

ממאגרי מידע ללמידה

יהושפט גבעון
מכללת בית-ברל
ריקי רימור
אוניברסיטת בן-גוריון

תקציר. במאמר זה אנו מתייחסים בעיקר למאגרי מידע ממוחשבים המשמשים כמקורות של נתונים לצורכי למידה. אנו סוקרים במאמר מספר בעיות מהותיות, המתעוררות בשימוש הלימודי במאגרים האלה עקב תכונותיהם הייחודיות.

מלבד המגבלות הנובעות בהכרח מהיותם ממוחשבים, יש למאגרים גם תכונות ייחודיות הנובעות משיטות ההרכבה שלהן. שיטות הרכבה אלה מבוססות על ידע הלקוח מתחום המחשוב המנהלי - בבניית מסדי נתונים, ומתחום המידענות הקלסית - בבניית קטלוגים. תכונות אלה שמות מכשולים בדרך של הלומדים, בפרט אלה שאינם מודעים כל צורכם למבנה הייחודי של המסדים ולמגבלות שמבנה זה מכתוב על המשתמשים בהם למטרות לימודיות.

אנו מסיימים את המאמר בהגדרת הידע הנדרש, לדעתנו, מן התלמידים ומן המורים, כדי להעמיד משתמשים מיומנים, בעלי בגרות ואוטונומיה מחשבתית, היודעים לנצל את מערכות המידע המופעלות בסביבות החדשות, בבית הספר ובחברה, לצורכיהם. מדובר באוריינות חדשה, שהיא מקיפה יותר מאשר מידענות, בשל הידע הנדרש באינפורמטיקה כדי ליישם אותה. אוריינות זו נחוצה, כמו האוריינות הישנה, להתמודדות נבונה ועדכנית עם מערכות המידע של החברה.

מילות מפתח: מאגרי מידע, מערכות מידע, אוריינות חדשה, בניית ידע

היציאה לדרך

למרות כל היבורים על "אוטוטרדת המידע", השימושים הלימודיים במאגרי מידע הם עדיין "ארץ לא נודעת", שחוקרים רבים מנסים לעמוד על מהותה ועל טיבה (ראו, למשל,

1993; Newman, Jonassen, 2000). משמעות הדבר היא שכאשר אנו מפגישים את תלמידינו עם מאגרי המידע, אנו שולחים אותם למסעות חקר בנתיבים שלא סומנו עדיין היטב בידי אנשי חינוך מנוסים. הידע שהצטבר בידי החוקרים ואנשי החינוך בתחומים הקרובים לשטח זה מצביע על מהמורות, הנמצאות בדרכם של הלומדים המשוטטים במסלולי החיפוש במאגרים שונים. מטרתנו במאמר הזה היא להציב מספר תמרורים שיאפשרו ללומדים שלא להתקל במהמורות אלה, או לעקוף אותן אם ייתקלו בהן. במאמר זה אנו מתייחסים בעיקר למאגרי מידע הבנויים באופן שיטתי ומכוון לשם שימוש כמקורות נתונים לצורכי למידה אולם כל טיעונינו חלים גם על הניסיונות להשתמש באינטרנט כמקור לנתונים שכאלה.

התמרוך הבסיסי: נתונים אינם מספקים מידע באופן אוטומטי

נהוג היום, בארצנו ואף בארצות אחרות, שלא להבחין בין נתונים למידע. מכאן גם המונח "מאגר מידע", המשמש בארצנו, בעוד שהמונח הנהוג בעולם הוא דווקא "מסד נתונים". אם אין הבדל בין נתונים למידע, אז כל מסד נתונים הוא מסד מידע, וכל מה שנמצא במחשב, בכל תהליך של עיבוד נתונים, הוא מידע.

נוכח, בהקשר זה, שתי עובדות פשוטות המוכרות לבעלי המקצוע בתחום המידע:

- לא כל נתון מספק מידע.

- דרוש תהליך קוגניטיבי כדי שנתון יספק מידע.

עובדות אלו מוכרות היטב לעוסקים באוריינות, בהקשר הבנת הנקרא ובהקשר החשיבה (למשל: Olson, 1986), ומן הראוי שהן יקבלו את המשמעות האופרטיבית הכללית שלהן גם בתחום השימוש ב"מאגרי מידע".

ראשית, חשוב לציין כי אנו משתמשים במונח "נתונים", שהוא מונח מקצועי המשמש במשמעות מוגדרת בתחום האינפורמטיקה (דהיינו, במכלול של העיסוקים המקצועיים בטכנולוגיות המידע הדיגיטליות). הכוונה לתבניות, המורכבות בדרכים סופיות, מאוסף נתון-מראש של רכיבים סופיים, לפי כללים שיש להם הגדרה תחברית טכנית (בעצם, אלגוריתמית). התבניות לייצוג מספרים בעזרת השיטה העשרונית היא אחת הדוגמאות לנתונים. גם רוב הטקסטים המילוליים הכתובים הם נתונים.

במערכות הממוחשבות יש אך ורק נתונים. הם משמשים לייצוג של תכנים מסוגים שונים, וכמו בשימוש בטקסטים הכתובים, המילים הכתובות, כנתונים, אינן זהות לתוכן המיוצג בהן (המידע). לכן, ההבחנה בין הצורה המוצגת בטקסט, או בנתונים, לבין המשמעות והתוכן המיוצגים באמצעותם, היא הבחנה בסיסית וחיונית - לחינוך, לאוריינות ולאנפורמטיקה.

העובדה שלא כל נתון מספק מידע מומחשת במהתלה שתיאר דאגלאס אדאמס בספרו "המסעדה שבסוף היקום" (Adams, 1980): מחשב ענק סיפק, אחרי מיליוני שנים של עיבוד נתונים, את "42" כפלט, לאחר ששכחו כבר מה הייתה השאלה. הרי לכם נתון. אך מה המידע שהוא מספק?

העוסקים בשימוש המנהלי במערכות נתונים טוענים שנתון הופך למידע ברגע שהוא מספק תשובה לשאלה. לדוגמה, באחד הספרים הנפוצים ביותר בארצנו ללימוד מערכות המידע הממוחשבות נמצא את ההגדרה הבאה: "מידע אלה הם הנתונים שעובדו והם בעלי משמעות למשתמש" (בורוביץ' ואחרים, 1984, עמ' 11). בספר אחר, העוסק כולו בבעיית מיצוי מידע מנתונים, נמצא פרק שלם המוקדש לבלבול שבין נתונים ומידע (גולדרט, 1991). כך גם נמצא, בספר נפוץ מאוד באירופה ללימוד נושא עיבוד הנתונים האלקטרוני, פרק על נתונים ומידע המסביר בקפידה את ההבדל שביניהם, ובו פיסקה שכותרתה "נתונים אינם מידע", ופסקה אחרת מתחילה בטענה כי נתונים הם רק רכיבים של מידע. "נתון הוא בעל משמעות רק אם, יחד עם ערכו המספרי או המילולי, אנו מייחסים לו הקשר משמעותי..." (Becker et al., 1989, pp. 30-31) אז מהו המידע הטמון בנתון "42"?

בעניין זה, אנשי האוריינות מסכימים במפורש עם אנשי האינפורמטיקה המנהלית וטוענים שתוכן של נתון הוא יצירה קוגניטיבית של הקורא. משמע, יש מרחק בין הנתונים לבין המידע שהם מייצגים, ומרחק זה יש לעבור בעזרת תהליכים קוגניטיביים: תפיסת הקשר, קריאה, פרשנות, ייחוס משמעות, הבנה, וכדומה.

ההבחנה בין נתונים לבין מידע יכולה לשמש בסיס לעיונים פילוסופיים מרחיקי לכת. נסתפק כאן בציון העובדה שבקרב האוכלוסייה הרגילה קיימת בעיה קטנה יחסית בהוראת מערכת הסימנים המשמשת לכתיבה ולקריאה, בהשוואה להוראה של הבנת הנקרא. ההבדל בין התהליכים הנדרשים לזיהוי נתונים והתהליכים הנדרשים להפקת מידע, למרות ששניהם מקבלים את המימוש הפיסיקלי של הנתונים כנקודת מוצא, מעיד חד-משמעית שעלינו להבחין היטב בין שלושה מישורי קיום של המהויות שבהן עוסקת האוריינות: מישור ההרכב הפיסי, מישור ההרכב הסמלי ומישור ההרכב התוכני של הטקסטים כמייצגי תכנים. במהויות אלה עוסקים גם המשתמשים ב"מאגרי מידע": במישור הפיסיקלי שבו הנתונים ממומשים (דיו על נייר, צבע על לוח הכיתה, ריצודים אלקטרו-אופטיים על צג, מצבים אלקטרו-מגנטיים של דיסקים מסוגים שונים, מצבים קוונטיים של המחשבים של המאה ה-21, וכיוצא בזה); במישור של המוסכמות הנוגעות לתבניות הפורמליות של הנתונים; ובמישור הקוגניטיבי/סובייקטיבי של המידע. יש להקדים, על כן, לטענה שלא כל נתון מספק מידע - טענה בסיסית יותר, שנציב

אותה כתמרור הראשון שיש לתת עליו את הדעת בכל עיסוק במערכות ממוחשבות, מקומיות ומבוזרות, ישנות כחדשות:

תמרור 1

אין לזהות נתונים עם מידע

האמת שבטענה זו אינה משתנה גם כאשר הנתונים הם פלט של מערכת מידע ממוחשבת כלשהי. לכן, בהקשר השימוש במאגרי מידע, התמרור הזה פירושו שעל המשתמשים במאגרי מידע להיות מודעים היטב לכך שמה שמתקבל ממאגר הוא רק נתונים. "מאגר מידע" אינו מספק אפוא מידע למשתמש, כי יש צורך בביצוע תהליכים קוגניטיביים שפלט של מאגר יהפוך למידע לגבי המשתמש.

ניטיב, על כן, אנו, העוסקים בשימושים הלימודיים של "מאגרי המידע" או האינטרנט, אם נשתמש במונח מאגרי נתונים כדי לציין מערכות ממוחשבות, המסייעות אכן בהפקה של מידע. נעשה זאת לא רק למען הדיוק אלא גם כדי לא להטעות ולא להתעלם מן הבעיה העיקרית והקלסית בשימוש בנתונים לצורכי למידה, שלא נפתרה על-ידי השימוש במחשבים בימינו. בעיה זו נובעת מן המרחק המהותי המשתרע בין מוסכמות פורמליות חד-משמעיות, המגדירות את הנתונים, לבין התכנים - בין "קונפקציה" לבין יצירה אישית וייחודית של תוכן ומשמעות.

כל מה שנאמר בהמשך המאמר הזה, כל התמרורים שנציב על-מנת לעזור למי שחפץ להגיע ממאגרי מידע ללמידה, מהווים, למעשה, פירוט והעמקה של היבט זה או אחר של התמרור הראשון.

תמרורים ישנים הנובעים מתכונות המיחשוב

במאמרים קודמים שנכתבו בנושא זה (גבעון, 1995 ; 1996), צוינו הקשיים העקרוניים בשימוש במאגרי מידע, הנובעים מתכונות מאגרי המידע ומהתכונות של תהליכי איתור הנתונים, מנקודת המבט של מדעי המחשב. קשיים אלה מסתכמים בפסוקים הבאים:

תמרור 2

חיפוש במאגר ממוחשב של טקסטים, לפי המילים המופיעות בטקסטים, יכול לספק תוצאות שגויות, משום שאין קשר לוגי בין הופעה של ביטוי כלשהו במסמך לבין היות תוכנו של הביטוי חלק מהותי מתוכן המסמך.

לדוגמה, מאמרים במתמטיקה אינם מכילים בדרך כלל את המילה "מתמטיקה", ומאמרים שבהם מילה זו מופיעה אינם בהכרח בעלי תוכן מתמטי. כך גם מאמרים

בפיסיקה אינם מכילים בדרך כלל את המילה "פיסיקה". לכן, מי שמחפש מקורות המכילים נתונים על מידע מתמטי וישתמש במילה "מתמטיקה" לצורך החיפוש, יתאכזב קשות. הדבר בולט גם בחיפוש מסמכים העוסקים בנושא כגון הפקסימיליה, בעיקר במאגרים אקראיים מסוג האינטרנט. שהרי המילה "פקסימיליה" (בכל אחת מצורות הופעתה) תתגלה במיליוני אתרים עסקיים שאין להם כל נגיעה תוכנית לנושא הפקסימיליה. ככלל, לא ידועה אף לא שיטה אמינה אחת לקביעת תוכנו של טקסט באמצעות פסוקים המתייחסים אך ורק למילים הספציפיות המופיעות בטקסט.

מי שסובר שעל-ידי הוספת מילות מפתח "נכונות" אפשר לפתור את הקושי הקודם, צריך להבין מה שידוע כל מידען מקצועי שעובד בספרייה אקדמית: ככלל, לא ידועה אף לא שיטה אמינה אחת, וכנראה גם לא ייתכן שתהיה, לקביעת תוכנו של טקסט באמצעות פסוקים המתייחסים אך ורק אל המילים הספציפיות המופיעות בטקסט או המצורפות אליו. אילו הייתה ידועה שיטה כזו, אפשר היה לתכנת אותה ולהציב בספריות עמדות מחשב, במקום יועצי-מידענות...

הטענה הבאה מכלילה את קודמתה וחושפת את הקושי בשימוש במאגרי נתונים למטרות למידה, בהרחבה נוספת:

תמרור 3

החיפוש במאגרים ממוחשבים מתנהל באמצעות תהליכים המוגבלים מעצם מהותם, בשל היותם תהליכים אוטומטיים ממוחשבים.

התהליכים האוטומטיים הממוחשבים מאופיינים היטב (במדעי המחשב) ומוגדרים כתהליכים אלגוריתמיים. לתהליכים אלה יש תכונות הנובעות ממהות פעולת המחשב בביצוע עיבוד נתונים. התהליכים האלגוריתמיים הם תהליכים המתייחסים אך ורק לתכונות צורניות של נתונים. מעובדה זו נובעות (בדרך שהתגלתה עוד בשנות ה-30 של המאה הקודמת) מגבלות עקרוניות של תהליכי המיחשוב.

לדוגמה, מה שגילו כבר גדל (delG) ב-1931 וטיורינג (Turing) ב-1936 היה שלא ניתן לבדוק באמצעות כל אלגוריתם שהוא, אם טקסט נתון מכיל שגיאה לוגית, כגון סתירה או לולאה אינסופית של קשרים לוגיים. נשים לב שלא מדובר במגבלות מן הסוג "המחשב לא מסוגל לחוש ברגשות", שאינן רלבנטיות לשימוש במאגרי נתונים. מדובר במשימה הנוגעת אך ורק ללוגיקה של טקסט, ולוגיקה, מאז עבודותיו הראשוניות של אריסטו, מתייחסת רק לצורה החיצונית של הנתונים המרכיבים את הטקסט. המשימה של בדיקת טקסט על-מנת לקבוע אם נפלה בו שגיאה לוגית, למשל, היא מוגדרת היטב, ובכל זאת איננה ניתנת לביצוע באמצעות תהליך בר-מחשוב. כלומר, גם אם בעיה מתייחסת אך

ורק לצורתם החיצונית של נתונים, וגם אם היא מוגדרת היטב, וגם אם פתרונה ניתן להגדרה מלאה ומדויקת, וגם אם הפתרון קיים, כל זה אינו מבטיח שקיים תהליך אלגוריתמי לביצוע תהליך גילוי הפתרון.

מגבלות התהליכים האלגוריתמיים פירושם השימוש במאגרי נתונים חייב להתנהל בדרך לא פורמלית. פירושו של דבר שחיפוש הפריטים והשימוש בהם חייבים להתנהל על-ידי התלמיד עצמו, כדי לקבל בעזרתם תשובות משמעותיות לשאלות חקר. באוריינות הקלסית פותחו דרכים לא פורמליות של התמודדות עם נתונים הכתיבה והקריאה, ובתחומים אחרים, לגבי פעולות דומות על סוגים אחרים של מכלולי נתונים. כל הניסיון שהצטבר בתחומים אלה מצביע על כך שמחשובם של תהליכי איתור הנתונים לא יפתור את הבעיה של איתור נתונים בעלי משמעות ללומד אלא בדרכים שתשולב בהן תבונה אנושית, תוך כדי למידה ממושכת מן הניסיון. תפקידו המשמעותי של ידע קודם התגלה במחקרים שעקבו אחר התלמידים במהלך שימוש במסדי נתונים. התברר שידע קודם הוא תנאי הכרחי לחיפוש נכון אחר הנתונים עצמם (Downes, 1995).
התמרור הבא מדגיש עוד יותר את מגבלות השימוש במאגרי נתונים:

תמרור 4

מאגרי הנתונים הממוחשבים, בהיותם ממוחשבים, יורשים את כל מגבלות המחשוב. אולם שפות החיפוש או התשאול של מאגרי הנתונים מאפשרות חיפוש נתונים באמצעות תהליכים המוגבלים עוד יותר, מכיון שהם מוגבלים לקבוצה מצומצמת מאוד של תהליכים אלגוריתמיים.

רוב מאגרי הנתונים אינם מנצלים אפילו בשפות התשאול שלהם את מלוא האפשרויות של האלגברה הבוליאנית. האלגברה הבוליאנית מוגדרת באמצעות הפעולות הלוגיות של AND של OR ושל NOT. גם אם נוסיף לה תוספות המאפשרות חיפושים המוגדרים על-ידי מרחק בין מילים (למשל, באמצעות היחס NEAR) וכדומה, עדיין היא לא תהיה שקולה בעוצמתה למלוא האפשרויות הגלומות בתהליכים האלגוריתמיים. כלומר, שפות התשאול הנפוצות אינן מאפשרות ניצול מרבי של המחשב לצורכי תהליכי חיפוש של פריטים במאגרי נתונים.

צריך להבין גם שאין טעם לבנות למאגרי נתונים שפות תשאול חזקות יותר מדי, מכיוון שככל שעוצמת שפת התשאול תהיה רבה יותר, כך תהיה שפת התשאול דומה יותר לשפת תכנות. כי רק תכנות בשפת תכנות שלמה מאפשר את ניצול מלוא הפוטנציאל של המחשב. ואין שפות תכנות פשוטות, מכיון שמכלול האלגוריתמים איננו מכלול פשוט.

חשוב לציין כי מאגרי הנתונים הציבוריים ברשת האינטרנט, המוכרים לקהל בשם השיווקי "מגועי חיפוש", עוברים בימים אלה תהפוכות, הרלבנטיות לנו בהקשר הזה. מלבד התמסחרותם והפיכתם ל"שערי מסחר" ול"קניונים וירטואליים", גם שפות התשואל שלהם איבדו מכוון המקורי עקב הימנעותן מהסתבכות בתהליכי חיפוש מתוחכמים. כל מי שמשתמש בשפות אלה יודע ששימוש בשאילתות מורכבות אינו משפיע על תהליך החיפוש. קשה, על כן, להשתמש במאגרי הנתונים הציבוריים כמקורות יעילים לחיפוש נתוני מידע אקדמי מקצועי.

אם הקורא יסבור שעל ידי הגדרה מדויקת ומפורטת של התוכן המבוקש יוכל המשתמש במאגרי הנתונים להתגבר על המגבלות הללו, הרי שעדיין צפויה בפני המשתמש מהמורה נוספת.

תמרור 5

לא ניתן לעקוף את המגבלות האלה בעזרת תחבולות או על-ידי פיתוחים טכנולוגיים מתוחכמים.

אפשר היה אולי להעלות על הדעת את הרעיון הבא: נניח שהיה בידי הלומד תיאור מפורט של התוכן שהוא מבקש לאתר במאגר. האם לא ניתן לבצע, באמצעות מחשב מהיר ביותר, בדיקה העוברת על פני כל הטקסטים הנכללים במאגר, אחד-אחד, ומשווה את תוכן הטקסט עם תוכן התיאור שבידי הלומד? מן המגבלות העקרוניות הידועות במדעי המחשב לגבי התהליכים האלגוריתמיים ניתן להסיק, חד-משמעית, שלא יכול להיות אלגוריתם כללי המאפשר השוואה בין תכנים של שני טקסטים כלשהם. כלומר, לא קיימת, ולא יכולה להיות קיימת, שיטה כללית לבדיקה אם טקסט אחד דומה בתוכנו לטקסט שני. זאת דוגמה נוספת למגבלות הלוגיות של התהליכים האלגוריתמיים. עובדה זו מחזקת את חיוניות ההבחנה שבין נתונים למידע.

מחפש הטקסטים אמנם אינו נזקק לשיטה כללית שצריכה לחול על מכלולים שלמים של טקסטים, אלא לשיטה המאפשרת איתור טקסטים בעלי תכנים מתחום תוכן מסוים. מכל מקום, המגבלה הלוגית הזאת של התהליכים האלגוריתמיים מלמדת אותנו שבעיית איתור הטקסטים הממוחשב היא בעיה מורכבת בגלל מהות המחשוב ובגלל המגבלות הלוגיות של המחשוב.

יש המנסים לעזור ללומדים ומציעים להם מיפויים מוכנים מראש של מונחים שונים הרלבנטיים במשמעותם לנושא הנלמד. כל עוד מיפויים אלה מוכנים מראש ונקבעים למעשה על ידי תהליכים אלגוריתמיים (למשל, אם הם קבועים), אין ביכולתם להתגבר על המגבלה הבסיסית הבאה לידי ביטוי בתמרורים שצינו. "מפת מושגים" וקישורים

היפר-טקסטואליים אינם אלא תוספות של טקסטים המורכבים מנתונים, ולכן אינם יכולים לפתור את בעיית המרחק העקרוני שבין נתונים למידע, בין סמלים לתוכן. ממגבלה זו ניתן להסיק כמה מסקנות הרלבנטיות לשימוש במאגרי נתונים ולמידה בכלל. למשל, מעצם העובדה שלא ניתן להשתמש באלגוריתמים להשוואת טקסטים נובע גם שלא ניתן לבצע השוואות בין פריטים המתקבלים מן המאגר באמצעות אלגוריתמים. משמע, גם פעולת המידה, המתבצעת כלמידת חקר על פריטי מאגר כנתונים, איננה יכולה להסתמך יותר מדי על המחשב.

יש הסוברים שעשויה להיות התקדמות בשדה המחשוב, שתפרוץ את המגבלות הללו. אך עלינו להבין כי מגבלות לוגיות פירושן מגבלות שלא ניתן להתגבר עליהן אלא על ידי חריגה משמעותית מהנחות יסוד מסוימות. הנחות היסוד, שעליהן מבוססות ההוכחות לקיומן של המגבלות הללו, הן ההנחות המגדירות את מושג המחשוב והקובעות את התבניות שלפיהן נבנים המחשבים בכל טכנולוגיית חומרה אפשרית כיום ובעתיד הצפוי (היליס, 2000). למשל, ההתפתחויות המדהימות הצפויות בקרוב בפיתוח חומרה חדשה למחשבים, המבוססת על הפיסיקה החדשה ביותר (התורה הקוונטית של האור), עדיין יהיו מוגדרות בתחום הנחות היסוד של טיורינג ואחרים לפני למעלה מ-60 שנה (Turing 1936; G, 1931, el). כמובן שייטכן, עקרונית, שינוי מהפכני בהנחות אלה. כל עוד שינוי זה לא יתרחש, כל המגבלות הללו שרירות וקיימות. כאשר זה יקרה, ירעשו אמות הסיפים של הטכנולוגיה הדיגיטלית. ואם זה יקרה, זה יהיה רק פרי מחקר טכנולוגי המשלב מתמטיקה עם פיסיקה, שיביא לפריצת דרך מדהימה בתפיסתה של מהות המחשוב הממוכן.

כמובן שניתן לעקוף את המגבלות הלוגיות האלה על ידי כניעה לטכנולוגיה, או, בלשון פחות בוטה, בשיטת הרשליה מאוסטרופולי: אם הטכנולוגיה מטילה אור במקום אחר, נחפש את מה שנמצא בשטח המואר. אפשר להסתפק בטקסטים פשוטים כל כך, שתוכניהם מפורשים בהם בצורה סכמטית. ניתן אכן להרכיב מאגרי נתונים המאפשרים איתור של טקסטים פשוטים כאלה, בדרכים יעילות, ובטקסטים כאלה בלבד נשתמש בסביבות המידה. ניתן להרכיב מאגרי נתונים שיספקו רק תשובות מפורשות לשאלות הנדרשות בלמידת חקר. דרך אגב, האינפורמטיקה המנהלית נקטה בדרך דומה, שהייתה טבעית לה, בשימוש במסדי נתונים לצורך ייצוג של מידע מנהלי. מסדי נתונים הם מאגרים של טקסטים בעלי מבנה פשוט ביותר ואופן איתור הטקסטים הפשטניים האלה הוא פועל יוצא של המבנה הזה. אנו נחזור ונתייחס אל המבנה הזה של מסדי הנתונים המנהליים בפרק הבא.

תמרורים נוספים: תשומת לב לתכונות מסדי הנתונים כאמצעי למידה

מסתבר שעלינו להציב תמרוזים נוספים בדרך המובילה לשימוש לימודי במאגרי הנתונים. אנו סוברים כי קיים צורך במודעות מפורשת ומפורטת למאפייניהם הספציפיים ולמגבלותיהם של מאגרי הנתונים ככלים ללמידה משמעותית בסביבות למידה אקדמיות, מגבלות הנובעות, קודם כל, מן התכונות המבניות של מאגרי הנתונים.

תמרוז 6

המבנה המקובל של מאגרי הנתונים אינו תואם את ייעודו כאמצעי ללמידת תכנים. מאגרי הנתונים הנפוצים המוכנסים לבתי הספר מעובדים כספריות של מקורות המיועדים לספק תשובות מפורשות ופשוטות לשאלות מסוג מצומצם וקבוע מראש, בשיטה המבוססת על תפיסה צרה של היחסים שבין תחומי הדעת.

מאגרי הנתונים בנויים על טכנולוגיות מסדי הנתונים שהן טכנולוגיות ממוסדות ובדוקות להספקת מידע מוגמר, למתן תשובות מפורשות לשאלות אדמיניסטרטיביות המוגדרות מראש על סמך נהלי עבודה קבועים. הטכנולוגיה של מאגרי הנתונים האלה נסמכת על יציבות של תהליכי המידע, שהיתה משמעותית במאה הקודמת בדרכי השימוש בנתונים בארגוני עסקים רבים. קשה, על כן, לקבל אפשרות של שימוש ישיר בטכנולוגיות שכאלה לשם קבלת תשובות לשאלות חקירה בלתי צפויות ויצירתיות. יש הנוטים לפסול את השימוש בספרי לימוד, משום שתוכניהם מעובדים במיוחד למטרות למידה. ספרי לימוד, בדרך כלל, מלעיטים את הלומדים בתכנים מוכנים ולכן אינם יכולים לשמש כמקורות ללמידה בדרך החקר. והנה, בהכנסת מאגרי הנתונים לסביבות הלמידה אנו מביאים בפני הלומדים מקורות המאורגנים וממוינים כמו הפרטים שבספרי טלפונים משוכללים. מאגרים כאלה, ללא תוספת והרחבה, אינם יכולים לתפקד בשום דרך ואופן כסביבה הפתוחה לחקירה ולעיון, שלא לדבר על למידה בדרך ההבניה.

במאמר קודם (גבעון, 1995) צוינה כבר העובדה שמאגרי הנתונים בנויים, למעשה, על צירוף של שתי טכנולוגיות, מנהלית וספרנית. הטכנולוגיה המנהלית סיפקה את מסדי הנתונים, ואילו הטכנולוגיה הספרנית את הקטלוגים לאיתור כותרים בספרייה.

הטכנולוגיה הספרנית היא שסיפקה את שיטות המפתוח שפותחו לצורך איתור ספרים בספריות. המשתמש בקטלוג ממוחשב של ספרייה אינו אמור להתעניין בתגובות הקטלוג באמצעות שאלות חקר, אלא בהזמנת הספרים או באיתורם הפיסי במדפי הספרייה.

שיטות המפתוח השכיחות בספריות מבוססות על חלוקה היררכית של הכותרים בספרייה. חלוקה זו מבוססת על תפיסת תחומי הדעת כדיסציפלינות נפרדות ונבדלות. טכנולוגיית המפתוח הספרנית אינה מבטאת קשרים בין תכנים ודיסציפלינות, מעבר לקשרים ההיררכיים של יחסי השייכות בתוך הדיסציפלינה עצמה, כי מטרתה היא איתור

הכותרים. לפי תפיסה זו, למשל, לכל כותר יש מקום אחד ויחיד בספרייה ויש דרך אחת ויחידה לאפיין את מקומו בה. עובדה זו אינה תואמת את רוח הלמידה והמחקר, שכן השאיפה במחקר היא למצוא קשרים חדשים בין פריטי מידע ולגלות אופני הסתכלות חדשים עליהם.

כאמור לעיל, גם הטכנולוגיה המנהלית המסורתית של מסדי הנתונים בנויה על תפיסה הרחוקה מהתייחסות מחקרית ויצירתית לתוכן נתון. היא בנויה על תפיסת מוגדרת של ארגון המידע כניתן לעריכה, למיצוי ולייצוג בכרטיסיות ("רשומות"), המכילות תשובות פשוטות ומנוסחות מראש לשאלות קבועות. מסד נתונים, לפי טכנולוגיה זו, מבוסס על כך שכל פריטיו יאופיינו על-ידי קבוצה קבועה של שאלות ("שדות"). תפיסה זו אינה מתאימה לרוב התכנים המעניינים אותנו כתוכני למידה, אפילו בתוכניות הלימודים השמרניות ביותר.

למשל, המידע הנדרש לזיהוי צמחים (כמו ב"מגדיר צמחים") אינו מתאים לעריכה בתבנית של מסד נתונים, מכיון שהתשובות שמגדיר צמחים בנוי עליהן מוגדרות כסדרות של תשובות לסדרות של שאלות התלויות בתשובות הקודמות בסדרה. למשל, אם תהליך ההגדרה מתחיל בהתבוננות בעלה, והתשובה לשאלה בדבר צורת העלה או מבנהו מרמזת על היות הצמח שָׂרָך, אין מקום לשאלה בדבר עונת הפריחה או בדבר מספר עלי הכותרת של הפרח של הצמח הנבדק. מן הראוי לציין כי גם מגדיר צמחים הוא, מעצם עיצובו, מאגר נתונים שאינו מיועד לשמש כמקור מידע ללמידת חקר בנושא הצמח.

ההנחה המפורשת כאן היא שבלמידת חקר, המסתייעת במאגרי נתונים, אנו מתכוונים לתהליך למידה הכולל עיון בקבוצות של נתונים שאינן מוכרות ללומד, ובדיקת קשרים אפשריים והמשתמע מהם. תלמיד, שאינו מתנסה בתהליך זה מול מאגרי הנתונים, נותר עם נתונים בלבד, ללא יצירה של מידע, שלא לדבר על בנייה של ידע הקשור לנתונים אלה (סלומון, 2000). יתרה מזו: חלקים ניכרים מתוכני הידע הנלמדים בבית הספר מוקנים באמצעות פעולות שאינן פעולות על נתונים: באמצעות תצפיות בתופעות טבע ממשיות, באמצעות שימוש במכשירים שונים ובאמצעות ביצוע פעולות פיסיות אחרות במציאות הממשית של תחום הדעת הנלמד. ללא כל הקישורים האלה, בין הנתונים לבין עצמם ובין הנתונים המופקים מן הפעולות הממשיות הללו, אין לדבר על ידע, או על בנייה אישית של ידע ברוב תחומי הדעת הנלמדים. אפילו במתמטיקה, העוסקת אך ורק בנתונים, למידת החקר ביחס לתוכניה אינה יכולה להצטמצם למציאת נתונים, ולו רק באצטלה של חיפוש במקורות, לדיון עליהם ולסיכום הדיון והצגתו.

מרבית התכנים הנלמדים בבית הספר, ובוודאי אותם תכנים שהם חוצי דיסציפלינות, אינם ניתנים לכיסוי תקף באמצעות קבוצה של פריטים המאופיינים באמצעות קבוצת

שאלות קבועה ואחידה לכולם. ואולם, זהו התנאי למבנה יעיל של מסד נתונים. כלומר, התכנים המתאימים לטיפול באמצעות מסד נתונים, חייבים להיות כאלה שקיימת עבורם קבוצה קבועה של שאלות, כך שעבור כל פריט של תוכן ועבור כל שאלה, ככלל, יש למעשה תשובה לגביו. אם נפרוש את רשימת הפריטים מחד, ואת רשימת השאלות מאידך, נקבל טבלה שבה כל משבצת מהווה מקום לתשובה לשאלה אחת ביחס לפריט אחד. תוכן מתאים למסד נתונים כאשר אפשר למלא את הטבלה הזו, כמעט כולה בתשובות. יחד עם זאת, חשוב לנו שהשאלות תהיינה בעלות משמעות הקשורה למכלול התכנים, לנושא המאחד את הפריטים במאגר. קשה למלא שתי דרישות אלה ביחס למרבית התכנים הנלמדים בבית הספר, או בכל מוסד אקדמי שהוא.

אי התאמה זו, בין אופי המבנה של מסדי הנתונים לבין התכנים הנלמדים, מתגלה באופן ברור בסיטואציות שבהן אנשי חינוך, הלומדים את נושא הרכבת מסדי נתונים, מתבקשים לבחור בתוכן כלשהו על-מנת לארגן אותו במסד נתונים. ברוב המקרים הם יבחרו בתוכן ובקישור עם שאלות שאינם מסתדרים היטב עם התבנית הטבלאית הבסיסית של מסדי הנתונים. זהו ניסיון שכיח מאוד, כפי שכל מורה לתרבות המחשוב בנושא מסדי הנתונים יוכל להעיד. כלומר, הלומדים, ובצדק, לא יבחרו בתחום תוכן שפריטיו ניתנים לאפיון ולתיאור מלאים באמצעות קבוצות קבועות של שאלות בלתי תלויות זו בזו, מכיון שרוב תחומי התוכן הנלמדים בבית-הספר אינם כאלה.

נושא הסיפור הקצר הוא אחת הדוגמאות לטענה שלנו. נסו למצוא קבוצה קבועה של שאלות, בלתי תלויות אחת בשנייה, שהתשובות עליהן מוגדרות ביחס לכל הסיפורים הקצרים ומאפשרות לשקף את מושג הסיפור הקצר מנקודת מבט אקדמית כלשהי. דוגמאות אחרות לנושאים שכאלה: נושא הדמויות המרכזיות בעולם התנ"ך וכן נושאים אחדים במדעי הטבע, כגון מחזורי חילוף החומרים. חשוב לציין שיש נושאים ותכנים שמבנה מסד הנתונים מתאים להם, לדוגמה: מידע על חומרים בעלי תכונות מסויימות, כגון חומרים דליקים. אולם, רוב הנושאים אינם כאלה. אפילו לטבלה המחזורית של מנדלייב יש מבנה מורכב יותר מאשר למבנה המקובל של מסד הנתונים המנהלי.

המצב השכיח והמאפייני למידה חקרנית הוא שכל פריט מידע, לפי הקשרו, מעורר שאלות הנוגעות לו. צורכי המשתמשים האקדמיים במאגרי הנתונים מבוססים על תפיסת הידע האקדמי כנובע מתהליכים אינטראקטיביים וספירליים ממושכים של שאלות ותשובות, המלווים בעבודה על נתונים ופעולות מעשיות ועיוניות שונות המתבצעות בהקשרים שונים כיישומים של אותו ידע. התבניות הטבלאיות, המוכתבות על-ידי טכנולוגיות מסדי הנתונים העסקיים, וטכנולוגיות הקטלוגים הספרייתיים, כפי שהן מיושמות כיום, עלולות, על כן, שלא להתאים כלל ליעדים האקדמיים והדידקטיים של

השימוש במאגרי הנתונים בבתי הספר.

כדי להוכיח טענה זו בדרך מוחשית ומפורטת יותר, ניקח, למשל ולשם השוואה, את התכנים הבאים (מתחומי דעת שונים): 1. צמחים או בעלי חיים (ביולוגיה); 2. תהליך היסטורי כלשהו (היסטוריה); 3. זרמים ואסכולות באמנות בתקופה מסוימת (תולדות האמנות או תורת האמנות); 4. היסודות הכימיים (כימיה או פיסיקה); 5. הצורות הגאומטריות למיניהן (גאומטריה).

מאגרי נתונים בנושאים אלה, שהם יותר מאשר אוספים מקריים של טקסטים מקוטלגים, חייבים להתחשב בנושאים עצמם ולשקף את התכונות הייחודיות שלהם. ציננו כבר, בדוגמה של זיהוי השרך, את העובדה שבנושאים מן הסוג של תוכן מס' 1 לעיל יש חשיבות למבנה של "עץ החלטות". מבנה זה קשור לא רק במידע מזהה, כמו המידע המבוטא במגדיר צמחים. מידע כללי על יונקים חייב להיות תת-קבוצה של מידע הרלבנטי לכל סוג של בעלי חיים השייך למשפחת היונקים. נוסף על כך, יש גם יחסים אקולוגיים בין הפריטים של תוכן זה: יחסי טורף ונטרף, יחסי סימביוזה ועוד. כל הקשרים האלה חייבים להתבטא בהרכב של המאגר ובדרך שבה הנתונים ניתנים להשגה בו. בממלכת החי והצומח מתקיימים גם קשרים של מידע המתייחס למערכות ביולוגיות ואקולוגיות. הדבר בולט במיוחד כשמדובר במידע על גוף האדם (למשל). כל הסבר, על כל איבר או של תת-מערכת של אורגניזם חי, קשור בהסברים על תת-מערכות ואיברים אחרים, מכיון שמדובר במערכת המורכבת ממספר מערכות התלויות זו בזו וחלקיהן תלויים אלה באלה.

במידע על תהליך היסטורי יש בדרך כלל חשיבות לציר הזמן. ציר הזמן איננו רק קו ישר המקשר בין הנתונים, הוא גם מתאר את כיוון ההשפעות השונות, כ"נהר הזמן". לעומת נושא היסטורי, נושא כמו זרמים ואסכולות איננו רק תהליכי אלא קשור גם ביחסי גומלין שבין אסכולות המתחרות זו בזו על הגמוניה והשפעה. אלו הם קשרים בעלי מבנה השונה במקצת ממבנה הקשרים שבתהליך היסטורי ושונה לחלוטין ממבנה הקשרים המבטאים תכונות בממלכת החי או הצומח. לעומת אלה, המידע הבסיסי על היסודות הכימיים מובנה על ידי טבלת היסודות המחזורית, ולה יש מבנה מסוג אחר. למידע על צורות גאומטריות יש מבנה השונה מכל התבניות הקודמות. שונות זו במבנה הקשרים שבין פריטי המידע אינה יכולה לקבל ביטוי טבעי והולם במאגרי הנתונים המבוססים על התבנית של מסד הנתונים הקלסי. דרך אגב, ההיפר-טקסט מאפשר פתרון חלקי לייצוג מבנים תקפים יותר של התכנים הנלמדים. פתרונות טובים יותר מחייבים שימוש במאגרי נתונים מסוגי מבנה שונים, שיעוצבו רק כאשר מערכת החינוך תדע להגדיר את צורכי הלימוד מול המערכת הטכנולוגית.

מאחורי כל הדוגמאות האלה מסתתר עיקרון חשוב של שימוש בנתונים לייצוג מידע, המוכר בתחומי דעת אחדים, וראוי שתינתן לו תשומת הלב המלאה גם בתחום האוריינות. ראשית כל, אם מערכת של נתונים אמורה לייצג תכנים מסוימים, הרי שכדאי שבמבנה המערכת יבואו לידי ביטוי יחסים המתקיימים בין התכנים המיוצגים בה. כלומר, גם אם הנתונים אינם משקפים כתמונה ויזואלית את התוכן המיוצג בהם, שימושיותה של מערכת הנתונים נובעת מכך שחלק חשוב של היחסים שבין התכנים בא לידי ביטוי בתכונות מבניות של המערכת. הדוגמה הנפוצה להתייחסות של חוקרי האוריינות אל העיקרון הזה היא במושג המארגן הגרפי (אסף וקוזמינסקי, 1998). גם מן האינפורמטיקה אנו יודעים כי יש טעם בשימוש במבנה של מערכת נתונים, אם מתקיימים יחסי גומלין הדוקים בין הפעולות הממשיות המתבצעות בה ובין תכונות חשובות של המבנה, כי אלה משקפות את אלה ומשתקפות אלה באלה. במדעי המחשב קוראים לרעיון הזה "טיפוס נתונים". משמע, מאגר נתונים, שהוא טוב לשימוש בלימוד תכנים של תחום דעת מסוים, חייב להיות תואם בתפקודו ובמבנהו את מבנה הדעת של אותו תחום ואת אופי חקירת הידע שבתחום. יש, על כן, לבסס את תהליכי בניית מאגרי הנתונים על ניתוחים אורייניים המשקפים את דרישה זו לקשר שבין המבנה של המאגר, הפעולות הניתנות לביצוע בנתוניו והתכנים המיוצגים בו.

עובדה זו מרמזת מחדש על הצורך בספירליות של התפתחות הלומד בשימוש במאגרי הנתונים. מצד אחד, יש לדעת את אופי התחום הנדון כדי להכיר את מבנה מאגר הנתונים המתאים לו. והרי צריך להכיר את מבנה מאגר הנתונים כדי לדעת מה לשאול ומתי, וזאת כדי להשתמש במאגרי נתונים באופן נכון, במטרה ללמוד מהם על התחום הנדון. מצד שני, אנו מעוניינים להפעיל תלמידים בחיפוש במסדי נתונים על-מנת שילמדו את התחום הנדון. יוצא אם כך, שאי אפשר לוותר על ידע קודם משמעותי כתנאי ליכולת לרכוש ידע חדש בתחום, אפילו כשמדובר בשימוש במאגרי נתונים ממוחשבים. כלומר, אפילו תהליכי החיפוש במאגרי נתונים, לרבות החיפוש ברשת, חייבים להיות התפתחותיים ומשולבים בהתפתחות ההיכרות והידע של הלומד באותו תחום.

תמרור 7

השאלות המשמשות באיתור פריטים במאגרי נתונים אינן שאלות, אלא הגדרות חד-משמעיות של קבוצות פריטים של המאגר כמות שהוא. במקרה הטוב ביותר, אלו הן שאלות על תכולת המאגר.

ללומד יש שאלה, ועליו למצוא לה תשובה. עליו לאתר נתונים שעשויים לעזור לו להגיע לתשובה. כדי שיוכל לאתר נתונים כאלה, עליו לנסח "שאלתה". שאלתה היא נוסחה

פורמלית שתפעיל את המאגר כך שקבוצה מסוימת של פריטים, מבין אלה הנמצאים במאגר, תוצג בפניו. השאלתה איננה אלא הגדרה של קבוצת פריטים, הגורמת, בתהליך אלגוריתמי, לתהליך של חיפוש במאגר, שאף הוא אלגוריתמי. בכל מאגר נתונים, השאלתה היא הגדרה של תת-קבוצה של קבוצת פריטי המאגר המנוסחת בדרך פורמלית מסוימת.

באחת הדוגמאות הבולטות לקשיים הקשורים בכך אנו יכולים להיתקל כאשר בשימוש במאגר מידע בנושא מדעי כלשהו מתקבלת קבוצה ריקה של פריטים כתוצאה של השאלתה.

קבוצה ריקה של פריטים מתקבלת כתגובה על שאלתה בשני מצבים. זה יקרה כאשר במאגר, במקרה, אין שום פריט המקיים את תנאי השאלתה. הלומד מחפש מידע על יונקים חיים במים ובמקרה הנתון כדוגמה, במאגר אין שום פריט המתייחס אל בעלי חיים אלה. פשוט, בוני המאגר לא הכניסו, מסיבה זו או אחרת, פריטים כאלה למאגר. זה יקרה גם כאשר לא ייתכן שיהיה פריט שמקיים את תנאי השאלתה. כלומר, ייתכן מצב שבו בהכרח לא יהיה שום פריט המקיים את השאלתה. למשל, הלומד מבקש לדעת אם יש בעלי חיים בעלי דם חם שאין בגופם כבד. גם כאן תגובת המאגר תהיה "לא נמצאו פריטים במאגר". במקרה הראשון, הָעֵדֶר פריטים נובע מן העובדה שלא הוכנסו פריטים למאגר המתייחסים אל התופעות הנחקרות, למרות שיש כאלה במציאות. במקרה השני, הָעֵדֶר הפריטים הוא תוצאה של תופעת טבע בדוקה, כי אין בנמצא בעל חיים שכזה. על הלומד להיות מודע לשתי האפשרויות האלו ולהבדל העקרוני שביניהן.

הבחנה נוספת שהלומד חייב להיות מודע לה בהקשר הזה, היא ההבחנה שבין אי־אפשרות לוגית לבין אי־אפשרות אמפירית. הָעֵדֶר פריטים הנוגעים לבעלי חיים בעלי דם חם וחסרי כבד הוא תוצאה של מצב אמפירי. אפשר להעלות על הדעת בעלי־חיים שכאלה. הָעֵדֶר צורות גאומטריות סגורות במישור האוקלידי, שהן בעלות ארבע צלעות ואשר סכום הזוויות הפנימיות שלהן הוא 300, הוא הכרח לוגי.

אחת המשמעויות של ההבחנה הזאת שבין שני סוגי אי־אפשרות היא שהוכחה אחת די בה כדי לגרום למחפש שלא להתעקש ולחדול מלחפש בכל פריטים המתייחסים למה שאינו אפשרי מבחינה הלוגית. מה שאינו אפשרי מבחינה לוגית מונע לחלוטין את אפשרות קיומו של ממצא כלשהו המתאים לשאלתה. לגבי אי אפשרות האמפירית, קיימת תמיד האפשרות שיתגלה בטבע ממצא הסותר את כל התאוריות התומכות בטענה, למשל, שכל בעלי דם חם גם בעלי כבד.

במקרה של בדיקות לוגיות, אין הבדיקות תלויות בתחום התוכן של המאגר, מכיון שזו הגדרתה של הלוגיקה. במקרה של בדיקות הקשורות בעובדות, הרי שהן חייבות להיות

קשורות בתחום התוכן של הלמידה או החקירה.

קושי דומה לקושי בביצוע בדיקות לוגיות יש גם לגבי ההבחנה שבין קבוצה ריקה מקרית לבין קבוצה ריקה הנובעת מהכרח אמפירי. כדי שהתוכנה הגלומה במאגר תספק תגובה מפורשת לגבי מצב של קבוצה ריקה של פריטים הנובעת מהכרח אמפירי, חייבת התוכנה להיות בנויה כך שתהיה מסוגלת להפיק מסקנות לוגיות מן התאוריות הידועות על תוכן המאגר. כלומר, במקרה הנדון, אם מתקבלת קבוצה ריקה של פריטים כתגובה על השאלתה של המשתמש, על התוכנה להיות מסוגלת לבדוק האם זאת מסקנה לוגית של השאלתה במסגרת התיאוריות המדעיות המקובלות והנוגעות לתוכני המאגר, או מסקנה לוגית בלתי תלויה בתוכן.

מכל מקום, הטכנולוגיות, או המתודולוגיות, העכשוויות של איתור פריטים במאגרי הנתונים המשמשים במציאות הקיימת, אינן מאפשרות למשתמש במאגרים אלה להבחין בין כל הסיטואציות האלה ללא עיון נוסף.

במקום לקוות לתוכנה שתהיה מסוגלת לבצע מעללים שכאלה, נרצה דווקא שהלומד יגיב על המצב שבו מתקבלת תגובת המאגר: "לא נמצאו פריטים במאגר", בשאלה "למה?!!", בלוגיית רצון לבדוק בעצמו מדוע בדיוק התקבלה התגובה הזו. אם מדובר בסיבה אמפירית, נקווה ששימוש נוסף במאגר, בעזרת שאילתות נוספות, יביא את הלומד לגילוי תשובה לשאלה "למה אין פריט שכזה?". אם מדובר בסיבה לוגית, נקווה שהוא ינסה לבדוק את הבסיס הלוגי של אי האפשרות הזאת. כלומר, נקווה שהוא יתעניין בנושא החקר ובתגובות של המאגר לשאלתות שלו. אנו מקווים שיבין שקיימת האפשרות שלא נמצאים פריטים כתשובה לשאלתה - גם בגלל הכרח לוגי. אנו מקווים שיתעניין אפילו בדבר קיומה של הוכחה לאי האפשרות הלוגית של הימצאות פריטים המקיימים את התכונות שנוסחו בשאלתה. התקוות האלה אינן ניתנות להגשמה על ידי מפגש טריביאלי בין הלומדים למאגרי הנתונים. מימושן של תקוות אלה, כמו תקוות חינוכיות אחרות, תלוי ביצירת תנאים מזמנים נאותים, שרק מורים אנושיים, בעלי הכשרה נאותה, יוכלו לספק.

תצפיות, שנערכו על ידי המחברת השותפה של מאמר זה (רימור, בהכנה), מגלות שגם אם יש במאגר נתונים היכולים להאיר את עיני הלומד בסוגיית העדר הפריטים המקיימים שאילתה מסוימת, המצב השכיח הוא שתלמידים צעירים המקבלים תגובה של "אין פריט", מגיבים בנסיגה מן השימוש בשאלתה ואפילו מן השימוש במאגר. הם נוטים לסבור שתגובת המאגר היא תוצאה של השאלתה שלהם. הם מפרשים את תגובת המאגר כשגיאה בלתי מוסברת שלהם. המצב מחמיר כאשר המאגרים המשמשים בבתי הספר מתוכנתים להודיע ללומד "נסח את השאלתה מחדש" כאשר אותרה קבוצה ריקה של

פריטים כתגובה על שאילתה של הלומד.

השאלות ושפות השאלות יכולות לגרום לקשיים נוספים בשימוש הלימודי במאגרי נתונים, שעל הלומדים לדעת להתמודד איתם.

בהקשר זה ראוי להצביע על התופעה שבה אי-הבנה, המצויה אצל מורים וחוקרים, עלולה להיות מושלכת על כתפיהם של התלמידים. מדובר בקשיים שיש כביכול לתלמידים בשימוש במתארים הלוגיים של שפות התשואול (זייפרט ואחרים, 1989; גרינספלד, 1997). מדובר בפרט במשמעות המונח "וגם" (או גם של "ו" החיבור) בלשון בני-אדם, לעומת המשמעות הטכנית, המיוחדת, של המונח "AND" באלגברה הבוליאנית. העובדה שיש הבדל בין המשמעויות האלה אין פירושה שהמשתמשים נכונה בשפות הטבעיות, היומיומיות, חוטאים באי הבנה, רק משום שבלוגיקה נזקקו למילה שתציין פעולה לוגית שמשמעותה מצומצמת יותר. המילה "וגם" בלשון בני-אדם פירושה תמיד צירוף, אלא שבשפות המשמשות את האדם לתקשורת, תיתכן התייחסות אל צירוף של פעולות, של פסוקים, של תכונות וגם של עצמים. ולכן, פירושה של המילה "וגם" הוא לפעמים איחוד של קבוצות (אני אוהב מאכלים חריפים וגם מאכלים מתוקים), ולפעמים חיתוך (אני אוהב מאכלים שהם חריפים וגם חמים). לעיתים הניסוח בלשון בני-אדם אינו חד-משמעי, ולכן, כאשר היה צורך בשפה חד-משמעית, כמו בשפה המגדירה תהליכים ממוחשבים, נאלצו להשתמש בשפות צורניות, שביטוייהן חד-משמעיים (כך בלוגיקה ובמתמטיקה). על הלומדים ללמוד להכיר את השימוש במילים המיוחדות לתשואול, בהתאם לשימוש שלהן בשפת התשואול, ואין לצפות שהם ידעו זאת מאליהם, ללא הכשרה שיקבלו ממורה מתאים. מצב עניינים זה איננו עדות לחולשתם של הלומדים אלא להיעדר הוראה מסודרת של נושא מסדי הנתונים והחיפוש בהם מפי מורה המכיר את הנושא על בוריו.

בכל מקרה, על הלומד להכיר היטב את שפת התשואול של המאגר שבשימוש. יותר נכון יהיה לומר שעל הלומד להכיר את שפות התשואול של מאגרים שונים, מכיון שלמאגרים שונים יש שפות תשואול שונות. יתרה מזו, אם הלומד יתבקש לנהל את התשואול גם בעבודה עם מאגרים אקראיים (כמו, למשל, באינטרנט), הוא יצטרך לדעת ללמוד להכיר גם את שפות התשואול שלהם, תוך כדי החיפוש עצמו, על סמך המידע המסופק לו במאגר. מידע זה אינו מפורט ואיננו שלם בדרך כלל, ובוודאי שאיננו ערוך מראש לאוכלוסייה שאליה משתייך הלומד. יתרה מזו, כפי שציינו לעיל, נערכים שינויים בשפות התשואול של "מנועי החיפוש" (מאגרי נתונים על מקורות שונים באינטרנט) מבלי לדווח על כך באופן ברור למשתמש.

ונסכם בתמרור האחרון:

תמרור 8

השימוש הנפוץ במאגרי נתונים עלול לגרום לסברה שכאילו זו הדרך היחידה שבה אפשר וראוי להפעיל את התלמידים בתהליכי למידת חקר בסביבות הלמידה החדשות. ההתלהבות ממאגרי ה"מולטימדיה" ובפרט מהאינטרנט וההתייחסות המטעה אל האינטרנט כאל "אוקיינוס של מידע" או "של ידע", עשויה להשכיח את העובדה שיש תוכנות אחרות, המשמשות כמאגרי נתונים, והיכולות לתמוך בתהליכי חקר אותנטיים. הכוונה היא למערכות תוכנה המסוגלות לספק נתונים כמו מסדי נתונים, וגם למערכות תוכנה המשמשות ככלים להרכבת נתונים ולעיבוד נתונים. מבחינת תהליכי הלמידה ובעיקר למידת חקר, הרי שתוכנות סימולציה, מערכות מומחה המבוססות על תכנות לוגי, מחוללי עולמונים ושפות תכנות כמו לוגו וברוח לוגו, הן מערכות תוכנה העשויות לספק למשתמש נתונים ללמידה ולחקר בסיטואציות לימודיות חשובות, שאינן מתרחשות בפעילויות של דליית נתונים ממאגרי נתונים רגילים. מלבד זאת, קיימות תוכנות המספקות נתונים באמצעות עצי נתונים, באמצעות מערכות היפר־טקסט של נתונים הערוכים כמפות מושגים וכרשתות סמנטיות, באמצעות מודלים דינמיים של מערכות, ובסך הכול - בתבניות של מערכות נתונים מסוגים שונים. כל אלו הן תוכנות העשויות לשמש מצעים לצורכי למידה וחקר.

חלק ניכר ממערכות אלה מספקות ללומדים גם אפשרויות לאינטראקציה מתוחכמת יותר מאשר זו המתקיימת בתהליכי חיפוש באמצעות שאילתות. במקרים מסוימים, דרגת האינטראקציה שבין התוכנה לבין המשתמש היא כה גבוהה עד שמתערפל ההבדל בין הפקת מידע מנתונים קיימים, שהוכנו בידי אחרים, לבין למידה מתוך העיון בנתונים המורכבים בידי המשתמש. למשל, ההבדל בין בניית מסדי נתונים על תוכן מסוים לבין שימוש באותו מסד להפקת נתונים יכול לפוג בשימוש אינטראקטיבי וממושך בתוכנות להרכבה ולניהול מסדי נתונים למטרות למידה. שהרי הלומד, המרכיב את המסד, מפעיל אותו כדי להשתמש בו, ולו רק כמארגן של נתונים, ואז הוא חייב לעיין בו. הוא הדין לגבי תוכנות מתוחכמות יותר להרכבה ולבחינה של נתונים.

אינטראקציה שכזו, בין תהליך הלמידה ובין תשלובת אינטראקטיבית של תהליכי יצירת נתונים ושל קבלת נתונים, מוכרת לנו היטב בשימושי הכתיבה והקריאה לצורכי למידה. סביבות הלמידה הקונבנציונליות ובעיקר הסביבות האקדמיות הן עדות מרשימה להצלחה של האינטראקציה הזו. אם הניסיון של האוריינות הקלסית איננו מקרי, הרי שלאינטראקציה שכזו יש סיכוי רב יותר להפעלה קוגניטיבית של הלומדים מאשר האינטראקציה המקובלת בין לומדים לבין מאגרי נתונים מוכנים מראש.

השימוש במאגרי נתונים ממוחשבים והלמידה המשמעותית

אנו סוברים שאין טעם לדבר על למידה משמעותית בעזרת מאגרי נתונים לפני שמתמודדים עם מכלול הקשיים הנובעים מן התכונות המבניות וההכרחיות של מאגרים אלה. יתרה מזו, גם אם נרצה, לא נוכל לנתח מאגרי נתונים בניתוח דידקטי המבוסס על תאוריות למידה קיימות שאינן עוסקות במפורש בנתונים. אם מאגרי הנתונים מכילים רק נתונים, ואם תאוריה נתונה כלשהי אינה מכילה שום התייחסות שניתן לתרגם אותה להתייחסות אל נתונים ואל אלגוריתמים, הרי שלא ניתן לנתח את השימוש במאגרי הנתונים מנקודת המבט של תיאוריה שכזו בדרך אנליטית המבוססת על היגיון.

ניקח לדוגמה את הקונסטרוקטיביזם. אם נסתמך, למשל, על התיאור המפורט, פרי עטו דייויד פרקינס (Perkins, 1999), על פניו הרבות של הקונסטרוקטיביזם, הרי שלא ניתן לקשר את הקונסטרוקטיביזם, המתואר שם, בדרך לוגית כלשהי עם טיעונים הקשורים באופן לא טריביאלי לשימושים במאגרי נתונים ממוחשבים. לאמיתו של דבר, אם נקבל את ניסוחו של דייויד פרקינס, הרי שלא נוכל לגלות שום קשר לוגי בין הקונסטרוקטיביזם ובין השימוש בתוכנות כלשהן. הסיבה לכך נעוצה בעובדה שבמאמר הנזכר לעיל, האמור להציג את כל פניה של תורת ההבניה החינוכית, אין כל התייחסות לשום פעולה שניתן להיעזר ישירות לשם ביצועה בפעולת המחשב. הניסוח המדויק של טענה זו הוא חדר-משמעי: אין דרך להסיק מתאוריה שכזו שום מסקנה לגבי שימוש בתוכנות.

פסוקים אלה נוגעים אך ורק לקשר הלוגי שבין התאוריות למחשוב. כמובן שייטכנו קשרים אחרים בין תאוריות חינוכיות למחשב. למשל, ייתכנו קשרים אמפיריים בין שימושים בתוכנות לבין השלכות שונות של תאוריות חינוכיות. אולם קשרים אמפיריים מחייבים אישוש, הנסמך על בדיקה אמפירית מדוקדקת שתניב תוצאות המבוטאות בתאוריות עצמן. כפי הנראה, דייויד פרקינס לא יכול היה לתאר את הקונסטרוקטיביזם תוך התייחסויות למהויות הניתנות לקישור מחייב עם המחשוב, מכיוון שהמחקר האמפירי עדיין לא חשף עובדות המצדיקות התייחסויות שכאלה.

על כן, לא כאן המקום להיכנס לסבך הדיונים במהותה של למידה משמעותית הקשורה בשימוש במאגרי נתונים. נסתפק בקביעה שברצוננו להביא לומדים ללמוד תכנים בעזרת מאגרי נתונים ולא מתוך מאגרי הנתונים. כפי שצינו קודם לכן, התכנים הנלמדים כמידע או כידע אינם מועתקים מן המאגרים, אלא נבנים בתודעת הלומד במבחר תהליכים אישיים של אסוציאציה, קישור, הכללה, הפשטה, יצירה של מודלים וסקמות, הסקת מסקנות, העלאת השערות ובדיקתן, תצפיות ופעולות אחרות, וכל זה בקשר לנתונים המופקים מן המאגר. המאגר אינו אמור לתפקד כמקור סכמטי של ידע

מפורש אלא כמקור של נתונים שעליהם הלומד אמור לבצע תהליכי עיבוד שכליים ותהליכים אחרים, לצורך הפקת מידע ולמידה. מבחינה זו, המאגרים אינם נבדלים מן המאמרים, הספרים, האנתולוגיות והאנציקלופדיות. הניסיון המוצלח של השימוש באמצעי האוריינות הקלסית (קרי, מכשירי הכתיבה והקריאה) בסביבות הלמידה הוא עדות מספקת לאפשרות הניצול הלימודי של מאגרי הנתונים כמחובר לתהליכי למידה משמעותית. ניסיונה של האוריינות הקלסית בשימוש הלימודי באמצעים הקונבנציונליים אינו מתבטל רק בגלל הוספת המכשור האוטומטי לאמצעים הללו; אדרבה, הוא מתחזק עקב כך בכל היבטיו: מההצלחות ועד לקשיים.

ההכרה ביכולת התלמיד לשאול שאלות כתנאי הכרחי ליכולתו ללמוד היא מורשת חינוכית עתיקת יומין. כל הגישות המודרניות בחינוך מבוססות על ההנחה שלא תיתכן למידה משמעותית מבלי שהלומד יתמודד עם ניסוח יצירתי ואישי של שאלות מורכבות המתייחסות לתכנים מרובי קשרים.

לפי תפיסתנו, אין טעם שלומד המשתמש במסד נתונים יחפש פריטים העוסקים במישורין ובמפורש בתופעה המבוקשת. שהרי כך, במקום לגלות את התופעה, הלומד יקבל מידע מוכן-מראש שיספר לו על התופעה. כלומר, הוא יקבל תשובות מוכנות לשאלות פשוטות, ולא יגלה תשובות לשאלות מורכבות, המנסות לחשוף תופעות החבויות בפריטי המאגר. מאז המהפכה המדעית יודעים אנו כי התופעות אינן מתגלות בנתונים (בנתוני תצפית ישירה או בנתוני מדידות) אלא הן חבויות בהם. דגם למידת החקר הובא לחינוך כדגם המונחה על ידי החקירה המדעית (בירנבוים, 1997). לא כדאי להוריד את הדגם הזה למדרגה של חיפוש תשובות לחידון טריביה.

אנו חוזרים ומדגישים, שאם מדובר בחקירה הדומה לחקירה מדעית, הרי שהשאלות שהחוקר מפעיל בשימוש במאגר נתונים אינן יכולות להיות זהות לשאלות המחקר שלו. השאלות צריכות להיות ניסיונות לגלות נתונים שיעזרו לו למצוא תשובה לשאלת המחקר שלו. השאלות בנויות, בדרך המסורתית, כצירופים לוגיים פשוטים (באמצעות חלק מסוים של האלגברה הבוליאנית) של פסוקים, כאשר כל פסוק מתייחס אך ורק אל אחת מן השאלות הבסיסיות של המסד. שאלות חקר מתייחסות לחוקיות שיכולה להתגלות, אם בכלל, כתנאי שנעיין היטב בנתונים הנמצאים במאגר, המתגלים על ידנו בעזרת השאלות.

כפי שציינו ביחס לתמרור מס' 7, השאלות בנויות בתוכנה של מסד הנתונים באופן שהתגובה על השאלות היא הצגת קבוצת פריטים של המסד, שביחס אליהם, ורק ביחס אליהם, הצירוף המרכיב את השאלות הוא טענה אמיתית. עקב הפעלתה במאגר השאלות מציגה את "קבוצת ההצבה שלה". ההתייחסות בשאלות מוגבלת לשאלות

הבסיסיות המגדירות את המסד, ובדרך כלל אין אפילו מקום להתייחסות ישירה אל קשר בין תשובות לכמה שאלות בסיסיות.

לדוגמה, נניח שמדובר במאגר של פסקי דין, והלומד מבקש לעמוד על קשר כל שהוא הקיים בין אופי השכלתו של השופט לבין מידת נטייתו לתמוך בשוויוניות מלאה בין המינים. רק שימוש מתוחכם במספר רב של שאילתות יכול לספק לחוקר נתונים שמהם יוכל להפיק מידע הנוגע לשאלתו. גם לו היה שדה שהיה מתאר את יחסו של השופט למינים ואת רמת השכלתו, לא היתה שאילתה אחת שהיתה חושפת את הקשר המבוקש. מכל מקום, עלינו להיזהר מפני החזרה אל השיעורים שבהם לימדו אותנו עובדות ולא תכנים או עקרונות. מה היה פסול בשיעורי ההיסטוריה שבהם נדרשנו רק לשנן ולדעת עובדות היסטוריות? עצם השינון, או גם חוסר המשמעותיות של ידע המורכב רק מעובדות מפורשות? השימוש הלימודי במאגרי נתונים, שאינו מודע לסוגיית ההבדל שבין השאלתה לשאלה, עלול להחזיר את תלמידינו אל המצב שבו לימוד הוגדר כחשיפה לעובדות מפורשות, ורק לעובדות כאלה.

בעיית איכות הלמידה במסגרת השימוש בתוכנות ותופעת ההתייחסות אל השימוש בתוכנות כאל איכות בפני עצמה מתגלות בהזדמנויות שונות ובאופנים שונים. נזכיר כאן כמה מהם לדוגמה.

במקומות רבים בעולם מנחים את תלמידי בתי הספר להשתמש במאגרי נתונים לפי התבנית הבאה: מציגים לתלמידים או מנחים אותם לבחור שאלה, המעניינת אותם, שלה תוכן הקשור לסוגיות אקטואליות וחשובות; מנחים את התלמידים לחפש במאגרים הנגישים להם, בבית הספר או ברחבי רשת האינטרנט, נתונים מטיפוסים שונים (טקסטים, תמונות, סרטי וידאו וכדומה) לצורך הדיון בשאלה; אחר כך דורשים מן התלמידים להכין מיצג על הנושא באמצעות תוכנה להצגת נתונים מטיפוסי ייצוג שונים (מולטי-מדיה); התלמידים מכינים את המיצג בתהליך זה או אחר של עבודה (בקבוצות, בעבודה עצמית, וכדומה); במקרים מסוימים אף מעוניינים לשמור את המיצג כחומר שישמש תלמידים אחרים, במאגר כלשהו (בתקליטור, כדף המוצג ברשת האינטרנט, וכדומה).

טענתנו היא שבמקרים שכאלה קיים הפיתוי להתייחס לתהליך חיפוש הנתונים והמקורות כאל תהליך של למידת חקר. כאן אנו מבטאים את החשש שהמורים, המתרגשים ממיומנויות הילדים בעבודה עם חומרים ממוחשבים, יוותרו על השאיפה לזימון למידה כתהליך הקשור בחשיבה וברעיונות על הנתונים. במקום לדרוש מן התלמידים לעבוד בשכלם מול - ולעבד את - הנתונים, המורים עלולים להסתפק בכך שתלמידיהם משקיעים מאמצים בעבודה עם הנתונים. כך, במקום להקדיש את מירב המאמצים לחשיבה על השאלה ועל גילוי תשובות עבודה, התלמידים עלולים לעסוק

בעבודה על עיצוב המיצג לשם הצגת הנתונים שיופקו מן המאגר. הפניית התלמידים לשימוש בתוכנות מיצג, ולא לתוכנות לעיבוד נתונים, יוצרת אשליה של עבודה אקדמית. התלמידים עלולים לדלג כאן על עיקרה של העבודה האקדמית, שהוא החקירה עצמה כעבודה על נתונים מול תאוריות.

חוקרים, שחקרו את התנהגותם של לומדים בסביבת מאגרי נתונים (כמו, למשל, Newman, 1993; Downes, 1995; Nason et al., 1996), הצביעו על התופעה של נטיית התלמידים להסתפק בנתונים שאותרו בקלות במאגר, ולא להתאמץ לחפש נתונים רצויים. תופעה זו קשורה כנראה לתופעת ההתעסקות בצורת ה"מוצר" של הלמידה, שהרי קל יותר היום לשבץ במסמך תוצרי גרפיקה רבת-גונים מאשר לעבד את הנתונים למידע מחקרי. תופעה זו תואמת את מיצוב המחשב, מאז שנות ה-60, כמכונה שעיקר ייעודה הוא ביצירת נוחיות, בניגוד להנחה שאין למידה קלה. הכרחי אפוא לבסס את הטענה שהעבודה הממשית על הנתונים, ארגונם ועיבודם במבנים שונים, הם תנאי הכרחי ללמידה משמעותית בשילוב שימוש בתוכנות.

המלצותינו לנוסעים אל מרחבי מאגרי הנתונים

למרות חוסר הניסיון בתחום החדש הזה, ניתן להסיק כמה תנאים הנראים נחוצים לעיצוב סביבתו של הלומד לצורכי השימוש הדידקטי במאגרי נתונים בבית הספר. להלן המלצותינו לעיצוב הסביבה הלימודית החדשה:

1. המאגרים כמקורות הלימוד העתידיים בסביבות הלמידה העתידיות

גם אם מסד הנתונים, ככלי להפקת מידע, אינו בנוי מראשיתו לצורכי שימוש אקדמי, המציאות החברתית והטכנולוגית היא שבמקרים שבהם קיימים נתונים רבים, הנתונים יהיו נגישים למשתמש רק באמצעות מערכות נתונים ממוחשבות, ואלה, במקרים רבים, יהיו מסדי נתונים. לכן, בין היתר, על הלומד במאה ה-21 לדעת להשתמש במאגרי נתונים, כפי שעל קודמיו, במאה ה-20 ובמאות שקדמו לה, היה לדעת להשתמש בספרים ובספריות הקונבנציונליות.

מערכות מידע אקדמיות מיועדות לספק נתונים למטרת ביצוע תהליכי הפקת מידע אקדמי מן הנתונים. אולם תהליכים אלה אינם ניתנים לביצוע באמצעות המסד עצמו, מכיוון שכפי שכבר ציינו בדרכים שונות, השאלות אינן מבטיחות הספקת נתונים בעלי ערך מפורש וישיר לשאלות אקדמיות. הדוחות הניתנים להפקה באמצעות הטכנולוגיות הרווחות בעולם המנהל אינם מתאימים כלל לנקודת המבט האקדמית.

טענות אלה אינן פוסלות את מסדי הנתונים מלהיות כלים להספקת נתונים כחומר גלם לעריכת מחקר מדעי או לביצוע תהליך של למידה חקרנית. אכן, מחקרים מדעיים רבים

מתבצעים על סמך חקירת נתונים, שהחוקרים דולים ממסדי נתונים. המדען מקבל מן המאגר נתונים גולמיים, שבאמצעותם הוא צריך לגלות, או לאשר, מידע אקדמי. אך המדען אינו אמור לקבל מידע אקדמי מן המוכן אלא נתונים גולמיים. מידע אקדמי מדעי מסתמך על פרשנות מתוחכמת ומיומנת המבוססת על קישור של נתונים עם תכנים של תאוריות, בדרכים שונות ובשיטות שונות. השאלות המעניינות באמת אינן ניתנות לפתרון באמצעות תשובות שיש להן מבנה פשוט.

על כן, מסדי נתונים יכולים להיות רלבנטיים מאד לעבודתו של המדען, או של הלומד, אולם רק בסביבה שבה עומדים לרשותו ידע וכלים נוספים לעיבוד הנתונים המתקבלים מהם. מסדי הנתונים משמשים בעילות רבה את המערכות המנהליות כמקורות נתונים המספקים את הצרכים המנהליים הקלסיים. העבודה האקדמית, בכל רמה שהיא, דורשת מערכת של כלים היכולה להכיל מסדי נתונים, אך חייבת לכלול גם כלים מתוחכמים נוספים לעיבוד הנתונים, לצורך בדיקת השערות ביחס אליהם ולצורך ארגון המסקנות המופקות מהם והצגתן. כך, למשל מוכר השימוש בתוכנות סטטיסטיות לעיבוד נתונים מספריים לכלל נתונים בעלי משמעות סטטיסטית. זאת רק דוגמה אחת לכלי שכזה. קבוצת הכלים הדרושה עשויה לכלול את הכלים הנפוצים הפופולריים, כגון מעבדי תמלילים, גיליונות אלקטרוניים, תוכנות להרכבת מסדי נתונים, ועוד. הכלים הנחוצים הנוספים תלויים בתחום התוכן הנחקר: כלים לעיבוד תהליכים אלגבריים ומתמטיים אחרים (כגון תוכנות לעיבודים מתמטיים, המשמשות את הלומדים בעולם האקדמי בתחומי תוכן עתירי מתמטיקה), כלים לעיבוד מודלים דינמיים, ועוד.

סביבת הלמידה הקונבנציונלית מבוססת על שימוש רב במחברות עבודה. מחברת עבודה היא אמצעי טכנולוגי של תרבות הספר לעבודה עם נתונים בתהליכי למידה. קרוב לוודאי שיש צורך בפיתוח אמצעים חדשים לעבודה עם נתונים המתאימים לצורכי הלומדים בסביבה הדיגיטלית של היום. צריך להמציא אפוא את מחברות העבודה הדיגיטליות, המתאימות בפועל לצורכי למידה בסביבת מקורות הנתונים החדשים. היום, בעודנו מצויים בראשיתה של תרבות המיחשוב, אין לנו מושג מה יהיו מחברות אלה, מאלו תוכנות הן יהיו מורכבות, ומה תהיה צורתן.

2. אוריינות חדשה כתנאי לשימוש הלימודי במאגרים

כפי שציינו לעיל, על המשתמש המיומן במאגר נתונים להכיר היטב את מבנה המאגר ואת הרכבו. מדובר כאן בשלוש קבוצות של משימות שביצוען נדרש כדי לגשר בין שאלות הלומד לבין השאליות שהוא מפעיל במאגר. אלו הן שלוש קבוצות נבדלות של משימות וכמה מהן דורשות מיומנות הנרכשת בעמל רב ובניסיון רב. המשימה האחת היא הכרת המאגר מבחינת אופי תכולתו.

המשימה השנייה היא הכרת שפת התשואול כשפה בפני עצמה.
המשימה השלישית היא המשמעותית מבין השלוש והיא כרוכה ביצירת גשר בין המאגר כמערכת פורמלית של נתונים ותהליכים ובין התכנים והרעיונות והתהליכים הקוגניטיביים של הלומד. המשתמש המיומן במאגר לצורכי למידה חקרנית חייב ללמוד למצוא לשאלות שונות שלו, המנוסחות במילים שלו, ניסוחי שאילתות המקיימים את כללי שפת התשואול, ואשר משמעותם הביצועית בהפעלתם במסד הנתון צריכה להיות קשורה, בדרך מסוימת, ברורה ורצויה, לתשובות אפשריות לשאלותיו.

אחד הפירושים המעשיים של כל זה הוא, למשל, שאם כתגובה על הפעלת שאילתה מסוימת, המשתמש מקבל תוצאה הנראית בעיניו חסרת ערך או שגויה, עליו לדעת בבטחה שייתכנו כמה סיבות ל"כישלון" השאילתה שלו:

א. ייתכן שהמאגר אינו מתאים, מבחינת הנתונים הכלולים בו, לגילוי תשובה משמעותית לשאלה המעניינת את הלומד או החוקר.

- במקרה זה, על הלומד או החוקר להשתמש במאגרים נוספים או אחרים.

ב. ייתכן שהשאילתה הספציפית שניסח הלומד אינה יכולה לספק נתונים על התשובה לשאלה הספציפית של הלומד.

- במקרה זה, על הלומד לערוך מחדש את השאילתה או לבחור בשאילתה אחרת.

ג. ייתכן שקיים פער גדול מדי בין השאילתה לבין השאלה.

- במקרה זה, על הלומד או החוקר לתכנן שימוש בכמה שאילתות, באופן מתוחכם יותר.

המסקנה המתחייבת מכל הטיעונים, שפורטו במאמר הזה, היא הצורך בהכרה בקיומה של אוריינות חדשה, כתנאי הכרחי לשימוש נכון במאגרי נתונים.

גישות חינוכיות שונות יכולות להכתיב אופנים שונים שבהם תוקנה האוריינות החדשה ללומדים. אם נרצה להעמיד לומדים שיהיו מסוגלים להשתמש במאגרי נתונים באופן אוטונומי, לפחות באותה רמה שהלומדים נדרשו לגלות בסביבה הקונבנציונלית בתחום הקריאה והכתיבה, נצטרך להבטיח את התקדמותם בשלוש המשימות הנלוות לשימוש הלימודי במאגרי נתונים: הכרת המאגר, ידיעת שפת התשואול, ויכולת השימוש בשאילתות כדי לזמן נתונים העוזרים ללמידה ולחקר. כל גישה חינוכית תצטרך לפתח דרכי הוראה ואמצעי הוראה שסייעו בפיתוח יכולת השימוש בשאילתות, כדי לטפח תהליכי למידה חקרנית המתאימים לה. מכל מקום, צריך להתייחס אל שלוש משימות הלמידה האלה כאל חלק בסיסי של האוריינות המודרנית.

מתבקשת כאן אנלוגיה המבוססת על העמדת האוריינות החדשה בהקבלה עם האוריינות הישנה ועל העמדת תרבות המחשוב בהקבלה עם תרבות הספר. האוריינות

הישנה סיפקה את תנאי־הקדם של הלימוד בסביבות הלמידה של תרבות הספר, על ידי הקניית ידיעת כתוב וקרוא. האוריינות שאנו מבקשים לטפח עתה צריכה לפתור את בעיית תנאי־הקדם של דרכי הלימוד בסביבות הלמידה של התרבות החדשה, על ידי הקניית ידיעת דרכי הכתיבה והקריאה, דהיינו, דרכי יצירת נתונים והשימוש בנתונים להפקת מידע, באמצעים החדישים העומדים לרשותנו לארגון ולעיבוד של הנתונים. חשוב ביותר להבין: כפי שהמידענות הקלסית לא סיפקה את כל צורכי האוריינות הקלסית, כך גם המידענות המודרנית אינה יכולה לספק את כל הצרכים שלמענם יש להגדיר את האוריינות החדשה.

מסתבר שניתן, ואולי אף כדאי, ללמוד עוד מן האוריינות הישנה על האוריינות העתידית. אחד המאפיינים המיוחדים של האוריינות הישנה היה האיזון שבין הכתיבה והקריאה. למרות שהצורך המקורי באוריינות היה הצורך ביכולת הקריאה, רוב תרבויות הספר הגיעו, בשלב זה או אחר של התפתחותן, למסקנה שצריך לחייב את בניהם ובנותיהן ללמוד גם לכתוב, ולא הסתפקו בהוראת הקריאה בלבד. מאוחר יותר אף התגלתה תכונתה המופלאה של הכתיבה כתהליך מלמד (המהרש"א, נולד ב־1555: "וכי עיקר הלימוד ושנעשה בו הרושם, הוא הלימוד הבא מכתבת יד" - בפירושו על בבא בתרא, דף י'). האם לא כדאי ללמוד את הלקח של האוריינות הישנה ולדאוג לכך שהלומדים במאה ה־21 ירכשו את יכולת הכתיבה המלמדת ולא רק את יכולת הקריאה המלמדת ממקורות המידע החדשים?

ככלל, יש לפתח אצל הלומדים מודעות לצומתי ההחלטה של מעצבי מאגרי הנתונים, ולהכיר את המאגרים כתוצרים של תהליכים שבני־אדם ביצעו, במסגרת אילוצים אלה או אחרים. גם כאן האוריינות הקלסית יכולה להאיר את עינינו, באותו היבט שכבר צוין לעיל. כאשר התברר שצריך ללמד את הלומדים שספרים הם יצירות של בני אנוש, החליט מי שהחליט שלמרות שלא כל הלומדים צפויים להיות סופרים, כדאי מאוד שיתמודדו בעצמם לא רק עם עצם תהליך הכתיבה אלא גם עם תהליך כתיבת ספרים. ככל שתפיסת מקורות המידע לצורכי למידה תהיה רחבה יותר, כלומר - ככל שתוכר חשיבותן של מערכות ממוחשבות מסוגים שונים, מלבד מסדי הנתונים, כמקורות לנתונים וכאמצעי עיבוד נתונים לצורכי למידה, כך תהיה האוריינות החדשה מורכבת יותר ועשירה יותר. למשל, אם יובן שהאינטרנט אינו רק שילוב של מאגרי נתונים, אתרים ותוכנות תקשורת, ואם תובן מהותו האמיתית כמערכת מחשבים המופעלים מרחוק, יובן גם היקפה העצום של האוריינות החדשה.

3. גורלה של ההוראה בסביבות הלמידה העתידיות

אנו שרויים בתקופה שבה מערכות החינוך עוברות טלטלות וזעזועים. מסיבות שונות, תפקיד המורה מוטל על כף המאזניים. בהקשר מאגרי הנתונים והמחשוב בכללותו, רבים סוברים שהמורה יפסיק לשמש כמורה ויתפקד יותר כמנחה ובעיקר כמידען, יותר כעמית ופחות כמומחה. יש הצופים את סופו של בית הספר ומטילים את יהבם על הוראה מרחוק ועל האינטרנט.

בתרבות האורלית, ההוראה עצמה הייתה הגשר היחיד שאפשר יצירת קשר בין הידע הציבורי לידע האישי. המצאת הכתב הייתה תחילתו של תהליך, שבו הידע הציבורי עבר בהדרגה מן האדם, נושא המידע והידע, אל המדיה, נושאת הנתונים. תהליך זה גרם לכך שהקשר עם הידע הציבורי דרש אוריינות כתנאי מקדים. צורך זה רק נהיה למורכב יותר בימינו, מכיון שהידע הציבורי מאוחסן היום לא רק בטקסטים פשוטים אלא גם במערכות ממוחשבות מסוגים שונים, כלומר - בטקסטים מסוגים שונים ובעיקר בנתונים מטיפוסים שונים.

בתרבות הספר, המורה הוא האיש שקישר את הלומדים עם האוריינות כידע של השימוש במערכות המידע של אותה תרבות. לאמיתו של דבר, זה היה עיקר תפקידו. הבעיה של הצורך במורה בהקשר שלנו, של האוריינות החדשה, ניתנת לניסוח בפשטות: האם יש צורך בהוראה של האוריינות החדשה, או שמא היא ניתנת לרכישה ללא הוראה? האמונה ביכולתם של ילדים להשתלט בכוחות עצמם על השימוש המושכל בכל הכלים הממוחשבים ניתנת לבדיקה, בהקשר השימוש במאגרי נתונים, באופן ברור למדי ביחס לכל משימות האוריינות החדשה. האם יוכלו להכיר בעצמם מאגרי נתונים? האם יוכלו לשלוט בשפות התשאול ללא תיווך או הוראה? האם ידעו לנצל מידע על התחום הנלמד כדי לנהל באמצעותו תהליכי חיפוש נבונים? האם יוכלו ללמוד בעצמם כיצד להשתמש בשאלות כדי לקבל נתונים כחומר גלם לידע הנלמד? האם יוכלו להכיר את השימושים הלימודיים בכל סוגי מערכות הנתונים המשמשות כמאגרי נתונים? ובעיקר, האם יוכלו ללמוד בעצמם כיצד ללמוד ולחקור בעזרת נתונים הנלקחים ממאגרים ממוחשבים? העדויות האמפיריות, שהוזכרו כבר קודם לכן בדבר התנהגות הלומדים, מעוררות ספק רב באשר ליכולתם להתמודד עם המיומנויות הנדרשות בשימוש לימודי במאגרי הנתונים (ראו בהקשר זה במקורות שהוזכרו כבר לעיל, וכן Hancock et al., 1992).

כדאי לזכור כי מאז ראשית ימי כניסתם של המחשבים לחינוך, צצו ונעלמו רעיונות שונים בנוגע לדרך שבה תלמידים, בנוכחות התוכנה המתאימה, וללא עזרת מורים, יביאו לידי בריאה ספונטנית של למידה משמעותית. כל היישומים של רעיונות אלה, החל בתוכנות לתרגול ואימון, דרך שפת לוגו ועד ללומדות המולטימדיה וההוראה מרחוק,

כולם באו לעולם החינוך על כנפי התקווה העקשנית לשחרור מערכת החינוך מן החוליה ה"חלשה" ביותר שלה -- המורים. תקווה זו היתה מבוססת על האמונה כי התלמידים מסוגלים בדרך כלל לגלות בעצמם, ללא עזרת מורה, את התכנים הנדרשים ללמידה. כל מה שנאמר על התוכנות הללו בשנות ה-60, ה-80 וה-90, נאמר היום על מאגרי הנתונים ועל האינטרנט.

גם אם נהיה ספקניים ביחס ליכולתם של ילדים לגלות כמו ידיהם את מלוא מיומנויות האוריינות החדשה ונסבור שיש צורך בהוראתה, אין זאת אומרת שיש כבר מורים לרוב המסוגלים לספק הוראה זו. מאידך, העובדה שהמורים של "בית הספר-מנייר" אינם יודעים כיצד להשתמש בספרים ובספריות האלקטרוניים אינה מוכיחה שאין צורך במורים כדי להקנות את מיומנויות האוריינות הזאת. כמו כן, העובדה שילדים יודעים טוב יותר ממוריהם שצמחו בסביבות ההוראה הישנות, כיצד להפעיל מחשבים וכיצד להשתמש בתוכנות שונות אינה מוכיחה שהם שולטים באוריינות החדשה ואינה מוכיחה שאין צורך ביודעי האוריינות החדשה כדי להקנותה לאלה שאינם יודעים אותה.

המורים בסביבות הלמידה החדשות עדיין חייבים להיות מומחים ללמידה, כדי להיות מומחים בהנחיית תלמידיהם לקראת למידה, בעזרת נתונים ובאמצעות תהליכים מורכבים יותר ויותר הקשורים בנתונים. כמו באוריינות הישנה, האוריינות החדשה לא תושג בשלב אחד, ולא ברמת למידה אחת. ברמה מסוימת, הלמידה יכולה להתבצע כחשיבה בנוגע למה שניתן לעשות בנתונים, למשל: כאשר העשייה היא עריכה, כגון בהזנת הנתונים לתוכנה לצורך הרכבת מיוצגים ובהפעלתה. ברמה אחרת, יונחו התלמידים לחשוב כיצד לעצב מחדש את הנתונים בצורות שונות כדי להציגם באמצעות מערכות שונות לאירגון נתונים ובאמצעי ייצוג (מדיה) שונים. ברמה זו, התלמידים יצטרכו להתמודד עם דרכי ייצוג שונות למידע מוגמר או נתון. ברמה עשירה יותר, יצטרכו התלמידים לחשוב בעיקר על המשתמע מן התכנים המיוצגים בנתונים. ברמה זו, ניתן יהיה ליישם תהליכי עיבוד נתונים על הנתונים כדי להגיע להשערות ואולי אף למסקנות. ברמה מורכבת עוד יותר, התלמידים משתמשים במכלול של מערכות תוכנה המאפשרות, לפי הצורך, לקבל נתונים, להרכיב נתונים, לעבד נתונים ולייצג נתונים, וכל זה כדי להפיק מן העבודה עם הנתונים את המידע והידע הנדרשים.

בכל הרמות האלו מתבצעת למידת חקר, וחבל יהיה להסתפק רק בסוג אחד של למידה. לכן, על המורים להיות מודעים היטב לאפשרויות השונות של תהליכי למידת חקר ברמות שונות המתאפשרות במערכות נתונים ממוחשבות. על המורים להכיר את תכונותיהן הייחודיות של סביבות הלמידה החדשות, הרלבנטיות לתהליכי הלמידה. בהקשר זה, רצוי להכיר היטב את התפיסות המוטעות (misconceptions) והקשיים

האפשריים האורבים ללומדים בסביבות אלו, ולטפל בהם בהתאם. לעיתים הטיפול יהיה טיפול מונע, ולעיתים הטיפול יהיה ניצול דידקטי של המשברים הקוגניטיביים המתרחשים ברגע שתפיסה מוטעית מתנגשת עם המציאות. מאז ימיו של סוקרטס ידוע לנו שתפיסות מוטעות יכולות לשמש גורם המזמן למידה נוספת. בסוגיית קבלת קבוצה ריקה כתגובה על השאלתה של התלמיד, הבענו לעיל את המשאלה שתגובת התלמיד תנבע מההתעניינות שלו למצוא הסבר לכך שהתקבלה קבוצה ריקה. המורה, המיומן בתרבות המחשוב, ידע ליצור את התנאים שיעוררו אצל תלמידיו את הסקרנות הנחוצה ביחס לכלל תגובות המחשב לפעולותיהם, בדיוק כפי שהיה צריך לעשות זאת עמיתו בסביבת הלימודית הקדם-מחשבתית ביחס למתרחש בסביבת הלומדים.

האם כל התלמידים, או אפילו רק מרביתם, יוכלו להגיע לכל רמות הלמידה האפשריות בסביבה החדשה ללא הנחיה פעילה ומתוחכמת של מומחים ללמידה שיהיו גם מומחים לעבודה בסביבות הלמידה החדשות? האם ניתן למנוע את התופעה שבה עצם השימוש במערכות תוכנה משוכללות נחשב כמבחן מספיק לאיכות הלמידה? האם ראוי לוותר על הרמות המורכבות של הלמידה רק בגלל שהן דורשות את תיווך ההוראה בסתירה לאידאולוגיות חינוכיות אופנתיות? שאלות אלה ואחרות דורשות בדיקות מחקריות ועיוניות מקיפות. בחלקן הגדול הן דורשות התמודדות ערכית עם התפיסות החינוכיות הטמונות באפשרויות אלה.

ייתכן גם שההידרדרות האיכותית העלולה ללוות את השימוש בטכנולוגיית מאגרי הנתונים הממוחשבים היא תופעה זמנית. גם כאן, ההשוואה עם אוריינות תרבות הספר היא מאלפת. מסתבר שמאות שנים, שכללו את ימי הביניים, נדרשו לתרבות האירופאית, למשל, כדי לגלות את השימוש האיכותי בקריאה ובכתיבה, מעבר ליעדים הפרגמטיים הקשורים בשמירה ובתקשורת של מידע (Illych & Sanders, 1988). לאמיתו של דבר, רק בימינו אנו יכולים לטעון כי אנו מבינים את משמעות האוריינות הקלסית הנדרשת מכלל התלמידים בחברתנו!! כמה שנים יעברו עד שיובן השימוש האיכותי בתהליכים דומים במכלול האמצעים הטכנולוגיים העומדים לרשותנו?

סיום שהוא התחלה

הוגי דעות רבים הביעו חשש מפני קבלה עיוורת של הטכנולוגיה כתחליף לאיכות, אם בתרבות כולה (Postman, 1993, 1995) ואם בשדה החינוך (Roszak, 1986; Dreyfus & Papert, 1996; Turkle, 1997). הדאגה המובעת לגבי החינוך היא שהטכנולוגיה תשתלט על ההוראה ותשנה את רעיון הקונסטרוקטיביזם "מבנייה פעילה של ידע לצבירה פעילה של מידע גלמי ללא חשיבה" (סלומון, 1997, עמ' 32). השימוש

במאגרי נתונים מחזק חששות אלה. החשש שהעבודה הטכנית עם נתונים, תוך שליפת קבצים ועריכתם הצורנית וביצוע תהליכי גזירה והדבקה, תשמש תחליף לחשיבה מול התכנים של הנתונים, מתחזק גם בשל העובדות הבאות:

ההתלהבות העיוורת מן הטכנולוגיה יכולה לגרום לסנוור ולחולשת הדעת (McLuhan, 1994; Postman, 1964). לדוגמה: אנשי חינוך רבים, בשנות ה-70 וה-80, לא השכילו לזהות בלומדות התרגול והאימון, שהם הכניסו לכיתה, את התפיסות החינוכיות הגלומות בהן. בהכנסת הלומדות לכיתה הם החזירו למעשה אל בתי הספר את התפיסה הביביוריסטית, הרואה בלמידה תהליך מכני של גירויים, תגובות וחזוקים, ואינה מתייחסת להבנה או לחשיבה. כלומר, העטיפה הטכנולוגית המודרנית גרמה לאנשי חינוך רבים להימנע מלחשוב על התפיסה החינוכית שהייתה ארוזה בה. תופעה זו של סנוור ואי ראיית האידאולוגיה הלימודית הגלומה בטכנולוגיה חדישה יכולה לחזור על עצמה גם היום. הביקורת כנגד החינוך המסורתי בשל דקותו בדרישה לידיעת פרטים ועובדות ספציפיות נשכחת משום-מה בחינוך המודרני, כאשר התלמידים מתבקשים ללמוד, בעזרת מאגר נתונים רב-מדיה, פרטים ועובדות ספציפיות. ה"מידע" המוצג בעבודות התלמידים כקובצי גרפיקה וכסרטי וידאו ממוחשבים, גם אם הללו נלקחים ממאגר ממוחשב כתוצאה מתהליך חיפוש מרתק, עלול להיות מנותק מן המשמעות של התכנים העיוניים שאנו רוצים להקנות ללומדים בעזרת המאגר. כמה פסיקה או ביולוגיה ניתן ללמוד רק מעיבוד של תמונות וסרטי וידאו, ללא פעולות למידה נוספות? עלינו להיות ערים לכך שההימנעות מן המהמורות שהצבענו עליהן איננה תנאי מספיק להתרחשותה של למידה משמעותית, אלא תנאי הכרחי בלבד. תאוריות חינוכיות שונות מצביעות על תנאים הכרחיים נוספים.

איננו יכולים לסיים מאמר זה מבלי להיזכר במה שכתב אחד מראשוני החוקרים בתחום האינפורמטיקה, יהושוע בר-הלל. בספרו "אוטומטים סיכויים וסייגים", שפורסם לפני למעלה משלושים שנה והיה מיועד לקהל הקוראים הרחב, הוא מסכם דיון באינטליגנציה המלאכותית בדברים הבאים, שנכונותם שרירה וקיימת עד עצם היום הזה: "בעוד שאין לתלות תקוות מרחיקות-לכת בגילויי אינטליגנציה אצל המחשבים, הרי שקיימות אפשרויות בלתי-מוגבלות כמעט להשתמש במהירותם הפנטסטית כדי לבצע במהירות, בדייקנות ובנאמנות פעולות-עזר מרובות, שהאדם עשוי להיתקל בהן בדרכו לפתרון בעיות, המחייבות, נוסף לאימוץ כל כוחותיו האינטלקטואליים, גם ביצוע פעולות-עזר שגרתיות כאלה. אם נדע להעתיק את המאמץ המחקרי שלנו מתחום הרדיפה חסרת-התוחלת אחרי פיתוח אינטליגנציה עצמאית במחשבים, אל חיפוש דרכים יעילות לכינון שיתוף בין האדם והמחשב - שיתוף אשר יאפשר לאדם לנצל את תכונותיו

הסגוליות של המחשב לצורך הגברת האינטליגנציה שלו-עצמו (בר-הלל, 1964, ע"מ 96-97)

זו, כנראה, צריכה להיות הדרך, גם ממאגרי נתונים - למידע ולמידה.

מקורות

- אסף, מ' וקוזמינסקי, א' (1998). ההשפעה של דרכי הצגה שונות של מפות מושגיות ממוחשבות על העיון בהן ועל אחזור הטקסט שהן מייצגות. מאמר שהוצג בכנס סקריפט השלושה עשר, מעלה החמישה.
- בורוביץ, י', נוימן, ז' ומלמד, י' (1984). מערכות מידע ממוחשבות. תל אביב: צ'ריקובר. בר-הלל, י' (1964). אוטומאטים - סיכויים וסייגים. תל אביב: ספריית פועלים.
- בירנבוים, מ' (1997). ערכה למיפוי ולהערכה של כושרי הכוונה עצמית בלמידה בדרך חקר. משרד החינוך, אוניברסיטת תל-אביב, בית הספר לחינוך.
- גבעון, י' (1995). על השימוש במאגרי מידע. בתוך: י', גבעון, תרבות המחשוב - עיונים וסוגיות (עמ' 62-77). צופית: מכללת בית ברל, המרכז לאינפורמטיקה.
- גבעון, י' (1996). על אפשרויות השימוש האקדמי במאגרי מידע מנקודת המבט של האוריינות הקונבנציונלית. חלקת לשון, 22, 41-63.
- גולדרט, א"מ (1991). ערימת השחת מיצוי מידע מתוך ים הנתונים. תל אביב: דניאלה די-נור.
- גרינספלד, ח' (1997). אפיון ופיתוח דרכי חשיבה ופתרון בעיות של תלמידים בחטיבת הביניים ובחטיבה העליונה הלומדים ביולוגיה בסביבה ממוחשבת המשלבת גיליון אלקטרוני ומסד נתונים. חיבור לשם קבלת דוקטור לפילוסופיה. האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- היליס, ו"ד (2000). התבנית שבאבן הרעיונות הפשוטים שביסוד פעולתו של המחשב. תל אביב: הד ארצי.
- זייפרט, ת', נחמיאס, ר' וחקן, ד' (1989). השפעה של העבודה עם מסד נתונים על שיפור מיומנויות לוגיקה פסוקית (דוח מחקר מס' 39, יולי 89). תל אביב: אוניברסיטת תל-אביב.
- סלומון, ג' (1997). סביבות למידה קונסטרוקטיביסטיות חדשות: סוגיות לעיון. חינוך החשיבה, 11, 27-35. ירושלים: מכון ברנקו וייס.
- סלומון, ג' (2000). טכנולוגיה וחינוך בעידן המידע. חיפה ותל אביב: אוניברסיטת חיפה/

זמורה ביתן.

רימור, ר' (בהכנה). מחיפוש מידע לבניית ידע: תהליכי ארגון ובניית ידע בסביבות ממוחשבות של מסדי נתונים. המחלקה לחינוך, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

- Adams, D. (1980). *The restaurant at the end of the universe*. London: PanBooks.
- Becker, M., Haberfellner, R., & Liebetrau, G. (1989). *Electronic data processing in practice A handbook for users*. Chichester: Ellis Horwood limited.
- Downes, T. (1995). A model for understanding the problems when data-handling tools are used in classrooms. In: Y. Katz (Ed). *Computers in Education*. Bulgarian Academy of Science.
- Dreyfus, H. L. & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over machine: The power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Free Press.
- Gödel, K. (1931) Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I. *Monatshefte für Mathematic und Physik*. 38, 173-198.
- Hancock, C., Kaput, J.J., & Goldsmith, L.T. (1992). Authentic inquiry with data: Critical barriers to classroom implementation. *Educational Psychologist*, 27 (3), 337-364.
- Illych, I. & Sanders, B. (1989). *ABC: The alphabetization of the popular mind*. New York: Vintage Books.
- Jonassen, D.H. *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- McLuhan, M. (1994). *Understanding media: The extensions of man*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. (Original publication: 1964).
- Nason, R., Lloyd, P., & Ginns, I. (1996). Format-free database and the construction of knowledge in primary school science projects. *Research in Science Education*, 26 (3), 353-373.
- Newman, D. (1993). Designing databases as tools for high-level learning: insights from instructional systems design. *Educational Technology Research and Development*, 41 (4), 25-46.
- Olson, D.R. (1986). Intelligence and literacy: The relationship between intelligence and the technologies of representation and communication. In R.J.Sternberg & R.K.Wagner (Eds.), *Practical intelligence: Nature and origin of competence in the everyday world*. NY: Cambridge University Press.
- Papert, S. (1996). *The connected family: Bridging the digital generation gap*. Atlanta: Longstreet Press.

- Perkins, D. (1999). The many faces of constructivism. *Educational Leadership*, 57(3), 6-11.
- Postman, N. (1993). *Technopoly: The surrender of culture to technology*. New York: Vintage Books.
- Postman, N. (1995). *The end of education: Redefining the value of school*. New York: Alfred A. Knopf.
- Roszak, Th. (1986). *The cult of information: The folklore of computers and the true art of thinking*. New York: Pantheon Books.
- Turing, A. M. (1936) On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proc. London Math. Soc.*, 42, 230-265.
- Turkle, S. (1997). Seeing through computers: Education in a culture of simulation. *The American Prospect*, 31, 76-82. Also in: