

נהר הזמן של תולדות הטקסט הבדיד

פרופ' יהושפט גבעון

גרסה 12 בינואר 2007

מבוא

הטקסט הבדיד הוא טקסט סופי המורכב מבסיס תוים ("אלפבית") סופי בדרכי הרכבה המורכבות מבסיס פעולות הרכבה סופי. הדוגמה הנפוצה ביותר של טקסט בדיד הוא טקסט אלפביתי רגיל.

❖ הטקסט הבדיד התפתח בשתי דרכים:

א. **יצירה:** ע"י המצאת טקסטים חדשים וטריטוריות חדשות ליישומם (הרחבה של מושג הדיגיטליות על-ידי יצירה) – לדוגמה, המצאת הטבלאות, המצאת שיטת כתיבת המספרים באמצעות ספרות ומיקום, מושג האלגוריתם, מושג המחשב, המצאת שפות התיכנות;

ב. **הרחבה:** ע"י כיסוי של טריטוריות מוכרות (דיגיטליזציה של "טקסטים" לא דיגיטליים) – לדוגמה, שימוש באמצעים דיגיטליים להפקת אותות אנאלוגיים (כרטיסי הפלט מן המחשב אל האמצעים הלא דיגיטליים), הדיגיטליזציה של הקול בטלפונים הסלולריים החדשים (שימוש באותות דיגיטליים לייצוג ועיבוד אותות לא דיגיטליים);

❖ התפתחות הטקסט הבדיד קשורה בהתפתחות של האמצעים לעבודה עם טקסטים (מכשירי הכתיבה, הקריאה והלמידה) ושל המעבר מאמצעים אנאלוגיים (רציפים) לאמצעים בדידים, התפתחות שהגיעה לשיאה בהמצאת המחשב.

❖ נהר הזמן של תולדות הטקסט הבדיד הוזן והועשר ממעיינות ומיובלים רבים, ולעיתים התפצל וחזר והתאחד לזרם האחיד של הטקסטואליות הדיגיטלית.

❖ פיתוח הטכנולוגיות הדיגיטליות הוא גאון נהר הזמן של הטקסט הבדיד.

❖ השימוש בטכנולוגיה הדיגיטלית הביא גם למשבר תרבות הספר ואולי אף לשקיעתה, דווקא בשל הצלחתה של הטכנולוגיה החדשה.

❖ ואולם, רק מי שאינו מבין טקסט מהו, יכול בהשפעת ההתלהבות מן הטכנולוגיה של הטקסט הבדיד (כלומר, הטכנולוגיה הדיגיטלית, המחשבים או האינטרנט) לסבור שעוד מעט קט ולא נצטרך לדעת כתוב וקרוא.

ויהי אלף-בית..

1. המאה ה-15 לפנה"ס: שימוש באצבעות למנייה מתואר בציור קיר בקבר בתבי, ומיוחס לתקופת תחותמס הרביעי, הממלכה החדשה במצרים [יפרח, 1990].

2. האלף השמיני לפנה"ס: הסימנים הראשונים ליצירת סימני כתיבה בדידים בשומר העתיקה והם כוללים סימון למספרים שהוא נפרד מן הסימון לעצמים הנספרים. ניתוק ראשון בין תוכן לטקסט.

3. 3000 לפנה"ס : המצאת הא"ב השורשי הכנעני-עברי משורשים בבליים ומצריים – הכתיבה האלפביתית הקדומה איננה מהודקת לדיבור [יפרח, 1990].
4. המאה ה-6 או ה-4 לפנה"ס : מכונת חישובים דיגיטלית ראשונה בתרבות המערבית - "אבאקוס סלאמיס" - התגלה באי סלאמיס ביוון בשנת 1846 [יפרח, 1990].
5. 700-800 לפנה"ס : ראשית תרבות הספר העברית העתיקה : תרבות אוראלית כובלת עצמה לטקסט כאמצעי דתי ותרבותי.
6. 600 לפנה"ס : המצאת הא"ב הפונטי היווני, כא"ב שורשי בתוספת סימנים לתנועות – הכתב מייצג צלילי דיבור.
7. 500 לפנה"ס : גילוי היחסים ההרמוניים במיתרים ע"י פיתגורס : ראשיתה של הדיגיטליזציה של המוסיקה.
8. 400 לפנה"ס : באתונה, כל נער, שאיננו עבד, היה חייב בלימודים במוסד הוראה, שם למד, בין היתר גם לקרוא ולכתוב, אם כי לא ברור אם נושאים אלה היו נושאי בחירה או נושאי חובה.
9. 400 לפנה"ס : הגיאומטריה הדרוקטיבית של תאלס ושל אויקליד : תחילתה של הטקסטואליזציה השיטתית של הגרפיקה ושל הדרוקציה המתמטית.
10. 400 לפנה"ס : אפלטון מבטא את לבטי סוקרטס בדבר השפעת הכתיבה על החשיבה ועל התרבות בדיאלוג "פאידרוס".
11. 529 – 387 לפנה"ס : תנאי קבלה לאקדמיה של אפלטון : ידיעת הגיאומטריה.
12. 335 לפנה"ס : הסילוגיסמים של אריסטו – ראשית הטקסטואליזציה של תבניות של טיעונים לוגיים מסוימים ברמה של פרדיקטים (תכונות).
13. 300 לפנה"ס : ייסוד האסכולה הסטואית של הלוגיקה הפסוקית על-ידי זנון מסיטיום (ואחריו, קליאנטוס וחריסיפוס) – ראשית הטקסטואליזציה של הטיעונים הלוגיים הפסוקיים (קשרי אמת בין פסוקים).
14. 200 לפנה"ס : בתי ספר לנערים ברומא, בהם בני העשירים למדו בין היתר גם כתיבה וקריאה.
15. 220 לפנה"ס – 400 לספירה : הספרייה באלכסנדריה : מרכז מחקר רב-לאומי ובו מאות אלפי טקסטים.
16. 200 לפנה"ס : ראשית המדידות הגיאוגרפיות הגלובליות : יישום הגיאומטריה בחישוב רדיוס כדור הארץ ובשרטוט מפות ע"י ארטוסתנס, הספרן הראשי של ספריית אלכסנדריה.
17. 200 (בערך) לפנה"ס : יסודות המתמטיקה השימושית (כמבוססת על המתמטיקה הטהורה) : חישובי שטחים ונפחים של גופים גיאומטריים, ראשית הבנת מושג השטח והנפח, שימושים בשיטות קירובים, (היפארכוס, ארכימדס וחוקרים רבים אחרים באלכסנדריה ומחוצה לה).
18. 200 (בערך) לפנה"ס : יסודות הפיסיקה והנדסת מכונות : גילוי חוק הציפה של ארכימדס, בניית מכונות שונות (ארכימדס).

19. לפנה"ס : תרגום החישובים הגיאומטריים לחישובים טקסטואליים שיטתיים : הגדרת הפונקציות הטריגונומטריות, כתיבת לוחות טריגונומטריים ויישום הפונקציות האלה בחישובים אסטרונומיים (חישוב המרחק מן הארץ לירח, חישוב ראדיוס הירח, ועוד, ע"י היפארכוס).
20. המאה ה-1 לפנה"ס : ראשית השימוש בספרות הרומיות משורשים יווניים [יפרח, 1990].
21. 100 לספירה : שיקום ההרס הרומאי בארץ ישראל על-ידי הקמת רשת של בתי הספר ציבוריים בקרב הקהילות היהודיות על-ידי רבי יהושע.
22. בין המאה ה-2 למאה ה-4 : המצאת הקודקס : המגילה הרציפה מותמרת באוסף בדיד של דפים כרוכים (הצעד הראשון בדיגיטליזציה של המצעים הטקסטואליים).
23. 387 (בערך) : אוגוסטינוס מגלה לתדהמתו שהבישוף אמברוזיוס (מילאנו, איטליה) קורא ללא השמעת קול, והוא מסביר את קריאתו כשיחה דמומה ולא כחשיבה.
24. 415 : נזירים נוצריים מאשימים את המתמטיקאית היפאטיה באלכסנדריה בכישוף ורוצחים אותה, קורעים את גופה לגזרים, הורסים את הספרייה באלכסנדריה, וכך שמים קץ לשרידי תרבות המדע והחקירה הרציונלית היוונית באירופה הנוצרית.
25. 475-525 : בואותיוס הרומאי מתרגם חלק מכתבי אריסטו ללטינית ומוסיף לדברי אריסטו הערות – כמקובל באותם ימים לגבי תפקיד הכותב – בין היתר, כתב פירוש על תורת הסילוגיסמים של אריסטו.
26. 800 : גילוי הספרות העשוריות והייצוג הספרתי בהודו משורשים סיניים, ומשם אל בגדד (הנסיונות לייצג מספרים ע"י סימנים בדרך שיטתית קדומים יותר משורשי הא"ב [יפרח, 1990] ראה פריט מס' 2 ברשימה זו).
27. 800 : ייסוד המכללה באית-אל-חיכמה בבגדד : תרגום הספרות היוונית והלטינית לערבית.
28. המאה ה-9 : הרנסאנס הראשון באירופה : ייסוד בתי-הספר לחינוך חובה לאנשי הכנסייה ופיתוח אותיות קטנות וגדולות וסימני פיסוק (לרבות ההפרדה למילים) לכתבי-היד בלטינית, על-ידי שארלמיין, מי שהוכתר בסוף המאה ה-8 כקיסר האימפריה הרומית הקדושה ע"י האפיפיור .
29. 830 : פרסום הספר "אלג'אבר" של אלחואריזמי שהיה חוקר בצוות מכללת בית החכמה בבגדד : ביסוס הייצוג הספרתי של מספרים וגילוי הטקסטואליזציה של החישובים הנומריים (ספרו היה ספר להוראת האלגברה – אך השתמש בהוכחות גיאומטריות כדי לבסס את הנוסחאות האלגבריות).
30. 975 : התחלת הפעילות העיונית במסגד אל-אזהר בקהיר.
31. 1009 : המוסלמים מביאים את תעשיית הנייר לאירופה המורית.
32. 1085 : המלך הספרדי אלפונסו השישי כבש את טולדו מידי המורים ומלומדים מכל רחבי ארופה הנוצרית נחשפו לתרבות המידע והמדע האיסלמית.

33. 1128 : הכומר היו, מכנסיית ויקטור הקדוש בפריז, מפרסם את ה"דיאסקאליקון", שהוא ספר ללימוד הלמידה על-ידי קריאה מטקסטים, הפותח בהצהרה: "מכל הדברים שיש לשאוף אליהם, הראשון הוא החוכמה", ובו נמצא ביטוי ראשון לקריאה הדמומה כשיטה ללמידה ע"י חשיבה [איליץ', 1993].
34. 1132 : לראשונה מאז אפלטון, הסטואיים ואריסטו היווניים, ובואטיוס וציצרו הרומאיים, יוצא לאור ספר בלוגיקה - אדם מבאלשאם (אנגליה) מפרסם ספר המתאר את הלוגיקה הכתובה ככלי לחיסון מפני כשלים סופיסטיים.
35. 1150 : ייסוד בית-הספר למתרגמים בטולדו.
36. 1170 : קטלוג של ספריה מוזכר לראשונה בדו"ח של נזיר דומיניקני.
37. 1200 : הרנסאנס השני - של המאה ה-12 באירופה המרכזית : מהפך הטקסט מרשם קול לרשם רעיונות, מאמצעי לפתרון בעיה פסיקלית לכלי עזר לקוגניציה, והחזרת התרבות הקלאסית לאירופה.
38. 1202 : ניסיונות ראשונים להטמעת הייצוג הספרתי העשורי באירופה (על-ידי פיבונצ'י).
39. מ-1219 ואילך : האוניברסיטאות הראשונות באירופה : בולוניה 1219 ; פדובה 1220 ; פאריז 1220 ; אוקספורד 1249 ; ליסבון 1290 ; רומא 1303.
40. 1260 : יקובוס מוואראז'ה חיבר את "**הגדת הזהב**" קובץ של סיפורי קדושים שהיה ליצירה הנפוצה ביותר שידעה אירופה בימי הביניים ותורגמה לכל השפות המערב אירופאיות [קליינברג, 2000].
41. 1274 : החיבור הראשון בין טקסט למכונת חישוב : הספרדי ריימון לאל ממציא מכונה ליצירת פסוקים במטרה להוכיח טענות באופן לוגי.
42. 1244 : תעשיית הנייר מגיעה אל אירופה הנוצרית וב-1250 וונציה הופכת ליצואנית של נייר.
43. 1325 : גילוי חוקי תנועה ראשונים הקשורים במהירות ובתאוצה, ע"י חוקרי מכללת מרטון באוניברסיטת אוקספורד.
44. ראשית המאה ה-14 : גילוי חוקי הפרסקטיבה על-ידי ראשוני אמני הרנסאנס האיטלקי (דוקיו, ג'יאוטו, אמברוג'יו, ברונולסקי ותלמידיהם) שהובילו, מאוחר יותר (במאה ה-17) לפיתוח הגיאומטריה הלא אויקלידית הראשונה (הגיאומטריה הפרוייקטיבית).
45. המאה ה-14 : באנגליה, מחקרים של וויליאם אוקהם ושל מחבר בלתי ידוע המכונה "הסקוטי המדומה", בניסוח כללי יסוד (אכסיומות) לחוקי ההגיון ; עבודותיו של אריסטו, ובמרכזן ה"**אורגאנון**", תופסות מקום מרכזי בתוכניות הלימודים של אוניברסיטת אוקספורד.
46. 1400 : הייצוג הספרתי הערבי העשורי נפוץ באירופה, אם כי בכמה תחומים (במסחר עד 1550, ובמנזרים ובמכללות הנוצריות עד 1650) עדיין גם שומרים על השימוש בשיטה הרומאית.

47. 1440 : הרעב לספרים מוביל לחיפוש אחרי דרכים יעילות להפקתם : אחרי מספר רב של נסיונות כושלים, הומצא מכבש דפוס התווים הניידים על-ידי גוטנברג – הטקסט הבדיד מופק בתהליך ייצור בדיד.
48. 1550 : ביטוי מפורש ראשון לרעיון הכתיבה הרפלקסיבית, המלמדת : המהרש"א על כתיבת היד כדרך האפקטיבית ביותר ללמידה (בפירוש שלו לתלמוד, **בבא בתרא** דף י' : "וכי עיקר הלימוד וסנעסה זו הרוקס הוא הלימוד הצא מכתובת יד").
49. 1590 : גליליאו מגלה מחדש את חוק ההתמדה ועורך ניסויים בנפילה חופשית וכך מגלה את חוק הנפילה החופשית והא מצהיר כי "חוקי המתמטיקה הם האלפבית שבו האלוהים כתב את העולם".
50. 1609 : קפלר מפרסם בספר "**אודות תנועותיו של מאדים**" את שני החוקים הראשונים שלו, בהם הוא החל את המתמטיקה על האסטרונומיה בביטוי חוקי טבע כלליים.
51. 1620 : השלמת הטקסטואליזציה של המתמטיקה : המצאת הגיאומטריה האנאליטית ע"י רנה דקארט.
52. 1623 : ווילהלם שיקארד ממציא את מכונת החישוב המודרנית הראשונה לביצוע ארבע פעולות החשבון ולהוצאת שורש מחזקה שנייה (שורש ריבועי).
53. 1638 : ייסוד הטקסטואליזציה של המדע : גלילאו מפרסם את "**הוכחות מתמטיות ביחס לשני מדעים חדשים**" ובו פיתוח מתמטי ראשון של כללי המכניקה וניסוח עקרונות למדע : 1. הימנעות מהסברים והתמקדות בתיאורים ; 2. ביסוס תצפיות על מדידות כמותיות ; 3. ניסוח חוקי טבע באמצעות נוסחאות מתמטיות. עקרונות אלה מקובלים עד עצם היום הזה במדעי הטבע.
54. 1666 : תחילת האלגבראיזציה של הלוגיקה : לייבניץ מפרסם את הספר "**אמנות הציורפים**" ובו הוא מנסח תורה לוגית כאלגברה של רעיונות כתובים.
55. 1670 : תוצאה של ניסיונותיו של לייבניץ באלגבראיזציה של מושג השינוי בפילוסופיה : המצאת הקלקולוס.
56. 1670 : פיתוח האלגבראיזציה של המדע : החשבון האינפיניטסימלי והמכניקה האנאליטית של ניוטון – עיקרו של המדע בשימוש במתמטיקה להסקת חוקים מחוקים בסיסיים (ניוטון מוכיח שחוקי קפלר נגזרים מתמטית מחוקים בסיסיים יותר).
57. 1801 : ז'וזף ז'אקארד ממציא את המכונה הראשונה המנוהלת על-ידי טקסטים : נול האריגה שפעולתו נשלטת על-ידי כרטיס מנוקב בתבניות בדידות.
58. 1841-6 : גילוי כוכב לכת (נפטון) באמצעות חישובים על נייר.
59. 1844 : גראסמן מפתח את האלגברה הווקטורית : טקסטואליזציה של מושג הכוח (ובעקבותיו, התאוצה והמהירות) בפיסיקה.
60. 1847 : האלגבראיזציה של הלוגיקה על-ידי ההפרדה מוחלטת בין נכונות לוגית של טקסטים לבין התוכן של הטקסטים : צעדים ראשונים של הלוגיקה המתמטית

- על-ידי ג'ורג' בול, ברמת תחשיב הפסוקים (לימים, ברטראנד ראסל הגדיר מאורע זה כראשיתה של המתמטיקה המודרנית).
61. 1855 : תגלית מדעית מהפכנית באמצעות נייר ועפרון : ג'ימס מקסוול מאחד את האופטיקה, החשמל והמגנטיות לתיאוריה אחת ומגלה את הגלים האלקטרומגנטיים.
62. 1887 : הרמן הולרית, בארה"ב, ממציא את השימוש בכרטיסים המנוקבים להפעלת מכונות שונות לעיבוד נתונים.
63. 1889 : ג'וספפה פיאנו מגלה את חמש האכסיומות של האריתמטיקה.
64. 1894 : אדיסון ממציא את הקינטיסקופ : הצעד הראשון לקראת יצירת וידיאו באמצעים דיגיטליים.
65. 1899 : פיאנו מרחיב את "האלגברה של ההגיון" מתחשיב הפסוקים לתחשיב הפרדיקטים.
66. מ-1900 בערך : הפורמליזציה של המתמטיקה (התיאוריות המתמטיות נדונות כמערכות טיפוגרפיות של תוים חסרי פשר ונחקרות בעצמן כאובייקטים מתמטיים : מושג השפה הפורמלית) . המתמטיקה היא אוסף של טקסטים שביניהם יש טקסטים החלים על עצמם. לימים, שפות התיכנות תוגדרנה כשפות פורמליות.
67. מ-1900 בערך : המתמטיזציה הכוללת של מדעי הטבע והטכנולוגיה.
68. 1905-1915 : מהפכות מדעית באמצעות נייר ועפרון : גילוי תורת היחסות הפרטית ותורת היחסות הכללית על-ידי איינשטיין [שטייניץ, 1985 ; סינג, 2007].
69. 1920 : ההפרדה בין הטקסט למשמעותו מתבססת כתורה לוגית מתמטית כללית על-ידי אלפרד טארסקי.
70. 1910-1920 : הטקסטואליזציה של המכונות האוטומטיות : שימוש פרקטי במכונות טקסטים לבקרה ולהעברת מידע – פיתוח טכנולוגיות הבקרה והתקשורת.
71. 1922 : המתמטיקאי הרוסי אלכסנדר פרידמן מפרסם מאמר שבו הוא מוכיח מתמטית שמנוסחת הכבידה המקורית של איינשטיין (של תורת היחסות הכללית) ניתן להסיק שהיקום חייב להיות יקום מתפשט.
72. 1927 : הכומר והקוסמולוג הבלגי ז'ורז' לֶמְטֶר, מבלי לדעת על עבודתו של פרידמן, גילה אף הוא את המסקנה של היקום המתפשט כתוצאה מעיבוד משוואות איינשטיין של תורת היחסות הכללית.
73. 1931 : משפט אי-השלמות של ג'ודל : הוכחת מגבלות הטקסטואליזציה הפורמלית של המתמטיקה באמצעות רדוקציה של כל התורות הפורמליות אל/על תורת המספרים הטיפוגרפית [ג'ודל, 1931 ; הופשטטר, 1976].
74. 1936-37 : גילוי מושג החישוב והמחשב האוניברסלי ומגבלותיו : המכונה הטקסטואלית האוניברסלית של טיורינג של שימוש בטקסטים לביצוע תהליכים אלגוריתמיים על טקסטים, תחשיב למבדה של צ'רץ' וגילוי השקילות

- שבין חומרה לטקסט בכל הנוגע למכונות הדיגיטליות [טיורינג, 1936-37; צ'רץ', 1936].
75. 1948 : תורת הבקרה והקיברנטיקה : מושג ההיזון החוזר וביסוס תיאורטי טקסטואלי מקיף של הנדסת מכונות עם בקרה מובנית ומעגלי היזון חוזר ע"י נורברט וינר בספר **קיברנטיקה** [וינר, 1948].
76. 1944-53 : גילוי הטבע הדיגיטלי של מנגנון התורשה : מולקולת ה-דנ"א, הרכבה והמבנה שלה.
77. 1956 : גילוי הבלשנות החישובית : שימוש במודלים של מכונות טקסטואליות להגדרת דקדוקים מסוגים שונים [חומסקי, 1956].
78. 1964 : מארשל מקלוהן, בספרו **"להבין את המדיה"** טוען שהתקשורת האלקטרונית תביא את קיצה של תרבות הספר, התרבות האלפביתית [מקלוהן, 2003; פרק 25].
79. 1976 : ניקולאוס ווירתי מפרסם את הספר : **"אלגוריתמים + מבני נתונים = תוכניות"** ובו מתואר בפעם הראשונה העיקרון של הקשר שבין מבנים של טקסטים ובין הפעולות המיושמות על אותם טקסטים (מושג "טיפוס הנתונים" של מדעי המחשב).
80. 1980 : תפיסת המיחשוב כטקסטואליזציה של העבודה – המחקר של שושנה זובוף על התמחשבותם של תעשיות ועסקים ביבשת אמריקה [זובוף, 1988].
81. 1981 : מערכת ההפעלה DOS משקפת ללא סייג את הטקסטואליות של פעולת המחשב.
82. 1982 : ניל פוסטמן מבכה את ביטול מעמדה של תרבות הספר מפני תרבות הוידאו בספר **"אובדן הילדות"** וכן בספריו האחרים [פוסטמן, 1982].
83. 1993 : איבן איליץ' מפרסם סקירה על הספר **"דידאסקאליקון"** (ראה : פריט 33 לעיל) כדי לציין את מועד שקיעתה של הקריאה הלמדנית שהחלה במאה ה-12 [איליץ', 1993].
84. 1995 : ואז הופיעו ה"חלונות" שהסתירו מהציבור את הטקסטואליות של המחשב וכך נדמה לכל, שלטקסט הבדיד אין עתיד.
85. בערך 2000 : מורים בבתי-הספר היסודיים סוברים שגם ציורים הם טקסטים.

הערות ביבליוגרפיות

1. איליץ', איבן, (1993) בספרו באנגלית :

Illich, I., (1997). *In the Vineyard of the Text: A Commentary to Hugh's Didascalicon*. Chicago: The University of Chicago Press.

מתאר כיצד במאה ה-12 התחוללה מהפכה בתפיסת הטקסט, במעבר מתפיסת הטקסט כרשם קול, כ"שפה כתובה", לטקסט כמייצג מחשבות, כ"מחשבה כתובה", ואשר ספרו של הכומר היו מהווה

ביטוי משמעותי של מהפכה זו. הוא מודה בחצי קול שבעצם העובדות על המאה ה-12 באירופה מערערות על תפיסת הדפוס כמחולל תרבות (שם, בעמ' 74; עמ' 81; עמ' 94-95; עמ' 114-115; ועוד).

2. שטייניץ, י., בספרו **טיל לוגי מדעי לאלוהים וחזרה**. תל-אביב: זמורה ביתן, 1998. וכן סינג: בספרו **המפץ הגדול: התגלית המדעית החשובה ביותר בכל הזמנים**. תל-אביב: ספריית עליית גג – ידיעות אחרונות – ספרי חמד, מתארים אירוע בביקור של איינשטיין עם אשתו בשנת 1931 במצפה הכוכבים בהר וילסון ובו כתגובה על גאוות האסטרונומים במכשירים שלהם (מדובר בטלסקופ ענק שבענקים, המורכב ממראה בקוטר של 100 אינצ'ים) השתוממה גברת איינשטיין ואמרה, משהו כמו: "בעלי עושה זאת על גבי מעטפה ישנה".

3. גוידל, קורט (1931) במאמרו באנגלית:

Godel, K. (1931). "Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I". *Monatshefte für Mathematik und Physik*. 38. pp. 173-198.

מוכיח מגבלה חשובה של המתמטיקה הטקסטואלית. כדי לעשות זאת הוא מראה כיצד ניתן להגדיר את כל התורות המתמטיות הטקסטואליות בתוך תורת המספרים, בכך שהוא מצליח להגדיר כל תכונה לוגית של תורה מתמטית וכל טענה על תורה מתמטית כתכונות של מספרים המוגדרות לפי ספרותיהם. כתוצאה מכך, נוסחאות בתורת המספרים נהפכות לטענות על התורה המתמטית הנדונה. בפרט, מצליח גוידל לנסח טענה שמשמעותה שהיא עצמה אינה ניתנת להוכחה. פירושו של דבר שאם הנוסחה בכל זאת ניתנת להוכחה אז מתקבלת סתירה, ואם איננה ניתנת להוכחה אז זו טענה נכונה שאינה ניתנת להוכחה במסגרת התורה המתמטית הנתונה [ראה, הופשטדטר, 1976].

4. הופשטדטר, דאגלאס, (1976) בספרו באנגלית:

Hofstadter, D., (1976) *Godel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid - A Metaphorical Fugue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll*. Penguin Books. 1976.

(שזכה לפרס פוליצר) מסביר את עבודתו של גוידל בתוך מסכת בינתחומית מרתקת הדנה במושג הצורה והרקע.

5. וינר, נורברט, (1948) בספרו באנגלית:

Wiener, N., (1948) *Cybernetics*. New York: John Wiley & Sons.

מגדיר את תורת הבקרה המודרנית כתורה שיישומיה חלים על כל המערכות, הטבעיות, המלאכותיות והאנושיות. הוא בחר בשם "קיברנטיקה" כדי להתייחס אל רעיון הניווט (מיוונית, וקרוב אל המונח "קברניט" בעברית, ו"governor" באנגלית ובשפות אירופיות אחרות).

6. זובוף, שושנה, (1988) בספרה באנגלית:

Zuboff, Sh., (1988). *In the Age of the Smart Machine: The Future of Work and Power*. Basic Books.

מדווחת על מחקר מקיף שערכה על 8 תעשיות וארגונים עסקיים ביבשת אמריקה שעברו התמחשבות בסביבות 1980, בתקופה שבה המיחשוב היה חידוש עצום. במחקר זה היא חושפת כיצד עובדים בתעשיות מסוימות גילו בעצמם את משמעות עבודת הידע מול המחשבים כמציגי טקסטים, כאותה

דרך הפורצת את המושג התעשייתי של המיחשוב כאוטומציה. מחקרה נחשב כיחיד מסוגו בתחום חקירת יחסי הגומלין שבין האדם והמחשב, והוא תורם לערעור הבסיס של התפיסה הפופולרית הרואה בטכנולוגיה כגורם חד-ערכי המשפיע, לכאורה, על התרבות בסגנון "המדיום הוא המסר" [מקלוהאן, 2003].

7. חומסקי, נועם, (1956) במאמרו באנגלית:

Chomsky, N., (1956) "Three models for the description of language" *The IRE Transactions on Information Theory*, 2, pp. 113-124.

יצר מהפכה בבלשנות בהשתמשו במושגים מן הלוגיקה המתמטית, המתמטיקה ומדעי המחשב להגדרת מושג הדקדוק עבור השפות האנושיות הטבעיות.

8. טיורינג, אלן, מ', (1936) במאמרו באנגלית:

Turing, A. M., (1936) "On computable Numbers With an Application to the Entscheidungsproblem". *Proc. London Math. Society*, Vol 2, No. 42, pp. 230-265.

הגדיר מהו חישוב, מהו מחשב, והוכיח מגבלה חשובה של החישובים המתבצעים בכל מחשב שהוא. נוסף על-כך, הוא הוכיח שהמודל שלו, המנוסח במונחים של מנגנוני חישוב הפועלים על טקסטים ומוגדרים באמצעות טקסטים, שקול לחלוטין עם המודל של עמיתו אלונסו צ'רץ', שהיה מנוסח כתורה טקסטואלית על טקסטים [צ'רץ', 1936].

9. יפרח, ג'ורג', (1990). *ספרות ומספרים: היסטוריה של המצאה גאונית*. ירושלים: הוצאת כרטא. 1990 (מצרפתית, 1981).

10. מקלוהן, מ'. (2003) *להבין את המדיה*. תל-אביב: בבל.

ספר זה, במקורו האנגלי נכתב בשנת 1964, ובו מקלוהן מנבא (בהצלחה מסוימת) תופעות תרבותיות שונות אותן הוא מייחס להשפעת הטכנולוגיה האלקטרונית על תרבותנו. ספר זה נחשב כספר מייסד בעיני אלה המאמינים שהטכנולוגיה היא כוח עליון בהשפעתה על החברה ועל התרבות. לאמונה זו קוראים **"התפיסה הדטרמיניסטית של הטכנולוגיה"**. בהתאם לכך, הוצאת הספרים של MIT ראתה לנכון להוציא את הספר מחדש בשנת 1994, ואילו אנו זכינו לתרגום עברי של שנת 2003. כותרת הספר המקורי הייתה (בתרגום שלי): **"להבין את המדיה: ההרחבות של האדם"**. חשוב להבין כי העובדה שנבואותיו לגבי תופעות שונות התקיימו אינה מוכיחה דבר לגבי תקפות ההסברים שהוא נתן לתופעות הללו, אם כי זה נשמע כאילו שהתיאוריה שלו היא שניבאה את התופעות (של "הכפר הגלובלי", של המעבר מתרבות אנליטית לתרבות מיידיית, ועוד).

11. פוסטמן, ניל, (1982) בתרגום לעברית (1990): **אבדן הילדות**. תל-אביב: ספרית פועלים.

בספר זה מבטא פוסטמן את התפיסה הדטרמיניסטית ביחס לטלוויזיה, כזו שגורמת לאובדן הילדות בגלל שהיא מבטלת את הצורך בשימוש בטקסטים לקבלת מידע ולמידה (לטענתו) וכן לעוד כמה תופעות מצערות אחרות. פוסטמן שהיה תלמיד של מקלוהן, מתאר בספר זה גם את השפעת המצאת דפוס התווים הניידים על תרבות אירופה. ראוי לציין, שלמרות מספר המשפטים הרב בניסוחו של פוסטמן שבהם מכונה זו היא נושא המשפט (כגון "הדפוס גרם...", "הדפוס הפך...", "הדפוס יצר...", "הדפוס הניח את...") וביטויים אחרים המשכנעים את הקורא עד כמה מכבש הדפוס אחראי לתופעות תרבותיות שונות, נוכל למצוא בספר זה [בעמ' 31 למשל] הצהרה חד-משמעית על כך שהמצאת הדפוס הייתה הכרח הנובע מתנאים אינטלקטואליים מסוימים. מן הראוי לציין שחלק ניכר של התופעות המיוחסות לדפוס, באו לעולם, התעוררו והתרחשו עוד במאה ה-12 [איליץ', 1993].

12. צ'רץ', אלונסו, במאמרו באנגלית:

Church, A., (1936). "An unsolved problem of elementary number theory,"
American Journal of Mathematics, Vol. 58, pp. 345-363.

הגדיר שפה פורמלית לתיאור ולחישוב של פונקציות כלשהן הניתנות לתיאור על-ידי טקסטים בכלל ולחישוב על-ידי פעולות טיפוגרפיות (כלומר, על-ידי הזנת סימנים או החלפת סימנים, או מחיקת סימנים או הוספת סימנים). לשפה זו קרא "תחשיב לאמבדא". טיורינג בנספח למאמר שלו [טיורינג, 1936] הוכיח שהמושגים שהגדיר צ'רץ' ("פונקציה ניתנת לחישוב" ו-"פונקציה כללית לחישוב כל הפונקציות הניתנות לחישוב") שקולים לחלוטין עם המושגים שהוא הגדיר ("פונקציה הניתנת לחישוב על-ידי מכונת טיורינג" ו-"מכונת טיורינג אוניברסלית"). לאור התוצאות האלה, ותוצאות דומות נוספות, נוסחה הצהרה בשם "**התזה של צ'רץ' וטיורינג**" הקובעת שכל תהליך הניתן לחישוב בדרך כלשהיא, ניתן לחישוב לפי המודלים של צ'רץ' וטיורינג.

13. קליינברג, אביעד (2000) בספרו **רגל החזיר של האח ג'ינפלו** (זמורה ביתן מוציאים לאור) מתאר את השימוש בסיפורי הקדושים בימי הביניים ומתייחס אל תמורות תרבותיות חשובות נוספות סביב המאה ה-12 באירופה הנוצרית.

14. על תולדות אירופה הנוצרית בימי הביניים עד למאה ה-12 יש ללמוד ממקורות היסטוריים מוסמכים, כדי להבין כיצד דוכאה בה התרבות היוונית על ערכיה, בתחום החשיבה הביקורתית והסקרנות המדעית, וכיצד תרבות זו חזרה אל אירופה הנוצרית והנצה בה מחדש, אחרי שהייתה פיקדון בידי המוסלמים, שלוש מאות שנה לפני הרנסאנס השלישי – ולפני המצאת המדפס.

15. על תולדות מדעי הטבע, מיוון, דרך האסלאם, וחזרה לאירופה הנוצרית, יש ללמוד ממקורות העוסקים בתולדות המדעים, ובעיקר מאלה העוסקים בתולדות המדעים הפיסיקליים. במקביל, כדאי לעיין בתולדות המתמטיקה, מגילוי מושג ההוכחה על-ידי המתמטיקאים היווניים.

16. הערה על תולדות הפיסיקה המודרנית:

חוקרי תולדות המדעים מגדירים את תקופת המדע המודרני כזו המתחילה בעבודתו של גלילאו (במאה ה-16). התנופה הראשונה לפיתוח מדעי של הפיסיקה ניתנה על-ידי ניוטון (במאה ה-17). המכניקה שלו התבססה על תפיסת הכוחות כנגרמים על-ידי מאסות חומריות במערכות ייחוס המתנהגות לפי חוק ההתמדה של גלילאו. המהפכה הראשונה שהתרחשה בתפיסה זו נגרמה על-ידי פיתוח מושג "השדה" כגורם לכוח מגנטי וחשמלי, ועל-ידי האחדת האופטיקה עם החשמל והמגנטיות על-ידי ג'יימס מקסוול (במאה ה-19) במשוואות הקרויות על שמו. אלברט איינשטיין (בתחילת המאה ה-20) הצליח למזג את חוקי ניוטון ומשוואות מקסוול לתיאוריה אחידה המוכרת בשם "תורת היחסות". בחלקה הראשון, "תורת היחסות הפרטית", הייתה מצומצמת לאותן מערכות ייחוס שבהן דנה המכניקה של ניוטון, תוך התחשבות בעובדה שמהירות האור היא מוחלטת. בחלקה השני, "תורת היחסות הכללית", חלה על כל מערכות הייחוס האפשריות, ובה כוח הכבידה הוגדר כתופעה גיאומטרית. כל העבודות, של מקסוול ושל איינשטיין, היו עבודות טיפוגרפיות, של תיהלוך נוסחאות, שלא היו ניתנות להשגה ללא שימוש בטקסטים. [בשנת 1947 יצא לאור בהוצאת ספריית הפועלים ספרון שכותרתו "**הפיזיקה החדשה: התפתחות ההשקפות מן המושכלות הראשונים עד היחסות והקואנטים**" ומחבריו אלברט איינשטיין וליאופולד אינפלד. מומלץ ביותר, גם למי שאינו מושכל במיוחד בפיסיקה או במתמטיקה.]

<~*~>