



מכון ויצמן למדע  
WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

Thesis for the degree

עבודת גמר (תזה) לתואר

Doctor of Philosophy

דוקטור לפילוסופיה

Submitted to the Scientific Council of the

מוגשת למועצה המדעית של

Weizmann Institute of Science

מכון ויצמן למדע

Rehovot, Israel

רחובות, ישראל

By

מאת

Asaf Bar-Yosef

אסף בר-יוסף

**קידום הוראה ולמידה מותאמת אישית  
של פיזיקה המלווה בסביבה דיגיטלית  
(סביבת פטל)**

**Promoting Personalized Teaching and  
Learning of Physics accompanied by a  
Digital Environment (PeTeL)**

Advisor:

מנחה:

Prof. Bat-Sheva Eylon

פרופ' בת-שבע אלון

August 2020

אב התש"פ

## תקציר

התאמה אישית של ההוראה והלמידה היא גישה חינוכית בה תפיסת היסוד של ההוראה והלמידה במערכת החינוך משתנה מרעיון של דרך אחת המותאמת לכולם, להוראה המותאמת ע"י המורה לצרכי התלמיד לקידום למידתו. מטרת המחקר, המתואר בעבודה זאת, היא לבחון את השאלה כיצד לבנות ולהפעיל סביבה דיגיטלית ייעודית לקידום הוראה ולמידה מותאמת אישית אצל מורים לפיזיקה בחטיבה העליונה.

הסביבה הדיגיטלית "פטל" (PeTeL - Personalized Teaching and Learning), אשר פותחה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע במטרה לקדם הוראה ולמידה מותאמת אישית, שימשה כזירת ההפעלה וכריית הנתונים המרכזית במחקר. בשנת 2016 החלה תכנית מחקר, פיתוח והפעלה רחבת היקף. אוכלוסיית המחקר כללה שלוש קבוצות: צוות פיתוח מחקרי (3 מורים), קבוצת הפעלה ניסיונית (15 מורים), וקבוצת משתמשים ארצית (כ-180 מורים). המחקר התבצע בשלושה שלבים מחקריים עוקבים. בשלב הראשון הורכבה קבוצת הובלה של מורים מומחים (צוות הפיתוח המחקרי), מומחים טכנולוגיים וחוקרים מהמחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן אשר עמלו על פיתוח מאגר ראשוני (גרסת אלפא) של תכנים אינטראקטיביים והיוותה בסיס לגרסת ביטא שהועמדה לרשות המורים שיצטרפו. בשלב השני, שהחל בשנה שלאחר מכן, קבוצת ההובלה הפעילה קהילה מקצועית לומדת של מורים מאמצים מוקדמים (קבוצת ההפעלה הניסיונית) במטרה לעשות שימוש בסביבה בכיתותיהם תוך איסוף נתונים מהמורים והתלמידים לשיפור הסביבה והתכנים. בשלב השלישי, בשנת 2018-19 הסביבה נפתחה למורים לפיזיקה ברחבי הארץ. נכון לתחילת שנה"ל תש"פ, השנה השנייה להפעלת הסביבה, כ-180 מורים לפיזיקה ליוו את הוראתם בסביבת PeTeL (קבוצת המורים המשתמשים) והפעילו אותה בקרב מעל 7000 תלמידים בכיתות טי-י"ב.

לצורך המחקר, בחרנו לאגד את התכונות הפונקציונליות של סביבות דיגיטליות שהוצגו במחקרים מובילים בעשור האחרון תחת 3 ממדים פדגוגיים של הוראה ולמידה מותאמת אישית אשר ניתן לקדם ע"י פיתוח והפעלת פעילויות בסביבות דיגיטליות: הוראה מבוססת נתונים (Data-Based Teaching), התאמה אישית (Personal Customization) ואינטראקטיביות המשתמשים (Interactivity of the participants). מערכת ממדים אלה, המכונים בעבודה זו - ממדי ה-DPI, משמשת ככלי מחקרי לבחינת מידת ההתאמה האישית של ההוראה והלמידה בליווי הסביבה.

לפני התחלת המחקר המרכזי, נערכו מספר מחקרי חלוץ. מחקרים אלה הציפו קשיים של מורים, הרוצים להשתמש בסביבות דיגיטליות המקדמות הוראה ולמידה מותאמת אישית, אך נאלצים במקרים רבים לתפקד כיצרנים של משאבים דיגיטליים לשם כך. למרות רצונם של המורים לעצב את דרך ההוראה שלהם בעצמם נמצא שרבים ממורים אלה חסרים את הידע הנדרש לפיתוח והתאמת תכנים וכן את משאבי הזמן לכך. ממצאי מחקרי החלוץ הדגישו את החשיבות של מנגנונים דיגיטליים לשיתוף בין מורים כמענה לקשיים אלה ולהעצמת התפקודים השונים של מורים בסביבה כיצרנים, צרכנים ומעצבים.

אפיקי המחקר בעבודה זאת נבעו מסקירת הספרות וממצאי מחקרי החלוץ ועסקו במספר היבטים מרכזיים העוזרים לזרות אור על הדרכים לבנות ולהפעיל סביבה דיגיטלית ייעודית לקידום הוראה ולמידה מותאמת אישית בקרב מורים לפיזיקה. איסוף הנתונים השתמש במגוון כלי מחקר הכולל הקלטות של המפגשים של המורים, תיעוד מפגשי המורים ע"י יומן חוקר, תוצרי הפיתוח של המורים, ראיונות עם מורים, שאלונים ונתונים מסביבת PeTeL אשר מאפשרת איסוף נתונים אוטומטי על עבודת המורים והתלמידים.

האפיק המחקרי הראשון עסק **בפיתוח התוכן** והתמקד בבחינה של פיתוח הפעילויות הדיגיטליות בסביבת פטל אשר התבצע על ידי צוות הפיתוח המחקרי. מטרת הצוות היו להמיר פעילויות מבוססות-מחקר בגרסת עט ונייר, אשר פותחו בעבר על ידי קבוצת הפיזיקה במחלקה להוראת המדעים (למשל שאלות דיאגנוסטיות) לגרסאות דיגיטליות אינטראקטיביות בסביבת פטל. המחקר בחן את התהליכים של תכנון ההמרה במסגרת "קבוצות תכנון" בהן המורים דנו בהצעות אלטרנטיביות להמרת פעילויות, ליוו את ההצעות בהצדקות ודנו ביתרונות ובאתגרים של הצעות שונות. מפגשי התכנון הוקלטו ונערך ניתוח שיח של הדיונים בקבוצות תוך מיקוד בשיקולי הדעת שהועלו וייצוגם על מערכת ממדי DPI במטרה לבחון את הממדים הטכנו-פדגוגיים שהמורים תכננו לקדם בהמרת הפעילויות לדיגיטליות. הממצאים הראו ששיקולי הדעת של המורים כללו

ניסיון להעניק ערך מוסף לפעילויות (amplification) ע"י קידום על גבי ממדי ה-DPI. עם זאת, תחילת העבודה של המורים, אשר התאפיינה בניסיון להמיר את הפעילויות המקוריות מבלי לשנות את מטרותיהם ולהיצמד כמה שיותר לפורמט המקורי, הובילה לקשיים בתהליך ההמרה של פעילויות מורכבות שהתאפיינו במטרות ובאינטראקציות מרובות המשולבות זו בזו. לאור הקשיים, נערך שינוי בדרך העבודה של קבוצת התכנון כך שהתכנון בכל קבוצה החל בניתוח הממפה את המטרות ודרכי ההפעלה המקוריות של הפעילות ועודד שינויים בהם אשר מאפשרים ניצול של ההזדמנויות הטמונות בסביבה הדיגיטלית. שינוי זה הוביל ל"קפיצת מדרגה" בשיקולי הדעת של המורים, מתכנון המוגבל תחת אילוצי המטרות ודרכי ההפעלה של הפעילויות המקוריות, לכוזה המאפשר את הפעלתם בגישה חדשה (new approach).

האפיק המחקרי השני עסק בקשר בין הארכיטקטורה של סביבת פטל לבין התפקודים השונים של מורים בסביבה. הדגש המחקרי באפיק זה התמקד בבחינת התפקיד של **השיתופיות בין המורים בסביבת פטל** לקידום הוראה ולמידה מותאמת אישית. לסביבה ארכיטקטורה ייחודית העושה שימוש במנגנוני שיתוף הקושרים בין מאגרי תכנים משותפים וסביבת עמיתים לכלל מורי הפיזיקה לבין מערכת ניהול למידה בה כל מורה מלווה את הוראתו עם תלמידיו. במנגנוני השיתוף פותחו אלמנטים רבים הלקוחים מעולם הרשתות החברתיות המעודדים יצירת קישוריות נוחה ומהירה בין המורים הפזורים ברחבי הארץ. בבסיס התכנון של מנגנונים אלה עומדת ההשערה שהמנגנונים עשויים לאפשר למורים לפעול בכמה תפקודים שונים (כיצרנים, צרכנים ומעצבים) ולהתאים טוב יותר את הוראתם לצרכיהם. השערה זו נבחנה בשלב השני והשלישי של המחקר תוך התמקדות בשימוש במנגנוני השיתוף בסביבה ע"י מורי קבוצת ההפעלה וקבוצת המורים המשתמשים. הממצאים מראים שנוצרה בסביבה הפרייה הדידית בין תפקוד המורים כצרכנים וכיצרנים. למנגנוני השיתוף היה תפקיד חשוב הן בעידוד המורים היצרנים ליצור ולשתף תכנים עם כלל המורים והן בצריכת התכנים על ידי כלל המורים לקבלת השראה מהמורים המשתפים. המורים שילבו פריטים שמקורם במאגרי התכנים עם פריטים שיצרו בעצמם בדרכים מגוונות ושונות מותאמות לצרכי הוראתם. נמצאה שונות במספר, סוג ומקור הפריטים המרכיבים את מרחבי ההוראה, ככל שכללו פריטים רבים יותר, היה גדול יותר אחוז הפריטים שיצרו המורים בעצמם. דרך מגוון התפקודים של המורה בסביבה ניכר הביטוי הרחב לקול המורה, כפי שמסגרות ההכשרה המקצועית השתנו מגישות top-down לגישות הנותנות ביטוי רב לידע הפרקטי והייחודי של המורים, מחקר זה נותן ביטוי למגמה זאת גם בעיצוב ופיתוח סביבות דיגיטליות

האפיק המחקרי השלישי התמקד **בהפעלת הסביבה הדיגיטלית בכיתות** ע"י מורי קבוצת ההפעלה ובחן האם וכיצד קידמו דרך ההפעלה הוראה ולמידה מותאמת אישית. במחקר נותחו העקבות הדיגיטליות שהשאירו אחריהם המורים בסביבה במהלך ההפעלה בכיתות תוך הצלבת הנתונים עם דיווחיהם ודעותיהם על שילוב הסביבה בהוראתם. כלי המחקר העיקרי היה מערכת ממדי ה-DPI אשר בעזרתה נבחנה הפעלת הסביבה בכיתות דרך מידת ההתאמה האישית של ההוראה והלמידה. ברמה המתודולוגית, מערכת ממדי ה-DPI אפשרה לנתח את הפעולות של מורים בסביבה הדיגיטלית ולהשוות בין שימושים שונים של מורים בסביבה. הממצאים מראים שמורים רבים שילבו את הסביבה בהוראה תוך הפעלת תלמידיהם באופן אינטראקטיבי וביססו את הוראתם על נתונים שהצטברו מפעילות תלמידיהם. עם זאת, לא נמצאו עקבות דיגיטליות לכך שהמורים ביצעו התאמות במרחבי ההוראה לרמת התלמיד או קבוצת תלמידים. ממצא זה אינו בהלימה עם דיווחי מורים שהפעלת הסביבה עזרה להם להתאים את הוראתם לתלמידים ספציפיים. הסבר אפשרי לפער הוא שהסביבה אמנם נתנה בידי המורים את המידע הנחוץ להם להתאים את הוראתם לתלמידים בודדים אך לא סיפקה להם כלים לבצע את ההתאמה בסביבה עצמה. הסבר אפשרי נוסף הוא שההוראה משלבת פעילות פנים אל פנים עם פעילות דיגיטלית ובהתאם המידע הדיגיטלי מאפיין רק חלק מהפעילות. בנוסף, יש להתייחס לעובדה שהוראה מותאמת אישית מחייבת שינוי מהותי בנורמות ופרקטיקה של המורים.

במבט על, התרומה המחקרית של עבודה זאת היא בהעמקת הבנתנו על המשאבים המאפשרים למורים לפעול בסביבות דיגיטליות בדרך פעולה המתאימה את הוראתם לתלמידיהם. הממצאים מצביעים על המאפיינים הייחודיים של **הפעילויות שתוכננו ועל הארכיטקטורה של סביבת פטל** כשני גורמים מרכזיים שקידמו הוראה ולמידה מותאמת אישית בליווי הסביבה: הפעילויות, שתוכננו באופן המקדם את ממדי ה-DPI וארכיטקטורת הסביבה אשר שילבה את הפעילויות שתוכננו במאגרי התכנים, עם מנגנוני שיתוף ומערכת ניהול הלמידה.

גורמים אלה עודדו ותמכו במורים לפעול בסביבה במספר תפקודים - כיצרנים, מעצבים וצרכנים של תכנים תוך שיתוף עם עמיתיהם. המחקר על הפעלת הסביבה הצביע שמורים רבים שילבו פריטים שמקורם במאגרי התכנים עם פריטים שיצרו בעצמם בדרכים שונות ומגוונות המותאמות לצרכיהם וצרכי תלמידיהם והפעילו אותם באופן המקדם היבטים מסוימים של הוראה ולמידה מותאמת אישית.

התרומה המתודולוגית של מחקר זה מתבטאת בשימוש במערכת ממדי ה-DPI ככלי מחקרי לניתוח מידת ההתאמה האישית של ההוראה והלמידה המתבצעת בליווי הסביבה הדיגיטלית. מערכת ממדי ה-DPI אפשרה לנתח בעבודה זאת היבטים הקשורים לתכנון פיתוח התכנים על ידי המורים ודרכי הפעלת הסביבה על ידם. הנחת היסוד שבבסיס ניתוחים אלה היא שהפעלת הסביבה תוך פעולות ודעות המקדמות את ממדי ה-DPI יכולות להעיד על דרך פעולה של מורה המתאים אישית את הוראתו. מתודולוגיה זו יכולה לשמש חוקרים, מפתחים ומורים בבואם לנתח כיצד פיתוח והפעלת סביבות דיגיטליות יכול לקדם הוראה ולמידה מותאמת אישית.

בבחינת ההשלכות המעשיות על שדה החינוך, יש חשיבות גדולה לממצאים העולים מקבוצה רחבה של מורים. סביבת פטל התרחבה בשנים האחרונות ומופעלת נכון לתחילת תשפ"א ע"י יותר ממחצית ממורי הפיזיקה בישראל אשר מלווים את הוראת הפיזיקה בסביבה ככלי יומיומי להתאמת ההוראה על ידיהם. עם ההתרחבות עולה הקושי הטבעי בשמירה על איכות ההפעלה תוך מתן מענה בקנה מידה ארצי למגוון רחב של צרכי מורים ולומדים. לאור ממצאים אלה ניתן להצביע על כך שהפעלת סביבת פטל קידמה את הוראת הפיזיקה בחטיבה העליונה בישראל צעד נוסף לעבר הוראה ולמידה מותאמת אישית.