

מדידה והערכה בחינוך הטכנולוגי

עודד רייכספלד, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, roded@013.net

שי קרני, בית החינוך המשותף כרמל זבולון, shai.karni@gmail.com

דני קלוס, בית הספר התיכון המקיף קרית חיים, klos.yonadani@gmail.com

ירון דופלט, משרד החינוך, yarondoppelt@gmail.com

הנרייטה אקרמן, משרד החינוך, henrietaac@education.gov.il

תקציר

מטרת המערכת החינוכית לקדם את תלמידיה להישגים מרביים. אך... "נדיר הדבר שמורה יכריז: 'התוצאה האידיאלית היא, שכל הנבחנים ישיגו 100'. הדיעה הרווחת, שהישגים לימודיים בכיתה מתפלגים, באורח טבעי, על פי עקום, מעידה על התנגדות מושרשת להצלחה לימודית של כל התלמידים" (מור, 1982).

אחת ממטרות מערכת החינוך הממלכתית היא: "להעניק שוויון הזדמנויות לכל ילד וילדה, לאפשר להם להתפתח על-פי דרכם וליצור אווירה המעודדת את השונה והתומכת בו" (חוק חינוך ממלכתי, 2000).

קל להוכיח שכאשר המבחנים אינם מהימנים ואינם תקפים גדל הסיכוי לפילוג "נורמלי" של ההישגים הלימודיים. שאלות מכריעות עולות לגבי סוגיה זו, הנה מספר שאלות לחשיבה: האם מבחני ההישגים הנהוגים במערכת החינוך מהימנים ותקפים? האם מורים מבינים את המושגים מהימנות ותוקף של מבחנים? האם מתבצעת בדיקה של מהימנות ותוקף של מבחנים?

משכל, הישגים לימודיים ומה שאין ביניהם

תחילה נדון במספר הגדרות יסוד:

- אינטליגנציה מיוונית - היכולת לבחור, להחליט, להבחין
- לפי בינה: נטייה להתקדם בכיוון ידוע, היכולת להסתגל כד להשיג דבר רצוי, והיכולת לביקורת עצמית.

מבחני המשכל של בינה נועדו לאתר את אלו שלא מסוגלים להתמודד עם דרכי ההוראה השגרתיות. בינה הראה ש- 2% מהאוכלוסייה נמצאים בתחתית הסולם ו- 2% מהאוכלוסייה נמצאים בראש הסולם, ואילו על 96% מהאוכלוסייה אין מבחני המשכל יכולים להשפיע. זה סותר את הממצא שמראה מתאם בין מבחני משכל למבחני הישגים. תופעת הנבואה המגשימה את עצמה משחקת תפקיד מכריע בכך שמורים מתייחסים לתלמיד "אינטליגנטי" באופן שונה המדרבן אותו להעלות את הישגיו הלימודיים. ככל שההישגים הלימודיים תלויים יותר במנת המשכל, כך גורמת מערכת החינוך לעיוותים בהנעת הלומדים ובהחטאת המטרה ע"י המלמדים (מור 2007). מה ההיגיון בציפייה ההרסנית שכל תלמיד מצליח ילווה בתלמיד נכשל? מצב המתחייב מפילוגים סימטריים. הטענה העיקרית היא שפילוג נורמלי של הישגים הוא דבר טבעי. שהרי גם מנת משכל מתפלגת נורמלית. אולם לטענה זו אין ביסוס. נכון שציוני משכל מתפלגים נורמלית באוכלוסיה אולם גם משתנים רבים אחרים כך. משתנים אלו אינם כוללים הישגים לימודיים, שהתפלגותם צריכה להיות תלויה בראש וראשונה באיכות ההוראה.

משתנים מולדים מתפלגים נורמלית ולא משתנים נרכשים. למידה היא משתנה נרכש ולכן אסור לו להתפלג נורמלית. מעט תופעות מתפלגות נורמלית והתנאי הראשון לקיומה הוא תהליך אקראי כלשהו... ומה לחינוך ולתהליכים אקראיים!!!!

לאמיתו של דבר השגת פילוג נורמלי מעידה על כשלון ההוראה יותר מאשר על הצלחתה וקל להראות כיצד תוצאה כזו תתרחש ביתר קלות כאשר המבחן אינו תקף או אינו מהימן. המסקנה המתבקשת היא: בכל שלב של מערכת החינוך תפקידו של המורה לבטל את הקשר שיצרו קודמיו בין משכל ובין הישגים לימודיים.

מהימנות של מבחנים

למהימנות של מבחנים יש מספר היבטים:

1. **מהימנות כיציבות בזמן:** האם התלמידים ישיגו את אותן התוצאות כאשר ישיבו על שני מבחנים זהים לחלוטין אך בתקופות זמן שונות. הבעיה המרכזית של בדיקת מהימנות כזאת היא שייתכן שהתלמידים יזכרו את התשובות לפריטים שונים כאשר יבצעו את המבחן החוזר.

2. **מהימנות כשקילות בין נוסחים:** באיזו מידה יש מתאם בין ההישגים של מחצית הכיתה שהשיבה על "טור א" להישגים של המחצית השנייה של הכיתה שהשיבה על טור ב'. אם המתאם נמוך אז מהימנות המבחן כולו נמוכה, הציונים אינם קבילים כהערכה מהימנה.

3. **מהימנות פנימית:**

1. מהימנות מבחן חצוי - The split-Half Technique: ניתנת לבדיקה כאשר חוצים את המבחן באופן אקראי ובודקים האם יש מתאם בין הישגי התלמידים שענו על החלק הראשון לבין הישגי התלמידים שענו על החלק השני.

2. מהימנות בין פריטים (Cronbach Alfa): ניתנת לבדיקה ע"י בדיקת מקדם המתאם של ההישגים של התלמידים בכל אחד מפרטי המבחן בהשוואה לכל אחד מפירטי המבחן.

4. **מהימנות בין שופטית:** באיזו מידה יש מתאם בין שתי מדידות של שני מומחים אשר מעריכים את ההישגים של אותם תלמידים באותו מבחן. במערכת החינוך בודקים באמצעות שיטה זו את הישגי התלמידים בבחינות בגרות. אם יש פער בין הציונים של שני מעריכים מחברת הבחינה נמסרת להערכה שלישית. כמובן שאם היו בודקים מתאם ומגלים שאין אז כל המבחן אינו מהימן.

תוקף של מבחנים

מבחן יכול להיות מאוד מהימן אך לא תקף. למשל: משקל שאינו מכויל – ייתן את אותה תוצאה בכל פעם, אך התוצאה לא משקפת את משקלו האמיתי של האדם.

סוגי התוקף הרלוונטים לבית הספר הם: תוקף נראות, תוקף תוכן, תוקף בו זמנית, ותוקף ניבוי.

תוקף נראות: האם כלי הערכה בו משתמש המורה אכן מודד את מה שהמורה רוצה למדוד? או - האם פריט מסוים של הכלי (של המבחן) מודד מושגים שנמצאים בתוך "חומר הלימוד"? במילים אחרות, האם המבחן שמורה בנה עבור תלמידיו בודק את כל החומר ורק את החומר המוצהר. מבחן שאינו בודק את כל החומר או אינו בודק רק את החומר שנאמר לתלמידים הוא בעל תוקף נראות נמוך.

תוקף תוכן: במבחני בגרות ועדת הבחינה בודקת עד כמה השאלות במבחן הבגרות מכסות את תוכנית הלימודים. האם המבחן בודק את הידע, ההבנה ואולי גם המיומנויות (במיוחד במבחן מעבדה) של התלמיד בנושאי הליבה של תוכנית הלימודים? האם המבחן כולל מספיק פריטים שמודדים את מושגי הליבה שנבחרו. זהו תהליך שיפוטי שעורכים מספר מומחים בדרך כלל שילוב של אנשי אקדמיה ומורים בכירים.

תוקף בו זמנית: באיזו מידה ההישגים של תלמידים בכלי הערכה אחד תואמים את ההישגים שלהם בכלי הערכה אחר. למשל חוקרים יאמתו ממצאים של שאלון באמצעות תצפיות, ראיונות, תיק עבודות ועוד. זהו אחד מסוגי התוקף להם כדאי להקדיש תשומת לב. כאשר אנחנו משתמשים בכיתה במגוון כלי הערכה יש סיכוי גדול יותר שנאתר כישורים ומאמצים של תלמידים שלא תמיד באים לידי ביטוי בהערכה המבוססת על היכולת המילולית של התלמיד בכתב או בע"פ.

תוקף ניבוי: באיזו מידה הישגי תלמידים במבחן אחד (נאמר בתחילת השנה) מנבאים את הישגיו בהמשך. הדוגמא הכי מקובלת היא באיזו מידה הישגים במבחני הבגרות מנבאים את הצלחת התלמידים במוסדות להשכלה גבוהה. לעניות דעתי צריך לבטל את ההתייחסות לסוג זה של תוקף במערכת החינוך. אין הוכחה בעולם שהישגים לימודיים הנמדדים באיזה שהוא כלי מנבאים הישגים במקום אחר או בזמן אחר. יתרה מזאת, אם נאמין שלמבחן יש יכולת ניבוי הרי שמראש אנחנו פוסלים את האפשרות שתלמיד יכול לשפר את הישגיו.

לורן רזניק מובילה כבר למעלה מעשרים שנה פרויקטי פיתוח הכוללים הטמעת תוכניות לימודים, חומרי לימוד וביצוע השתלמויות אינטנסיביות של מורים בליווי מחקר שדה נרחב ומעמיק. רזניק פרסמה מאמר ובו תשעה עקרונות של למידה (Resnick, 2001). העקרונות הללו הוצגו במאמר על קורס מורים מובילים (דופלט, 2010) וגם בקורסי המורים המובילים שמור-טק קיים בתשס"ט, תש"ע ותשע"א. רזניק קוראת לאנשי חינוך לתכנן כלי הערכה המודדים את המאמץ של התלמיד ולא רק את הכישרון שלו מפני שגם המאמץ של הלומד יוצר יכולת (Resnick, 2001). בנוסף, רזניק קוראת לנו להשתחרר מהאמונה שהישגים לימודיים מתפלגים נורמלית (ראו גם מור, 1982, 1992, 2007) ולהעריך תלמידים בהשוואה להישגיהם בעבר ומול סטנדרטים מוסכמים ולא בהשוואה לתלמידים אחרים (בתי ספר אחרים, מדינות אחרות).

האמונה ביכולת של מבחנים בבית הספר להעריך באופן מהימן ותקף את הישגי התלמיד יוצרת תיוג של תלמידים. והרי מתוך ההגדרות שהוצגו כאן ניתן לראות בבירור שברוב המקרים אין בדיקה של מהימנות ותוקף של המבחנים בתוך בית הספר. הסיבה לכך היא כמובן משאבי זמן, תנאי העבודה של המורה ועוד. ג במאמר זה יהיה ניסיון להציג דרכים אחדות שמורה יכול לנקוט כדי שכלי הערכה בהם הוא משתמש יהיו יותר אמין, כלומר בעלי מהימנות ותוקף גבוהים יותר.

דרכים מעשיות שמורים יכולים לנקוט

ננסה לסכם בקצרה מספר הצעות מעשיות להגברת המהימנות והתוקף של הערכת הישגי תלמידים שמורים מבצעים בכיתתם. באופן כללי יש לגוון בכלי הערכה. לאפשר לתלמידים להגיש תוצרים של תהליך הלמידה שלהם, עבודות כיתה, עבודות בית, סרטונים, דוחות מעבדה ופרויקטונים. מאחר שכל הפריטים הלו הם מילוליים ומסתמכים במידה רבה על יכולת הכתיבה של התלמידים יש ללוות אותם בחלופות נוספות כמו: שיחות, ראיונות, תצפיות.

בעת הכנת מבחן יש להקפיד על מספר עקרונות:

- הנחיות קצרות וברורות.
- מקומה של השאלה הקשה ביותר במבחן אינה בתחילת המבחן.
- במקום לחבר מבחן אחד ארוך הנמשך זמן רב עדיף לקיים מספר מבחנים קטנים יותר בהפרשי זמן האחד מהשני שבוחנים על כמות חומר לימוד קטנה יותר.
- במקום לחבר שאלה אחת ארוכה יש לפרק אותה לתת שאלות ולכל סעיף לציין את הניקוד. יש להשתדל שהסעיפים אינם תלויים אחד בשני. אם אין ברירה אז יש להנחות את התלמידים שבמידה ואינם יודעים את הפתרון לסעיף מסוים (או לא הצליחו לפתור אותו) הם צריכים להניח מה הפתרון ולהתבסס על ההנחה בהמשך הפתרון.

תהליך התכן המערכתי ההנדסי כאמצעי לתכנון לימודים

לפי פיאז'ה ואינהלדר (1972), התנאים למעבר בין שלבי ההתפתחות הם: בשילה, אינטראקציה בין הילד והסביבה, אינטראקציה חברתית וויסות עצמי. ההתפתחות הקוגניטיבית נבנית מתוך גירויים והתנסות ובגיל 11-15 עשוי להתרחש מעבר בין אופרציות קונקרטיות לאופרציות פורמליות. המעבר מחשיבה קונקרטית (חשיבה על המצוי) לחשיבה פורמאלית (חשיבה על הרצוי) אינו המאפיין היחיד של שלב זה. כעדות לכך שתלמיד עבר לשלב האופרציות הפורמליות ניתן לזהות אצלו יכולת הפשטה, שלא הייתה לו בשלב החשיבה הקונקרטית. יתר על כן, חשיבה על האפשרי מאפשרת לשער השערות. השערות בודקות קשר בין משתנים, יכולת זאת אינה קיימת בגילים צעירים יותר. בשלב החשיבה הקונקרטית תלמידים אינם מסוגלים לגמישות מחשבתית, מתקשים להעלות פתרונות אפשריים שונים לבעיה, לתכנן את שלבי הפתרון ולהשיב תשובה בצורה מבוקרת. שיא התפתחות החשיבה בשלב האופרציות הפורמאליות מתבטא ביכולת החשיבה הרפלקטיבית, הרפלקציה אינה אלא אופרציות על האופרציות (חשיבה על חשיבה).

פיאז'ה (שם) עצמו טוען, שאין להסיק שכל הילדים רכשו את המיומנויות הקוגניטיביות להתמודדות עם תכנים פורמליים (הנדרשים למשל מתלמיד בלימודי הטכנולוגיה והמדעים). בדיקות שונות של גילאי 11 עד 18 מצביעות על כך, שלא יותר מאשר 25% מבני 18 מגיעים לשלב זה (Shyer, 1981) של הישג. שמש (1986) ערכה מחקר מקיף על שלבי ההתפתחות של תלמידי תיכון עיוני בישראל ומצאה כי רק כ- 40% מתלמידי יב' שולטים באופני האופרציה הפורמלית. שמש (שם) מסיקה כי למוטיבציה ולתחום התוכן עליו מדובר השפעה רבה על התפתחות האופרציה הפורמלית באותו תחום. במקום לחכות להתפתחות ספונטנית של יכולת קוגניטיבית, הקוריקולום חייב לנקוט בצעדים שיעודדו השגת מטרה זו (Case, 1985). קיומן של אופרציות פורמלית מהווה תוצר של תהליך הלמידה ולא תנאי מוקדם לשילוב התלמיד במסלולי למידה גבוהים (Collings, 1985). פיאז'ה (אצל שוובל, 1980) מדגיש, כי המבנים הפורמליים מתפתחים בהשפעתה של סביבה מסוימת, והשפעתה על התהוותם מורגשת.

מבחנים סגורים ופתוחים נתונים לביקורת כאמצעי יעיל למדידת רמות חשיבה גבוהות בירנבוים (1995). הערכה של תוכנית חינוכית עשויה להסתייע בסגנון הערכה המאפשר במבט מקיף על התהליכים שהתרחשו עקב הפעלת התוכנית. לפי מור (1992), הערכה כזו משתדלת לספק למעורבים בפרויקט מסוים תמונה שלמה וקוהרנטית של הפעילות.

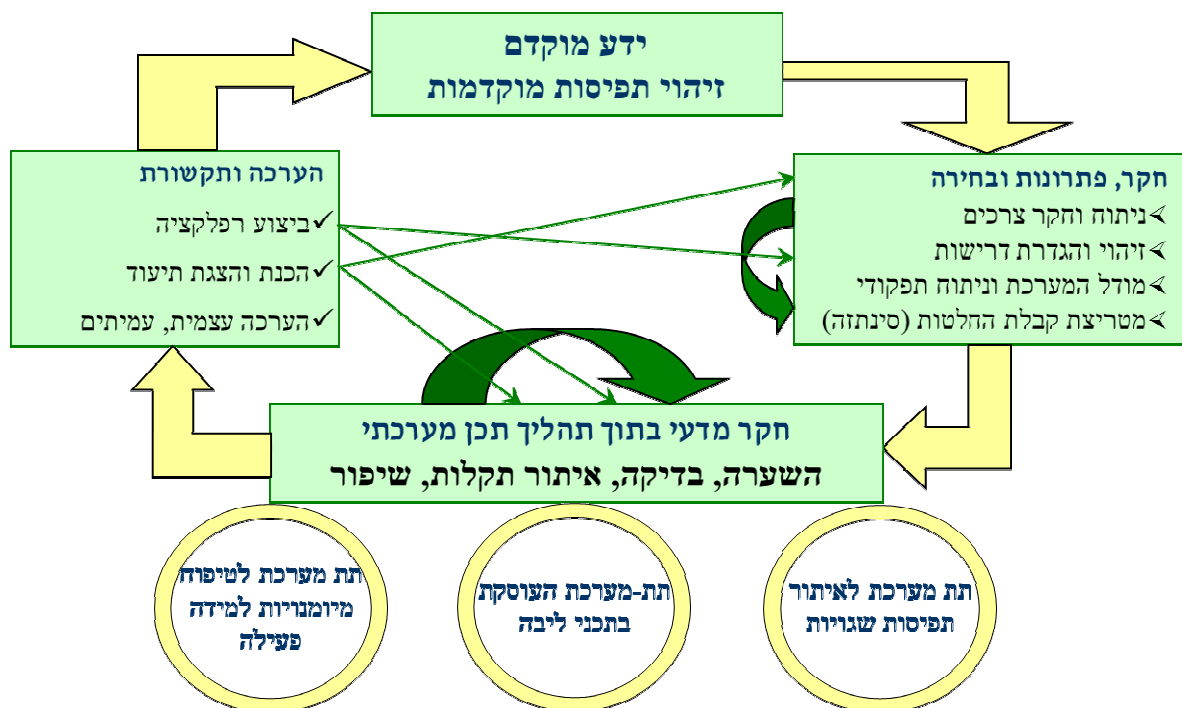
תלמידים לומדים באופני חשיבת תכן כמו: ניתוח וזיהוי צרכים, הגדרת דרישות, ייצור רעיונות באמצעות סיעור מוחות, קבלת החלטות על הפתרון המועדף, ייצור והרכבה והערכת הפתרון שפותח (דופלט, 2010). תלמיד שלומד לפי תוכנית הוראה המאפשרת גמישות פעולה של הלומד לפי נטיותיו, כישורנותיו וסגנון הלמידה הייחודי לו יחווה תהליכי למידה עמוקים ויגיע להישגים לימודיים גבוהים יותר מתלמיד שמשוּבץ למסלול או תוכנית, שאינה רגישה לנטיות החשיבה, והכישורים הייחודיים של כל לומד (Kolb, 1986; Perkins, 1995; Sternberg, 1998). תוכנית "מלמיד": מנוף לקידום מוטיבציה וידע יצרה סביבת לימוד בה כל תלמיד יכול לבטא את עצמו ולפתח את כישוריו באמצעות למידה פעילה, מעורבות, עבודת צוות ולהגיע למיצוי הפוטנציאל הטמון בו (דופלט, 1998).

תוכנית זו שודרגה עם השנים (Doppelt, 2004; Doppelt 2005; Doppelt, 2009), במסגרתה מאמצים את הגישה המערכתית לתהליך הלמידה ולתהליך התכן הנדסי שתלמידים, מורים ומהנדסים חווים. גישה זו תוארה במאמרים קודמים (דופלט, 2008; 2009).

במאמר שפורסם במורטק 5 "אם אין קמח אין טכנולוגיה: קידום מיומנויות חשיבה" מוצג כיצד הגישה המערכתית לתכן הנדסי מסייעת בלימודי רובוטיקה (דופלט 2010). בשונה מהמאמרים הקודמים מבקשים להסב את תשומת לב המורים, וקובעי המדיניות במשרד החינוך לכך שניתן להשתמש בתהליך זה כמנושא לתכנון, פיתוח עיצוב והערכה של סביבות לימוד.

במחקר שנמשך שנתיים יושמה הגישה המערכתית לתכן הנדסי עבור תכנון יחידת לימוד המערבת מורים ותלמידים בתהליך תכן הנדסי של מערכת אזעקה אלקטרונית. ביחידה אחרת התבצע תכן הנדסית של מערכת הרמה. התכן הנדסי גרם לתהליך למידה פעיל ומחזורי (ספירלי) שיצר הזדמנויות ללימוד מושגים מדעיים באמצעות תכנון מערכת הנדסית (Doppelt et al., 2009).

איור 1 מתאר את תהליך התכן המערכתי המיושם לתכן של סביבות לימוד.



איור 1: תהליך למידה בגישת תכן הנדסי מערכתית

בתהליך זה השתמשנו כדי לחשוב, לפתח וליישם יחידת לימוד שנוסחה עם אלפי תלמידים במחקר רב שנתי (Doppelt, Schunn, Silk, Mehalik, Reynolds & Bird, 2009). במחקר זה נמצא שתלמידים, שלמדו מדעים על פי יחידות לימוד שפותחו לפי המודל המתואר באיור 1, הגיעו להישגים הגבוהים בשתי סטיות תקן מתלמידים שלמדו בשיטת החקר, שהייתה נהוגה בבתי הספר. במחקר גם נמצא שלשיטה זו יש פוטנציאל בהקטנת הפער בין לומדים מרקעים שונים ובעלי הישגים לימודיים קודמים שונים.

כיצד מעריכים מיומנויות והישגים לימודיים בעבודת גמר

ראשית נמפה את נושאי הליבה והמיומנויות העיקריות שתלמידים לומדים כאשר הם מבצעים עבודת גמר של 5 יח"ל בתחום הנדסת המכונות.

מיומנויות בהנדסת מכונות: חשיבה מערכתית, חשיבה יוצרת, עמידה בלוחות זמנים, עבודת צוות: אחריות אישית ואחריות לצוות, סיעור מוחות ותהליכי בחירת פתרון מועדף / אופטימלי, תכן הנדסי דיגיטלי של מערכת, חשיבה אלגוריתמית, איתור תקלות ופתרון בעיות, רפלקציה אישית וקבוצתית.

מושגי ליבה בהנדסת מכונות: לוגיקה, מערכות הידראוליות, פניאומאטיות, חשמליות, אלקטרוניות, סטטיקה, דינמיקה, תורת החוזק, תורת החומרים, אנליזה של פרקי מכונות, מדידה, חושים וחיישנים, ותורת הבקרה, תורת החומרים, התאמת החומר לתפקידו ומושג הכשל, עיצוב מוצר תלת מימדי, הכנת סרטוטי ייצור, מתן מידות, אפיצויות וסיבולות, הכנת תהליך ייצור טכנולוגי, תכנות מערכות בזמן אמת, תיעוד הבעיות, הפקת לקחים, הכנת חוברת, פוסטר, מצגת ודגם של מערכת עובד.

תיעוד של עבודת גמר 5 יח"ל

ראשית כדי להעריך עבודת גמר (או מבחן) יש לתאר לתלמידים, למורים ולמעריכים כיצד אמור להתבצע תהליך הלמידה / ההנחיה. ככל שלתלמידים, למורים המנחים ולמעריכים החיצוניים תהיה הסכמה גבוהה יותר על מהות התהליך כך גובר הסיכוי שתהליך הלמידה יגרום לתלמידים לשפר את תהליך הלמידה שלהם.

באתר מגמת הנדסת מכונות נבנה מרחב ובו הסבר נרחב ומפורט כיצד מתנהל תהליך הלמידה בהתמחות מכטרוניקה. גולת הכותרת של תהליך זה היא כתיבת תיעוד לתהליך תכן הנדסי. באתר מצויות התשובות לשאלות הבאות:

כיצד מתבצע תהליך הלמידה? כיצד מתבצע תהליך התכן ההנדסי? כיצד תלמידים מתעדים תהליכים אלו בחוברת של עבודת גמר בהיקף של 5 יח"ל או באמצעות פרויקט גמר של 2 יח"ל?

מחווון להערכת עבודות גמר במכטרוניקה

רבות נכתב ונאמר על למידה בסביבת פרויקטים PBL ועל תרומתה האדירה של למידה בסביבה זו ללומד. אחד ממאפייני הלמידה בסביבת הפרויקטים הוא שהמורה נוטש את תפקידו המסורתי כבעל הידע והסמכות והוא הופך להיות מנחה המלווה את קבוצת התלמידים בתהליך הלמידה הפרטי והמיוחד שלהם.

במציאות הבית ספרית והיום-יומית אנו נדרשים להעריך בעזרת מספרים את עבודות התלמידים שאנו מנחים. בסופו של התהליך בתקופת בחינות הבגרות אנו נדרשים כמעריכי עבודות גמר להעריך, שוב בעזרת מספרים, עבודות גמר של תלמידים במגמה.

משימה זו מחייבת התמודדות עם האתגרים הבאים:

1. ההערכה המספרית היא **הפחתה** (רדוקציה) משמעותית של התהליך החינוכי אותו היא אמורה לתאר. מערכת ההערכה מבוססת מספרים אינה מאפשר לתאר את עומק העבודה ואת הרצינות ואהבה שהושקעה בה. מרגע שניתן הציון המספרי הוא מוקלד לנבכי מחשב כלשהו וכך הוא נותר בבחינת אילם שאינו יכול לתאר בעזרת מספריו את מה שהוא אמור להעריך.

2. אחד מתוצרי ההערכה המספרית הוא לאפשר **השוואה** במקרה זה בין עבודות גמר שונות, קרי ציון גבוה יותר ינתן לעבודה טובה יותר – אך מהי עבודה טובה יותר? לדוגמה, האם תלמידים ששקדו ימים כלילות על בניית רובוט שלבסוף לא זז לא ביצעו עבודה טובה?

3. קשה מאד להסכים ולתאר את אותה **עבודה מושלמת** שציונה הוא 100%. בעבודות שונות יכולים לבוא לידי ביטוי כישורים שונים מאד של חברי צוות שונים או חברי צוותים שונים. הדגשים והכיוונים הרבים גורמים לבניית מחווי הערכה שונים של התלמידים המעריכים את עבודתם, של המנחה המלווה אותם ושל הבוחן הפוגש אותם בבחינת הסיום ומעריך את עבודתם. עקב כך, אנו מאמינים שגם לעבודות שאינן מושלמות לדעת המעריך מגיע פעמים רבות ציון מלא (100%).

גורמים אלו ואחרים הובילו לבניית מחוון ראשוני להערכת עבודות גמר במכטרוניקה. המחוון הוא כלי להערכת עבודת הגמר, וככזה אין הוא מתיימר להעריך את התלמידים שמגישים אותה. המחוון פורסם באתר מכטרוניקה בתחילת תשע"א ונעשה בו שימוש ראשוני (פיילוט) במספר בתי ספר כבר בתשע"א. המטרות המרכזיות בפיתוח המחוון הן:

1. ליצור תיעוד המתאר את תוכן העבודה, נקודות החוזק שלה והערכה של תוכן העבודה.
2. לחלוק עם תלמידים שפה משותפת ומוסכמת להערכת עבודות הגמר. תקן בסיסי זה משותף ופתוח לתלמידים למנחים ולמעריכים. המחוון מאפשר לתלמידים ו/או למנחה העבודה לבצע בכל נקודת זמן **הערכה מעצבת** של עבודת הגמר ולקבל באופן שוטף משוב מספרי עליה. המחוון גם מאפשר למנחה לבצע מספר הערכות מסכמות על ידי מתן ציוני ביניים בנקודות זמן שונות בהתאם לדרישות הנהלת בית הספר.
3. הציון המרבי שעבודה יכולה לקבל במחוון היא 120%. אם זאת, ציון העבודה הסופי נקבע לפי המספר המתקבל בסוף התהליך. כך לדוגמה, עבודה שציונה במחוון הוא 100 מתוך 120 (שהם 83%) תקבל בפועל ציון של 100%. תפיסה זו באה לידי ביטוי גם בחלוקה הפנימית של הציון לכל אחד מפרקי העבודה כך שבכל אחד מהם ניתן לצבור 120% מהציון המרבי לאותו שלב. כך, במידה ושלב מסוים בוצע באופן טוב מאוד הציון הגבוה של שלב זה יכול לכסות ולתקן ציון נמוך יותר שניתן לשלב אחר של אותה עבודה.

מבנה המחוון

המחוון בנוי מהיגדים המתארים תהליכים ותכנים שהתלמיד תיעד בעבודת הגמר שלו. היגד statement הוא משפט שאפשר לקבוע את מידת הנכונות שלו באופן די אובייקטיבי. הערכת עבודת הגמר בעזרת המחוון מבוססת כולה על היגדים. להלן רשימה חלקית של ההיגדים במחוון:

- הבעיה אוטנטית או רלוונטית לאחד מהתלמידים
- הבעיה הנפתרת ראויה לפתרון במסגרת עבודת הגמר

- פתרון הבעיה יסייע לאנושות
 - נעשה ניסיון למזער את הנזק שעלול להיגרם מפתרון הבעיה
 - הצורך עליו תענה המערכת מוגדר כראוי
 - הפרק כולל הערכה של מידת ההצלחה והיעילות בהגדרת הבעיה
 - הוגדרו שאלות חקר רלוונטיות לבעיה הנפתרת במסגרת הפרויקט
 - המידע הגולמי שנאסף עובד על ידי התלמידים
 - אנשי הצוות ראינו אנשים הנוגעים לתחום העבודה
 - המידע שנאסף רלוונטי לנושא העבודה
 - המענה לשאלת החקר מבוסס על מידע ממספר מקורות
 - הפרק כולל הערכה של מידת ההצלחה והיעילות באיסוף המידע
- מעריך העבודה צריך לקרא את פרקי העבודה ואת רשימת ההיגדים ולהחליט לגבי כל היגד האם הוא:

- **לא נכון** - אין קשר בין תוכן ההיגד והעבודה המוערכת.
- **די נכון** – יש קשר חלש בין תוכן ההיגד והעבודה המוערכת
- **נכון** – יש קשר בין תוכן ההיגד והעבודה המוערכת
- **נכון מאד** – יש קשר מובהק וברור בין תוכן ההיגד והעבודה המוערכת

קרוב לודאי שבחלק גדול מהיגדים אלו תהייה הסכמה רבה בין שופטים שונים לגבי מידת נכונותם.

הגיליון

המחווה מבוסס על גיליון אלקטרוני שבו טבלה הכוללת רשימה של 54 היגדים המאוגדים בשש קבוצות לפי ששת שלבי תהליך התכנה ההנדסי שתלמידים לומדים בהתמחות מכטרוניקה. ההיגדים מסודרים לפי אבני הדרך של תהליך התכנה כך שבכל פעם יש לבחון את מידת הנכונות של היגד מסוים אחד באופן כרונולוגי. המעריך (תלמיד, מנחה, או מעריך עבודת גמר) קורא את העבודה וקובע את מידת הנכונות של היגדים אלו.

- משקלו של היגד לא נכון 0 נקודות
- משקלו של היגד די נכון 1 נקודות
- משקלו של היגד נכון הוא 2 נקודות
- משקלו של היגד נכון מאד הוא 3 נקודות.

הגיליון האלקטרוני מסכם את מספר הנקודות שנצברו בכל אחד מההיגדים ומחשב את ציון השלב אליו שייך היגד זה ואת ציון העבודה כולה.

דוגמה

נבחן את טבלת הסיכום של מחוון ששימש להערכת עבודת גמר מסוימת שהתבצעה בשנת הלימודים תשע"א.

I	H	G	F	E	D	C	B	A	
	משקל משקל	משקל פרק	ציון הפרק	הערכה גולמית	מספר נקודות מרבי	אתר מכטרוניקה	אתר המגמה	סיכום הערכה	1
	12%	10	120%	24	24	הגדרת הבעיה	הגדרת הבעיה	הגדרת הבעיה	2
	15%	20	74%	13	21	איסוף מידע	איסוף מידע	איסוף מידע	3
	11%	10	109%	38	42	פתרונות חלופיים	פתרונות חלופיים	פתרונות חלופיים	4
	12%	10	120%	18	18	בחירת פתרון	בחירת פתרון	בחירת פתרון	5
	40%	40	100%	35	42	מימוש הפתרון	מימוש ובניה	מימוש ובניה	6
	12%	10	120%	15	15	הערכה מסכמת	הערכה מסכמת	הערכה מסכמת	7
ציון סופי	102%	100							8
									9

טבלה זו מסכמת את הציון של כל אחד מחמשת שלבי עבודת הגמר, ובשורה השישית הערכה מסכמת של עבודת הגמר כולה.

- עמודה A מכילה את שם השלב בתהליך התכן ההנדסי אותו מעריכים.
 - עמודות B ו C מכילות קישורים לאתר המגמה ולא אתר מכטרוניקה בהם יש הסברים מפורטים לגבי הדרישות והתכנים הנדרשים בשלב זה בעבודת הגמר.
 - בעמודה D מופיע מספר הנקודות הגולמי המרבי שניתן לצבור בשלב מסוים. היות והציון המרבי להיגד מסוים הוא 3, אם נחלק מספר זה ב 3 נוכל לדעת מהו מספר ההיגדים המשוויכים לשלב זה. לדוגמה בשלב הגדרת הבעיה יש שמונה היגדים ולכן ניתן להסיק שניתן לצבור בו לכל היותר 24 נקודות. שלב איסוף המידע כולל 7 היגדים ולכן ניתן לצבור בו לכל היותר עד 21 נקודות.
 - עמודה E מציינת את ההערכה גולמית כלומר כמה נקודות מתוך המקסימום המופיע בעמודה D צברה עבודת הגמר המוערכת כעת. לדוגמה עבודה זו צברה בשלב הגדרת הבעיה 24 נקודות מתוך 24 האפשריות ובשלב איסוף המידע צברה העבודה 13 נקודות מתוך 21 האפשריות.
 - עמודה F מחשבת את ציון השלב. ציון השלב הוא היחס בין מספר הנקודות שנצבר והמקסימום האפשרי מוכפל ב 1.2 כך שהציון המרבי לשלב הוא 120%. לדוגמה 24 הנקודות מתוך 24 האפשריות נתנו לעבודה בשלב זה ציון של 120%. בשלב איסוף המידע נצברו 13 נקודות מתוך 21 האפשריות שהם 62%. הכפלת הציון במקדם 1.2 העלתה את הציון בשלב זה ל- 74%.
 - עמודה G מציגה את משקל הפרק בעבודת הגמר כולה כפי שנקבע על ידי הפיקוח. כאן ניתן למשל לראות שמשקל פרק הגדרת הבעיה הוא 10% מציון העבודה כולה בעוד שציון פרק איסוף המידע הוא 20% מציון העבודה הכולל.
- עמוד H מחשבת את הציון שמקבלת העבודה בסעיף זה ביחס לציון העבודה כולה. לדוגמה פרק הגדרת הבעיה מהווה 10% מציון העבודה ולכן התלמידים שקבלו בפרק זה ציון של 120% קבלו גם 12% מציון העבודה הכולל. באותו אופן 74% מפרק איסוף המידע מהווה 20% מציון העבודה מקבלים 15% נוספים מציון העבודה כולה.

ממצאים איכותניים ממחקר שדה

כחלק מהפיילוט הייתה חשיבות רבה לבחינה של המחונן והשימוש, בו עם תלמידים ועם מורים. לשם כך ביקרנו בשיעורים וראיינו תלמידים ומורים בבתי הספר בהם היה שימוש במחונן. הן המורים והן התלמידים נשאלו על המחונן והתבקשו להתייחס בתשובותיהם לנקודות הבאות:

1. האם אתם עובדים עם המחונן?
2. איך עוזר המחונן? במה הוא עוזר?
3. האם היה שימוש במחונן לאורך כל תקופת תכנון וביצוע הפרויקט?
4. האם הערכת את עצמך לפי המחונן? האם אתה מרוצה מהציון שקיבלת? למרואיינים ניתנה האפשרות לדבר באופן חופשי.

מתוך ראיונות התלמידים עולה כי :

- א. כל התלמידים ציינו שהם עבדו עם המחונן והביעו שביעות רצון מהשימוש בו.
 - התלמידים ציינו את התרומה הרבה של המחונן לעבודתם: הם הסתייעו במחונן בחקר ספרות, בכתיבה, בתהליך החקר ובמיקוד הרעיונות והעבודה.
- ב. המחונן סייע מאד לתלמידים לעבוד באופן עצמאי, דבר שהיה להם חשוב מאד:
 - "המחונן עזר לחדד דברים על הפרויקט, חד וחלק"
 - "הסתכלנו במחונן וזה עזר לנו לראות נקודות מבט שונות, זה גם עזר לנו למצוא פתרונות שונים, עם המחונן זה יוצא הרבה יותר טוב."
 - "המחונן עזר הכי טוב למצוא מה חסר לנו בעבודה. זה עוזר לתקן את עצמך- זה עוזר לבדוק ולשפר את העבודה. גם כשנתקעים חוזרים למחונן וזה עוזר."
 - " המחונן זה שאלות שמכוונות ועוזרות לך בעבודה"
 - "עזר לנו להתמקד, עוזר להבין איזה שאלות רלוונטיות, זה מכוון אותנו מה לעשות."
 - " המחונן סייע לנו. פתחנו אותו תוך כדי תהליך, אנחנו פותחים ביוזמתנו, אנחנו עצמאיים, אנחנו מחליטים מה אנחנו עושים בפרויקט שלנו לבד ואז זה עוזר."
- ג. התלמידים נעזרו במחונן בתחילת הפרויקט. לא תמיד נעזרו במחונן לאורך כל התקופה. לעיתים חזרו להשתמש במחונן לאחר מספר שלבים או כאשר נתקלו בקשיים:
 - " המחונן עוזר בתחילת הדרך- סקר ספרות, איזה שאלות לשאול, איך להגדיר את הבעיה. מכוון אותך יותר, עוזר להגיע למטרה, עוזר להחליט מה רלוונטי ומה לא. בהמשך זה עוזר לבדוק שהכול נמצא."
 - "המחונן עוזר, מכוון, עוזר לנו גם ללכת אחורה ולבדוק איפה טעינו"
- ד. בקבוצה אחת ציינו התלמידים שהייתה חוסר בהירות בעניין השימוש במחונן. הם לא הבינו את המשמעות של המחונן ויתרונות השימוש בו ואף כיצד להשתמש בו:

- "נכנסנו למחון, בהתחלה לא לחצנו על הקישורית ואחר כך היא נפתחה. לא הבנו למה. זה לא שיגר אותנו לשום מקום."
- "המחון נכנס לביה"ס לאחר שהתחלנו את הפרויקט- צריך את המחון רק לסוף."

מתוך הראיונות עם המורים עולה כי:

המורים שהשתתפו בפילוט ועבדו לפי המחון, רואים בו כלי חשוב בידי המורה ובידי התלמידים. כלי אשר מאפשר למידה עצמית תוך ביקורת מתמדת הן על התלמיד והן על המורה, כלי אשר מאפשר הערכה מעצבת לאורך הפרויקט. המורים הביעו שביעות רצון מהשימוש במחון, רואים בו כלי לסטנדרטיזציה והגדרה של דרישות אחידות מהפרויקט מחד והערכתו מאידך.

- "המחון מאפשר לתלמיד לנהל בעצמו את עבודת הפיתוח של הפרויקט ולשאת באחריות על הלמידה וניהול הפרויקט. התלמיד מעריך את עצמו כדי להתקדם"
- "המחון הוא כלי עבודה למורה".
- "המחון מכוון לכך שלא יהיה "פיקשוש" בפרויקטים "
- " המחון יוצר יותר אחידות בהערכה, מוריד את הסובייקטיביות של הערכת המעריך"

נקודה נוספת שהעלו המורים הוא הקושי של התלמידים בהערכה העצמית על פי המחון. המורים ציינו שהיה פער בין הערכת התלמידים את הפרויקט ובין הערכת המורים. חלק מהתלמידים לא העריך את עצמו בציונים המרביים, עובדה אשר יכולה לפגוע בהישגי התלמיד.

דברי סיכום

1. תלמידים שהשתמשו במחון בצורה שיטתית לאורך הפרויקט ראו בכך יתרון גדול בהבנת הדרישות של הפרויקט ובעזרה לשיפור הישגיהם.
2. מורים שהשתמשו במחון ראו בו כלי שתורם ומשפר את הישגי התלמידים בביצוע וניהול הפרויקט.
3. מורים שהשתמשו במחון ראו בו כלי להערכה מעצבת של הפרויקט, וכלי לסטנדרטיזציה של הפרויקטים, הן בביצוע והן בהערכה.
4. על מנת להשתמש במחון בצורה מושכלת ובהירה יש להקדיש די זמן להסבר על דרך השימוש בו, להדגים ולתרגל, ולהסביר את היתרונות למורים ולתלמידים בתחילת הפרויקט.
5. חשוב לתת את הדעת לקושי של התלמידים בהערכה עצמית של הפרויקט על מנת לא לפגוע בהערכת הפרויקטים.

תודות

"מכל מלמדי השכלתי, הרבה למדתי מרבותי, מחברי יותר מרבותי, ומתלמידי יותר מכולם."

תודה לתלמידינו מהם אנו לומדים יותר מכולם, חשיבתם הרעננה משמשת מקור השראה ואנרגיה להמשיך הלאה בעשייה החינוכית.

רשימת מקורות

- בירנבוים, מ. (1997). *חלופות בהערכת הישגים*, הוצאת רמות אוניברסיטת תל אביב.
- דופלט, י. (2009). *הגישה המערכתית להוראה כאמצעי לפיתוח מסלולי לימוד מואצים בטכנולוגיה*, מורטק, 2, 5-8 הוצאת מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, הטכניון, חיפה.
- דופלט, י. (2008). *גישה מערכתית לשינוי חינוכי*. מורטק, 1, 11-15 הוצאת מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, הטכניון, חיפה.
- דופלט, י. (1998). *למידה וחשיבה יוצרת בסיוע פרוייקטים במדע וטכנולוגיה*, עבודת מסטר, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- חוק חינוך ממלכתי תשי"ג - 1953 [תיקון: תשכ"ט, תשל"ג, תש"מ, תש"ס] יובא בתאריך 26 ליוני מתוך:
<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Owl/Hebrew/ChukimMedinyut/Hukim/MatratHachinuch.htm>
- מור, מ. (1982). *אינטליגנציה והישגים*, הד החינוך, ג'ז, 8.
- מור, מ. (1992). *נא להכיר: הדור הרביעי של ההערכה*, הד החינוך, ס"ב 12-13.
- מור, מ. (2007). *מידה כנגד מידה: אסופת מאמרים*, הוצאת מכלול.
- פיאז'ה, ז' ואינהלדר ב. (1972). *הפסיכולוגיה של הילד*, הוצאת ספרית פועלים.
- שוובל, מ. וטראף, ג. עורכים (1980). *פיאז'ה בכיתה*, הוצאת ספרית פועלים.
- שמשי, מ. (1986). *פיתוח, תיקוף ומחקר שדה של מבחן חדש לזיהוי שליטת תלמידים באופני שכיחה פורמלית*, חיבור על עבודת דר' המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.
- Doppelt, Y. (2009). Assessing creative thinking in design-based learning, *International Journal of Technology and Design Education*, 19 (1), 55-65.
- Doppelt, Y. (2005). Assessment of Project-based learning in a MECHATRONICS Context, *Journal of Technology Education*, 16 (2), 7-24.
- Doppelt, Y. (2004). Impact of science-technology learning environment characteristics on learning outcomes: Pupils' perceptions and gender differences, *Learning Environment Research*, 7 (3), 271-293.
- Doppelt, Y., Schunn, C. D., Silk, E. M., Mehalik, M. M., Reynolds, B. & Ward E. (2009). Evaluating the impact of a facilitated learning community approach to professional development on teacher practice and student achievement. *Research in Science and Technological Education*, 27(3), 339-354.
- Kolb, D. A. (1985). *Learning Styles Inventory*, Boston, Massachusetts: McBer and Company.
- Perkins, N. D. (1992). Technology meets constructivism: do they make a marriage?, in Duffy, T. M. & Jonassen, H. D. (Eds.), *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Chap. 4, 45-55.
- Sternberg, J. R. (1998). Teaching and assessing for successful intelligence, *The School Administrator*, 26-31.