

עקביות קצב הפעילות בלמידה מקוונת

רפי נחמias
אוניברסיטת תל-אביב
nachmias@post.tau.ac.il

ארנון הרשקוביץ
אוניברסיטת תל-אביב
arnonher@post.tau.ac.il

Consistency of Pace in Online Learning

Arnon Hershkovitz
Tel Aviv University

Rafi Nachmias
Tel Aviv University

Abstract

The purpose of this study is to investigate the consistency of students' behavior regarding their activity pace over sessions within an online course. Pace in a session is defined as number of logged actions divided by session length. Log files of 6,112 adult students were collected, and datasets were constructed to examine pace rank consistency in three main situations: day/night sessions, beginning/end, and between different learning modes. For each dataset, students were ranked twice, according to their pace in the two sub-groups; these ranks were correlated. Results suggest that pace is sometimes not consistent, hence might not be considered as a characterizing measure of the student. A discussion of this study is provided.

Keywords: online learning, online learner, pace, data mining, consistency.

תקציר

מחקר זה נועד לבחון את העקביות, לאורך זמן, של קצב הפעילות בלמידה מקוונת. קצב הפעילות מחושב כמספר הפעולות בביקור (סשן) מחולק במשכו (בדקות). קבצי יומן של 6,112 תלמידים בוגרים בקורס מקוון נאספו, ומספר קבצי נתונים נבנו לבחינת עקביות הקצב בשלושה מקרים עיקריים: בין פעילות ביום ובליילה, בתחילת הלמידה ובסופה, ובין אופני למידה שונים. בכל אחד מן המקרים, התלמידים דורגו פעמיים, על פי קצבם בכל אחת משתי התצורות, והמתאם בין דירוגים אלו חושב. מן הממצאים עולה כי הקצב לרוב אינו עקבי, ולכן לא ניתן להתייחס אליו כמאפיין של תלמיד לאורך תקופת הלמידה. דיון בממצאים אלו מצורף.

מילות מפתח: למידה מקוונת, לומד מקוון, קצב, כריית נתונים, עקביות.

מבוא

במחקרים רבים העוסקים בבחינת הבדלים בין-אישיים בין לומדים, ובעיקר במחקרים המשתמשים בשיטות של כריית נתונים (Data Mining), מחושבים משתנים הנותנים ערך מספרי מסכם או ממצע בעבור כל סטודנט. בתוך כך, טמונה הנחה חבויה, על פיה המשתנים המדוברים מהווים מאפיין של הסטודנט. המחקר הנוכחי דן בסוגיית העקביות של משתנה הקצב. זהו משתנה תלוי-זמן, אשר לעתים מחושב ברמת הסטודנט – כלומר מזידות הקצב של כל תלמיד לאורך שימוש במערכת נלקחות לחישוב "קצב ממוצע" – על מנת להשתמש בו בחישובים שונים המתייחסים להתנהגותו של התלמיד. עם זאת, כיום, כאשר התלמיד יכול להשתמש במערכת מכל מקום, בכל זמן, מהתקנים שונים (לדוגמא: מחשב שולחני, מחשב נייד, מכשיר סלולרי) ובדרך בה יחפוץ – ובפרט כאשר הלמידה נמשכת על פני זמן רב, לעתים שבועות או חודשים – לא ברור כלל כי ניתן לדבר על "קצב מאפיין". מכאן, לא ברור כלל כי ניתן להשוות בין תלמידים על בסיס הקצב שלהם.

השימוש בקבצי יומן למדידת קצב הפעילות בסביבות למידה נלמד על ידי Clariana (1990), אשר סיכם וכתב כי בפעולותיהם של התלמידים עם מערכת הלמידה הממוחשבת מיוצג "קצב מאפיין" (במקור: "characteristic rate") של תגובה או גישה למערכת. ההתייחסות לקצב כמאפיין של תלמיד גוררת לעתים חישובים הלוקחים בחשבון קצב יחסי. לדוגמא, מודל ההתנתקות (disengagement model) מתייחס למידת האי-מעורבות דה-פקטו של תלמידים בתקשורת עם מערכת הלמידה הממוחשבת, ומכיל פרמטר המתייחס למהירות התגובה של הסטודנט; פרמטר זה נועד לקחת בחשבון הבדלים בין-אישיים בין הסטודנטים, והוא מחושב, עבור כל סטודנט כאחוז מן הממוצע הכיתתי (Beck, 2004). במקרה אחר, נמדד משך זמן עבודה יחסי, המחושב בעבור כל סטודנט כיחס בין זמן העבודה שלו לממוצע הכיתתי (Zhang, Cheng, He, & Huang, 2003). בשתי הדוגמאות הללו, טמונה הנחה סמויה של החוקרים כי ניתן לדרג תלמידים על פי קצב או משך פעילותם, כלומר שדירוג זה הינו עקבי לאורך זמן. מטרת מחקר זה היא לבחון את נכונותה של הנחה סמויה זו.

מתודולוגיה

על מנת לבחון האם קצב פעילות אכן מאפיין את הלומד, בדקנו את העקביות של דירוג תלמידים על פי קצב הפעילות שלהם. אם קצב הוא מאפיין של הלומד, דירוג על פי קצב צפוי להיות עקבי (עד למידה מסוימת) כאשר הוא נבדק במקרים שונים. ארבעת המקרים שנבדקו מורכבים מצמדי תצורות, אשר על פי כל אחת מהן מתבצע הדירוג:

1. עקביות ביחס ליום/לילה
2. עקביות ביחס לתחילת/סיום הלמידה
3. עקביות ביחס לאופני הוראה שונים
4. עקביות ביחס לשתי דגימות אקראיות של סשנים (sessions)

לכל אחד מן המקרים הללו נבנה קובץ נתונים נפרד, המכיל שני דירוגים של התלמידים על פי הקצב שלהם בשתי התצורות, ולאחר מכן נבדקה הקורלציה בין שני הדירוגים הללו.

סביבת הלמידה

לצורך מחקר זה, נבחרה מערכת מקוונת ללימוד עצמאי של אוצר מלים בעברית הנדרש לבחינה הפסיכומטרית בישראל. המערכת מיישמת צורה פשוטה של למידה על ידי שינון, ויתרונה המחקרי הוא בכך שהשימוש בה אינטנסיבי למדי, ולכן מאפשר מעקב אחר פעולותיהם של התלמידים על בסיס כמות גדולה מאוד של נתונים. בנוסף, המערכת מהווה יחידת לימוד מקוונת לחלוטין, ללא מורה/מדריך. לתלמיד ניתן חופש בחירה מוחלט לגבי זמני השימוש במערכת, אופן השימוש בה וכמות החומר שהוא מכסה באמצעותה. במערכת ארבעה אופני למידה עיקריים:

- שינון – מאפשר לתלמיד לסקור את כל המלים של השיעור בו הוא נמצא;
- תרגול – מאפשר לתלמיד לתרגל את היכרותו עם המלים;
- מבדק-עצמי – מאפשר לתלמיד להיבדק לגבי אוצר המלים כולו (שאלות רב-ברירה).
- משחק – מאפשר לתרגל את אוצר המלים כולו באופן חווייתי, על ידי עשרה משחקים שונים;

אופני הלמידה "שינון" ו"תרגול" הם בעלי ממשק דומה מאוד, המבוסס על טבלת מילים, אשר מספר קבוע של רשומות ממנה מוצג בכל פעם על המסך; ההבדל העיקרי בין שני הממשקים הוא בכך שב"שינון" מוצגים הפירושים לצד המילים, בעוד שב"תרגול" הם מוסתרים, ורק על ידי דרישת הסטודנט – יופיעו על המסך.

קבצי היומן

קבצי יומן, המתארים את פעילותם של התלמידים, נוצרים באופן מתמיד על ידי המערכת. בכך, מתאפשר זיהוי של כל תלמיד באופן ברור, על פי מספר סידורי. כל שורה בקובץ היומן מתעדת ששן (Session), אשר מתחיל כאשר התלמיד נכנס למערכת (כלומר, מבצע פעולת כניסה, הכוללת את זיהויו), ומסתיים כאשר התלמיד סוגר את היישום או את הדפדפן. לכל ששן, מתועדים, בין היתר,

הפרמטרים הבאים: מספר זיהוי של התלמיד, תאריך כניסה, שעת התחלה, שעת סיום, רשימת קודים המתארים את פעולותיו במערכת כולל חותמות זמן.

איסוף הנתונים ועיבוד מקדים

על מנת לבחון את מידת העקביות של דירוגי התלמידים על פי קצב פעולת, השתמשנו בנתונים מתוך קבצי יומן המתארים את הפעילות במערכת בין החודשים אפריל 2006 ומאי 2007. קובץ הנתונים המקורי הכיל מידע אודות 11,068 תלמידים ו-181,111 ששנים (ממוצע של 16.4 ששנים לתלמיד). ניקוי ראשוני בוצע, על מנת להשאיר רק ששנים פעילים (שנמשכו לפחות דקה אחת ולכל היותר שעה, ובהם לפחות 5 פעולות) של תלמידים פעילים (להם היו לפחות 3 ששנים פעילים). לאחר הניקוי הראשוני, נותרו בקובץ הנתונים 6,112 תלמידים פעילים ו-64,700 ששנים פעילים (ממוצע של 10.6 ששנים לתלמיד). לכל ששן חושב קצב הפעילות: מספר הפעולות מחולק במשך הסשן בדקות.

לאחר מכן, קודדו הפעולות בסשנים על פי שיוכם לאחד משלושה אופני למידה: שינון, תרגול, מבדק-עצמי (פעולות הקשורות למשחקים לא קודדו, כיוון שרובן התבצעו בתוך יישומי ג'אווה/פלאש, ולכן לא תועדו). לאחר קידוד הפעולות, מופה כל אחד מן הסשנים לאחד משלושת אופני הלמידה אם לפחות 60% מן הפעולות שבו קודדו לאופן למידה זה. נמצא כי כ-30% מן הסשנים הוגדרו כ"שינון", 20% הוגדרו כ"תרגול", רק בודדים הוגדרו כ"מבדק-עצמי" והשאר לא מופו לאף אחד מן האופנים. לפיכך, החלטנו למקד את המחקר בשני אופני הלמידה הבולטים מן הנתונים: שינון ותרגול.

בניית קבצי הנתונים וחישוב הדירוגים

שמונה קבצי נתונים שונים נבנו, על מנת לבדוק את עקביות הדירוג על פי קצב במקרים השונים. תיאור מפורט של קבצי נתונים אלו מופיע בטבלה 1. בכל אחד מקבצי הנתונים הללו, חושבו שני ערכי קצב לכל תלמיד, על פי שתי התצורות הנבדקות בו. פרט למקרים בהם לכל תלמיד נלקח סשן מייצג אחד – חושב הקצב המייצג לתלמיד בכל אחת מן התצורות באמצעות חציון קצביו בסשנים השונים. בעבור התצורות שהתייחסו לסשן אחד בלבד של התחלה/סוף ($Dataset_2p$, $Dataset_2m$) – חושב הקצב המייצג לתלמיד על פי הקצב שלו בסשן הרלוונטי.

לאחר חישוב צמדי הקצבים המייצגים לכל תלמיד בכל אחד מן המקרים, חושבו שני דירוגי קצבים לכל קובץ נתונים, וכל תלמיד קיבל שני ערכים של מיקומו בדירוגים. הקורלציה נבדקה בין ערכים אלו. בעבור קורלציה א-פרמטרית, ישנן שתי חלופות נפוצות לחישוב מקדמי המתאם: מקדם ρ של ספירמן (Spearman's rho) ומקדם τ של קנדל (Kendall's tau), שניהם מקבלים ערכים בטווח $[-1, 1]$. במחקרים השוואתיים לא נמצאה עדיפות לאחד משני המקדמים, אך ידוע כי מקדם המתאם של קנדל נמוך לרוב מזה של ספירמן (Daniel, 1978; Gibbons, 1993; Sprent, 2000). במחקר זה חישובנו את ערכי שני המקדמים. מבחני t נערכו על מנת להשוות את ממוצעי הקצבים המאפיינים בין התצורות השונות בכל אחד מן המקרים.

טבלה 1. פירוט קבצי הנתונים שהוגדרו לבדיקת עקביות הדירוג על פי קצב במקרים השונים

קובץ הנתונים	אופן הלמידה	הוכללו ששנים עבור תלמידים בעלי...	סה"כ תלמידים	סה"כ ששנים	ממוצע ששנים לתלמיד ממוצע	אופן חישוב הקצב לכל סטודנט
<i>Dataset1_M</i> יום/לילה	שינון	לפחות 3 ששנים של יום ולפחות 3 ששנים של לילה	331	3,823	11.5	חציון
<i>Dataset1_P</i> יום/לילה	תרגול	לפחות 3 ששנים של יום ולפחות 3 ששנים של לילה	285	4,389	15.4	חציון
<i>Dataset2_M</i> התחלה/סוף	שינון	לפחות 3 ששנים של שינון	2,650	16,724	6.3	דגימה אחת
<i>Dataset2_P</i> התחלה/סוף	תרגול	לפחות 3 ששנים של תרגול	1,358	11,409	8.4	דגימה אחת
<i>Dataset3</i> בין אופני למידה	שינון ותרגול	לפחות 3 ששנים של שינון ולפחות 3 ששנים של תרגול	768	12,593	16.4	חציון
<i>Dataset4_A</i> חלוקה אקראית	שינון ותרגול	(ללא הגבלה; המדגם כולו)	6,112	64,700	10.6	חציון
<i>Dataset4_M</i> חלוקה אקראית	שינון	לפחות 6 ששנים של שינון (שחולקו באקראי לשתי קבוצות שבכל אחת מהן לפחות 3 ששנים)	758	8,445	11.1	חציון
<i>Dataset4_P</i> חלוקה אקראית	תרגול	לפחות 6 ששנים של שינון (שחולקו באקראי לשתי קבוצות שבכל אחת מהן לפחות 3 ששנים)	526	7,739	14.7	חציון

תוצאות

עקביות ביחס ליום/לילה

התוצאות עבור קבצי הנתונים *Dataset1_M*, *Dataset1_P* – המתייחסים לבדיקת עקביות הדירוגים בין ששנים שנערכו ביום לבין ששנים שנערכו בלילה – מובאות בטבלה 2. מן התוצאות עולה כי ישנה קורלציה גבוהה יחסית ומובהקת בין דירוגי היום/לילה בשני אופני הלמידה. מהשוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים עולה כי קצב הפעילות בלילה גבוה באופן מובהק מזה שנמדד ביום, כפי שניתן לראות בטבלה 3. חשוב להדגיש כי אין סתירה בין שני ממצאים אלו; בהחלט ייתכן כי תלמיד א', אשר הינו מהיר יותר מתלמיד ב' בפעילות היום – מהיר ממנו גם בפעילות הלילה, אך כל אחד מהם, בממוצע ובהשוואה לעצמו, פועל ביום בקצב איטי יותר מאשר בלילה.

טבלה 2. עקביות ביחס ליום/לילה

קובץ נתונים	N (תלמידים)	אופן למידה	קבוצה 1	קבוצה 2	ρ	τ
<i>Dataset1_M</i>	331	שינון	יום	לילה	0.59**	0.43**
<i>Dataset1_P</i>	285	תרגול	יום	לילה	0.53**	0.39**

טבלה 3. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס ליום/לילה

קובץ נתונים	N (תלמידים)	ממוצע קצב ביום	ממוצע קצב בלילה	t (df)
<i>Dataset1_M</i>	331	1.74	1.86	-2.11* (df=330)
<i>Dataset1_P</i>	285	2.56	2.75	-2.33* (df=284)

* p<0.05, ** p<0.01

עקביות ביחס לתחילת/סיום הלמידה

התוצאות עבור קבצי הנתונים Dataset_{2M}, Dataset_{2P} – המתייחסים לבדיקת עקביות הדירוגים בין שנים שנערכו בתחילת הלמידה לבין שנים שנערכו בסופה – מובאות בטבלה 4. כפי שניתן לראות, מקדמי המתאמים נמוכים למדי. מהשוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים עולה כי ישנו הבדל מובהק בין קצב הפעולה בתחילת הלמידה ובסיומה: התלמידים נוטים לעבוד מהר יותר בסוף, כפי שניתן לראות בטבלה 5.

טבלה 4. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס להתחלה/סוף

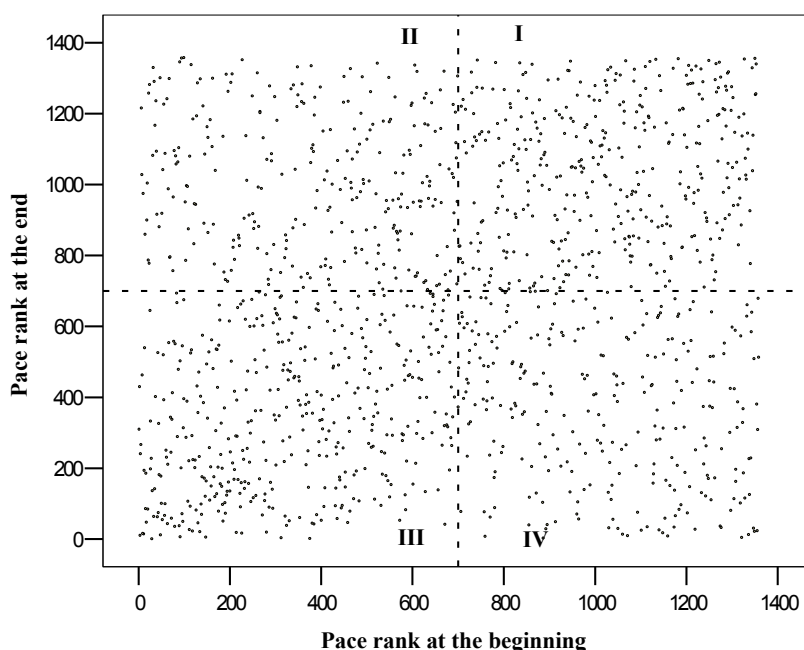
קובץ נתונים	N (תלמידים)	אופן למידה	קבוצה 1	קבוצה 2	ρ	τ
Dataset _{2M}	2,650	שינון	סשן שני	סשן אחרון	0.26**	0.18**
Dataset _{2P}	1,358	תרגול	סשן שני	סשן אחרון	0.14**	0.20**

טבלה 5. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס לתחילת/סיום הלמידה

קובץ נתונים	N (תלמידים)	ממוצע קצב בסשן השני	ממוצע קצב בסשן האחרון	t (df)
Dataset _{2M}	2,650	2.21	2.43	-3.33** (df=2,649)
Dataset _{2P}	1,358	2.66	2.96	-3.64** (df=1,357)

** p<0.01

דרך נוספת להביט בממצא זה, היא לבנות תרשים פיזור דו-מימדי, אשר בו ממוקם כל אחד מן הסטודנטים על פי דירוג הקצב שלו בשתי התצורות, ולהסתכל על הרבעים הנוצרים על ידי קווי החציונים. אם דירוג הקצב עקבי, נצפה כי תלמידים מהירים יחסית בתצורה אחת יהיו מהירים יחסית גם בתצורה השניה, והלה נכון גם לגבי התלמידים האיטיים יחסית. כלומר, מצופה כי הרביעים הראשון (ימני עליון) והשלישי (שמאלי תחתון) יאוכלסו יחדיו על ידי מרבית התלמידים. נציג בדרך זו את התלמידים מן הקבוצה Dataset_{2P}, המתייחסת למקרה של עקביות הקצב ביחס לתחילת/סוף הלמידה באופן הלמידה תרגול (איור 1). הרביע הראשון והרביעי מכילים כל אחד 30% מן התלמידים, כלומר שיעור התלמידים הלא עקביים עומד על 40%.



איור 1. תרשים פיזור של התלמידים על פי דירוגי הקצב שלהם בתחילת הלמידה (ציר x) ובסיומה (ציר y) בעבור Dataset_{2P} (אופן למידה תרגול), N=1,358

עקביות ביחס לאופני למידה שונים

התוצאות בעבור Dataset3 נתונות בטבלה 6, ומתייחסות לבדיקת עקביות הקצב בין שני אופני הלמידה: שינון, תרגול. ניתן לראות כי מקדמי המתאם נמוכים יחסית. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב בשתי הקבוצות מעלה הבדל מהותי ביניהן (טבלה 7), כאשר באופן הלמידה שינון פועלים התלמידים מהר יותר מאשר באופן הלמידה תרגול.

טבלה 6. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס לשינון/תרגול

קובץ נתונים	N (תלמידים)	קבוצה 1	קבוצה 2	ρ	τ
Dataset3	768	שינון	תרגול	0.34**	0.23**

טבלה 7. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס לשינון/תרגול

קובץ נתונים	N (תלמידים)	ממוצע קצב בשינון	ממוצע קצב בתרגול	t (df)
Dataset3	768	2.56	2.13	7.99** (df=767)

** p<0.01

עקביות ביחס לשתי דגימות אקראיות של סשנים

התוצאות בעבור שני קבצי הנתונים האחרונים: Dataset4_A, Dataset4_M, Dataset4_P מופיעות בטבלה 8, ומתייחסות לבדיקת עקביות הקצב בחלוקה אקראית של הסשנים. התצורות שנבדקו במקרה זה הינן מעט טכניות יותר מאשר במקרים הקודמים: הסשנים של כל תלמיד לשתי קבוצות באופן אקראי. הקבוצה Dataset4_A מתייחסת לכל הסשנים של אותו תלמיד, בעוד הקבוצות Dataset4_M, Dataset4_P מתייחסות, בהתאמה, לסשנים של שינון או תרגול בלבד. ניתן לראות כי במקרה הכללי מקדמי המתאם נמוכים למדי, אך כאשר נבדק המתאם בתוך אחד מאופני הלמידה, מקדמי המתאם גבוהים יחסית. אין הבדל מובהק בערכי הממוצעים בין כל צמדי התצורות (טבלה 9).

טבלה 8. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס לחלוקה אקראית של סשנים

קובץ נתונים	N (תלמידים)	אופן למידה	קבוצה 1	קבוצה 2	ρ	τ
Dataset4 _A	6,112	שינון ותרגול	אקראית	אקראית	0.36**	0.25**
Dataset4 _M	758	שינון	אקראית	אקראית	0.62**	0.45**
Dataset4 _P	526	תרגול	אקראית	אקראית	0.56**	0.41**

טבלה 9. השוואת ממוצעים של ערכי הקצב הייצוגיים ביחס לתחילת/סיום הלמידה

קובץ נתונים	N (תלמידים)	ממוצע קצב בסשן השני	ממוצע קצב בסשן האחרון	t (df)
Dataset4 _A	6,112	2.04	2.04	0.03 (df=6,111)
Dataset4 _M	758	1.83	1.84	-0.27 (df=757)
Dataset4 _P	526	2.61	2.59	0.35 (df=525)

** p<0.01

לסיכום חלק זה, נדגיש כי נמצאו רק שני מקרים בהם דירוג הקצב הוכרע כעקבי, עם מקדמי מתאם גבוהים יחסית:

1. חלוקה לפי ששנים של יום/לילה באותו אופן למידה
2. חלוקה אקראית של הששנים של כל תלמיד באותו אופן למידה

בכל המקרים האחרים – כלומר, בבדיקת דירוגי הקצב בתחילת/סוף הלמידה, בין אופני למידה שונים ובחלוקה אקראית של כל הששנים – מקדמי המתאם של דירוגי הקצב היו נמוכים יחסית.

דין

במחקרים רבים מתחום החינוך, המשתמשים בשיטות של כריית נתונים, מנתח מידע גולמי רב אודות פעולותיהם של הלומדים, לעיתים ברמת ההקלקה או הסשן, וממנו מחושבים משתנים המתארים פעילות ברמה זו, דוגמת קצב הפעילות. עם זאת, כאשר הניתוחים עוברים לרמת התלמיד, וכאשר לכל תלמיד מופיעות דגימות שונות של אותו משתנה לאורך זמן הלמידה, מחושבות לרוב מידות סקלריות של משתנים אלו. משתנים שהוטלו לערך סקלרי במחקרים קודמים מדדו, למשל: זמני/קצב פעילות (Arroyo & Woolf, 2005; Cocea & Weibelzhal, 2006;), מספר הניסיונות למענה נכון על שאלה (Feng, Beck, Heffernan, & Koedinger, 2008), שימוש בעזרה (Arroyo & Woolf, 2005; Feng, et al., 2008) ומידת השימוש במערכת (Chen, Liu, Ou, & Liu, 2000; Perera, Kay, Yacef, & Koprinska, 2007). הדבר מובן, שכן גם ניתוחים סטטיסטיים מתקדמים אינם פשוטים לביצוע על משתנים תלויי-זמן. עם זאת, בהטלה של משתנה תלוי-זמן לערך סקלרי ישנה הנחה סמויה כי המשתנה המדובר הוא בגדר מאפיין של התלמיד. בעבר כבר הודגם כי הנחה זו דורשת הוכחה (Baker, 2007).

בשל כך, בחרנו במשתנה שנראה בתחילה פשוט למדי – קצב הפעילות – והחלטנו לבדוק את עקביותו. על פי התוצאות שהתקבלו, המתאמים בין דירוגי הקצב היו לרוב נמוכים למדי. מקדם המתאם המיקטי שהתקבל עמד על 0.20**, אשר הינו כמעט בגדר מתאם אפסי. מקדם המתאם המירבי שהתקבל היה 0.62**, שהינו יחסית גבוה, אך עדיין רחוק מאוד ממתאם מושלם. העובדה שלגבי אחד המקרים, 40% מן התלמידים היו ממוקמים ברבעונים השני והרביעי של תרשים הפיזור המתאר את מיקומם על פי דירוג בשתי התצורות (איור 1) – כלומר, נמצאו מעל החציון ביחס לדירוג על פי אחת התצורות, ומתחתיו על פי התצורה השניה – מעוררת מחשבה. בכך מוטל צל כבד על תקפותה של ההנחה אודות עקביות הקצב.

יתרה מזאת, המתאמים הנמוכים רומזים לנו כי משתנה הקצב אינו משתנה "פשוט", כפי שחשבנו בתחילה. קצב הפעילות מגלם בתוכו תהליכים רבים המעורבים בלמידה המקוונת, לדוגמא: קריאה, שינון, היזכרות בידע קודם, חשיבה, עיבוד, הקלדה, ניווט. היה זה Carroll בעבודתו החלוצית, אשר קבע כי לגורמים שונים הקשורים לתלמיד ולתהליך הלמידה – לדוגמא, היכולת של התלמיד להבין את ההסברים, או איכות מופעי ההוראה – ישנה השפעה משמעותית על משך הלמידה (Carroll, 1963). בהנחה שמדידת קצב טומנת בחובה מידות שונות הקשורות למשימות, כמו גם לתלמיד המבצע אותן, ואולי אף מידות אחרות, ברור שחזרה על מחקר זה במערכות למידה שונות, באוכלוסיות שונות ועם שיטות מדידה שונות – הכרחית בטרם נוכל להכליל את מסקנתו לגבי עקביות הקצב.

מחקרים חינוכיים רבים בוחנים סוגיות הקשורות לתכונותיהם של התלמידים. מחקרים המשתמשים בשיטות של כריית נתונים מנתחים, בדרך כלל, כמויות רבות של מידע, המתעד פעילות למידה לאורך זמן, ולכן בעת שימוש במתודולוגיה זו, אצבענו קלה יחסית על הדק ה"הפחתה" וההטלה של כמות גדולה של נתונים למשתנים סקלריים. הטלה שכזו, על מנת לתאר התנהגות של תלמיד, מתבצעת על בסיס הנחה סמויה של עקביות, אשר נכונותה דורשת אימות. מחקר נוסף והתבוננות לעומקם של משתנים שכאלו נחוץ על מנת להבין טוב יותר אילו תופעות התנהגותיות בסביבות למידה מקוונות הן מאפיינות של התלמידים (ולכן אפשר לקשרן למשתנים אישיים, כגון: סגנון למידה, הישגים, מגדר, וכדו'), ואילו מתוכן תלויות במשתנים הקשורים לסיטואציה (למשל: תחום תוכן, צורת ההוראה, מידת האינטראקציה, מידת השיתופיות, תזמון הלמידה, וכדו').

מקורות

- Arroyo, I., & Woolf, B. P. (2005). *Inferring learning and attitudes from a Bayesian Network of log file data*. Paper presented at the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education.
- Baker, R. (2007). *Is gaming the system state-or-trait? Educational Data Mining through the multi-contextual application of a validated behavioral model*. Paper presented at the Workshop on Data Mining for User Modeling at the 11th International Conference on User Modeling.
- Beck, J. E. (2004). *Using response times to model student disengagement*. Paper presented at the ITS2004 Workshop on Social and Emotional Intelligence in Learning Environments.
- Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers College Record*, 64(8), 723-733.
- Chen, G.-D., Liu, C.-C., Ou, K.-L., & Liu, B.-J. (2000). Discovering decision knowledge from Web log portfolio for managing classroom processes by applying decision tree and data cube technology. *Journal of Educational Computing Research*, 23(3), 305-332.
- Clariana, R. B. (1990). Rate of activity completion by achievement, sex and report in computer-based instruction. *Journal of Computing in Childhood Education*, 1(3), 81-90.
- Cocca, M., & Weibelzahl, S. (2006). *Can log files analysis estimate learners' level of motivation?* Paper presented at the 14th Workshop on Adaptivity and User Modeling in Interactive Systems, Hildesheim, Germany.
- Daniel, W. W. (1978). *Applied Nonparametric Statistics*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Feng, M., Beck, J., Heffernan, N., & Koedinger, K. (2008). *Can an Intelligent Tutoring System predict math proficiency as well as a standardized test?* Paper presented at the First International Conference on Educational Data Mining.
- Gibbons, J. D. (1993). *Nonparametric Measures of Association*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Perera, D., Kay, J., Yacef, K., & Koprinska, I. (2007). *Mining learners' traces from an online collaboration tool*. Paper presented at the Educational Data Mining Workshop at the 13th International Conference on Artificial Intelligence in Education.
- Sprent, P. (2000). *Applied Nonparametric Statistical Methods*. London, UK: CRC Press.
- Zhang, G., Cheng, Z., He, A., & Huang, T. (2003). *A WWW-based learner's learning motivation detecting system*. Paper presented at the International Workshop on Research Directions and Challenge Problems in Advanced Information Systems Engineering.