

אדם-פלוס: תפיסה מבוזרת של חשיבה ולמידה*

דיויד פרקינס

התלמיד. זאת ועוד, בלמידה על שנת 1066 חשבה המערכת אדם-פלוס ביסודיות, כאשר המחברת משמשת לה כלי עזר לחשיבה, כמו גם כלי קיבול למסקנות.

יכולנו לנקוט שיטה הגיונית, הגורסת שניתן ללא ספק לדבר על אדם-פלוס הסביבה כעל מערכת מורכבת שחושבת ולומדת. האם יש בכך דרך מבהירה, שתוביל לתובנות שלא ניתן להגיע אליהן בדרך אחרת?



הכרה מבוזרת

נקודת המבט המוצגת כאן יוצאת מן התפיסה של "אינטליגנציה מבוזרת", כפי שבוטאה על ידי פי (Pea, Chap. 2, this volume). פי טוען שיש לראות את ההכרה האנושית כמבוזרת בדרכים שונות שהן מעבר להיקף האורגניזם עצמו: על ידי עירוב אנשים אחרים, על ידי הסתמכות על אמצעים סמליים, ועל ידי ניצול הסביבה ומוצרים מעשה ידי אדם. תפיסה זאת משקפת גם את הבחנתם של סלומון, פרקינס וגלוברזון (Salomon, Perkins & Globerson, 1991) בין השפעות עם טכנולוגיות של עיבוד מידע

בסיסים של שפע המחקרים בפסיכולוגיה מונחות מספר שאלות מתמידות. אחת מהן - או אולי שתיים באחת - היא כיצד מתרחשות חשיבה ולמידה? רבים ניסו להשיב על שאלות אלה: המסורת הביהביוריסטית, בעזרת התיאוריה של רפלקסים קלאסיים ומותניים; תיאוריות קוגניטיביות נאו-קלאסיות, בעזרת חזונון על מרחבי בעיות וסמכות; והתפיסה החדשה יותר של עיבוד מבוזר ומקביל, על מושגה ההולוגרפי בדבר הדרך שבה השכל קולט מידע ופורס אותו.

בכל אחת מן התיאוריות הללו, קיימת א-סימטרייה ייחודית וברורה בעמדתה כלפי האדם וכלפי הרקע הפיזי שבתוכו מתרחשות החשיבה והלמידה. ניקח, לדוגמה, תלמיד בקורס להיסטוריה של ימי הביניים, שריכוז רשימות מפורטות ומאורגנות על שנת 1066. רוב התיאוריות גורסות שהחומר שהתלמיד למד מצוי בראשו, בעוד שהדברים הכתובים במחברת ושאינם מצויים בראשו של התלמיד - לא נלמדו.

כמוכן שהדברים הכתובים במחברת שייכים לעניין. מאמציו של התלמיד לארגן את המחברת בצורה מחושבת ומאורגנת תרמו לקידוד מנטלי משופר של רבים מן הרעיונות המיוצגים במחברת, כולל הבנה וזיכרון מעולים, דווקא בשל ה"עיבוד המשוכלל" (Baddeley, 1982; Craik & Lockhart, 1972; Pressley, Wood & Woloshyn, 1990). אף על פי כן, איננו מניחים שהמחברת כשלעצמה מכילה את מה שהתלמיד למד - אם כי היא מייצגת השקעה קוגניטיבית רבה במאגר זיכרון מאורגן היטב, שיניב פרות כאשר התלמיד יכתוב עבודה מסכמת, למשל, וישאב רעיונות ממקור זה.

אפשר גם להתייחס לעניין בצורה אחרת. יחידת הניתוח שלנו עשויה להיות לאו דווקא התלמיד במנותק מהמשאבים שבסביבתו - כלומר, **אדם-יחיד** (person-solo), אלא אדם-פלוס הסביבה, או בקיצור, **אדם-פלוס**, במקרה שלנו, האדם פלוס מחברתו. יכולנו לומר שהמערכת אדם-פלוס למדה משהו שחלקו טמון במחברת ולא דווקא בשכלו של

* David Perkins, "Person-plus: a distributed view of thinking and learning", in G. Salomon (ed.), *Distributed Cognition: Psychological and Educational Considerations*, N. Y.: Cambridge University Press, 1993 pp. 88-110.

ניתוח אירוע כזה בקווים כלליים מחייב בחינה של ארבע קטגוריות: **ידע** עוסק בסוגי הידע הנגישים, כולל ידע תוכני וידע תהליכי, עובדות, אסטרטגיות, שגרות מתורגלות - בקיצור, ידע במובן הרחב של המילה. **ייצוג** עוסק בדרכים שבהן הידע מיוצג - ובמיוחד האם בדרכים שמקלות על דלייתו, העמדתו במערכת וזכירתו. **שליפה** עוסקת בשאלה האם המערכת יכולה למצוא את ייצוגי הידע הנדונים, ובאיזו יעילות **בנייה** עוסקת ביכולתה של המערכת לחבר את פיסות הידע שנשלף לצורך בניית מבני ידע חדשים.

ארבעת אלה יחד הם **תכונות הנגישות** של המערכת - סוג הידע הנגיש למערכת, ייצוגים המאפשרים נגישות אליו, דרכי שלפיתו, וגישה למבנים נוספים המבוססים על ידע זה. בשל הדגשתה את הנגישות, נקודת מבט זאת מכונה **מסגרת הנגישות** (Perkins & Simmons, 1988; Perkins, Crismond, Simmons & Unger, in press).

ארבע קטגוריות אלה נבחרו שכן הן מייצגות חלוקה אינטואיטיבית של העובדות באירוע של טיפול במידע. ניתן ליישם חלוקה זו לכל מערכת שהיא, בין אם היא קשורה לאדם ובין אם לאו, הכוללת סוגים שונים של מנגנוני ידע, ייצוג ושליפה, וכן מנגנוני בנייה המשרתים את המערכת. מסגרת הנגישות היא מסגרת כללית של מה שניתן לכתוב ניתוח של "זרימת מידע". תפיסה זו אינה מוגבלת למחשוב, אף כי הדבר עשוי להישמע כך. שכיחות DNA, או ייצור נוגדנים על ידי המערכת החיסונית בתגובה לפלישה, הם תהליכים הניתנים לניתוח במונחים אלה. שניהם עוסקים בסוגים מוגדרים של מידע, המקודד בצורות מוגדרות ונשלף בדרכים מוגדרות, וכן בבניית מבני ידע חדשים (או משוכפלים). עם זאת, ארבע הקטגוריות נבחרו גם בשל היותן שימושיות למיון מספר ממצאים מן הפסיכולוגיה בת זמננו על תנאים ללמידה טובה של בני אדם:

ידע. הבנת דיסציפלינה כלשהי כרוכה אמנם בידע ב"רמת התוכן" - עובדות ונהלים - אך גם במה שניתן לכתוב בשם "ידע מדרגה גבוהה" על אסטרטגיות של פתרון בעיות, סוגי הצדקה, הסברים ותכונות החקר של התחום (Perkins & Simmons, 1988; Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Strike & Posner, 1985). בנסיבות למידה רבות, הלומד והסביבה גם יחד אינם מכילים ידע רב מדרגה גבוהה, ומצב זה מאפיל לעתים על המשמעות ועל המניעים של עובדות ונהלים.

ייצוג. מחקרים רבים מצביעים על כך שתבניות מנטליות חזותיות מסייעות לנו להבין מושגים חדשים ומורכבים. לומדים מוכשרים עשויים לבנות לעצמם תבניות כאלה או דומות להן, אך לומדים פחות מוכשרים נעזרים בתבניות המוצעות להם (לדוגמה, Mayer, 1989; Gentner & Stevens, 1983; Perkins & Unger, 1989; Salomon, 1979).

והשפעות של טכנולוגיות אלה. השפעות עם הן הגברות של כוחותיו הקוגניטיביים של המשתמש, תוך כדי שימוש בטכנולוגיה; השפעות של הן השפעות לוואי המתרחשות ללא הטכנולוגיה. נתמקד כאן בהשפעות עם - לא עם טכנולוגיות גבוהות בלבד, אלא עם מה שנכנה ביזור **פיזי** של ההכרה לעצמים כגון מחשבים, אך גם לעיפרון ונייר, או לשיטה הפשוטה של הנחת התיק לפני הדלת כדי שזכור לקחת אותו בצאתנו לעבודה. נקדיש תשומת לב גם לביזור **החברתי** של ההכרה. ניתן לסכם את עמדתנו בנדון כדלהלן:

- 1. הסביבה** - המשאבים הפיזיים והחברתיים המיידים המצויים מחוץ לאדם - משתתפת בהכרה לא רק כמקור לתשומות וכמקבלת תפוקות, אלא כאמצעי להעברת החשיבה.
- 2. המשקע הנותן מן החשיבה** - הדברים שנלמדו - מצוי לא רק בשכלו של הלומד, אלא גם בארגון הסביבה, ומהווה גם הוא למידה אמיתית.

ברוח אדם-פלוס, נוכל להציע השערה נועזת, המכונה **השערת הנגישות השווה**. לפי השערה זאת, חשיבה ולמידה של אדם-פלוס תלויות רק במה שניתן לכנות "תכונות הנגישות" של הידע הרלוונטי - סוג הידע המיוצג, צורת ייצוגו, נוחות לשליפה, וכיוצא בזה - ולא בשאלה האם הידע מצוי באדם או בסביבתו. אם התלמיד יכול לגשת בקלות לרעיונות על שנת 1066, שמצויים במחברתו מכיוון שארגן אותה היטב, אין חשיבות לשאלה האם הרעיונות מצויים בתוך ראשו או מחוצה לו.

מובן שאין להרחיק לכת יתר על המידה. איננו טוענים שמערכת רשימות במחברת מאורגנת, או אפילו בבסיס נתונים ממוחשב בעל יכולת שליפה מהירה, הם שווי ערך מבחינה תפקודית לשורת עובדות המאוחסנות בזיכרון לטווח ארוך (אם כי קיימים שקלולי תמורות בין השניים). הטיעון האמיתי הוא עניין עקרוני יותר: אמת המידה שיש ליישמה היא הפעולה - תכונות הנגישות של המידע, ולא המיקום - האם המידע מאוחסן בתוך הגולגולת או מחוצה לה.

הכרה כזרימת מידע

נסה לחדד את המושג של אדם-פלוס באמצעות רעיון מופשט: מערכת לעיבוד ידע. מערכת זאת עשויה להיות אדם הממלא טופסי מס הכנסה; מחשב של חברת ביטוח, המחשב סיכונים או שכיחות DNA. במערכת כזאת, אירוע של טיפול במידע צובר ידע ממקומות שונים במערכת ופועל עליו, ולפעמים אף מעשיר בכך את הידע של המערכת. לדוגמה, אדם-פלוס המורכב מאדם, עיפרון, טופסי מס והוראות, יוכל ברגע מסוים להעשיר את המערכת בכמה זיכויים הניתנים על ידי הממשלה.

ידע. מהנדס יחיד מביא עמו לביצוע המטלה עושר טכני של זיכרון לטווח ארוך; אך קיימת חשיבות גם לספרים המכילים טבלאות של חוזק חומרים, לנוסחאות של עומס על קורות הבנייה, לתקנות הבנייה במדינה שבה הגשר נבנה, לתיאור ודימוי של אתר הגשר וכדומה.

ייצוג. מעבר לייצוגים המנטליים, המהנדס משתמש בספרים, בטבלאות מתמטיות, בנוסחאות ובסרטטים לבחינת חלופות מבניות ואסתטיות. יש להניח שמהנדס ישתמש כיום בסרטוט ממוחשב, המסוגל להציג חיזויים תלת-ממדיים של המיזם מכל הזוויות.

שליפה. המהנדס משתמש בתוכן העניינים ובמפתחות שבספרים, בלוחות מספריים, במקורות שליפה של מערכת התוויה הממוחשבת, ואולי גם במילות מפתח לשליפת מידע מעודכן מבסיסי נתונים ביבליוגרפיים ביחס לפרט מסוים בבנייה.

בנייה. המהנדס עובד בסביבה המעניקה תמיכה מסיבית לזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך, באמצעות סרטטים ורישומים על גבי נייר ובאמצעות מערכת התוויה הממוחשבת. פרט לזיכרון, המערכת מספקת גם תמיכה חישובית במספר רב של פעולות קוגניטיביות בעלות ערך. מחשבוני כיס מאפשרים לבצע חישובים פשוטים. עצמתה של תכנת התוויה הממוחשבת מאפשרת למהנדס לצפות בתכנית המתהווה בדיוק רב, מזוויות שונות - הישג שנתאפשר בעבר רק באמצעות סרטוט מפורט על גבי נייר ובניית תבנית תלת-ממדית - הגישה הקלאסית השימושית עד היום.



עד כה, התייחסנו לידע, לייצוג, לשליפה ולבנייה - העוסקים בסביבה הפיזית, לא החברתית. יש לשער שהמהנדס חבר בצוות, ותהליכים שיתופיים תורמים גם הם לתמונה. הצוות גם הוא חלק מן

שליפה. המחקר מראה שדגמים טיפוסיים של למידה מובילים ל"ידע בלתי פעיל", אשר למרות היותו זמין לצורך מילוי שאלון הדורש השלמת המילה החסרה, אינו נשלף בתנאי שימוש אמתיים. ידע כזה מיוצג אמנם במערכת, אך בתכונות שליפה בלתי נאותות. למידה המבוססת על פתרון בעיות, כמו טקטיקות אחרות, עשויה לסייע בהכנת ידע כזה לשליפה נאותה לגבי התוכן (Bransford, Franks, Vye & Sherwood, 1986; Perfetto, Bransford, & Franks, 1983; Sherwood, Kinzer, Bransford, & Franks, 1987).

בנייה. מספר מחקרים התפתחותיים גורסים שמגבלות בזיכרון לטווח קצר יוצרות צוואר בקבוק בתהליך, הגורם להפיכת מושגים מסוימים לבלתי נגישים ללומד. עם זאת, סביבה מתוכננת היטב עשויה לספק תחליף לזיכרון לטווח קצר, ולסייע ללומדים לרכוש מספר מושגים (Case, 1985; Fischer, 1980; Halford, 1982).

יש לציין שמסגרת נגישות, וכן שיקולים כלליים כגון אלה שהוזכרו לעיל, מציעים ניתוח של מערכת חשיבה-למידה שהיא קצת "מעל" לרמה של תיאוריות מסוימות של מנגנון. מסגרת הנגישות אינה מספקת תיאוריה מפורטת של הכרה, אלא מתווה מקיף של מערכת קוגניטיבית ברמה גבוהה של תיאור. לצורך סרטוט תכונות הנגישות של אדם-פלוס, איננו חייבים לדעת כיצד השכל מבצע את תפקידו; עלינו רק לזהות את תכונות הפעולה של "הקופסה השחורה" במערכת, ולשאול האם הדגם הרצוי של זרימת מידע יכול להתרחש.

כך, אין צורך בתיאוריה מפורטת של ייצוג הידע כדי להבהיר שבנסיבות לימודיות שונות, ידע מדרגה גבוהה על הנושא אינו מיוצג במערכת. אין גם צורך בתיאוריה מפורטת של זיכרון פעיל כדי להבהיר שמטלות מורכבות ומושגים עשויים להוות עומס יתר על אדם-יחיד.

אין בכוננת מסגרת הנגישות לספק הסבר של המנגנון הבסיסי, אלא להגיע לניתוח של "זרימת מידע", מתוך הנחה שעצמות או כשלים מעניינים בחשיבה ובלמידה מתגלים ברמה זאת של ניתוח.

ביזור החשיבה והלמידה בכללן

חשיבה ולמידה מבוזרות של אדם-פלוס בולטות במיוחד בנסיבות של חקר אמתי ונרחב: תלמיד או פרופסור הכותב מאמר; איש פרסום המתכנן מסע פרסום; במאי המעמיד מחזה או מהנדס המתכנן גשר. תהליכים יצירתיים כאלה אמנם נחקרו (לדוגמה, Gruber, 1974; Perkins, 1981; Tweeney, 1985, 1992), אך אינם מצויים במרכז המחקר הפסיכולוגי. נתמקד לרגע במהנדס: הקטגוריות של מסגרת הנגישות מסייעות לסקירת הדרכים שבהן המהנדס מבזר את החשיבה והלמידה הנדרשות.

לשינויים מבניים בכתיבה. הם משתמשים בכלי בעל עצמה זה בעיקר לתיקונים קלים בסגנון, בדקדוק ובכתיב, ולהשגת הדפסות יפות (Cochran-Smith, 1985, 1986; Daiute, 1991). כתבים מיומנים אמנם ניצלו את המשאבים לשינויים מבניים, אך הם עשו זאת למעשה עוד קודם לשימוש במחשב, בתקופה שבה כתבו ביד.

אין צורך לפנות לטכנולוגיה הגבוהה כדי לגלות שאנו מחמיצים את השירותים הטובים ביותר של מערכות התמיכה הנגישות לנו. מחקר על אסטרטגיות קריאה הראה שאלה הסוקרים מאמר שעליהם לקרוא, עשויים להיעזר במידה רבה בסיכומים, בתוכן העניינים של ספר, בראשי הפרקים ובכותרות, וכן בצורות המבניות של הכתוב (ראה לדוגמה Higbee, 1977). עם זאת, ללא הדרכה באסטרטגיות קריאה, התלמידים מבצעים פעולה פשוטה בלבד - הם קוראים את הנוסח שורה אחר שורה, מן ההתחלה ועד לסוף.

כתיבת רשימות שגרתיות בכיתה היא לבטח יעילה פחות משימוש בטכניקות המבליטות את מבנה הידע, כגון מיפוי מושגים (Novak & Gowin, 1984), או שימוש במארגנים גרפיים שונים לתפיסת תבניות רעיונות - סיפור המעשה, יחסי השוואה והנגדה או טיעון וטיעון-נגדי (Jones, Pierce & Hunter, 1988-9; McTighe & Lyman, 1988).

לסיכום, יש להכיר בשני דברים: (א) בהקשרים עשירים של חקר, ולמעשה ברוב הפעילויות היומיות, מצויות אין-ספור מערכות תמיכה פיזיות הפונות לכל ארבעת ההיבטים של מסגרת הנגישות - זאת בתנאי שקיימים הידע הנדרש, ייצוגים נגשים, מסלולי שליפה יעילים ועוזרים (דפדפות עבודה, שולחנות עבודה וכדומה) התומכים בעשיית דברים ובבניית הרעיונות. (ב) ניצול נכון של מערכות תמיכה אלה הוא אמנות בפני עצמה. הוראה שגרתית כמעט שאינה מיידעת את התלמיד לגבי אמנות זאת, מאחר שהיא מצפה בטעות לפעולתו של "גורם קצות האצבעות".

ביזור התפקוד הניהולי

אין צורך לפענח את הפרדוקסים של רצון חופשי כדי להיווכח שאורגניזמים קוגניטיביים - וכן גם מכונות - הם בעלי תפקוד ניהולי. קיימות שגרות המבצעות את המטלה הבלתי-שגרתית של בחירה, שהן פעילות בנקודות החלטה לבחינת משמעותיותהן של חלופות שונות כדי לבחור בדרך הפעולה הרצויה. לאחר שעסקנו לעיל בביזור החשיבה והלמידה בכלל, נתמקד עתה במקרה המיוחד - התפקוד הניהולי וביזורו בגרסאות שונות של אדם-פלוס.

אם נייחס את התפקוד הניהולי למסגרת הנגישות, נמצא שביצוע בחירה במצבים מורכבים הוא מעשה בנייה מובהק. לכן, התפקוד הניהולי

האדם-פלוס של המהנדס - אולי עדיף לומר של ה"אנשים-פלוס", שכן היחידה הקוגניטיבית הפעילה היא הצוות, בנוסף לסביבה הפיזית התומכת של דפדפות עבודה, טבלאות טכניות, מערכות התוויה ממוחשבות וכיוצא באלה.

נקודות המבט של הפסיכולוגיה והחינוך

קל להצביע על כל אלה בהקשר של חקר מורכב; אך פעילויות אחרות, המצריכות חשיבה מאומצת פחות, כרוכות גם הן ככלל בתמיכה סביבתית משמעותית. בעבודתו של הטבח, ספר הבישול, כמו גם מציאותם של כלי העבודה במקומם או על שולחן העבודה, או בכיור בהמתנה לטטיפה - כולם מהווים מעין פיגום המגן על הטבח מפני איבוד מקומו בתהליך.

בניגוד לכך, תהליכים פסיכולוגיים וחינוכיים טיפוסיים מתייחסים לאדם בעיקר כאל אדם-יחיד. הנחקר במעבדה מקבל ככלל נייר ועיפרון בלבד לתמיכה בהכרה. אלה היו מספקים אילו חקר ההכרה היה לא יותר מאשר חקר השכל האפלטוני המנותק מן העולם הפיזי; אולם טענתנו היא שבנסיבות של אדם-פלוס מתפתחות תכונות המשנות בסופו של דבר באורח מהותי את יכולות עיבוד המידע של המערכת, והן דורשות מחקר והבנה.

בתי הספר מנהלים מערכה מתמדת להפיכת אדם-פלוס לאדם-יחיד. "אדם-פלוס עיפרון, נייר, ספר, לוח שנה, אנציקלופדיה" וכדומה מתאימים ללימוד, אך הציפייה היא ככלל ל"אדם פלוס נייר ועיפרון". הנייר והעיפרון אינם נתפסים כעזרי חשיבה, אלא ככל שלתוכו אדם-יחיד שופך עדות מעשית להישגיו.

מובן שהעיסוק באדם-יחיד מוצדק בחלקו; אך בעיקרו הוא מוטעה, משתי סיבות: (1) אם חלק ממטרות בתי הספר הוא להכין את התלמידים לביצועים מחוץ לבית הספר, הרי שההתעקשות על אדם-כמעט-יחיד אינה מדמה את החיים עצמם. (2) רוב התלמידים זקוקים ללמידה רבה בתחום אמנות ביזור ההכרה, ובתי הספר חייבים לסייע בכך.

ייתכן שהדגשת היתר הניתנת לאדם-יחיד נובעת מאמונה נפוצה במה שכינתי "גורם קצות האצבעות": יש רק להעמיד מערכת תמיכה נגישה, ואנו נשתמש בה כמעט אוטומטית וננצל את האפשרויות שהיא מעמידה לרשותנו (Perkins, 1985). אילו "גורם קצות האצבעות" היה ממשי, הרי שלא היה כמעט צורך לדאוג לכך שהתלמידים ינצלו את סביבות התמיכה - סביבות פשוטות כגון נייר ועיפרון, או סביבות מורכבות כגון מעבד תמלילים, מכשירי סרטוט או היפר-טקסט.

קיימות עדויות משמעותיות לכך ש"גורם קצות האצבעות" אינו אלא אחיזת עיניים. מחקרים שעסקו בהשפעת מעבדי תמלילים על כתיבה, הוכיחו שהתלמידים כמעט שאינם מנצלים את העצמה המסופקת על ידי מעבד התמלילים

לתלמיד תחושת עצמה, אך מפעיל בסמוי שליטה על הדרך שבה התלמיד מתקדם בשאלות ובאתגרים השונים.

בהנחה שקיימות צורות שונות של חלוקת תפקוד ניהולי בין האדם לסביבה, בנסיבות מסוימות קיים חלל בתפקוד הניהולי: הלומדים אינם יודעים אוטומטית כיצד להפעיל את הניהול שבזר. לדוגמה, מעקב מדוקדק אחרי הוראות (ויתור על תפקוד ניהולי לטובת מקור ההוראות) הוא מיומנות שימושית ביותר. עם זאת, לומדים רבים אינם מצליחים לרכוש מיומנויות קרובות לה - של בקרה עצמית, בדיקה חוזרת ושליטה בריכוז - ועל כן אינם עוקבים בצורה נאותה אחר הוראות הדורשות דיוק רב. אציג דוגמה מן התחום החברתי: מצויים אנשים בכל הגילים המתקשים לקבל החלטות בהקשר קבוצתי. אכן, בחירת עדיפויות בקבוצה כרוכה בקשיים רבים ובסבך של ויכוחים שאינם קיימים בקבלת החלטות על ידי אדם-יחיד.

החינוך אמור בעיקרון לסייע לתלמידים באמנות הביזור של התפקוד הניהולי; אך למעשה, ההוראה היא בעלת כשלים משלה. מבנים לימודיים רבים עשויים להותיר בידי התלמידים - במיוחד החלשים שבהם - תפקוד ניהולי בלתי מספיק: הלומד אינו יודע או אינו מסוגל להחליט מה עליו לעשות, והסביבה אינה מגישה סיוע מספיק. תופעה זאת רווחת בנסיבות של לימוד פתוח, כגון שימוש בתכנת "לוגו", כאשר המורה אינו מיומן בחיזוק פעילויות התלמידים (Papert, 1980; Pea & Kurland, 1984a, b; Salomon & Perkins, 1987). אין משתמע מכך שסביבות כאלה חייבות להיות כרוכות בתפקוד ניהולי חזק מצד הסביבה המורה לתלמידים מה עליהם לעשות; די בכך אם סביבות אלה יספקו תמיכה ייחודית לתפקוד הניהולי, כך שהתלמידים יוכלו למצוא בעצמם פעולות שראוי לעשותן.

הרָל (Harel, 1991) תיאר ניסוי שבו תלמידים צעירים השתמשו ב"לוגו" לפיתוח תכנה לימודית פשוטה על שברים. הפעם, שלא כמקובל במסגרת הלוגו, נבנתה בקפידה מערכת תמיכה בתלמידים, שתמכה בהתקדמות שיטתית לאורך הפרויקט כולו. בעוד שניתנה לתלמידים אוטונומיה רבה, הרי שפיגומים בדמות מחברות, דיונים ומנגנונים אחרים תמכו בניהול תקין של המשימה. התלמידים אכן התקדמו יפה במשימות, ורכשו מיומנות תכנות כמו גם הבנה בשברים.

מעברים של התפקוד הניהולי במהלך הלמידה

ביזור התפקוד הניהולי עשוי להשתנות במהלך הלמידה בדרכים רבות. בדגם הנפוץ, הלומד מוותר על תפקודו הניהולי לטובת הסביבה, ומחזירו לעצמו בהדרגה ככל ששליטתו בידע ובמיומנות גוברת. הבעיה היא בכך שבנוהל החינוכי המקובל, מעט מאוד אוטונומיה חוזרת אל התלמיד,

שואב בהכרח ממקורות של ידע וייצוג, שליפה ובנייה. עם זאת, יש והתפקוד הניהולי מתבצע בדרך ישירה יותר, על ידי זכירת בחירות קודמות בנקודות החלטה דומות - פעולה שעיקרה שליפה מייצוגים פנימיים או חיצוניים של הידע המאוחסן בקשר לנקודות החלטה.

התפקוד הניהולי של אדם-פלוס בעת חשיבה ולמידה ניתן לביזור בדרכים אחדות. אנו מדמים לרוב אדם המחליט לעצמו; אך קיימים מצבים שבהם, לדוגמה, המורה מחליט תוך כדי ההוראה מה ראוי לעשות עתה (אם כי הלומד הוא המחליט האם לבצע זאת או לא). הוראה הנעזרת בספר או בחוברת עבודה או בתכנה לימודית, מלווה במערכת של הוראות ניהוליות: קרא פרק זה ולאחריו בצע את התרגילים; פתור בעיה זאת, והמחשב יספק לך מטלה נוספת בהתאם לטיב עבודתך.

במקרים כאלה, קל להיאחז בסממאות בדבר אבדן האוטונומיה של הלומד - סוגיה חשובה כשלעצמה, אם כי אינה מניח שהשתלטות המערכת התומכת בלמידה (מורה, ספר, מחשב וכדומה) על התפקוד הניהולי, היא שלילית מעיקרה. הדבר תלוי בחכמת התמיכה, ובשאלה האם בסופו של דבר ניתנת ללומד הזדמנות לפתח את התפקודים הניהוליים שניתן לרכוש אותם מתוך ניסיון למידה זה.

לעתים, ויתור על התפקוד הניהולי לטובת הסביבה הוא צעד בעל עצמה רבה. כאשר הוראות להרכבת חלקיה של מערכת סטריאו חדשה כתובות בבירור, רצוי ביותר שנקוב אחריהן. כאשר אנו עוסקים בשיגיונות של שיפוט אנושי בנסיבות סותרות, אנו מנסחים חוזים וחוקים המקפידים צורות מסוימות של החלטה. מובן שנתר תמיד בידי אדם-יחיד או בידי הקבוצה החברתית (שופטים, חבר מושבעים) מרחב עצמה לביטול ההחלטה; אך עובדה זאת אינה גורעת מן הטקטיקה הבסיסית של ויתור על התפקוד הניהולי לטובת הסביבה המיידית.

מצויים גם מקרים משולבים מעניינים. שיטת התפריט, הנהוגה בעבודה עם מחשב, מותירה למשתמש בחירות, אך מארגנת את החלופות בצורת תפריט בסדר יורד, לפי הקדימויות הצפויות של המשתמש. כך, הסביבה מקבלת על עצמה חלק מן התפקוד הניהולי הרגיל: בניית ייצוג של מרחב הבררות. אם נבחן את הביזור החברתי של אינטליגנציה, נראה שקלינאים נמנעים ככלל מלקבל על עצמם תפקוד ניהולי במקום לקוחותיהם, מאחר שהם מעוניינים לבנות את האוטונומיה של הלקוח; לכן הם מחזקים ומעודדים אותו בבניית מרחב הבררות. מחקריו של מרק לָפֶר על מדריכים מומחים (Lepor, Aspinwall, Mumme, & Chabay, 1990), גילו מערכת מורכבת של פעולות גומלין, שבאמצעותן המדריך מעניק

לטובת הסביבה הפיזית או החברתית לעתים קרובות יותר ממה שניתן להניח מראש. לעתים, אדם-פלוס מתחזק מאוד על ידי ויתור על התפקוד הניהולי.

עם זאת, נודעת חשיבות רבה להבדלים הזעירים שבמשחק. לעתים קרובות, אדם-פלוס נכשל בפעילות מסוימת מאחר שהוא, או הסביבה, או שניהם כאחד, אינם מספקים לפעילות תפקוד ניהולי נאות. לעתים, ההוראה מקבלת על עצמה את התפקוד הניהולי לפעילות, כאשר מוטב היה לחזק את תפקודו הניהולי של התלמיד על ידי כך ששנייה לו בהחלטה, ולא על ידי החלטה במקומו. לעתים קרובות, כאשר יש להעביר את התפקוד הניהולי ללומד, אין הסביבה החינוכית עושה דבר לתיווך בהעברה זאת.

ביזור ידע מדרגה גבוהה

ציינו שהקטגוריה "ידע" של מסגרת הנגישות מבחינה בין ידע ברמת התוכן - עובדות ונהלים של החומר - לבין ידע "מדרגה גבוהה", הכולל אסטרטגיות לפתרון בעיות ודגמי הצדקה, הסבר וחקר שהם נאותים לאותו תחום לימודים (ראה Perkins et al., in press; Perkins & Simmons, 1988). ידע מדרגה גבוהה בתחום מסוים עשוי לכלול האוריסטיקה של פתרון בעיות (לדוגמה, Schwab, 1978; Toulmin, 1958). הוא אינו מופיע בתחומים אקדמיים בלבד, אלא גם בחיי היום-יום, כגון ידע על החלטות יום-יומיות או ניהול עצמי.

הבנת ידע מדרגה גבוהה חיונית ללמידה בכל תחום (Perkins & Simmons, 1988). תפיסות שגויות רבות במתמטיקה ובמדעים נובעות בחלקן מחוסר בידע מדרגה גבוהה, המספק הקשר תומך ליצירת מושגים נאותים וחושף את חולשותיהם של מושגים בלתי נאותים.

ידע מדרגה גבוהה תומך בבניית הבנתו של ידע ברמת התוכן, וכן מספק תמיכה לתפקוד הניהולי שנדון לעיל. אסטרטגיות של פתרון בעיות ודגמי הצדקה, הסבר וחקר מספקים לאדם הפועל בחירה של דרכים עיקריות להתנהגות תואמת תחום. בהיעדר מבנה מן הדרגה הגבוהה, בחירתו של אדם מוגבלת לשליפת ידע ברמת התוכן ולביצוע פעולות שגרתיות בלבד (כגון אלגוריתמים בחשבון). היבטים מן הדרגה הגבוהה של תחום מסוים, הם המעניקים משמעות לפעולות הקשורות לתחום.

ידע מדרגה גבוהה

חשוב, אם כן, לשאול כיצד ידע מדרגה גבוהה מבוזר בנסיבות של חשיבה-למידה. ראשית, מן הדין לחזור למה שהדגשנו לגבי התפקוד הניהולי: בנסיבות רבות של אדם-פלוס, אין כמעט ייצוג של ידע מדרגה גבוהה, באדם או בסביבה. ספרי לימוד רבים במדע,

והסביבה החינוכית מחזיקה בשליטה הניהולית במהלך תהליך הלמידה כולו. כאשר התלמיד עוזב את הסביבה הלימודית וחייב לפעול בעצמו וליטול אחריות לתפקוד ניהולי, הוא אינו מוכן לכך כלל.

דוגמה קלאסית לכך היא בחירת הבעיה. בחינוך המקובל, כמעט כל הבעיות נבחרות בעבור התלמיד, והמערכת מחליטה אילו בעיות ראוי לפתור ובאיזה סדר. לאחר סיום המטלות הלימודיות, אנו מופתעים להיווכח שהתלמידים אינם מזהים בחיי היום-יום הזדמנויות ליישם את הנלמד. תקלה כזאת מכונה "חוסר העברה". זוהי למעשה הגדרה בלתי נכונה, שכן היא אינה מבחינה בכך שהתלמידים מעולם לא רכשו את התהליך שאנו מצפים להעברתו - בחירת הבעיות. ההפתעה אינה בעובדה שהתלמידים מחמיצים יישומים בחיי היום-יום, אלא בכך שהם אכן מזהים מפעם לפעם יישומים כאלה - הוכחה ליכולת ההעברה המדחיקה שלהם בתנאים בלתי נעימים (Perkins & Salomon, 1989; Salomon & Perkins, 1988).

כך, הענקת תפקוד ניהולי ללומד חשובה ביותר, אם גם מוזנחת. אין בכוונתי לנפנף באידיאולוגיה של אוטונומיה מוחלטת ללומד. ייתכן שבהתאם לטבע המטרה הלימודית, הלומד אינו זקוק כלל לשליטה. קיימות סביבות למידה באמצעות מחשב, המיועדות ליצירת שגרת מיומנות - הקלדה, הכרת מילים או כתיב, המפעילות תפקוד ניהולי להובלת התלמידים בתהליכי הלמידה. תפקוד ניהולי אינו חשוב לאוטומטיזציה של המיומנות.

מחקרים הוכיחו כי לגבי לומדים אטיים של חשבון, אוטומטיזציה של פעולות החשבון הבסיסיות היא צוואר בקבוק שניתן להתגבר עליו באמצעות שינון וחזרה בלחץ של זמן (Hasselbring, 1988; Goin, & Bransford, 1988). אם כי דרך זאת נראית כפייתית, הרי איננו מעוניינים כאן לפתח דווקא את התפקוד הניהולי של התלמידים. במקרה זה, חוויה לימודית שאינה מתחשבת בתפקוד הניהולי של התלמיד, אלא מפתחת אצלו אוטומטיות, משרתת היטב את מטרתה.

לבסוף, חשוב להכיר בעובדה שקיימות נסיבות שבהן הוויתור על תפקודים ניהוליים גובר והולך, ולא להפך. מנהל לומד לאצול תפקודים ניהוליים לכפופים לו המוכשרים לכך. מבקר במוזיאון, לאחר שניסה סיור בכוחות עצמו לעומת קלטות הדרכה, עשוי להאציל תפקודים ניהוליים לקלטות דווקא, המבטיחות לו סיור יעיל יותר במוזיאון עד שירכוש ניסיון עצמי. זוג נשוי המלבן בעיות, עשוי לנסח חוקי פעולה כתובים, כגון: "נשוחח על ענייני כספים במשך שעה אחת בלבד בשבת בבוקר". ככלל, תפקוד ניהולי עשוי לזרום תוך כדי הלמידה דווקא מן הלומד החוצה, בהתאם לנסיבות.

לסיכום, ביזור חברתי ופיזי של תפקוד ניהולי הוא עניין מורכב. אנו מוותרים על תפקוד ניהולי

יבחן התלמיד האם בנייה זהה תפיק במשולש אחר את היחסים הגיאומטריים המשוערים.

תכנת "המשער הגיאומטרי" היא אחד החידושים הטכנולוגיים המוכרים ביותר בהוראת המתמטיקה - היא מחזירה מידה של יצירתיות לתכנית הלימודים השגרתית בגיאומטריה. מנקודת הראות של מסגרת הנגישות, התכנה מספקת תכונות נגישות משופרות בדרכים שונות. היא מספקת ביסודה זירה לבנייה, במובן המעשי ביותר. הפעולות בזירה זאת מבוצעות בשטף ובדיוק רבים יותר מאשר התלמיד היה מסוגל להם בעזרת מחוגה וסרגל. כמו כן, המערכת מאפשרת שליפה מידית וביצוע חוזר של בנייה קודמת. בכל הנוגע לייצוג, היא מציגה כמובן את המבנים, אך גם מבהירה - באמצעות פריסה מתוחכמת על המסך - את האפשרויות לפעילויות בנייה ישימות.

כך, מצויים בידי התלמיד כל המשאבים להמשך החקר מדרגה גבוהה בתחום הגיאומטריה. עלינו לאזכר כאן את "גורם קצות האצבעות" - ההנחה המזיקה שלפיה אנשים אכן מנצלים את ההזדמנויות הניתנות להם. בתכנת ה"משער הגיאומטרי", אין התלמידים מזהים תמיד את האפשרויות הנתונות להם, ומורים רבים אינם יודעים כיצד לכוונם לקראתן. התכנה אינה כוללת ידע כלשהו בדבר ההיבטים מדרגה גבוהה של התחום (Chazen, 1989).

איננו טוענים שניתן לשפר את התכנה על ידי שילוב בתוכה של ידע מדרגה גבוהה. ההפך הוא הנכון - התכנה היא דוגמה מצוינת של תכנה המתוכננת היטב כמות שהיא. כוונתנו היא לכך שההוראה חייבת לכלול - ואכן כוללת לעתים - התייחסות מפורשת להיבטים מדרגה גבוהה של הגיאומטריה.

ככלל, הזדמנויות קוגניטיביות אינן כשלעצמן פיגומים קוגניטיביים. משאבים טכנולוגיים חדשניים והגיויים, המספקים הזדמנות טובה לחשיבה וללמידה מדרגה גבוהה בתחום כלשהו, אינם מספקים בהכרח פיגומים קוגניטיביים.

מקום מושבו של ידע מדרגה גבוהה

משהכרנו בצורך בידע מדרגה גבוהה באדם-פלוס, נוכל לשאול מהו מקום מושבו. הדגשנו כאן שאין חשיבות למקום מושבו - בסביבה או באדם - אלא לתכונות הנגישות שלו: באיזו בהירות הידע הנדרש מוצג, והאם הוא ניתן לשליפה נוחה. זו ההשערה של נגישות שווה שהזכרתי לעיל.

עם זאת, ההשערה אינה גורסת שידע מדרגה גבוהה עשוי לשכון באותה מידה בסביבה. הדבר תלוי באפשרות להשיג קירוב של שוויון פונקציונלי - ואין זה קל בהקשר של ידע מדרגה גבוהה. ככלל, ידע מדרגה גבוהה חייב להימצא באדם (או מבוזר בין האנשים המשתתפים), ולא להישלף מן הסביבה הפיזית.

למשל, נוגעים אך ברפרוף בתהליכים ובמחויבויות של המדע (Evans, Honda, & Carey, 1988). ספרי ההיסטוריה כמעט שאינם מזכירים את הבסיס האפיסטמולוגי של תחום זה: כיצד ההיסטוריונים מחוללים הנחות בקשר לעבר ובוחנים אותן אל מול העדויות ההיסטוריות. ספרי לימוד כמעט שאינם משתמשים ב"מונחים של מצב מנטלי", כגון "לחשוב", "לדעת", "להסיק", "להניח", "להגיע למסקנה", "להציג הנחת עבודה" (Olson & Astington, 1990; Olson & Babu, in press). אין לצפות מן התלמידים עצמם להעלות רעיונות כאלה מן החלל הריק.



אנו רואים לעתים קרובות כשלים כאלה בחומר ההוראה המקובל; אך התופעה חורגת מעבר לספרי הלימוד. סביבות למידה חדשניות רבות, המשפרות באורח דרמטי אחדות מתכונות הנגישות של נסיבות הלמידה, אינן נוגעות כלל ועיקר בסוגיה של ידע מדרגה גבוהה.

נתייחס לתכנת המחשב המתוחכמת "המשער הגיאומטרי" (Schwartz & Yerushalmi, 1987), שתוכננה כדי להחזיר לגיאומטריה האויקלידית את ממד החקר והגילוי. היא עושה זאת באמצעות שלוש טקטיקות בסיסיות. ראשית, היא הופכת את המבנים הגיאומטריים לפשוטים ביותר: המשתמש יכול לבקש ממנה לצייר משולש, למתוח קו גובה, לבנות מקבילית וכדומה. שנית, קל ביותר למדוד מבנים אלה לצורך בדיקת השערות: התלמיד יכול לבקש, למשל, מדידת שני צדדים של משולש כדי לבדוק האם הם זהים. שלישית, התכנה מאפשרת לחזור ולבחון בקלות השערה כלשהי בדבר גרסות שונות של תהליך: תלמיד שבנה משולש אקראי, מתח קו גובה וכדומה, יכול לבקש שהמערכת תחזור על הבנייה כולה כאשר היא מתחילה במשולש אקראי או במשולש המוגדר על ידי התלמיד. כך

נוטים בעיקר לכיוון אדם-יחיד. הם מסתמכים על תפיסת "גורם קצות האצבעות", בגורסם שאנו מנצלים אוטומטית את הסביבה רק משום שהיא קיימת. הם מחמיצים בכך את ההזדמנות לטפח מיומנויות רבות לביזור מתוחכם של חשיבה ולמידה.

חשיבה ולמידה כרוכות לעתים קרובות בוותור לטובת הסביבה על התפקוד הניהולי, בדרכים מועילות. אין הצדקה לתפיסה של אוטונומיה של אדם-יחיד. בו בזמן, מתעוררת לעתים בעיה של חשיבה ולמידה כאשר האדם או הסביבה, או שניהם גם יחד, אינם תומכים בתפקוד ניהולי יעיל. מערכות לימודיות פתוחות רבות סובלות מבעיה זאת, כמו גם מוויתור על התפקוד הניהולי לטובת הסביבה ואי החזרתו ללומד.

ידע מדרגה גבוהה מזין במידה רבה את התפקוד הניהולי. ראוי שידע זה יימצא ברובו באדם. כפי שהבהרנו לעיל, הוא חייב להיות נגיש תמיד, ולא קבור בספר הדרכה או בתחליף זיכרון אחר. בנסיבות שונות של חשיבה ולמידה בבית הספר, הידע מדרגה גבוהה הנדרש אינו מצוי באנשים או בסביבה. אפילו חידושים גדושי תובנות, המקדמים תכונות נגישות אחרות באדם-פלוס, אינם פונים לידע מדרגה גבוהה הקיים במערכת.

כל האמור לעיל מצביע על מערכת התרחשויות ואי-התרחשויות בחשיבה ובלמידה, שניתן לעמוד עליה בעזרת התפיסה של חשיבה ולמידה מבוזרות וראיית אדם-פלוס ולא אדם-יחיד כשחקן העיקרי. העניין מבליט היבטים מוזנחים של ההכרה, וכן כשלים בחינוך המסורתי ואף בחינוך החדשני.

פי (Pea, Chap. 2,)

(this volume) מצביע על תועלת נוספת של תפיסות המדגישות הכרה מבוזרת: תפיסה מורחבת של התפתחות האדם. פיאז'ה (Piaget) הדגיש את ההטמעה וההתאמה של הסביבה על ידי האורגניזם - כאילו הסביבה נתונה, והאדם קיים כדי ללמוד להתמודד אתה. תפיסה זאת אמנם נכונה בחלקה, אך בני האדם גם בוחרים ובונים את סביבתם הפיזית והחברתית - במקצת כדי לתמוך בהכרה. במובן זה, קיימות הטמעה והתאמה בין האדם לבין סביבתו - תהליך מורכב של איזון המתרחש באדם-פלוס.

קיימות מספר סיבות לכך. ראשית, בנסיבות של חקר מורכב, קיימת פנייה כמעט קבועה מצד התפקוד הניהולי לידע מדרגה גבוהה. אין מדובר בנוסחה שניתן להניחה בצד לאחר בדיקתה אחת לחודש. שנית, ידע מדרגה גבוהה הוא יציב למדי ואינו טיוטה בת חלוף, ועל כן ראוי שיימצא בזיכרון לטווח ארוך. שלישית, ידע מדרגה גבוהה תופס מקום מועט בהשוואה לכמות העובדות והתהליכים בתחום כלשהו, ועל כן הנפח שלו אינו בעייתי. הבעיה היא בהפעלתו להכוונת התפקוד הניהולי. רביעית, אדם העוסק ברצינות בתחום מסוים או שרוי בפעילות של חיי היום-יום, פועל בסביבות שונות - ליד שולחנו כשהוא מוקף בספרי הדרכה; בפגישות כאשר בידו עיפרון ונייר; בשטיפת כלים או בגיזום דשא; בשיחה עם חבר על בעיות אישיות כשכוס בירה בידו. הידע מדרגה גבוהה הנדרש מרגע לרגע במצבים שונים, אינו יכול להידחק אל מערכת אחסון פיזית מוגדרת.

ובכן, בניגוד לרוח ההכרה המבוזרת, רצוי מאוד לעודד את הפנמת הידע מדרגה גבוהה בכל תחום ותחום.

מהו אדם כסוכן קוגניטיבי?

פתחנו בא-סימטריה. רוב ההשקפות על חשיבה ולמידה נוטות לכיוון אדם-יחיד, ומזניחות את הדרכים שאנו נוקטים בהן בסביבה (כולל אנשים אחרים) כדי לתמוך, לחלוק ולקבל על עצמנו היבטים של עיבוד קוגניטיבי. בניגוד לכך, הגישה של אדם-פלוס במצבי חשיבה ולמידה רואה באדם-פלוס-סביבה מערכת אחת, ומאמצת כחלק מן הלמידה לא רק את האדם עצמו, אלא גם את מה שמתבצע

בסביבתו (גם אם חלקית בלבד), וכן את המשקעים הנותרים בסביבה זו (בהנחה שהם נגישים). גישה זאת פורצת אל מחוץ לתפיסה של אדם-יחיד בחשיבה ובלמידה.

האם נגלה דבר מעניין כלשהו במרחב שאליו פרצנו? נשמעה טענה שתכנים אמתיים של חקר כרוכים בביזור משמעותי של החשיבה והלמידה בין האדם לסביבתו. הוגים פעילים מרכזים סביבם סביבה עשירה, ומקיימים אתה פעילות גומלין בדרכים מתוחכמות כדי להגיע לתוצאות שאדם-יחיד יתקשה להגיע אליהן. לרוע המזל, בתי הספר



שלהם, ולבנות את הסביבה לקראת פעילות שתפתח בשיתוף עם סביבה זאת. גישה חינוכית כזאת תואמת את המגמה האנושית להתקדם ממצב של ספירת אבן לכל כבשה עד להיירוגליפים, וכן הלאה. אם רק ניתנת לבני האדם הזדמנות לכך, הם פועלים במרחב כסוכנים המגייסים למפעליהם לא רק אנשים אחרים, אלא גם עצמים דוממים המצויים בסביבתם, ומסדרים ומעצבים אותם כך שיהפכו ל"שותפים להכרה" (Salomon et al., 1991).

ראוי גם להרהר בכך שבמרכזו של כל אדם-פלוס מצוי, כמובן, לפחות אדם אחד. למעשה, כל אדם-יחיד משמש נקודת מפגש לכלל מצבי האדם-פלוס שהוא מעורב בהם. אדם-יחיד הוא מעין מלכת הדבורים בכוורת בת אין ספור משתתפים. ובכן, מהו האדם-עצמו - האם הוא אדם-יחיד? בשפה, במעשה החינוכי ובמחקר הפסיכולוגי, הנטייה היא להשיב על שאלה זאת בחיוב: האדם-עצמו הוא אדם-יחיד. כדאי להרהר בכך שנית. ייתכן שיש לראות את האדם-עצמו לאו דווקא כליבה משותפת, אלא כמערכת של פעולות גומלין ומצבי-תלות; לא כנקודת מפגש, אלא כאיחוד של מעורבויות; לא כליבה טהורה ומתמידה, אלא כסך הכול וכנחיל של השתתפויות.

תרגם מאנגלית: ד"ר עידן ירון

נקודת ראותו של ויגוצקי מדגישה הטמעת דגמי הכרה על ידי האדם מתוך סביבתו החברתית (Vygotzky, 1962, 1978). גם התפיסה של הכרה מבוזרת מציינת את השפעתו של האדם לשינוי הסביבה החברתית, אך מדגישה גם את חשיבותה של הסביבה הפיזית כגורם עיקרי בהכרה של המערכת אדם-פלוס.

לבסוף, גישות התפתחותיות בנות זמננו מייחסות חשיבות למגבלות של הזיכרון הפעיל כצוואר בקבוק התפתחותי. תוצאותיהם של ניסויים רבים מצביעות על כך שתמיכה פיזית המצויה בסביבה עשויה לאפשר לאדם להתמודד עם מושגים מורכבים, שאדם-יחיד אינו מסוגל להתמודד עמם. מעניין לחקור באיזו מידה התמיכות הפיזיות בנסיבות של אדם-פלוס סופגות חלק מן העומס הקוגניטיבי של צעירים חושבים, והאם הללו היו קולטים יותר אילו בוצעו התאמות מסוימות.

בקצרה, התפיסה של אדם-פלוס טוענת שמספר היבטים בסיסיים ומסלולי התפתחות אנושית עשויים להשתנות בעקבות שינויים קלים בסביבה או בהתאם ליחסו של האדם אליה. עלינו להתעמק יותר בנקודה זאת. אין ספק שניתן לתאר תהליך חינוכי המכוון אל אדם-פלוס, המעצים את הלומדים לנצל בידעין ובאמנות את המשאבים הקוגניטיביים המצויים במשאבים הפיזיים והאנושיים שסביבם, לבנות סביבם את ה"פלוס"

מראי מקום

Baddeley, Alan. (1982). *Your memory: A user's guide*. New York: Macmillan.

Bransford, J. D., Franks, J. J., Vye, N. J., & Sherwood, R. D. (1986, June). *New approaches to instruction: Because wisdom can't be told*. Paper presented at the Conference on Similarity and Analogy, University of Illinois, Urbana.

Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to adulthood*. New York: Academic Press.

Chazen, D. (1989). *Ways of knowing: High school students' conceptions of mathematical proof*. Unpublished doctoral dissertation, Harvard Graduate School of Education, Cambridge, MA.

Cochran-Smith, M. (1991). "Word processing and writing in elementary classrooms: A critical review of related literature", *Review of Educational Research*, 61, 107-155.

Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). "Levels of processing: A framework for memory research", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.

Daiute, C. (1985). *Writing and computers*. Reading, MA: Addison-Wesley. (1986, May). "Physical and cognitive factors in revision: Insights from studying with computers", *Research in the Teaching of English*, 20, 141-159.

Evans, R., Honda, M., & Carey, S. (1988). *Do theories grow on trees?* Unpublished manuscript, Harvard Graduate School of Education, Educational Technology Center, Cambridge, MA.

Fischer, K. W. (1980). "A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills", *Psychological Review*, 87 (6), 477-531.

- Gentner, D., & Stevens, A. L. (Eds.). (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gruber, H. (1974). *Darwin on man: A psychological study of scientific creativity*. New York: Dutton.
- Halford, G. (1982). *The development of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Harel, L. (1991). *Children designers*. Norwood, NJ: Ablex.
- Hasselbring, T., Goin, L., & Bransford, J. (1988). "Developing math automaticity in learning handicapped children: The role of computerized drill and practice", *Focus on Exceptional Children* 20 (6), 1-7.
- Higbee, K. L. (1977). *Your memory: How it works and how to improve it*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Jones, B. E., Pierce, J., & Hunter, B. (1988-9). "Teaching students to construct graphic representations", *Educational Leadership*, 46 (4), 20-25.
- Lepper, M., Aspinwall, L., Mumme, D., & Chabay, R. (1990). "Self-perception and social perception in tutoring: Subtle social control strategies of expert tutors", in J. M. Olson & M. P. Zanna (Eds.), *Self-inference processes: The Ontario Symposium* (Vol. 6, pp. 217-237). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mayer, R. E. (1989). "Models for understanding", *Review of Educational Research*, 59, 43-64.
- McTighe, J., & Lyman, F. T. (1988). "Cueing thinking in the classroom: The promise of theory embedded tools", *Educational Leadership*, 45 (7), 18-24.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Olson, D. R., & Astington, J. W. (1990). "Talking about text: How literacy contributes to thought", *Journal of Pragmatics*, 14 (15), 557-573.
- Olson, D. R., & Babu, N. (in press), "Critical thinking as critical discourse", in S. P. Norris & L. M. Phillips (Eds.), *Foundations of literacy policy in Canada*. Calgary: Detselig.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Pea, R. D., & Kurland, D. M. (1984a). "On the cognitive effects of learning computer programming", *New Ideas in Psychology*, 2 (2), 137-168.
- Pea, R. D. & Kurland, D. M., (1984b). *Logo programming and the development of planning skills* (Rep. No. 16). New York: Bank Street College.
- Perfetto, G. A., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1983). "Constraints on access in a problem solving context", *Memory & Cognition*, 11 (1) 24-31.
- Perkins, D. N. (1981). *The mind's best work*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Perkins, D. N., (1985). "The fingertip effect: How information-processing technology changes thinking", *Educational Researcher* 14 (7), 11-17.
- Perkins, D. N., Crismond, D., Simmons, R., & Unger, C. (in press) "Inside understanding", in D. N.
- Perkins, J. Schwartz, M. M. West, & M. S. Wiske (Eds.), *Teaching for understanding in the age of technology*. New York: Teachers College Press.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1988). "Teaching for transfer", *Educational Leadership*, 46 (1), 22-32.
- Perkins, D. N., & Simmons, R. (1988). "Patterns of misunderstanding: An integrative model of misconceptions in science, mathematics, and programming", *Review of Educational Research*, 58 (3), 303-326.
- Perkins, D. N., & Unger, C. (1989, June). *The new look in representations for mathematics and science learning*. Paper presented at the Social

Science Research Council conference "Computers and Learning", Tortola, British Virgin Islands.

Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning* (2 vols.). Princeton, No: Princeton University Press.

Polya, G., (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2d ed.). Garden City, NY: Doubleday.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change", *Science Education*, 66 (2), 211 -227.

Pressley, M., Wood, E., & Woloshyn, V. (1990). "Elaborative interrogation and facilitation of fact learning: Why having a knowledge base is one thing and using it is quite another", in W. Schneider & F. W. Weinert (Eds.), *Interactions among aptitudes, strategy, & knowledge in cognitive performance* (pp. 200-21). New York: Springer.

Salomon, G. (1979). *Interaction of media, cognition, and learning*. San Francisco: Jossey-Bass.

Salomon, G., & Perkins, D. N. (1987). "Transfer of cognitive skills from programming: When and how?", *Journal of Educational Computing Research*, 3, 149-169.

Salomon, G. & Perkins, D. N., (1989). "Roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon", *Educational Psychologist*, 24 (2), 113-142.

Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991). "Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies", *Educational Researcher*, 20, 2-9.

Schoenfeld, A. H. (1982). "Measures of problem-solving performance and of problem-solving instruction", *Journal for Research in Mathematics Education*, 13 (1), 31-49.

Schoenfeld, A. D., (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.

Schwab, J. (1978). *Science, curriculum and liberal education: Selected essays* (I. Westbury & N. J. Wilkof, Eds.). Chicago: University of Chicago Press.

Schwartz, J. L., & Yerushalmy, M. (1987). "The Geometric Supposer: Using microcomputers to restore invention to the learning of mathematics", in D. N. Perkins, J. Lochhead, & J. Bishop (Eds.), *Thinking: Proceedings of the second international conference* (pp. 525-236). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Sherwood, R. D., Kinzer, C. K., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1987). "Some benefits of creating macro-contexts for science instruction: Initial findings", *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 417-435.

Strike, K., & Posner, G. (1985). "A conceptual change view of learning and understanding", in L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-232). New York: Academic Press.

Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press.

Tweeney, R. D. (1985). "Faraday's discovery of induction: A cognitive approach", in D. Gooding & F. James (Eds.), *Faraday rediscovered: Essays on the life and work of Michael Faraday, 1791-1867*. New York: Stockton Press.

Tweeney, R. D., (1992). "How Faraday invented the field", in R. Weber & D. N. Perkins (Eds.), *Inventive minds*. New York: Oxford University Press.

Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press; New York: Wiley.

Vygotsky, L. S., (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.