה בין מדד מורכבות ה-TE למדדי מורכבות אחרים שהוצעו בספרות. השוואות מסוג זה בוצעו במחקרים קודמים בקרב מבוגרים ובעקבות המחקר הנוכחי עולה ההמלצה לחקור אותם בקרב ילדים עם וללא דיסלקציה.

לסיכום, העבודה הנוכחית מוסיפה לידע הקיים בשאלת הלמידה הלא-מפורשת בקרב קוראים עם דיסלקציה, בכך שהיא מציעה בחינה מעמיקה של מידת הקשר שבין רמת המורכבות של הגירוי המוצג לנבדקים לבין אחוזי ההצלחה במשימת הדקדוק המלאכותי. העבודה מתייחסת הן למורכבות ברמת הגרף והן למורכבות ברמת הגירוי ולקשר בינם לבין אחוזי ההצלחה במשימת הדקדוק המלאכותי בקרב ילדים בכלל וילדים עם דיסלקציה בפרט. העבודה מדגישה את החשיבות שבבחירת גירויים ברמת מורכבות מבוקרת (הן ברמת הגרף והן ברמת הגירוי), בבואנו לבצע מחקר במשימת הדקדוק המלאכותי. המסקנה העיקרית העולה מהעבודה הנוכחית בנוגע לילדים עם דיסלקציה התפתחותית היא כי רמות הביצוע הירודות שנצפו אצלם במשימות המצריכות למידה לא מפורשת מצביעות על לקות בלמידת סדירויות במיוחד באופן לא מפורש.

**מילות מפתח:** דיסלקציה התפתחותית, למידה לא מפורשת, דקדוק מלאכותי, אנתרופיה טופולוגית (TE), מורכבות, מערכת דקדוקית, עוצמת הצורות (CS).