

אגף מו"פ, ניסויים ויוזמות המעבדה לבינה מלאכותית בחינוך דו"ח סיכום שנה (תשפ"ב)

מחבר - גלעד שמיר
תאריך פרסום - 07.2022

שם הדו"ח - לימודי בינה מלאכותית לשוויון הזדמנויות

פתיחה קצרה - תיאור ומסר עיקרי

יש להכין את התלמידים לעולם רווי בינה מלאכותית. הדו"ח מציג דרך מעשית וחדשנית ליישום למידה רחב ללא הוספת עומס על המורים.

מבנה הדו"ח

תקציר לימודי בינה מלאכותית לשוויון הזדמנויות

תקציר

לישראל יש צורך אסטרטגי בקידום תחום הבינה המלאכותית החל מחינוך, דרך מחקר, שרותי ממשל ותעשייה (ועדת תל"ם, 2021). ההכרה בפוטנציאל ההשפעה העצום של טכנולוגיות בינה מלאכותית על כל תחומי החיים הניעה מדינות לגבש ולהוביל תוכניות לימוד בנושא. התמודדות עם אתגר השילוב של בינה מלאכותית בחינוך מחייב מתן מענה תפיסתי שלם ובר קיימה, המביא בחשבון מה ללמד, איך ללמד, מי מלמד ואיך לשלב בתוכנית הלימוד הקיימת. הסכנה בהעדר לימודי התחום באופן רחב וכוללני במערכת החינוך היא העמקת אי השוויון בין אוכלוסיות שידם כבר משגת לימודי הבינה המלאכותית ובין אלה שנשארים מאחור. בטווח הארוך הסכנה היא אסטרטגית למדינת ישראל שכבר נמצאת בפיגור ביחס למדינות אחרות שהגדירו תוכנית לימודי בינה מלאכותית. בצד ההזדמנויות ניתן למנות למידה רב תחומית מתוך מוטיבציה מוגברת, קידום התלמידים מצרכנים ליצרנים של טכנולוגיות בינה מלאכותית, קידום מיומנויות פתרון בעיות והגברת תחושת המסוגלות של התלמידים בעולם דיגיטלי.

לאור זאת, שאלות המחקר הן (1) אילו כלים ושיטות נדרשים לקידום כשירות בתחום בינה מלאכותית בקרב תלמידים בכיתות ה-10? (2) באיזו מידה לימודי בינה מלאכותית מקדמים מיומנויות פתרון בעיות? (3) באיזה מידה גיל התלמידים, המגדר וניסיון קודם בתיכנות משפיעים על הישגי התלמידים? לטובת המהלך פותח מודל למידה המתאר את המרכיבים השונים שהתוכנית מקדמת. לצורך יישום המודל, בפורמט רחב, וללא הוספת עומס על המורים פותחה תוכנית לימוד שנתית עם חומרי לימוד, כלים טכנולוגיים תומכי למידה ופדגוגיה ייחודית. המסקנות המרכזיות הן שתלמידים צעירים מסוגלים ליצור טכנולוגית בינה מלאכותית בהצלחה רבה, שהלימודים מעשירים את חווית הלמידה, מקדמים מיומנויות פתרון בעיות, ושהלמידה ניתנת ליישום בקנה מידה רחב ללא הוספה לעבודת המורים. לאור הממצאים מומלץ למערכת החינוך לשלב לימודי בינה מלאכותית בה התלמידים פעילים ולומדים באופן עצמאי בהנחיית מורי בית הספר.

גוף הדו"ח:

רקע

בימינו תוכנות מבוססות בינה מלאכותית (להלן ב"מ) מחליפות שופטי בשר ודם בבתי משפט. זה איתות ליכולות מיוחדות שטכנולוגיה זו מביאה: הסקת מסקנות עצמאית. אם מקובל שבפיתוח תוכנה, האדם הוא זה המגדיר את התנהגות התוכנה באמצעות חוקים הכתובים בשפת תכנות, הרי בב"מ המערכת לומדת מנתונים ומסוגלת לתת המלצות חכמות. מייסד הפורום העולמי הכלכלי, שווב, רואה בכך חלק מהמהפכה התעשייתית הרביעית המונעת על טכנולוגיות מבוססות נתונים (Schwab, 2017).

למערכת החינוך יש תפקיד מרכזי בהכשרת דורות העתיד לא רק לשגשוג בהווה אלא גם להצלחה בשוק העבודה ולטובת השתלבות מיטבית בעולם הדיגיטלי. בהקשר של התהוות עולם רווי ב"מ, מתפקידה של מערכת החינוך להקנות לתלמידים את הכשירויות הרלוונטיות הכוללת ידע, מיומנויות, ותפיסות.

למרות שמערכות ב"מ מחוללות מהפכה בחיי היומיום תשומת לב מועטה ניתנה לנושא בבתי"ס יסודיים ובחטיבת הביניים, אשר ממשיכים ללמד תכנות מבוסס חוקים (Rule-driven). תחום חדש ומבטיח בחינוך מתמקד באתגרים של לימוד ב"מ כדי לטפח את המעבר הנחוץ הזה מחשיבה מחשובית מסורתית המונעת על ידי חוקים לחשיבה מונעת נתונים (Data-driven) על בסיס ב"מ. שני תהליכי החשיבה הכרוכים ביצירת מערכות שונות אלה שונים בתכלית זה מזה. לכן, הופעתה של ב"מ בבית הספר מעלה שאלות חשובות בנוגע ליחסים בין חשיבה מחשובית מסורתית מבוססת חוקים לזו החדשה מבוססת הנתונים.

במערכות חינוך בעולם ובישראל מעונינים לקדם חשיבה מחשובית. הפוטנציאל של ח"מ נובע מעדכון תהליך הלמידה הנלווה לקידום חשיבה זו, באמצעות למידה מעשית בה מפתחים תוכנות אותם משתפים ובעזרתם חוקרים ומתבטאים. בנוסף, עיסוק במשימות תובעניות אינטלקטואליות חיוני להתפתחות הקוגניטיבית של התלמידים ובפרט ליכולת שלהם לפתור בעיות.

ההתקדמות הטכנולוגית משפיעה לא רק על חיי היומיום, אלא גם על האופן שבו פועלים מדענים. המדע הופך לממוחשב, וח"מ מתקבלת בהדרגה כמומנות נדרשת עבור לימודי המדעים של המאה ה-21. הדבר מחייב את מערכות החינוך להקדיש תשומת לב מוגברת לקידום תלמידים על ידי פתיחת הזדמנויות לעסוק בפעילויות חשיבה מחשובית ובדרכים לעידוד הבנה מעמיקה יותר של המדע. בין היתר, על ידי שילוב מדע מחשובי (Computational science) בשעורי המדעים. מדע מחשובי עוסק ביצירת סימולציות ותוכנות לקידום תכני לימוד מדעיים תוך תשומת דגש על מיומנויות ויכולת העברה בין תחומים.

מהספרות המחקרית עולים מספר אתגרים בשילוב ב"מ בלמידה בבתי ספר: העדר הגדרה מקובלת מה נדרש ללמוד, מחסור במורים לתחום, העדר שעות הוראה במערכת לימודים צפופה בתכנים, והעדר משאבים להרחבת מערכת השעות. היוזמה הנוכחית דוגלת בשילוב של הב"מ והחשיבה המחשובית הנלווית אליה, בשעורי מדעים בתחום תוכן מדע מחשובי (ולא כמקובל לחשוב בתחום מדעי המחשב).

השילוב בתחומי המדעים הינו מתבקש מכמה סיבות: השילוב יקדם בקרב הלומדים יכולות חקר ויישום מיומנויות חשיבה מחשובית בהקשר מדעי. מקצוע המדעים נלמד בכל בתי הספר בארץ כך, כל תלמידי ישראל יזכו לשוויון הזדמנויות. בדרך זו, לימודי מדעים יכולים לשפר את למידת החשיבה המחשובית וגם ההיפך נכון; הוכח כי חשיבה מחשובית ופיתוח תוכנה מאפשרים לתלמידים למידה עמוקה של תחומי תוכן מדעיים (National Research

Council, 2011; Wilensky & Reisman, 2006)

מטרות ויעדים

היוזמה בוחנת כישורי חשיבה מחשובית של תלמידי בית ספר יסודי העוסקים בפיתוח תוכנה לצורך מידול מחשובי של תופעות טבע הנלמדות בשעורי מדעים. הטכנולוגיה בה מפותחות התוכנות הינה בינה מלאכותית הפועלת בפרדיגמה מונחית נתונים.

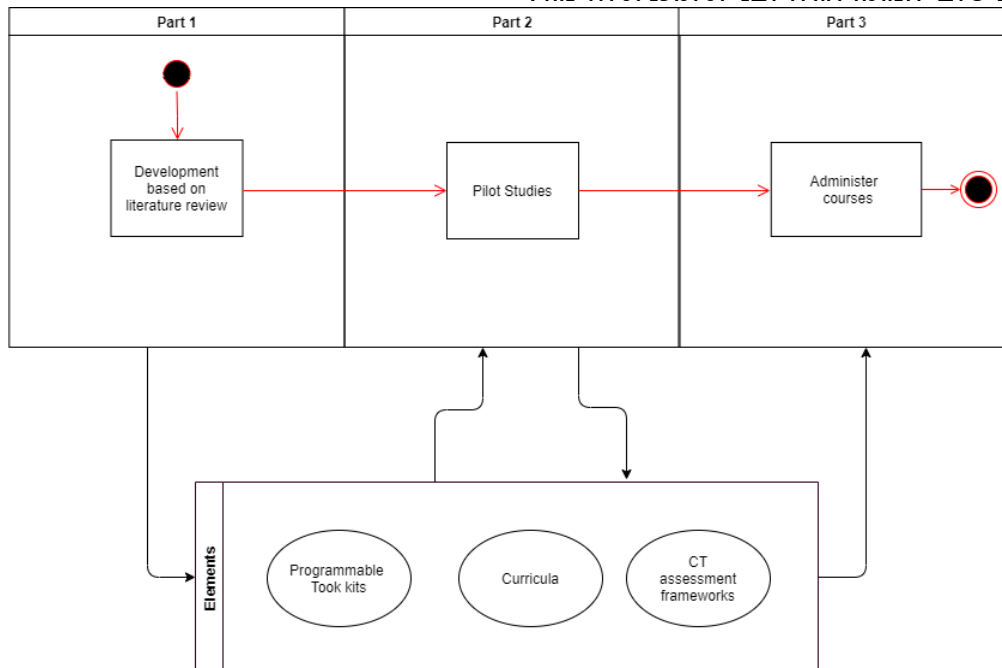
לאור זאת, שאלות המחקר הן (1) איזה כלים ושיטות נדרשים לקידום כשירות בתחום בינה מלאכותית בקרב תלמידים בכיתות ה-2? (2) באיזה מידה לימודי בינה מלאכותית מקדמים מיומנויות פתרון בעיות? (3) באיזה מידה גיל התלמידים, המגדר וניסיון קודם בתיכנות משפיעים על הישגי התלמידים על המוטיבציה ללמידה ועל תחושת המסוגלות?

מתודולוגיה

לפני קיום הלמידה הרב תחומית השתמשנו במתודולוגית פיתוח תוכנית לימוד הנקראת מחקר מבוסס עיצוב (Design based research). לאור החדשנות של התחום ולאחר קיום סקירה ספרותית נרחבת מצאנו שיש ראשית להגדיר היטב מה לומדים וכיצד מודדים את מידת ההצלחה בלמידה. המתודולוגיה כללה מספר שלבי פיתוח אשר פעלו בזה אחר זה: (1) פיתוח מודל למידה, תכני לימוד, וכלים טכנולוגיים לטובת הלמידה, (2) קיום פיילוטס כדי לוודא את אפקטיביות התוכנית ו- (3) ביצוע היוזמה בקנה מידה רחב. שלבים 1 ו-2 התקיימו בשנה"ל תשפ"א במוסדות חינוך באזור השפלה. שלב 3 התקיים בתשפ"ב ברעננה במסגרת המעבדה לבינה מלאכותית ופעל ב-12 בתי"ס בקרב 222 תלמידים.

התוכנית פעלה בשעות ב"ס בלמידה מובנית בקרב תלמידי כיתות ה'ו', בהנחיית מורי ביה"ס. לצורך היוזמה בחרנו סביבות לימוד ופיתחנו ערכות כלים בעזרתם התלמידים למדו ויצרו את התוכנות על פי מדרג למידה. לצורך למידה והערכה של כישורי חשיבה מחשבונית בתחומים התוכן של היוזמה פיתחנו תשתית ללמידה והערכה של כשירות חשיבה מחשבונית הספציפית למדע מחשובי מבוסס בינה מלאכותית. בנוסף בחרנו במסגרת תשתיתית נוספת של למידה והערכה לפתרון בעיות כלליות הנקראת PRADA. הערכת התוכנית בוצעה בערוב שיטות איכותניות וכמותיות תוך שימוש במגוון כלים לאיסוף נתונים ביניהם שאלונים, ראיונות, תצפיות בכיתה, משימות למידה וניתוח תוצרי תלמידים.

להלן תרשים שלבי המתודולוגיה לבניית תוכנית הלימוד:



באמצעות מחקרי הפיילוט, תוכנית הלימוד השנתית ואינטראקציות עם המשתתפים, בזמן שהם בנו מערכות למידת מכונה (Machine learning), הצלחנו לחדד את הטקסונומיה הראשונית שלנו. בהתאם גיבשנו את **המסגרת ללימוד והערכת הפיתוח של חשיבה מחשבונית (Computational thinking) בלמידת מכונה אותה נכנה CT-ML**. פרטים מלאים (באנגלית) ניתן לראות [בקישור הזה](#).

עיקרי התוכנית הרחבה הינם:

- למידה מבוססת בעיות: התלמידים עובדים בשיתוף פעולה בקבוצות קטנות כדי לפתור יחד בעיות פתוחות (משימות). תוכן המשימות מותאם להתרחשויות גלובליות ומקומיות עכשוויות, כך שהתלמידים מוצאים אותן משמעותיות ועדכניות. המשימות מגוונות ונלמדות באמצעות חומרי למידה עצמית עשירים כגון סביבות פיתוח תוכנה, סרטונים, ספרי הדרכה דיגיטליים, יישומי מחשב, וחומרי קריאה. בתוכנית משובצות נקודות משוב והערכה מרובות. המשימות של יצירת המערכות מיושמות בשלבים כך שכל שלב מאפשר בדיקה. הפעילות בשלבים מקלה על התלמידים בעיבוד משימה מורכבת (Nersessian 1992).

- כיתה כצוות: הכיתה היא צוות עם מטרה משותפת להשלים את המשימות. כדי להשיג מטרה זו כל אחד מנצל את החוזקות שלו להצלחת הצוות. בכל מודולת למידה ניתנים לתלמידים שפע של משימות מהם הם בוחרים במה הם רוצים להתמקד.
- מודל חלוקת אחריות: על פי המודל תפקיד ההוראה הקלאסי של המורים מתחלק עם צוות מומחי תוכן (מקרב מפתחי התוכנית). המומחים יוצרים את המשימות ואת חומרי הלמידה הנלווים המיועדים ללמידה עצמית. מורים אינם מעבירים ידע-תוכן אלא מנחים את התלמידים בהיבטים הרגשיים חברתיים לצורך קידום המשימות. החוקרים מעריכים את משימות התלמידים, מעניקים משוב מפורט לצוותים ומתאימים את משימות הלמידה והחומרים הבאים בהתאם. התלמידים, בהדרכת מוריהם, בוחנים את משובי ההערכה ומשפרים עבור מודולת הלמידה הבאה. באופן זה המורים לומדים ביחד עם התלמידים את החומר ולא מתווסף עומס על המורים.

תוצאות התוכנית

כדי להעריך את הצלחת התוכנית, ניתחנו באופן כמותני את תשובות התלמידים לשאלונים ולמשימות, בדקנו את התוצרים שיצרו וניתחנו באופן איכותני את ראיונות הסיכום. איסוף הנתונים נעשה לפני, אחרי ובמהלך התוכנית. להלן עיקרי התוצאות.

מוטיבציה ללמידה

המוטיבציה נמדדה בשאלון הנקרא ARCS והוא מלאכותי. הוא מורכב מ-16 היגדים בסולם לייקרט עם דרגות 1-5. הניתוח מראה שהמוטיבציה עלתה מרמה בינונית-גבוהה בתחילת התוכנית לרמה גבוהה בסופה כפי שניתן לראות בטבלה הבאה. תיקוף לכך התקבל מהראיונות האישיים בהם תלמידים תארו רצון להמשך הלמידה של תחום הבינה המלאכותית.

טבלת מוטיבציה ללמידה

	N	Mean	Std. Deviation
Pre	155	3.66	0.81
Post	129	4.38	0.57

לגבי משתני הרקע (כיתה, מגדר, ניסיון בתכנות) נמצא שהמוטיבציה הייתה גבוהה יותר גם בתחילת הקורס וגם בסופו בקרב תלמידים בעלי רקע קודם בתכנות בסקראץ' לעומת חסרי רקע. הדבר מצביע על חשיבות לימודי תכנות למוטיבציה ללמידת בינה מלאכותית. יתר משתני הרקע לא השפיעו.

תחושת מסוגלות עצמית

תחושת המסוגלות העצמית ביצירת מערכת בינה מלאכותית נמדדה בשאלון עם 15 היגדים בסולם לייקרט עם דרגות 1-5. המסוגלות עלתה מרמה נמוכה בתחילת התוכנית לרמה בינונית בסופה כפי שניתן לראות בטבלה הבאה. עם זאת מהראיונות האישיים התקבלה תמונה של תחושת מסוגלות גבוהה.

טבלת מסוגלות עצמית

	N	Mean	Std. Deviation
Pre	161	1.81	0.96
Post	129	3.34	1.01

לגבי משתני הרקע (כיתה, מגדר, ניסיון בתכנות) נמצא שהתחושה הייתה גבוהה יותר גם בתחילת הקורס וגם בסופו בקרב תלמידים בעלי רקע קודם בתכנות בסקראץ' לעומת חסרי רקע. כמו כן תלמידי כיתה ו' הרגישו תחושת מסוגלות גבוהה יותר מתלמידי ה'. מכאן ניתן להסיק שלימודי תוכנות וכיתה בוגרת יותר חשובים לנושא תחושת המסוגלות. מגדר לא השפיע על המדד.

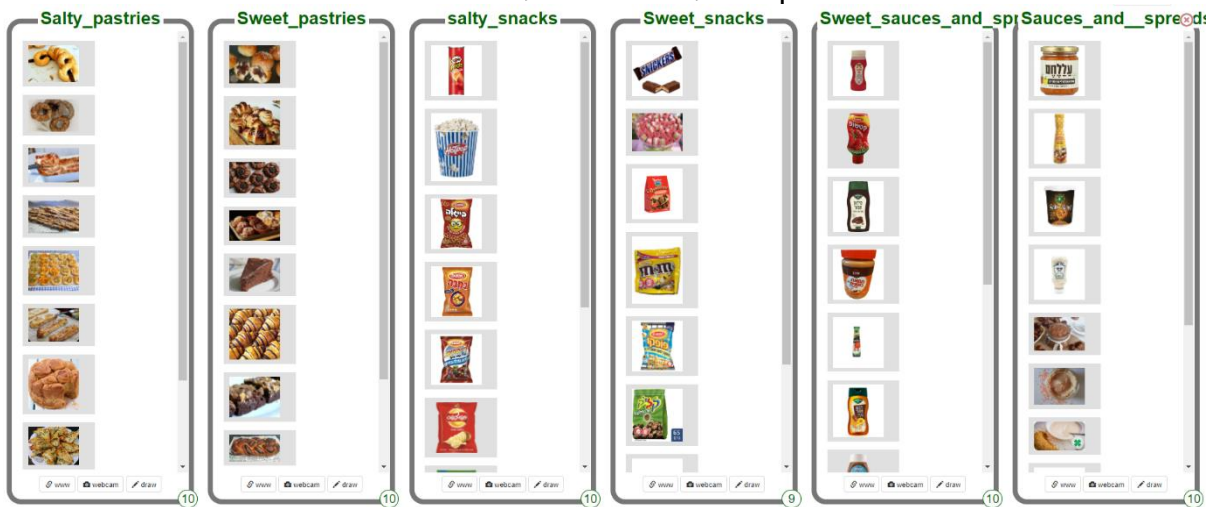
יצירת מערכות בינה מלאכותית

התלמידים יצרו מגוון רחב של מערכות בנושאים מדעיים. הם העידו בראיונות הקבוצתיים שהציגו בכנסים, למשפחה בחגים, ולתלמידים אחרים בביה"ס.

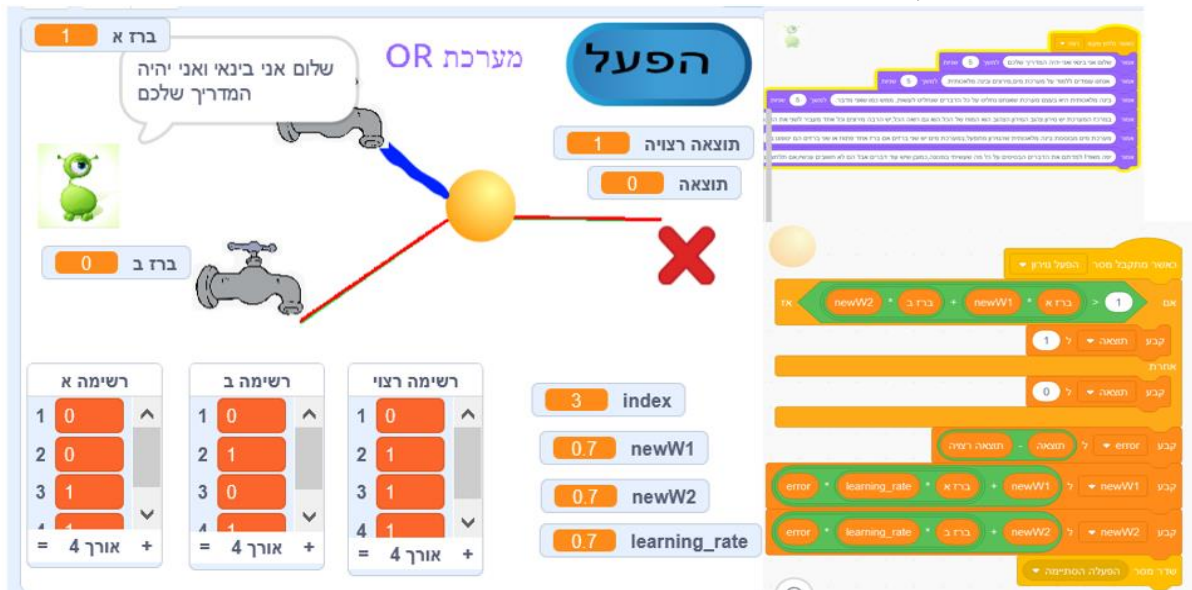
המערכות שיצרו נבדקו ונמצא שהתלמידים הצליחו במשימתם ויצרו מערכות עובדות ומעניינות. למעשה, בראיונות הסיכום הדיונים נסובו סביב העושר של המערכות בקטגוריות ובנתונים ולא בשאלת המסוגלות לייצר אותן. התלמידים קיבלו מספר משימות במטרה לייצר מערכות בינה מלאכותית אם בנושאי חובה ואם בנושאים לבחירתם. חלק מהשימות כללו פיתוח מערכת כולל בניית רשת נוירונים מלאכותית וחלק עם שימוש ברשת נוירונים קיימת.

היכולת של התלמידים להעביר את הנלמד לתחומים מדעיים אחרים נבחנה במדד מגוון המערכות הנוספות שיצרו או הציגו לייצר. מהרשימה הבאה ניתן לראות שהתלמידים רואים בבניה מלאכותית דרך לביטוי ויצירה בתחומים הרלוונטיים ללמידה שלהם במדעים. הנושאים אותם העלו הם מצבי צבירה, מחזור המים בטבע, זיהוי מאכלים בריאים, זיהוי סוגי פירות, התפרצות אש, מניעת מגיפות, טורף ונטרף, זיהוי חרקים, זיהוי עונות השנה, שמירה על האקלים, ומערכת המלצות לאתרי טיול לצורך שמירה על הבריאות.

בתמונות הבאות שתי דוגמאות של מערכות שיצרו תלמידים:
התמונה הבאה מציגה את נתוני האימון של מערכת לשמירה על תזונה:



התמונה הבאה מציגה מערכת מים מבוססת רשת נוירונים



מיומנויות כוללניות לפתרון בעיות בתחומים שונים

במהלך הלמידה נלמדו 4 מיומנויות כוללניות לפתרון בעיות אשר מתאימות ליישום בבעיות מסוגים שונים ומכונות PRADA. בכל 4 המיומנויות נרשם שיפור במהלך הקורס אך בעיקר במיומנות זיהוי דפוסים חוזרים

(Pattern Recognition) כפי שניתן לראות בטבלה הבאה. מיומנות זו תואמת לעבודה עם נתונים ולכן ניתן להצביע על קשר בין עבודה עם פיתוח מערכות מבוססות נתונים לחיזוק מיומנות זו בפרט.

טבלת מיומנות פתרון בעיות כלליות

CT-PRADA practices	Pre	Post	Delta
Decomposition	71.18	79.03	7.85
Abstraction	68.48	75.41	6.93
Pattern recognition	77.98	89.36	11.38
Algorithm design	68.67	77.54	8.87

בנוסף, ניתוח הנתונים הראה כי השיפור גבוהה יותר בכיתות ו' מאשר כיתות ה'. לניסיון בתכנות או למגדר לא הייתה השפעה בעלת תוקף סטטיסטי על מדד זה.

דיון מסכם והמלצות

בדו"ח הוצגה תוכנית לימודי בינה מלאכותית בתחום "מדעי המיחשוב" (Computational Science) שהנו תת תחום בלימודי מדעים. אמנם, התוכנית פעלה בתחומי המדעים אך על פי מחקרים יכולה להשתלב בתחומי דעת נוספים.

הוצג התהליך ההדרגתי בו נבנתה התוכנית, הרציונאל הפדגוגי שלה והכשירויות אותם היא מקדמת, ביניהם, יכולת פיתוח מערכות בינה מלאכותית, פתרון בעיות בתחומי שונים, תחושת מסוגלות ומוטיבציה ללמידה. לא נמצא הבדל בין בנים לבנות מבחינת הישגים אך כן בין גילאים שונים עם יתרון לתלמיד כיתה ו' על כיתה ה'. כמו כן נמצא יתרון לבעלי רקע בלימודי פיתוח תוכנה.

לצורך הובלת התוכנית על ידי מורי בית הספר הוצע מודל חלוקת אחריות בין המורים לבין מומחים שהוכח כיעיל. המודל פועל ללא הוספת משימות לעבודת המורה, ללא צורך בהכשרת תוכן וללא צורך בהוספת שעות במערכת. מכאן, שהוא פרקטי ויכול להיות מיושם באופן מיידי בקנה מידה רחב.

מדברי מורה שהנחתה כיתה בתוכנית:

"מבחינתי זה השיעור האידיאלי שבו אני מיישמת את כל הכלים שבעיני הם תמצית ההוראה: לייצר מוטיבציה אצל הילדים, להניע, ללמד יכולת ארגון וסדר, לייצר חיבור חברתי, לסקרן, לאתגר, ללמד לא להתייאש עד שמשגים את המטרה, להאמין בעצמם ו... ללמד אותי. זה השיעור היחידי שבו אני לומדת יחד עם הילדים את הנושאים."

על פי התוצאות המוצגות של התוכנית אנו ממליצים:

1. לשלב לימודי בינה מלאכותית וחשיבה מחשבונית במערכת החינוך החל בבתי הספר היסודיים
2. הלמידה תהיה רב תחומית משולבת במקצוע לימוד מבוסס כמו מדעים, ליצירת שוויון הזדמנויות לכולם
3. להשתמש במודל "חלוקת האחריות" בו מורה ומומחה משתפים פעולה, להסרת אתגרים משמעותיים בשילוב בינה מלאכותית בחינוך.

מאחורי היוזמה

שמיר יעוץ והדרכה מתמחה בהדרכות תלמידים בחינוך הפורמלי, בפיתוח חומרי לימוד למערכת החינוך, וקידום חדשנות טכנו-פדגוגית בקרב מורים. החברה בוגרת חממות הפיתוח של משרד החינוך "חממופ" ו"אדסטארט". גלעד שמיר, איש הייטק בעברו, המנהל הפדגוגי של החברה, ומחבר הדו"ח, הינו חוקר באוניברסיטת ת"א במסגרת דוקטורט ומחקריו מתמקדים במיומנויות חשיבה מחשבונית ובינה מלאכותית בחינוך.

גלעד חבר בצוות המחקר של החטיבה לחדשנות טכנולוגית במשרד החינוך שבין פרסומיה המלצה למדיניות שילוב בינה מלאכותית במערכת החינוך בישראל.
שמיר יעוץ והדרכה מפתחת את אתר התוכן U IN GAME. האתר מאושר משרד החינוך לחומרי הוראה ולמידה בתחומי הקוד והחשיבה המחשובית והתכנים בו מקלים על עבודת המורה, מקדמים לומד עצמאי ומעשירים את חווית הלמידה.

תודות

קיום התוכנית לא היה מתאפשר ללא מספר גורמים משמעותיים. הפעילות בכיתות התאפשרה בזכות המורים שבמשך שנה תמימה הנחו את התלמידים בתחום אותו למדו להכיר ביחד עימם. על כך תודות לליאת היכל, מורן גולדפינגר, מור קציר פרידמן וגיל לרנר. הפעלת המעבדה וההכוונה נעשתה בהובלת עמיר גפן מאגף מו"פ. המסגרת בה הופעלה היוזמה הינה "האולימפיאדה הווירטואלית של רעננה" בנושא מדעים, מתמטיקה ומדעי המחשב בהובלת רודי בוקסנבאום שהיא מנהלת אשכול הפיס ברעננה ומנהלת האולימפיאדה ופועלת ללא לאות לקידום חדשנות בחינוך. כמו כן, לענת כהן מאף החינוך של עיריית רעננה על שדלתה תמיד פתוחה ואוזנה תמיד כרויה. תודה לפרופ' איליה לוי מאוניברסיטת ת"א על הנגשת הפילוסופיה של הטכנולוגיה באמצעות כלים פרקטיים. מלאכותית ולד"ר גלית ולנר מאוניברסיטת ת"א על הנגשת הפילוסופיה של הטכנולוגיה באמצעות כלים פרקטיים.

ביבליוגרפיה

- Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. *Cognitive models of science*, 15, 3-44.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—an embodied modeling approach. *Cognition and instruction*, 24(2), 171-209.
- National Research Council. (2011). Committee for the Workshops on Computational Thinking. In *Report of a workshop of pedagogical aspects of computational thinking*. Washington, DC: National Academies Press.

מילות תיוג מומלצות: חשיבה מחשובית, בינה מלאכותית, למידה מכונה, המורה כמנחה, לומד עצמאי