



יישומי בינה מלאכותית בהוראת מתמטיקה נתמכת קורסים דיגיטליים

מפת ידע

גרסה 3.0

ד"ר איל רבין, יפעת פילו

שותפים לכתיבה: ד"ר ישי מור

פתיחה

'מפת ידע' זו מהווה תשתית הכוללת ידע תיאורטי ומחקרי לצד ידע יישומי מהשדה. 'מפת הידע' נועדה לספק מסגרת מושגית וסקירת המצב הקיים לניסוי 'מתמטיקה בקורסים הדיגיטליים - יישומי בינה מלאכותית'. ניסוי זה נערך בשותפות עם אגף מחקר, פיתוח ניסויים ויוזמות והמזכירות הפדגוגית - מפמ"רית מתמטיקה, המינהל הפדגוגי. הניסוי בוחן היבטים תיאורטיים ויישומיים שונים הנוגעים לשימוש בבינה המלאכותית (ב"מ, AI - Artificial Intelligence) בהוראה, למידה והערכה המשלבות טכנולוגיה בהוראה בכיתה ומרחוק לתמיכה וסיוע למורה ולתלמיד בהוראה מותאמת אישית.

מטרות הניסוי הן לאפשר למורים לתמוך באופן אישי (פרסונלי) במספר גדול של לומדים, תוך צמצום העומס, ושיפור ההוראה המותאמת אישית ללומדים באמצעות הקורסים המקוונים במסגרת כיתות הלימוד. שאלת המחקר המרכזית בניסוי זה היא: כיצד יישומי בינה מלאכותית נותנים מענה אפקטיבי לאתגרים הקיימים בהוראה מותאמת אישית בקורסים הדיגיטליים במתמטיקה? על מנת לענות על שאלת המחקר תבחן המתודולוגיה של הוראה נתמכת נתונים, וכלי ב"מ המאפשרים מתודולוגיה אלו. כמו כן יבחנו, בשיתוף עם מורי המתמטיקה, מתודולוגיות שונות לשימוש בב"מ לצרכי הוראה, למידה והערכה של מתמטיקה.



תוכן עניינים

2	פתיחה
3	תוכן עניינים
4	1. אתגרי הוראת מתמטיקה בשילוב קורסים מקוונים
4	1.1. מהם האתגרים העומדים בפני מורים למתמטיקה?
12	2. הלומד העצמאי
13	2.1. מודל "למידה בניהול עצמי" (Self regulated learning)
15	3. בינה מלאכותית בחינוך אתגרי הוראת מתמטיקה בשילוב קורסים מקוונים
15	3.1. מהי בינה מלאכותית?
16	3.2. יישומי בינה מלאכותית בחינוך
17	4. בינה מלאכותית יוצרת
17	4.1. מהי בינה מלאכותית יוצרת?
19	4.2. יכולות כלי בינה מלאכותית הנמצאים כיום בשימוש
20	5. אנליטיקות למידה
21	5.1. מהן אנליטיקות למידה?
23	5.2. אוריינות נתונים בקרב מורים
24	5.3. לוחות בקרה חינוכיים
26	5.4. מערכות ניהול למידה
28	5.5. אנליטיקות במודל ובקמפוס
30	6. כלים דיגיטליים בהוראת מתמטיקה
31	6.1. שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת בהוראת המתמטיקה
33	6.2. מערכות לומדה אינטליגנטיות (Intelligent tutoring systems)
35	6.3. כלי הוראת מתמטיקה מבוססי בינה יוצרת
35	6.4. כלים משולבים
38	7. מקורות



1. אתגרי הוראת מתמטיקה בשילוב קורסים מקוונים

1.1. מהם האתגרים העומדים בפני מורים למתמטיקה?

מורים למתמטיקה, המלמדים בכיתות הלימוד באמצעות כלים דיגיטליים ואשר משלבים כלי הוראה מקוונים מתמודדים עם מגוון אתגרים. על מנת לזהות מהם האתגרים העומדים בפני המורים למתמטיקה נערכה סקירת ספרות אקדמית, נערכו קבוצות מיקוד בהנחיית צוות המחקר עם מורים למתמטיקה, נערכו תצפיות של צוות המחקר בהדרכות למורים על השימוש בפלטפורמות מודל וקמפוס IL ונותחו יומני מחקר של מורים המשתתפים בניסוי. פרק 1.1.1 מציג את רשימת כלל האתגרים שזוהו בשיטות השונות. לאחר מכן, פרק 1.1.2 יציג רשימה של האתגרים העומדים בפני מורים במתמטיקה שזוהו בספרות המחקרית, פרק 1.1.3 יציג את רשימת אתגרים העומדים בפני המורים שזוהו בקבוצת המיקוד. פרק 1.1.4 יציג את רשימת האתגרים שזוהו בהדרכות הקורסים הדיגיטליים. פרק 1.1.5 יציג את רשימת האתגרים שזוהו בניתוח יומני המחקר.

1.1.1. אתגרים העומדים בפני מורים למתמטיקה

בפרק זה נציג רשימה של אתגרים העומדים בפני מורים למתמטיקה והסבר קצר על כל אתגר. פירוט האתגרים והמקורות בהם זוהו יופיעו בפרקים הבאים.

1. **הבנה והוראת מושגים מורכבים:** לעיתים, מורים מתמודדים עם אתגרים בהעברת הבנה של רעיונות מתמטיים מורכבים לתלמידים. זה כולל קשיים בלימוד נושאים כמו הסתברות, אלגברה, גיאומטריה, ותחומים מתקדמים נוספים.
2. **מעורבות תלמידים:** שמירה על רמת מעורבות ומוטיבציה של התלמידים במהלך שיעורי מתמטיקה יכולה להיות משימה מורכבת, גם בכיתה הפיזית ובמיוחד בסביבה דיגיטלית.
3. **שימוש ושילוב טכנולוגיה בהוראה והוראה מרחוק:** מורים חסרים בהכשרה, משאבים או אמצעי קצה הדרושים כדי להשתמש ביעילות בכלים דיגיטליים להוראת המתמטיקה. קושי זה עלה ביתר שאת בעקבות מלחמת 'חרבות ברזל', אשר דרשה מעבר מהיר ללמידה מרחוק באיזורים שפוגו. כמו כן, קיימת שונות בין התלמידים באוריינות הדיגיטלית וביכולות השימוש שלהם בפלטפורמות הדיגיטליות.
4. **מתן מענה דיפרנציאלי ויצירת הוראה מותאמת אישית:** מורים נדרשים לזהות ולענות על צרכי הלמידה הפרטיים של תלמידיהם, משימה שעשויה להיות מורכבת במיוחד בכיתות

- רבות או בסביבות למידה מקוונות. ניכר כי מורים נדרשים להכשרה באוריינות נתונים ובשימוש באנליטיקות למידה.
5. **העצמת תהליכי למידה עצמאית:** המורים מתקשים בהדרכת התלמידים להיות לומדים עצמאיים ולומדים לאורך החיים.
6. **חרדת מתמטיקה:** תלמידים עלולים לחוות חרדת מתמטיקה, המושפעת מגורמים כמו חוויות שליליות והצגת המתמטיקה כקשה על ידי מורים, מה שמפריע להם בלימודים ובפתרון בעיות יומיומיות.
7. **שימוש גמיש בקורסים דיגיטליים בין מורים:** השימוש בקורסים דיגיטליים משתנה בין מורים, כאשר חלקם משתמשים בהם בכיתה ואחרים לתרגול עצמי מחוץ לכיתה.
8. **קושי בכתיבת תשובות וניטור תהליכי למידה בקורסים המקוונים:** היכולת של כתיבת תשובה על ידי התלמיד אינה נוחה ומקשה על המורה להבין את מצבו הלימודי.
9. **שימוש במגוון פלטפורמות וכלים דיגיטליים:** המורים דיווחו על שימוש בכלים דיגיטליים רבים היוצרים קושי באיגום משאבים ופיתוח שיעור.

1.1.2. אתגרים העומדים בפני מורים למתמטיקה שזוהו בספרות המחקרית:

1. **הבנה והוראת מושגים מורכבים:** מורים נאבקים לעתים קרובות בהסבר של מושגים מתמטיים מורכבים באופן שהתלמידים יכולים להבין. בין היתר, מורים מתקשים ללמד הסתברות, אלגברה, גיאומטריה ונושאים מתקדמים אחרים^{1,2}.
2. **מעורבות תלמידים:** שמירה על מעורבות ומוטיבציה של התלמידים בשיעורי מתמטיקה יכולה להיות מאתגרת גם בכיתה ובמיוחד בסביבה מקוונת. מורים צריכים למצוא דרכים להפוך מתמטיקה למעניינת ורלוונטית לחייהם של התלמידים³.

Magalhães Júnior, A., Silva, M., Sousa, Í., Sousa, H., Cardoso, T., De Jesus, K., Gontijo, M., Rodrigues, A., Silva, A., & Moreira, B. (2023). Teaching probability for children: challenges and solutions. *Concilium*

Ibañez, E.D., Subia, G.S., Medrano-Allas, S., Mendoza, J.I., & Mina, J.C. (2021). Modern Mathematics Applications: Solutions to Challenges Encountered in Teaching Spiral Progression in Mathematics 7. *OALib*

Light, D., & Pierson, E. (2014). Increasing Student Engagement in Math: The Use of Khan Academy in Chilean Classrooms. *International journal of education and development using information and communication technology*, 10, 103-119



3. **שימוש בטכנולוגיה:** שילוב הטכנולוגיה בהוראה הוא אתגר נוסף⁴. ייתכן שלמורים חסרים ההכשרה או המשאבים הדרושים כדי להשתמש ביעילות בכלים דיגיטליים כמו דסמוס⁵ או קאהן אקדמי⁶.
4. **מתן מענה דיפרנציאלי לצורכי למידה אישיים:** מורים צריכים לזהות ולתת מענה לצרכי הלמידה האישיים של תלמידיהם, מה שיכול להיות מאתגר במיוחד בכיתות גדולות או במסגרות מקוונות⁷.
5. **הקניית כישורי למידה עצמאית ופתרון בעיות במתמטיקה:** פיתוח מיומנויות פתרון בעיות של תלמידים הוא חלק מרכזי בחינוך המתמטי, אך יכול להיות קשה ללמד מיומנויות אלו ביעילות⁸.
6. **שפה ותקשורת:** מורים צריכים לשלב אוצר מילים ושפה מתמטיים כדי לעזור לתלמידים להעביר את ההבנה שלהם. זה יכול להיות מאתגר במיוחד עבור תלמידים עם מוגבלויות או אלה הדוברים שפה ראשונה אחרת⁹.
7. **חרדת מתמטיקה:** ישנם תלמידים החשבים תחושת מתח וחרדה המפריעה להם ללמוד מתמטיקה ולפתור בעיות מתמטיות בחיי היומיום ובמצבים אקדמיים¹⁰. חרדת מתמטיקה יכולה להיות מושפעת ממגוון גורמים, כולל חוויות שליליות בכיתה. לדוגמה, מורים שמציגים מתמטיקה כקשה או נותנים לתלמידים את הרושם שהם גרועים בה באופן טבעי יכולים גם לתרום להתפתחות חרדת מתמטיקה.

Light, D., & Pierson, E. (2014). Increasing Student Engagement in Math: The Use of Khan Academy⁴ in Chilean Classrooms. *International journal of education and development using information and communication technology*, 10, 103-119

[/https://www.desmos.com](https://www.desmos.com)⁵

[/https://www.khanacademy.org](https://www.khanacademy.org)⁶

Stevens, R.H., Galloway, T., & Berka, C. (2007). Integrating Innovative Neuro-educational⁷ Technologies (I-Net) into K-12 Science Classrooms. *Interacción*

Kiuhara, S. A., Levin, J. R., Tolbert, M., O'Keeffe, B. V., O'Neill, R. E., & Jameson, J. M. (2023).⁸ Teaching argument writing in math class: challenges and solutions to improve the performance of 4th and 5th graders with disabilities. *Reading and writing*, 1-30. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1007/s11145-023-10459-7>

Kiuhara, S. A., Levin, J. R., Tolbert, M., O'Keeffe, B. V., O'Neill, R. E., & Jameson, J. M. (2023).⁹ Teaching argument writing in math class: challenges and solutions to improve the performance of 4th and 5th graders with disabilities. *Reading and writing*, 1-30. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1007/s11145-023-10459-7>

Smith, M.R. (2004). Math Anxiety: Causes, Effects, and Preventative Measures¹⁰

Lau, N. T. T., Hawes, Z., Tremblay, P., & Ansari, D. (2022). Disentangling the individual and¹¹ contextual effects of math anxiety: A global perspective. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(7), e2115855119.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2115855119>

8. **אתגרי הוראה מקוונת:** הוראה מקוונת מציגה מערך אתגרים משלה, כולל בעיות טכניות, קשיי הערכה והצורך במערכות תקשורת ותמיכה יעילות¹².

Alqiam, H.A. (2021). The Challenges Facing Primary School Students in Jordan in Learning Math¹² online During the Coronavirus Crisis



1.1.3. אתגרים העומדים בפני המורים שזוהו בקבוצת המיקוד

על מנת להבין את תמונת המצב העדכנית בשימושים השונים, באתגרים והחסמים, של המורים למתמטיקה במודל "המורה בכיתות" בשילוב כלים דיגיטליים נערכה קבוצת מיקוד על ידי עורכי הניסוי. הקבוצה היתה הטרוגנית, כללה 7 מורים בעלי ותק הוראה משתנה למתמטיקה בקורסים הדיגיטליים.

מנתוני קבוצת המיקוד עולה כי חלוקת הזמן בין הוראה בקורסים הדיגיטליים לבין הוראה פרונטלית היא עניין אישי של המורה ופעמים רבות נתונה לשיקולים הכרוכים במשאבים הקיימים בבית הספר, אמצעי הקצה ורשת האינטרנט.

אופן השימוש בקורסים הדיגיטליים נתון לפרשנותו האישית של המורה. חלק מהמורים משתמשים בקורסים הדיגיטליים במהלך הוראתם בכיתה, עושים שימוש במצגות ובתרגולים ומעודדים את הלומדים להשתמש בהם בקבוצות. חלק אחר של המורים מעיד על שימוש בקורסים הדיגיטליים לצרכי תרגול עצמי מחוץ לכותלי הכיתה. לדוגמה למתן שיעורי בית, תרגול עצמי, מבדקים וציונים.

בנוסף, ישנן תקלות טכניות וקצב איטי באתרי הלימוד המשפיעות, אף הן, על שיקול הדעת של המורה כלפי אופן השימוש בקורס. כמו כן, אופן כתיבת הלומד את תשובותיו אינה נוחה ומסרבלת את יכולתו של המורה להבין את מצבו הלימודי. המורים דיווחו שישנו פער בין יכולות התלמידים לשימוש בכלים: יש תלמידים שמתקשים בהתמצאות במערכת לעומת אחרים המתמצאים בה באופן עצמאי. כמו כן המורים עצמם טוענים שיש צורך בהדרכה מעמיקה יותר לשימוש בקורסים גם עבורם.

1.1.4. אתגרים העומדים בפני המורים שזוהו בהדרכות קורסים דיגיטליים

הדרכת קורס קמפוס IL על ידי מדריכת מתמטיקה



פלטפורמת קמפוס IL הינה פלטפורמת ללימוד קורסים דיגיטליים עבור מקצועות הנלמדים לבחינות הבגרות כגון מתמטיקה, פיזיקה וביולוגיה. ישנן מספר רמות לימוד שונות בכל מקצוע והקורסים בנויים בהתאם. קורסי קמפוס IL משמשים את מורי התיכון ומותאמים להכנה לבגרות במתמטיקה, לכל רמה שאלון משלו וקורס מותאם לרמת השאלון. הרישום לקורסים יכול להיות חופשי או במסגרת בית ספרית עם ליווי מורה. מבנה הקורס כולל פרקים, תתי נושאים, סרטונים, מצגות, שאלות לתרגול ושאלות מבחינת הבגרות. בנוסף, קיים לוח בקרה למורה, בממשק נפרד הנקרא בלנדר, המציג נתונים כיתתיים ופרטניים על ביצועי התלמידים ומאפשר מעקב אחר התקדמות התלמידים.

מתוך השיח עם המורים עלה הצורך בהבנה טובה יותר של אופן ההכשרה של המורים ומערכת היחסים שלהם עם הוראה בקורסים בקמפוס. כמו כן, עלו שאלות לגבי הבדלים בשימוש של תלמידים באמצעים שונים ומידת הגמישות בהוספת קישורים חיצוניים והתממשקות הקורס עם פלטפורמות שונות כגון מערכות ניהול למידה (סמארטסקול, משוב קלאסרום וכדומה) או ווטסאפ.

בנוסף, ניכר קושי פתיחת כיתה. התהליך אינו אוטומטי ונמשך מספר ימים. לאחר פתיחת הכיתה מתקבל מייל עם קישור ישיר למורה וקישור נפרד לשליחה לתלמידים לצורך הרשמה.

הדרכת שימוש במודל למורים בזמן חירום

פלטפורמת ניהול הלמידה מודל משמשת את מורי חטיבת הביניים ומאפשר למידה מרחוק ושילוב כלים דיגיטליים בלמידה בכיתה ומרחוק. על מנת להכשיר את המורים לשימוש בפלטפורמה מתקיימות הדרכות למורים וקיים צוות ייעודי לתמיכה והטמעה בקרב המורים. מרחב הקורס לכיתות החטיבה מחולק על פי תחומים ובכל נושא יש מצגות, סרטונים, משימות, תרגולים, מבדקים, ועוד. במודל ניתן להתאים את המרחב לכיתה והמורה יכול לעצב ולהתאים את מרחב הלימוד לכיתתו על ידי עיצוב. דף הבית מאפשר לשלב הודעות חשובות, קישורים ועוד. במודל ניתן לנהל את הלמידה ולהסתיר תכנים שאינם רלוונטיים עבור התלמידים. יש אפשרות לנהל יומן עם תאריכים וקישורים למשימות שניתנו כאשר האתר שומר את היסטורית הפעילויות והמשימות שבוצעו. יש דוחות ומעקב אחרי הציונים של התלמידים והתקדמותם. דוחות אלו מסורבלים לקריאה ויש צורך לארגנם.

עם תחילתה של מלחמת "חרבות ברזל" (אוקטובר 2023), והכרח למעבר ללמידה מרחוק, חלה עלייה משמעותית בצורך לפתיחת קורסים דיגיטליים. ניכר כי מורים רבים אינם יודעים את אופן השימוש בקורסים המקוונים וכי ולא קיים קורס או מדריך למורים המסביר כיצד ניתן לפתוח את



הקורס. לשם כך צוות מדריכות מתמטיקה התכנסו ערב ערב לזכרון עבוד מורי מתמטיקה בשבועות הראשונים של הלחימה. להלן עיקרי הדברים מההדרכות.

ההדרכה עסקה בהסברים למורים כיצד להשתמש בפלטפורמה - כיצד להירשם, לפתוח כיתה דיגיטלית, להוסיף תכנים ומשימות לתלמידים ולעקוב אחר התקדמותם תוך הדגמה בפועל את התהליכים ומענה על שאלות המורים. חלק מהמורים הדגימו אתגרים בשימוש במערכות דיגיטליות. המדריכות הדגישו את היתרונות של שימוש בפלטפורמה בזמן חירום: היא מאפשרת הוראה משמעותית ועקבית גם כשהלימודים אינם פרונטליים, מעניקה כלים להערכה מעצבת של תלמידים ומספקת למורה תובנות על התקדמות כל תלמיד. השימוש בפלטפורמה נוח ופשוט יחסית. עם זאת, תהליך ההרשמה לפלטפורמה אינו ידידותי למשתמש ואין למורים מדריך נגיש ברשת שיכולו להיעזר בו.

האתגר המרכזי העולה מהדיון הוא קושי בתהליך ההרשמה והכניסה לפלטפורמה הן עבור מורים והן עבור תלמידים. מורים מדווחים על בעיות שונות ביצירת חשבון, קישור בין חשבונות קיימים לבין ההזדהות האחידה, שכחת סיסמאות ועוד. גם תלמידים נתקלים בבעיות דומות. יש צורך לפשט ולייעל את תהליך ההרשמה והכניסה כדי לאפשר שימוש קל וידידותי יותר בפלטפורמה, הן לצוותי ההוראה והן ללומדים.

אתגר נוסף הוא הסברה והדרכה נרחבים יותר של המורים על יכולות הפלטפורמה ואופן השימוש בה, כפי שמקיים הצוות המדריך במפגש המתועד. יש צורך בהרחבה והנגשה של משאבי הדרכה אלו כדי לאפשר תפעול יעיל של הכיתות הדיגיטליות על ידי כלל המורים.

כמו כן, ניכר כי המורים לא מכירים את כלי האנליטיקה הקיימים במערכת המודל וכי כלי האנליטיקה מאד בסיסיים.

1.1.5. אתגרים העומדים בפני המורים שזוהו בניתוח יומני המחקר

בניתוח יומני המחקר של המשתתפים עלו שישה אתגרים משמעותיים בהוראה בקורסים הדיגיטליים:

2. **רמות שונות של יכולות לומדים** כגון: מיומנות למידה עצמית, אוריינות דיגיטלית, יכולת לשונית שפתית.

3. **ריבוי פלטפורמות וקושי בסנכרון ביניהן**: מורים בעלי אוריינות דיגיטלית משתמשים במגוון כלים דיגיטליים (זום, מיט, וואטסאפ, גיאוגברה, קלאסוס, דסמוס, גליים-פרו, וובטופ, פטל מתמטיקה, שיעורטונים מתמטיים, וורדוול, גוגל-דוקס, אונוט, קהוט, סמארטסקול, וורדוול,



liveworksheet) וכן באתרים ופלטפורמות שונות בנוסף לקורסים הדיגיטליים (קמפוסIL ומודל). השימוש בפלטפורמות מרובות דורש השקעת זמן עודף בסנכרון ומיקוד ליצירת מענה דיפרנציאלי לכל לומד.

4. **יש צורך ביישומים המאפשרים עצמאות לומדים, תקשורת אפקטיבית עם המורים**

לגבי התקדמות הלומדים, ניהול נתונים של מאפייני הלומדים, תכנון אסטרטגיות למידה לאור פערים וכדומה. לדוגמא: לא ניתן לראות את דרך הפתרון של התלמיד/ה- אמנם יש פתרון קיים בסוף כל פרק ויש אפשרות להעלות קבצים, אך ככל הנראה היא לא בשימוש או בשימוש מועט.

5. **חסמים טכנולוגיים בלתי תלויים** - איטיות באתרים קמפוס ומודל, נגישות ואמצעי קצה.

6. **צורך בכלים שיאפשרו הוראה נתמכת נתונים** - ויזואליזציה של פעילות תלמידים, ניתוח טקסט של עדויות מחוויית למידה ועוד.

7. **העדר מסגרת לימודית פנים אל פנים בישובי קו העימות** - אירוע חירום בביה"ס: בשל מלחמת חרבות ברזל, אין יכולת לכנס תלמידים ללמידה פנים אל פנים מסיבות שונות (למשל: מלחמה, מגיפה ועוד). התלמידים והמורים מפוזרים ברחבי הארץ, חלקם התפנו לקיבוצים, מלונות, ומרכזי מפונים. בנוסף, אירוע החירום לא מאפשר פניות רגשיות ללמידה (מורים ותלמידים) וחסרים אמצעי קצה באופן רציף או שהם אינם נגישים לכלל התלמידים.

ניכר כי בעיות רבות בהוראת המתמטיקה בכיתת הלימוד בשילוב כלים דיגיטליים יכולים לקבל מענה באמצעות כלי בינה מלאכותית, אשר בשנה האחרונה אנו עדים להתפתחותם המהירה. שילוב כל ב"מ יאפשרו להעצים את הלומד העצמאי ואת יכולת הניהול העצמי של התלמידים.



2. הלומד העצמאי

לומדים עצמאיים מאופיינים במערך מיומנויות ותכונות המאפשרות להם לקחת אחריות על תהליך הלמידה שלהם. מאפיינים אלה כוללים הנעה עצמית¹³, משמעת עצמית¹⁴, חשיבה ביקורתית¹⁵, אוריינות מידע וטכנולוגיה¹⁶, אחריות ללמידה משלהם¹⁷.

למרות היתרונות של למידה עצמאית, הלומדים צריכים להתמודד עם מספר אתגרים מורכבים. בין היתר ישנו קושי לשמור על מוטיבציה לאורך זמן, במיוחד כאשר לומדים חומר מורכב או מאתגר. ללא חיזוק חיצוני, הלומדים עלולים להיאבק כדי להישאר מעורבים¹⁸. בנוסף, האיזון בין למידה לבין תחומי אחריות אחרים יכול להיות קשה. לומדים עצמאיים צריכים לנהל את זמנם ביעילות כדי להבטיח שהם יכולים להשלים את משימות הלמידה שלהם לצד מחויבויות אחרות¹⁹. כמו כן, נדרשים הלומדים לשמירה על משמעת ושמירה על שגרת לימודים עקבית, אשר יכולה להיות מאתגרת, במיוחד לנוכח הסחות דעת או דרישות מתחרות לזמנם²⁰.

כדי לטפח לומדים עצמאיים, ניתן להשתמש במספר אסטרטגיות, אשר ניתנות ללמידה ולטיפוח. לדוגמה, קורסים העוסקים בניהול עצמי וניהול זמן יכולים לעזור ללומדים לפתח את המיומנויות הדרושים להם כדי להגדיר יעדים, לתכנן את זמנם ולהישאר מאורגנים ובעלי מוטיבציה²¹. בנוסף, מתן גישה למשאבים ותמיכה ללומדים יכול לעזור להם להתגבר על אתגרים ולהרגיש פחות

Garcia, M.G., & Subia, G.S. (2019). High school athletes: Their motivation, study habits, self-discipline and academic performance. *International journal of physical education, sports and health*, 6, 86-90.

Garcia, M.G., & Subia, G.S. (2019). High school athletes: Their motivation, study habits, self-discipline and academic performance. *International journal of physical education, sports and health*, 6, 86-90.

Heidari, M., Alipour, A., Farzad, V., Ebrahimzadeh, I., & Zandi, B. (2013). Intending and normalizing the measurement of information and technology literacy skills and critical thinking of independent learner test in e-learning system.

Heidari, M., Alipour, A., Farzad, V., Ebrahimzadeh, I., & Zandi, B. (2013). Intending and normalizing the measurement of information and technology literacy skills and critical thinking of independent learner test in e-learning system.

Lukashenko, M.A. (2021). Self-Management Skills as a Basis for the Effectiveness of e-Learning. *Higher Education in Russia*.

Villaver, M.D., & Justiniane, L.B. (2023). Challenges of English Language Learners towards Remote Independent Study: Developing a Theory. *Journal of Learning and Development Studies*.

Villaver, M.D., & Justiniane, L.B. (2023). Challenges of English Language Learners towards Remote Independent Study: Developing a Theory. *Journal of Learning and Development Studies*.

Garcia, M.G., & Subia, G.S. (2019). High school athletes: Their motivation, study habits, self-discipline and academic performance. *International journal of physical education, sports and health*, 6, 86-90.

Lukashenko, M.A. (2021). Self-Management Skills as a Basis for the Effectiveness of e-Learning. *Higher Education in Russia*.

מבודדים. המשאבים יכולים לכלול גישה למורים או מנטורים, משאבים מקוונים ורשתות תמיכה עמיתים²². כמו כן, יש לעודד רפלקציה עצמית, המסייעת ללומדים לעקוב אחר ההתקדמות שלהם, לזהות אזורים לשיפור ולהתאים את אסטרטגיות הלמידה שלהם לפי הצורך²³,

לסיכום, בעוד שלומדים עצמאיים יכולים להתמודד עם אתגרים כמו שמירה על מוטיבציה, ניהול זמנם ושמירה על משמעת, ניתן לצמצם את אותם אתגרים באמצעות אסטרטגיות המלמדות מיומנויות ניהול עצמי, מספקות תמיכה ומשאבים, מעודדות רפלקציה עצמית ומקדמות למידה חיובית.

2.1. מודל "למידה בניהול עצמי" (Self regulated learning)

אחד המאפיינים המרכזיים של הלמידה העצמאית בקורסים מקוונים הוא שהמשתתפים נדרשים לבצע בחירות חינוכיות הנוגעות לקורסים, מסלול למידה ולוח זמנים ללמידה²⁴ ²⁵ ²⁶. על מנת שהלומדים יוכלו להתמודד ביעילות עם האוטונומיה בלמידה, עליהם להיות בעלי מוכוונות עצמית גבוהה בלמידה.

מוכוונות עצמית היא תהליך שאינו ספציפי להקשר. בהקשר של למידה, מוכוונות עצמית בלמידה מוגדרת כפעולות יזומות של תלמיד שמטרתן לרכוש וליישם מידע, או מיומנויות הכוללים הגדרת יעדים, ניטור עצמי, ניהול זמן, וויסות מאמצים לטובת הגשמת מטרות למידה²⁷ ²⁸ ²⁹. מוכוונות עצמית בלמידה כולל מאפיינים שונים של הלמידה, כולל מטא-קוגניציה (התמצאות, פירוט יעדים, תכנון,

Collins, R.A. (2015). Distance Adult Learner Doctoral Students Creating a Nontraditional Doctoral Enclave²²

Lukashenko, M.A. (2021). Self-Management Skills as a Basis for the Effectiveness of e-Learning. Higher Education in Russia²³

Kizilcec, R., Perez-Sanagustín, M., & Maldonado, J. J. (2017). Self-regulated learning strategies predict learner behavior and goal attainment in Massive Open Online Courses. Computers & Education, 104, 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.10.001>²⁴

Margaryan, A., Bianco, M., & Littlejohn, A. (2015). Instructional quality of massive open online courses (MOOCs). Computers and Education, 80, 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.005>²⁵

Van den Beemt, A., Buijs, J., & Van der Aalst, W. (2018). Analysing structured learning behaviour in massive open online courses (MOOCs): An approach based on process mining and clustering. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 19(5). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i5.3748>²⁶

Järvelä, S., Malmberg, J., & Koivuniemi, M. (2016). Recognizing socially-shared regulation by using the temporal sequences of online chat and logs in CSCL. Learning and Instruction, 42, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.10.006>²⁷

Reimann, P., Markauskaite, L., & Bannert, M. (2014). E-Research and learning theory: What do sequence and process mining methods contribute? British Journal of Educational Technology 45(3), 528-540. <https://doi.org/10.1111/bjet.12146>²⁸

Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. Educational Psychologist, 25(1), 3-17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2²⁹



חיפוש מידע, שיפוט של רלוונטיות, הערכה, ניטור וויסות), קוגניציה (קריאה, חזרה, עיבוד, עיבוד וארגון), מוטיבציה והיבטים אחרים שאינם רלוונטיים למשימה³⁰ ³¹.

רוב הקורסים המקוונים כיום מאפשרים למידה עצמאית לגמרי או למידה עצמאית בהנחיית מורה. גישה זו מתייחסת ללומד כגורם פעיל ומספקת את החופש ללומד לבחור ולשלוט בשירותים ובכלים שבהם הוא משתמש בתהליך הלמידה. גישה זו מאפשרת הזדמנויות טובות יותר ללומדים עם רמת מוכוונות עצמית בלמידה גבוהה, אולם היא פוגעת בלומדים עם מוכוונות עצמית בלמידה נמוכה, עקב היעדר הדרכה, מבנה מוגדר ותמיכה³². מספר מחקרים מצאו מתאם חיובי בין מוכוונות עצמית בלמידה ושביעות רצון בקורסים מקוונים³³ ³⁴. לומדים המתקשים לווסת את תהליך הלמידה שלהם עלולים לחוות אי שביעות רצון מוגברת³⁵ והם צפויים לנשור. לסיכום, כפי שהמחקרים המפורטים לעיל מראים, ויסות עצמי הוא חיוני לתיווך בין מאפיינים אישיים, מאפיינים הקשריים וביצועים בתהליך הלמידה.

Reimann, P., Markauskaite, L., & Bannert. M. (2014). E-Research and learning theory: What do³⁰ sequence and process mining methods contribute? *British Journal of Educational Technology* 45(3), 528-540. <https://doi.org/10.1111/bjet.12146>

Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy³¹ makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction*, 7(2), 186-161. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00015-1)

Nussbaumer, A., & Hillemann, E. (2015). A competence-based service for supporting³² self-regulated learning in virtual environments. *Journal of Learning Analytics* 2(1), 101-133. Retrieved from <http://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/JLA/article/view/4130>

Artino, A. R. (2007). Motivational beliefs and perceptions of instructional quality: Predicting³³ satisfaction with online training. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(3), 260-270. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00258.x>

Rabin, E., Kalman, Y. M., & Kalz, M. (2019). An empirical investigation of the antecedents of³⁴ learner-centered outcome measures in MOOCs. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-20

Sun, J. C. Y., & Rueda, R. (2012). Situational interest, computer self-efficacy and self regulation:³⁵ Their impact on student engagement in distance education. *British Journal of Educational Technology*, 43(2), 191-204. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01157.x>



3. בינה מלאכותית בחינוך אתגרי הוראת מתמטיקה בשילוב קורסים מקוונים

3.1. מהי בינה מלאכותית?

ההמולה התקשורתית יוצרת את הרושם שהבינה המלאכותית (ב"מ) פרצה מסרטי המדע הבדיוני לחיים האמיתיים בשנה האחרונה. אולם, למעשה, יישומיים ניסיוניים של ב"מ קיימים כבר מסוף שנות ה-60 של המאה הקודמת, ויישומים מסחריים מצליחים משנות ה-80. טעות גם לזהות את הב"מ עם הבוטים ומחוללי התמונות שנמצאים כרגע בחזית. למעשה, כולנו משתמשים ביישומי בינה על בסיס יום-יומי: החל מתכנון המסלול של וויז, דרך זיהוי עצמים על הכביש של מובילאי, ועד המלצות סרטים בנטפליקס - כולם יישומי ב"מ. אם כך, מהי בינה מלאכותית?

על פי מועצת אירופה, ב"מ היא "מכלול המחקרים המדעיים, התיאוריות, והפיתוחים שמטרתם לשכפל באמצעות מכונה יכולות קוגניטיביות שנחשבו ייחודיות לבני אדם."³⁶ יוניסף מציעים הגדרה יותר מפורטת: "מערכות מבוססות מכונה שיכולות, בהינתן מטרות מוגדרות על ידי האדם, לספק תחזיות, המלצות, או החלטות המשפיעות על סביבות אמיתיות או וירטואליות. מערכות בינה מלאכותית מקיימות איתנו אינטראקציה ופועלות על הסביבה שלנו, בין אם באופן ישיר או בעקיפין. לעתים קרובות הן פועלות באופן הנראה כעצמאי ויכולות להתאים את ההתנהגות שלהם על ידי למידה על ההקשר בו הן פועלות."³⁷

לרוב כאשר מדברים על יכולות קוגניטיביות, כוללים בסל זה יכולות חישה (ראיה, שמיעה), ניהול ועיבוד מידע, תפקודים ניהוליים (פיתרון בעיות, קבלת החלטות), ותיפקודים שפתיים. בדומה, בסל הב"מ נמצאים תחומים כגון עיבוד תמונה ווידאו ("ראיה מלאכותית"), עיבוד קול, עיבוד נתונים מורכב, תמיכה בקבלת החלטות ופתרון בעיות, עיבוד שפה טבעית, למידה מדוגמאות או מטעויות, ועוד. ב"מ מסייעת בגילוי תרופות, נהיגה ברכבים אוטונומיים, מיסחר אוטומטי, ניטור פשעים, אופטימיזציה של חקלאות, ועוד תחומים רבים.

³⁶ <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/glossary>

³⁷ <https://www.unicef.org/globalinsight/reports/policy-guidance-ai-children>

3.2. יישומי בינה מלאכותית בחינוך

המערכות הראשונות שעשו שימוש בב"מ לצורך הוראה, למידה והערכה נכנסו לשימוש בשנות ה-60 וה-70 של המאה שעברה. מערכות אלו כונו "מערכות הוראה אינטליגנטיות" (intelligent tutoring systems) וברובן כללו מודל של הידע הנלמד ומערכת חוקים על פיה תכנים ומשימות הוצגו לתלמידים והותאמו להם אישית בהתאם לביצועיהם.

כיום, השימושים הנפוצים של ב"מ בחינוך כוללים³⁸:

- **הוראה מותאמת אישית:** מערכות המבצעות הערכה מתמדת של יכולות הלומד והפערים בידע וביכולות שלו, ומציעות לו תכנים ופעילויות בהתאם.
- **אפליקציות ייעודיות:** כלים המנהלים אינטראקציה עם הלומד בתחומי דעת מוגדרים, כמו למשל מתמטיקה ושפה.
- **סימולציות:** משחקים וסביבות מציאות מדומה המדמים מצבים מורכבים וכוללים דמויות מלאכותיות.
- **תמיכה בלומדים עם מוגבלויות:** הנגשת תכנים ע"י הקראת טקסט, תמלול תמונות, וכד'.
- **צ'טבוטים:** בדומה למערכות תמיכת לקוחות המנהלות שיח דבור מוגבל על בסיס ניתוח שפה טבעית ומערכת מידע ממותגת.
- **הערכה אוטומטית:** שילוב של ניתוח שפה טבעית ומערכות מבוססות חוקים להערכה אוטומטית של שאלות פתוחות בתחום דעת מוגדר. שקלול מורכב של גורמים שונים בקביעת ציון סופי.
- **בקרת אמינות:** זיהוי העתקות וכשלי מקוריות.
- **אוצרות משאבי הוראה:** חיפוש וניהול של משאבים בהתאם לצרכים והעדפות של המורה או הלומדים, כולל יכולות המלצה - בדומה למערכות קטלוג (כדוגמת אמזון או נטפליקס).
- **ניטור וניהול כיתה:** זיהוי תלמידים ממוקדי משימה לעומת כאלה שלא, ניתוח עבודה בקבוצות, ניטור עבודה של תלמידים בזמן אמת והצגת תמונת מצב עדכנית למורה.
- **אנליטיקות למידה:** שיקוף תמונת מצב אישית, כיתתית ומוסדית - לתלמיד, למורה ולמוסד. זיהוי חוזקות וחולשות, זיהוי תלמידים בסכנת נשירה או כישלון, הערכת אפקטיביות של משאבי ופעילויות למידה.

38 Holmes, W. & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57, 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>

- **פיקוח מרחוק על בחינות:** ניטור פעילות הנבחנים מרחוק כדי לוודא הקפדה על הגינות.
- תכנון והפקת פעילויות ומשאבים: תכנון מערכת, תכנון קורס ותכנון שיעור, כולל התאמה של משאבי למידה.
- **ביטחון:** ניטור מצלמות כדי לזהות איומים, אלימות או התנהגות מסוכנת.

4. בינה מלאכותית יוצרת

בנובמבר 2022 שיחררה חברת OpenAI לציבור גרסה משופרת של תוכנת ChatGPT, המסוגלת לנהל שיח בשפה טבעית על כל נושא. הבוט החדשני שבר את כל שיאי הפופולריות - מיליון משתמשים תוך 5 ימים, ו- 100 מיליון תוך חודשיים. הוא גם החדיר לשפתנו את המונח "בינה מלאכותית יוצרת", ומטלטל מאז תעשיות שלמות.

4.1. מהי בינה מלאכותית יוצרת?

ביקשנו מ ChatGPT להסביר מהי ב"מ יוצרת:

בינה מלאכותית יוצרת (Generative AI) מתייחסת לקטגוריה של אלגוריתמים בתחום הבינה המלאכותית, המסוגלים ליצור תוכן חדש ומקורי באופן אוטונומי. היא מבוססת על מודלים של למידת מכונה, בעיקר רשתות נוירונים עמוקות, שמאומנות על מגוון רחב של נתונים קיימים כדי לייצר תוצרים שלא היו קיימים קודם.

מאפיינים מרכזיים של Generative AI כוללים:

1. **למידה ללא פיקוח:** האלגוריתמים מתאמנים בדרך כלל במשימות ללא פיקוח, כאשר הם לומדים לזהות ולהעתיק דפוסים מתוך הנתונים, מבלי שמישהו מציין להם מה התשובה ה"נכונה".
2. **רשתות נוירונים עמוקות:** שימוש ברשתות נוירונליות מורכבות, המאפשרות ייצור של תוכן חדש תוך כדי שמירה על ריאליסטיות ואמינות.
3. **יכולת יצירה רחבה:** ב"מ יוצרת יכולה לייצר מגוון רחב של תוכן, כולל טקסטים, תמונות, מוזיקה, ואף מודלים תלת-ממדיים, תוך כדי שמירה על רמת יצירתיות וחדשנות גבוהה.
4. **יישומים מגוונים:** משמשת בתחומים רבים, כולל עיצוב גרפי, אמנות דיגיטלית, פיתוח משחקים, בדיקות בטיחות תוכנה, פיתוח תרופות, ואף במחקרים עתידניים.



בקצרה, ב"מ יוצרת מייצגת פריצת דרך בתחום הבינה המלאכותית, והיא מאפשרת למכונות לחקות ולהרחיב את היכולת היצירתית האנושית בדרכים שלא נראו קודם לכן.

אם אתם תשאלו את הבוט את אותה השאלה, סביר להניח שתקבלו תשובה שונה. הסיבה היא שבניגוד למערכות מידע קודמות (מסדי נתונים, מנועי חיפוש) ב"מ יוצרת לא שולפת תוכן מתוך מאגרים קיימים, אלה מייצרת תוכן חדש. מודלים אלה נקראים, מודלי שפה גדולה (Large Language Models - LLMs). היכולת של מודלי השפה הגדולים לייצר תוכן נסמכת על למידת מכונה - אלגוריתמים שמעבדים כמות נתונים גדולים, ומייצרים מודל שמאפשר לבנא נתונים עתידיים או לבצע פעולות על נתונים חדשים. במקרה של ב"מ יוצרת, לרוב נעשה שימוש באלגוריתמים ממחלקה שנקראת למידה עמוקה (Deep Learning) - במסגרתו נעשה שימוש ברשתות נוירונים מלאכותית (Artificial Neural Network) עם מיליוני פרמטרים, כאשר כל נוירון יכול לתקשר עם מספר נוירונים אחרים במערכת, לבצע פעולות חישוביות פשוטות ולהעביר את המידע שהסיק לשאר הנוירונים. המונח "עמוק" מתייחס לכמות שכבות הנוירונים בשימוש המערכת.

מודלי השפה הגדולים, הינם מודלים מתמטיים-חישוביים שמתכללים את התוכן שהם "לומדים" במודל סטטיסטי, והם מאומנים לייצר טקסט שנראה אמין, אך לא בהכרח תשובות נכונות. במסגרת האימון, המודלים של רשתות ה"נוירונים" משתפרים ולומדים לקבל החלטות מדויקות יותר.

השימוש בלמידה עמוקה שואף לחקות את הדרך בה המוח האנושי פועל, ולהשתמש ביעילות מבנה הנוירונים כדי להתגבר על אתגרים חישוביים מורכבים. עם זאת, חשוב להבדיל, המוח האנושי הוא מערכת ביו-אלקטרו-כימית מורכבת ביותר, שאנחנו לא לגמרי מבינים את דרכי פעולתה ולא מסוגלים באמת לחקות אותה בכלים חישוביים. רשתות נוירונים הן מכונות סטטיסטיות מורכבות מבוססות על אנלוגיה לרשתות הנוירונים הטבעיות, אבל הדמיון בדרך פעולתם מוגבל.

בהחלט נכון לומר שמודלי שפה גדולים מדמים שיח אנושי, ולכן מספקים חווית משתמש ייחודית, נגישה ומעצימה. בין המודלים, היוצרים ממשק שיחה עם המשתמשים, ללא כל צורך במיומנות הקודמת שלהם, קיים כמובן Chat GPT ולידו צ'אטבוטים כמו בארד (Bard), קלוד (Claude) ובינג (Bing). למודלים אלו יישומים מגוונים, שפעם נחשבו ככאלו שרק בני אדם יכולים לבצע, ועדיין חשוב להבחין בין התוצר לבין המנגנון הפנימי. הבינה המלאכותית יודעת לחקות באופן טוב יותר את השיח האנושי, אך היא אינה "חושבת" כמו בן אדם, ונכון להיום המוח האנושי מורכב בהרבה מן הבינה המלאכותית.



הבינה המלאכותית היוצרת יכולה לייצר גם תמונות, סרטונים, קוד תוכנה, יצירות מוזיקליות ועוד. שהופכת משפט לתמונות דיגיטליות כפלט, Synthesia יוצרת סרטון וידאו, GitHub CoPilot יוצרת קוד תוכנה ו-MusicLM יוצרת יצירה מוסיקלית ברמה המשתווה לזו שיוצרים אמנים ואנשי מקצוע מנוסים.

בנוסף לכך מושקים עוד ועוד תוספים (Plugins) המאפשרים לכלים גישה בזמן אמת למידע מקוון. כלים אחרים, כדוגמת Code Interpreter, מוסיפים לכלים אלה יכולות מרחיקות לכת ביחס לגרסאות קודמות, כך שניתן לבצע באמצעות פעולות כגון ניתוח ויזואליזציה של נתונים, חילוץ טקסט מדימויים ועריכת וידאו.

4.2. יכולות כלי בינה מלאכותית הנמצאים כיום בשימוש

כלים של בינה מלאכותית יוצרת משמשים כבר כיום ללימוד, הכשרה ויצירה, והיצע היישומים בתחום ועוצמתם צפוי להמשיך ולגדול. פיתוחם של כלים מתקדמים והשירותים שהם מאפשרים יוצרים שינוי באינטראקציה אדם-מחשב, היקף המשתמשים ובתפיסה הציבורית. ככל שמידע האימון מפורט, מדויק ומקיף יותר, היכולות של המערכות הללו משתפרות.

בשרטוט שלהלן, אשר נדלה מתוך דו"ח שהכין המכון הישראלי לדמוקרטיה³⁹, ניתן להבחין בתחזית יכולות הבינה המלאכותית במרחבי היצירה השונים:

³⁹ כהנא, ע. שוורץ אלטשולר, ת. (2023). אדם, מכונה, מדינה: לקראת אסדרה של בינה מלאכותית. המכון הישראלי לדמוקרטיה. עמ' 46 <https://www.idi.org.il/media/21222/human-machine-state.pdf>



2030?	2025?	2023	2022	2020	לפני 2020	
גרסה סופית של טקסט ברמה גבוהה מזו של כתב מקצועי	גרסה סופית של טקסט ברמה גבוהה מזו של אדם ממוצע	כתיבה משויפת במרחבים ספציפיים (למשל מאמרים מדעיים)	יכולות כתיבה ארוכות יותר "טיוטה שנייה"	יכולות כתיבה בסיסיות "טיוטה ראשונה"	איתור ספאם תרגום שאלות ותשובות בסיסיות	טקסט
מעבר ישיר מתיאור טקסטואלי למוצר מבוסס קוד, ברמה סופית טובה מזו של מפתח מיומן	מעבר ישיר מתיאור טקסטואלי למוצר מבוסס קוד ברמת טיוטה (text to product)	יותר שפות קוד יותר מרחבים ספציפיים	גרסאות קוד ארוכות דיוק טוב יותר	יכולת יצירה של קוד רב-שורות	שורה אחת	קוד
מוצר מוגמר ברמה טובה מזו של מעצבים, אומנים, צלמים ואדריכלים מקצועיים	מוצר מוגמר (מוצר מעוצב, תוכנית אדריכלית וכד')	טיוטה (מוק'אפ) בתחומי העיצוב, האדריכלות וכד'	אומנות צילום			תמונות
משחקי וידאו וסרטים ברמת גימור מקצועית	"טיוטה של תוכני וידאו ותלת-ממד"	"טיוטה ראשונה" של תוכני וידאו ותלת-ממד	ניסיונות ראשונים ליצירת מודלים תלת-ממדיים			וידאו ותלת-ממד

■ בשלבים מתקדמים
 ■ כמעט כאן, בשלבים מתקדמים
 ■ ניסיונות ראשונים

בנקודת זמן זו, מרחבי היצירה של הבינה המלאכותית היוצרת מצויים כבר בשלבים מתקדמים, הן בנוגע לכתיבה לכתיבת טקסטים והן בנוגע לשימושים נוספים לרבות יצירת מצגות, הערכה ועוד, כך שהצורך להטמיע את הכלים הללו צריך להיות חלק מעדכון מערכת החינוך ויצירת כלים לפיתוח תפיסות חדשניות במערכת. במקביל, העלייה בהיקף השימוש בכלים דיגיטליים לצורכי למידה, הוראה והערכה מייצרת כמות עצומה של נתונים דיגיטליים אודות הלומדים ותהליכי הלמידה שלהם ומאפשרת הבנה ושיפור של הלמידה והסביבות שבהן היא מתרחשת. תחום חדש זה נקרא "אנליטיקות למידה".

5. אנליטיקות למידה

כאמור, שאלת המחקר המרכזית בניסוי זה היא: כיצד יישומי בינה מלאכותית נותנים מענה אפקטיבי לאתגרים הקיימים בהוראה מותאמת אישית בקורסים הדיגיטליים במתמטיקה? על מנת לייצר

תנאים להוראה מותאמת אישית בלמידה מקוונת יש להתשמש באנליטיקות למידה המייעלות ומאפשרות התאמה של החומר הלימודי לצרכים ולקצב ההתפתחות הייחודיים של כל תלמיד.

5.1. מהן אנליטיקות למידה?

אנליטיקות למידה (Learning analytics - LA) מוגדרות כ"מידה, איסוף, ניתוח ודיווח של נתונים על לומדים והקשרים שלהם, למטרות הבנה ואופטימיזציה של הלמידה והסביבות שבהן היא מתרחשת"⁴⁰. פארגנסון⁴¹ הרחיבה את מקורות המידע המאפשרים לבצע אנליטיקות למידה וכללה את עקבות הלומדים בסביבות למידה מקוונות, ביחד עם הנתונים האישיים שלהם, נתוני האינטראקציה והרקע האקדמי של הלומדים. תחום אנליטיקות הלמידה נמצא בקשר הדוק לתחומים אחרים כמו אנליטיקות דפוסי גלישה באינטרנט, כריית נתונים חינוכיים, ניתוח אקדמי ובינה עסקית⁴². המונח "אנליטיקות למידה" משך את תשומת לבם של חוקרים באקדמיה כבר בשנת 2010. בשנה זו התפרסמו 117 פרסומים אקדמיים המשתמשים בו. המונח צבר פופולריות במהירות⁴³. בשנת 2018, כ-6,000 פרסומים אקדמיים כללו את מילות המפתח "אנליטיקות למידה". ובסוף שנת 2023 נכללו כ-127,000 פרסומים אקדמיים שכללו את מילות המפתח "אנליטיקות למידה" במנוע החיפוש גוגלסכולר⁴⁴.

העניין הרב באנליטיקות למידה נובע בעיקר מהאמונה ששימוש יעיל בהם יכול להביא לשיפור קבלת החלטות לימודיות וחינוכית ויכול לסייע להוראה, למידה והערכה. חוקרים העוסקים בתחום אנליטיקות הלמידה טוענים כי השימוש באנליטיקות למידה משפרת את הלמידה ותוצאותיה עבור תלמידים בסיכון, ויוצרת אמון רב יותר במוסדות, עקב חשיפת נתונים, ושיפורים משמעותיים בפדגוגיה^{45 46}.

Siemens, G. & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=EJ950794>

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), 304-317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>

Elias, T. (2011). Learning analytics: Definitions, processes and potential. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.456.7092&rep=rep1&type=pdf>

Winer, A., & Geri, N. (2019). Learning analytics performance improvement design (LAPID) in higher education: Framework and concerns. *Online Journal of Applied Knowledge Management*, 7(2), 41-55.

https://scholar.google.co.il/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=%22learning+analytics%22&btnG

נדלה בתאריך 9.12.2023

Siemens, G. & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=EJ950794>

Akçapınar, G., Altun, A., & Aşkar, P. (2019). Using learning analytics to develop an early-warning system for at-risk students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0172-z>

הלמידה באמצעות קורסים מקוונים יוצרת הזדמנות ייחודית לחדשנות דיגיטלית אשר יכולה לשפר את פני החינוך⁴⁷ ⁴⁸. בעקבות העלייה בהיקף הלמידה המקוונת נוצרת כמות אדירה של מידע דיגיטלי לימודי שיכול לשמש למטרות תיאורטיות ויישומיות. הלומדים באמצעות קורסים מקוונים מותירים 'טביעות רגליים' דיגיטליות הנאספות בקבצי-יומן (log-files). ניתן לנתח את 'טביעות הרגליים' הדיגיטליות האלה באמצעים סטטיסטיים ידניים ואוטומטיים ולהשיג תובנות משמעותיות על תהליך הלמידה⁴⁹ ⁵⁰.

ניתוח המידע שנאסף בקבצי-היומן מאפשר להבין את האופן בו הלומדים מתנהגים בקורסים המקוונים בשיטות שונות של בינה מלאכותית ולמידת מכונה. לדוגמה, באמצעות למידה לא מפוקחת ניתן לקבץ לומדים שונים לקבוצות מובחנות על פי התנהגותם⁵¹ ⁵².

באמצעות מודלים של סטטיסטיים ניתן לנבא באיזו מידה משתתפים שנרשמו לקורס מקוון ישתתפו בו בפועל⁵³, וכן כיצד כמות ותזמון ביצוע מטלות וצפייה בסרטונים בקורס המקוון מנבאים את סיום הקורס וקבלת תעודת השתתפות⁵⁴. בנוסף, טביעות רגליים דיגיטליות אלו מאפשרות לקבל תובנות אודות תהליכי הלמידה ורצפי הלמידה של קבוצות שונות של לומדים⁵⁵ ⁵⁶ ולפתח אלגוריתמים

Rabin, E., Kalman, Y. M., & Kalz, M. (2019). The cathedral's ivory tower and the open education bazaar: Catalyzing innovation in the higher education sector. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 35(1), 82-99. <https://doi.org/10.1080/02680513.2019.1662285>

Adedoyin, O. B., & Soykan, E. (2023). Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities. *Interactive learning environments*, 31(2), 863-875

Rabin, E., Kalman, Y. M., & Kalz, M. (2019). Predicting learner-centered MOOC outcomes: Satisfaction and intention-fulfillment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(14). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0144-3>

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=EJ950794>

Kahan, T., Soffer, T., & Nachmias, R. (2017). Types of participant behavior in a massive open online course. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 18(6), 1-18. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i6.3087>

Kizilcec, R. F., Piech, C., & Schneider, E. (2013, April). Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses. In *Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 170-179).

Panagiotakopoulos, T., Kotsiantis, S., Borotis, S., Lazarinis, F., & Kameas, A. (2021, June). Applying Machine Learning to Predict Whether Learners Will Start a MOOC After Initial Registration. In *IFIP International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations* (pp. 466-475). Cham: Springer International Publishing

Davis, D., Chen, G., Hauff, C., & Houben, G. (2016). Gauging MOOC learners' adherence to the designed learning path. In T Barnes, M. Chi, M., & M. Feng (Eds.). *Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining* (pp. 54-61). International Educational Data Mining Society. Retrieved from http://www.educationaldatamining.org/EDM2016/proceedings/edm2016_fullpapers.pdf

Codish, D., Rabin, E., & Ravid, G. (2019). User behavior pattern detection in unstructured processes - a learning management system case study. *Interactive Learning Environments*, 27(5-6), 699-725. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1610456>

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=EJ950794>

המבוססים על למידת מכונה ובינה מלאכותית^{57 58}. אלגוריתמים אלה מסייעים להציע מסלולי למידה מותאמים אישית ולמידה פרסונלית, ומתריעים על לומדים הנמצאים בסכנת נשירה מהקורס. יתרונות נוספים של השימוש באנליטיקות למידה הינם שהחוקרים יכולים לבחון את כלל אוכלוסיית הלומדים ללא התערבות, לעומת שיטות אחרות בהם משתמשים רק במדגם של לומדים. בנוסף, המחקר נעשה ללא הגבלה של עלויות, זמן, אותנטיות של הנתונים, הטיית דגימה (selection bias) או הטיית התגובה (response bias). עם זאת, בשימוש בניתוח קבצי יומן ישנן מספר מגבלות. איסוף וניתוח של מידע אודות הלומדים מעלה סוגיות של פרטיות ואתיקה⁵⁹. כמו כן, שיטות אלה, כאשר נעשה בהם שימוש יחיד, לא מאפשרות לדעת אודות המצב הפסיכו-פדגוגי של הלומד ומאפייניו הדמוגרפיים. שילוב של מידע נוסף, הנאסף על ידי שאלונים ומקורות מידע נוספים מסייע להצליב (טריאנגולציה) מידע ולבנות שכבת מידע נוספת אודות הלומדים. הצלבה (הטריאנגולציה) של שיטות מדידה, המשלבות מענה על שאלונים בתחילת וסיום תהליך הלמידה עם נתונים התנהגותיים הנכרים מקבצי הלוג של הלומדים, יכולים לספק את מענה לחלק מהבעיות שהוצגו קודם לגבי השימוש רק באנליטיקות למידה. נראה כי השימוש בלוחות הבקרה לצרכי הוראה דורשים אוריינות נתונים גבוהה מהמורים וקיומה של תרבות קבלת החלטות מבוססת נתונים⁶⁰.

5.2. אוריינות נתונים בקרב מורים

אוריינות נתונים חיונית למורים בעת שימוש בלוחות בקרה חינוכיים, מכיוון שהיא מאפשרת להם לקבל החלטות מושכלות על סמך הנתונים המסופקים. לוחות בקרה חינוכיים מתמקדים בדרך כלל בהיבטים שונים, כגון ביצועי תלמידים, נוכחות והתנהגות^{61 62}. מורים זקוקים למיומנויות של אוריינות נתונים כדי לנתח, לפרש ולהשתמש ביעילות במידע המוצג בלוחות הבקרה. מיומנויות אלה עוזרות להם לזהות מגמות, לעקוב אחר ההתקדמות ולקבל החלטות מונעות נתונים וזאת על מנת לשפר

Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated ⁵⁷ survey. *Wiley interdisciplinary reviews: Data mining and knowledge discovery*, 10(3), e1355

Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated ⁵⁸ survey. *Wiley interdisciplinary reviews: Data mining and knowledge discovery*, 10(3), 1355

Jones, K. M. L. (2019). Learning analytics and higher education: A proposed model for establishing ⁵⁹ informed consent mechanisms to promote student privacy and autonomy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0155-0>

Verbert, K., Ochoa, X., De Croon, R., Dourado, R. A., & De Laet, T. (2020, March). Learning analytics ⁶⁰ dashboards: the past, the present and the future. In *Proceedings of the tenth international conference on learning analytics & knowledge* (pp. 35-40)

Leeuwen, A.V., Campen, C.K., Molenaar, I., & Rummel, N. (2021). How Teacher Characteristics Relate ⁶¹ to How Teachers Use Dashboards: Results From Two Case Studies in K-12. *J. Learn. Anal.*, 8, 6-21

Yahya, H., & Anwar, R.M. (2013). Monitoring Student Attendance Using Dashboard. *International ⁶² journal of Asian social science*, 3, 1906-1912

את תוצאות ההוראה, הלמידה והערכה. לדוגמה, מורה יכול להשתמש בלוח הבקרה של נוכחות כדי לעקוב אחר נוכחות של תלמיד בודד ולנקוט פעולות נחוצות בעת הצורך⁶³. באופן דומה, לוח בקרה המנתחות את התנהגות הלומדים וחיזוי נשירה יכולים לעזור למורים לזהות תלמידים בסיכון ולספק תמיכה בזמן⁶⁴.

למרות חשיבותה של אוריינות נתונים, מסגרות קיימות של אוריינות בינה מלאכותית אינן מכסות כראוי אוריינות נתונים⁶⁵. לכן, חיוני לפתח גישות מקיפות להכשרת מורים לאוריינות נתונים, שכן זהו אתגר משמעותי להכשרת מורים במאה ה-21. על ידי שיפור כישורי אוריינות הנתונים שלהם, מורים יכולים לנצל טוב יותר לוחות מחוונים חינוכיים כדי לתמוך בלמידת התלמידים ולשפר את התוצאות החינוכיות הכוללות.

הנתונים הנאגרים בקבצי היומן הדיגיטליים קשים לקריאה ולפרשנות על ידי הלומדים, המורים ומפתחי הקורסים, החוקרים ומקבלי החלטות ולכן נהוג להציג את המידע באמצעות לוחות בקרה חינוכיים⁶⁶.

5.3. לוחות בקרה חינוכיים

לוחות בקרה חינוכיים (Educational dashboards) מוגדרים כ"תצוגה יחידה המאגדת אינדיקטורים שונים לגבי לומד(ים), תהליכי למידה ו/או הקשר(ים) באמצעות הדמיה (ויזואליזיה) אחת או מרובות"⁶⁷. לוחות בקרה חינוכיים הינם כלי אנליטיקות למידה שנועדו לתמוך בלומדים, במורים ומפתחי הקורסים, בחוקרים ובמקבלי החלטות⁶⁸.

Yahya, H., & Anwar, R.M. (2013). Monitoring Student Attendance Using Dashboard. *International Journal of Asian social science*, 3, 1906-1912⁶³

Sigua, E., Aguilar, B., Pesántez-Cabrera, P., & Maldonado-Mahauad, J. (2020). Proposal for the Design and Evaluation of a Dashboard for the Analysis of Learner Behavior and Dropout Prediction .in Moodle. 2020 XV Conferencia Latinoamericana de Tecnologías de Aprendizaje (LACLO), 1-6⁶⁴

Olari, V., & Romeike, R. (2021). Addressing AI and Data Literacy in Teacher Education: A Review of Existing Educational Frameworks. The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education⁶⁵

Bodily, R., Kay, J., Aleven, V., Jivet, I., Davis, D., Xhakaj, F., & Verbert, K. (2018, March). Open learner models and learning analytics dashboards: a systematic review. In Proceedings of the 8th (international conference on learning analytics and knowledge (pp. 41-50)⁶⁶

Schwendimann, B. A., Rodríguez-Triana, M. J., Vozniuk, A., Prieto, L. P., Boroujeni, M. S., Holzer, A., ... & Dillenbourg, P. (2016). Perceiving learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboard research. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(1), 30-41⁶⁷

Bodily, R., Kay, J., Aleven, V., Jivet, I., Davis, D., Xhakaj, F., & Verbert, K. (2018, March). Open learner models and learning analytics dashboards: a systematic review. In Proceedings of the 8th (international conference on learning analytics and knowledge (pp. 41-50)⁶⁸

לוחות בקרה חינוכיים, מתוכננים ונבנים, על מנת לאפשר ללומדים להפוך למודעים לביצועי הלמידה שלהם ולהתנהגותם במהלך הלמידה ולתמוך במכוונת עצמית בלמידה, כולל רפלקציה עצמית⁶⁹ ⁷⁰. למורים ולמפתחי קורסים מסייעים לוחות הבקרה לנתח את התנהגות הלומדים, להתמקד בנושאים ספציפיים ולזהות נקודות כשל בהבנת הלומדים ובעיצוב הקורס⁷¹. חוקרים מפקים ידע חדש וחושפים תופעות הנצפות מהנתונים⁷², ועבור מקבלי החלטות מסייעים לוחות הבקרה להכיר את קהל היעד, לבחון אפקטיביות של מסעות פרסום ושיווק, לזהות העדפות של קהלי יעד ולהבין את תהליכי הלמידה של כלל המשתמשים בפלטפורמות הלימודיות⁷³.

עם זאת, רוב לוחות הבקרה החינוכיים הקיימים פועלים לפי פילוסופיית "אותו גודל לכולם" (One size fits all) המתעלמת מהבדלים אינדיבידואליים בין לומדים, כגון, ההבדלים הנובעים מהמאפיינים הסוציו-דמוגרפיים, המניעים השונים ללמידה או הרמות השונות של מכוונות עצמית בלמידה⁷⁴ ⁷⁵. לוחות בקרה חינוכיים המתואמים אישית לכל לומד, הלוקחים בחשבון את מאפייניו של הלומד, יעודדו ויתמכו בלומדים בתהליך הלמידה ובשינוי התנהגות הלמידה שלהם⁷⁶. לוחות הבקרה הלימודיים צריכים להיות מותאמים לקהלי יעד שונים. קהלי היעד הם לומדים, מרצים וצוות הקורס, חוקרים ומקבלי החלטות.

1. לוח הבקרה ללומדים: יציג את המידע האישי של הלומד, ההתקדמות שלו, המסלול בו הוא נמצא, מצבו היחסי לקבוצת הדומים לו.

Jivet, I., Scheffel, M., Specht, M., & Drachsler, H. (2018, March). License to evaluate: Preparing ⁶⁹ learning analytics dashboards for educational practice. In Proceedings of the 8th international (conference on learning analytics and knowledge (pp. 31-40

Jivet, I., Scheffel, M., Schmitz, M., Robbers, S., Specht, M., & Drachsler, H. (2020). From students ⁷⁰ with love: An empirical study on learner goals, self-regulated learning and sense-making of learning analytics in higher education. *The Internet and Higher Education*, 47, 100758

Santoso, H. B., Batuparan, A. K., Isal, R. Y. K., & Goodridge, W. H. (2018). The development of a ⁷¹ learning dashboard for lecturers: A case study on a student-centered e-learning environment. *The Journal of Educators Online*, 1

Verbert, K., Ochoa, X., De Croon, R., Dourado, R. A., & De Laet, T. (2020, March). Learning analytics ⁷² dashboards: the past, the present and the future. In Proceedings of the tenth international (conference on learning analytics & knowledge (pp. 35-40

McCoy, C., & Rosenbaum, H. (2019). Uncovering unintended and shadow practices of users of ⁷³ decision support system dashboards in higher education institutions. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 70(4), 370-384

Jivet, I., Scheffel, M., Specht, M., & Drachsler, H. (2018, March). License to evaluate: Preparing ⁷⁴ learning analytics dashboards for educational practice. In Proceedings of the 8th international (conference on learning analytics and knowledge (pp. 31-40

Jivet, I., Scheffel, M., Schmitz, M., Robbers, S., Specht, M., & Drachsler, H. (2020). From students ⁷⁵ with love: An empirical study on learner goals, self-regulated learning and sense-making of learning analytics in higher education. *The Internet and Higher Education*, 47, 100758

Ines, D., Sebastien, I., Jean-Marie, G., Madeth, M., & Serge, G. (2017). Towards Adaptive Dashboards ⁷⁶ for Learning Analytic

2. לוח הבקרה למרצים ולצוות הקורס: יציג את כלל הלומדים בקורסים עליהם הם אחראים, מצב ההתקדמות של הלומדים בקורס, רמת הפעילויות של הסטודנטים, נתוני הרקע, זיהוי חריגים, זיהוי קשרים בין מטלות הקורס להצלחה במבחנים או לסיום הקורס, וכן אפשרות לזיהוי אוכלוסיות שדורשות התערבויות. במידה ויש נתונים היסטוריים, תינתן אפשרות לראות את התקדמות הלומדים השונים בהשוואה בין מחזורים שונים של אותו הקורס ובראייה רב שנתית.

3. לוח בקרה לחוקרים ומקבלי החלטות: לוח בקרה זה יציג את כלל הקורסים הנלמדים, עם אפשרות להצגת קורסים בחתכים שונים והשוואה ביניהם בכל רמות הניתוח, לרבות: הרשמות, הצלחות, נשירות, והתקדמות. תינתן אפשרות להצגת מתאמים בין קורסים שונים, זיהוי קשרים בין קורסים שונים וקשרים בין הצלחות הלומדים בקורסים אלו וכן אפשרות לניתוח השוואתי רב שנת, זיהוי חריגות ואנומליות ועוד.

מחקרים מעטים בדקו את התועלת של שימוש באנליטיקות למידה מבוססות מערכות ניהול למידה (LMS) על מנת לבצע התערבות לימודית בקרב תלמידים⁷⁷. לדוגמה, Herodotou ושות' הראו שמורים שהשתמשו לעתים קרובות בלוח בקרה אנליטי ראו השפעה חיובית משמעותית על סיום הקורס של תלמידיהם⁷⁸. בניתוח התנהגות סטודנטים, שנמדדה במערכת ניהול הלמידה, נמצא מתאם חיובי בין מתן אזהרה מוקדמת לסטודנטים על סיכויים להתמדה בקורס לבין שיעורי השלמת מטלות משופרים וכניסות שבועיות ממוצעות⁷⁹. מחקרים אחרים מצאו כי שימוש בלוחות בקרה לסטודנטים הראו שיפור בציונים ושימור סטודנטים מוגבר⁸⁰, אם כי טענות אלו זכו לביקורת כמוגזמות וייתכן שמיוחסות להטיית שחיקה.

5.4 מערכות ניהול למידה

⁷⁷ Ferguson, R., & Clow, D. (2017, March). Where is the evidence? A call to action for learning analytics. In Proceedings of the seventh international learning analytics & knowledge conference (pp. 56-65).

⁷⁸ Herodotou, C., Rienties, B., Boroowa, A., Zdrahal, Z., & Hlosta, M. (2019). A large-scale implementation of predictive learning analytics in higher education: The teachers' role and perspective. *Educational Technology Research and Development*, 67, 1273-1306.

⁷⁹ Jokhan, A., Sharma, B., & Singh, S. (2019). Early warning system as a predictor for student performance in higher education blended courses. *Studies in Higher Education*, 44(11), 1900-1911.

⁸⁰ Arnold, K. E., & Pistilli, M. D. (2012, April). Course signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. In Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics (and knowledge) (pp. 267-270).

מערכת ניהול למידה (LMS) היא יישום תוכנה או טכנולוגיה מבוססת אינטרנט המשמשת לתכנון, יישום והערכת תהליך למידה ספציפי. הוא נועד להעביר קורסים חינוכיים או תוכניות הכשרה ללומדים, תוך מעקב אחר ההתקדמות וניהול התיעוד הקשור לתהליך. למערכות ניהול הלמידה מספר יתרונות:

1. למידה מרוכזת: מערכות ניהול למידה מספקת מקור למידה מרכזי שבו חומרי הדרכה, תוכן והערכה נגישים בקלות לכל המשתמשים בכל זמן ומכל מקום.
 2. מעקב ודיווח: מערכות ניהול למידה מציעות כלי מעקב ודיווח המאפשרים למחנכים ולמנהלים לעקוב אחר התקדמות הלומדים, לזהות אזורים שבהם יש צורך בעזרה, ולאסוף נתונים עבור דוחות תאימות.
 3. למידה דיגיטלית ולמידה ניידת: מערכות ניהול למידה תומכות בלמידה דיגיטלית (e-learning) ולמידה ניידת, המאפשרות ללומדים לגשת לתוכן חינוכי מכל מקום, מה שמועיל במיוחד עבור תרחישי למידה מרחוק ולמידה בחירום.
 4. מדרגיות: מערכות ניהול למידה ניתנות להרחבה, מה שמקל על הוספת משתמשים וקורסים חדשים ככל שהארגון גדל או הצרכים שלו משתנים.
 5. יכולות אינטגרציה: ניתן לשלב מערכות ניהול למידה רבות עם מערכות אחרות, כגון משאבי אנוש או מערכות מידע לסטודנטים, כדי לייעל תהליכים ולשפר את דיוק הנתונים.
- קיימים מגוון של סוגי מערכות ניהול למידה, כגון מערכות ניהול למידה מבוססות ענן, מערכות ניהול למידה המותקנות על שרת המשתמש, מערכות ניהול למידה בקוד פתוח ומערכות ניהול למידה מסחריות. לכל סוג של מערכת ניהול למידה יש יתרונות וחסרונות משלו, והבחירה הטובה ביותר תלויה בצרכים ובמשאבים הספציפיים של הארגון או הפרט המשתמש בו.

שתי מערכות ניהול הלמידה הנפוצות ביותר בישראל להוראת מתמטיקה הינם מודל (עבור הוראת מתמטיקה בחטיבות הביניים) וקמפוס IL (עבור הוראת מתמטיקה בתיכונים). מערכת ניהול הלמידה מודל (moodle) היא פלטפורמת קוד פתוח לניהול למידה, שנמצאת בשימוש רב במוסדות חינוך וארגונים ברחבי העולם. היא מאפשרת יצירה, ניהול ושיתוף של משאבי למידה דיגיטליים, ומספקת כלים לניהול קורסים, הערכה, דיון ושיתוף ידע. מודל מתאפיינת בגמישות רבה ובאפשרויות התאמה לצרכים שונים, ותומכת במגוון רחב של פלאגינים ותוספים. מערכת ניהול הלמידה מודל של משרד החינוך היא מאובטחת וחינמית, מאפשרת לקיים תהליכים מתקדמים של הוראה, למידה והערכה מכל מקום, בכל זמן ובכל אמצעי קצה, מאפשרת ניהול למידה בכיתות דיגיטליות, מסייעת ביישום למידה שיתופית מקוונת, גמישה ומאפשרת התאמה לצרכים הייחודיים של

המורה והתלמידים. בנוסף, מאפשרת המערכת מתן משוב לתלמידים במסגרת הערכה מעצבת, הנחייה, ניהול ומעקב אחר תהליכי למידה. מערכת ניהול הלמידה מודל של משרד החינוך כוללת אשף מהיר המאפשר למורה לפתוח עבור תלמידי קבוצות הלימוד שלו מרחבי למידה בעלי תוכן מגוון וחוויתי המותאם לתוכנית הלימודים ומוכן ללמידה במגוון תחומי דעת⁸¹.

מערכת ניהול הלמידה קמפוס IL היא חלק מהמיזם הלאומי ללמידה דיגיטלית במערך הדיגיטל הלאומי שבמשרד הכלכלה והתעשייה ובשיתוף עם המועצה להשכלה גבוהה (מל"ג) והוועדה לתכנון ותקצוב (ות"ת). המיזם מבוסס על הפלטפורמה הייחודית מבית edX, שפותחה על ידי האוניברסיטאות Harvard ו-MIT, ומאפשר לקהלים רחבים התפתחות וקידום לכל אורך החיים - החל בתלמידי תיכון וסטודנטים, דרך מורים, עובדי מדינה ומחפשי עבודה, ועד אזרחים ותיקים וכל אדם סקרן שמעוניין להרחיב אופקים. הפלטפורמה כוללת יותר מ-400 קורסים דיגיטליים פתוחים וחינמיים ואליה רשומים מעל 700 אלף לומדים. הקורסים באתר הופקו על ידי מוסדות אקדמיים, משרדי ממשלה, כמו משרד החינוך, זרוע העבודה ומשרד הבריאות, וגופים ציבוריים נוספים בישראל, כמו יד ושם, ועמותת SpaceIL.

5.5. אנליטיקות במוודל ובקמפוס

במערכת ניהול הלמידה מודל נכללים מנגנונים המאפשרים ביצוע של אנליטיקות למידה כולל שימוש באלגוריתמי תוכנה כדי לחזות או לזהות היבטים לא ידועים של תהליך הלמידה בהתבסס על נתונים היסטוריים והתנהגות נוכחית. ניתן להתקין במערכות מודל כלי אנליטיקות למידה המאפשרים איסוף ושילוב של נתוני למידה וממשקים שונים להצגת מידע זה. מטרתם של תוספים אלה לספק מידע שיכול לעזור למשתמשי המערכת, כולל תלמידים, מורים, מנהלים ומקבלי החלטות, לשפר את תוצאות הלמידה. לזהות תהליכי למידה וביצועי למידה, כגון גישה/צפיות לקורס, תצוגות פעילות/משאבים, הגשות, ציונים וסטטוס השלמת מטלות^{82 83}.

⁸¹ למידה דיגיטלית בבתי הספר - Moodle משרד החינוך.
<https://ecat.education.gov.il/%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%94-%D7%93%D7%99%D7%92%D7%99%D7%98%D7%9C%D7%99%D7%AA-%D7%91%D7%91%D7%AA%D7%99-%D7%94%D7%A1%D7%A4%D7%A8-moodle-%D7%9E%D7%A9%D7%A8%D7%93-%D7%94%D7%97%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%9A>

⁸² https://docs.moodle.org/dev/Learning_Analytics_Specification

⁸³ <https://docs.moodle.org/en/Analytics>



מערכת אנליטיקות הלמידה של מודל נועדה לתמוך בסדרי עדיפויות חינוכיים שונים וניתן להשתמש בה כדי לזהות ולתמוך בתלמידים בסיכון, לקבוע שיטות עבודה מומלצות לתלמידים ומורים מצליחים ולעודד את השיפור של קורסים שאינם עומדים בציפיות עיצוב ההוראה⁸⁴. ה-API של מערכת אנליטיקות הלמידה של מודל היא מערכת פתוחה שיכולה לתמוך במגוון רחב של מודלים, כולל מודלים מבוססי למידה חישובית ומודלים "סטטיים" לזיהוי מצבים בעייתיים באמצעות כללים פשוטים⁸⁵. בנוסף, הפלטפורמה מספקת פונקציונליות נרחבת של דיווח וניתוח כדי לעזור למחנכים לתמוך טוב יותר בלומדים כשהם מתקדמים בקורסים שלהם⁸⁶.

מערכת אנליטיקות הלמידה שפותחה בפלטפורמת קמפוס IL, בה נלמדים קורסי המתמטיקה לתיכון, נקראת בלנדר. בלנדר הוא כלי ידידותי וחכם שנוצר כדי לתמוך במורים ומרצים שמלמדים קורסים מקוונים במסגרת למידה מעורבת⁸⁷. באמצעות בלנדר, אתה יכול המורה להבין איך הכיתה שלו מתקדמת, לזהות תהליכי למידה כיתתיים ופרטניים, ולקבל תובנות והמלצות לפעולה. לוח הבקרה של בלנדר מאפשר לראות את התנהגות וביצועי התלמידים מנקודת המבט של הכיתה כולה ומנקודת מבט של התלמיד. המורה יכול לבחור נושא או שיעור מסויים ולראות את ביצועי הכיתה ברמת התרגיל כולו וברמת כל תרגיל. בנוסף, לוח הבקרה מציג תובנות ברמת הכיתה והתלמיד⁸⁸.

למרות היתרונות הגדולים הקיימים בכלי אנליטיקות הלמידה, מידת השימוש בהם היא מצומצמת. בספרות זוהו אתגרים בעיצוב ושימוש לוח המחוונים:

1. חוסר מיידיות ומשוב אישי: לוחות בקרה רבים עשויים שלא לספק את המשוב המיידי והאישי למורים ולתלמידים שחינוי ללמידה.
2. חוסר רפלקציה עצמית: כלים המקלים על רפלקציה עצמית חיוניים ללמידה, אולם לוחות בקרה רבים אינם תומכים בכך ביעילות, ולכן עלולים להיות לא מנוצלים.
3. מורכבות ונתונים מכריעים: מורים עשויים למצוא את ריבוי נתוני הפעילות של התלמידים מורכבים לניטור, ואם לוחות הבקרה לא מפשטים זאת ביעילות, ייתכן שלא יהיה בהם שימוש.

⁸⁴ <https://moodle.org/mod/forum/discuss.php?d=339316>

⁸⁵ <https://docs.moodle.org/en/Analytics>

⁸⁶ [/https://moodle.com/news/moodle-learning-analytics-increase-student-engagement](https://moodle.com/news/moodle-learning-analytics-increase-student-engagement)

⁸⁷ [/https://blender.campus.gov.il](https://blender.campus.gov.il)

⁸⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=2TUF9q3IcJI>



4. חוסר הכשרה: למורים ולתלמידים אין את ההכשרה הדרושה כדי לפרש ולהשתמש בנתונים המסופקים על ידי לוחות בקרה ביעילות. יתירה מכך, המורים והתלמידים חסרים את ההכשרה הבסיסית באוריינות נתונים.
5. חוסר אינטגרציה מספקת של תיאוריות למידה: מעט מערכות של לוחות בקרה לוקחות בחשבון תיאוריות חינוכיות כבסיס תיאורטי לעיצובן, מה שעלול להגביל את יעילותן.

לקריאה נוספת ראו את ⁸⁹ ⁹⁰ ⁹¹.

6. כלים דיגיטליים בהוראת מתמטיקה

במחקר שנעשה במסגרת ניסוי של אגף המו"פ "בינה מלאכותית בהוראת המתמטיקה" נשאלו מורים למתמטיקה בחטיבות הביניים ובתיכונים בכמה ובאילו כלים דיגיטליים הם עושים שימוש במסגרת הוראת המתמטיקה בכיתה ומרחוק. 12 מורים דיווחו על 19 כלים דיגיטליים שונים בהם הם משתמשים. הכלים הנפוצים ביותר היו קמפוסL, זום למפגשים מקוונים, מודל, גוגל קלסטרום, ווטסאפ. רשימת הכלים ומספר המורים שדיווחו על שימוש בהם מופיע בלוח מספר 1. ראוי לשים לב, כי על אף שמגוון הכלים עליהם דיווחו המורים גדול, המורים לא דיווחו על שימוש במודלי שפה גדולים או בכלי בינה מלאכותית אחרים.

לוח מספר 1.

רשימת הכלים הדיגיטליים בהם משתמשים מורים למתמטיקה ומספר המורים המשתמשים בכל כלי. סה"כ דיווח 12 מורים על הכלים בהם הם משתמשים.

Shabaninejad, S., Khosravi, H., Indulska, M., Bakharria, A., & Isaías, P.T. (2020). Automated insightful ⁸⁹ drill-down recommendations for learning analytics dashboards. Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge
van Leeuwen, A., Strauß, S., & Rummel, N. (2023). Participatory design of teacher dashboards: ⁹⁰ navigating the tension between teacher input and theories on teacher professional vision. Frontiers in artificial intelligence, 6, 1039739. <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1039739>
Yousef, A.M., & Khatiry, A.R. (2021). Cognitive versus behavioral learning analytics dashboards for ⁹¹ supporting learner's awareness, reflection, and learning process. Interactive Learning Environments, 31, 5460 - 5476.

מספר המורים שדיווחו על השימוש בכלי	כלי דיגטלי
6	קמפוסIL
5	זום
5	מודל
3	גוגל קלאסרום
3	וואטסאפ
3	גיאוגברה
2	קלאסאוס
2	דסמוס
2	גלים-פרו
2	וובטופ
1	פטל למתמטיקה
1	שיעורטונים
1	וורדל
1	גוגל דוקס
1	אונטו
1	קהוט
1	סמארטסקול
1	טיקטוק
1	אינסטגרם

6.1 שימוש בכלי בינה מלאכותית יוצרת בהוראת המתמטיקה

כלי בינה מלאכותית יוצרת, המתבססים על מודלי שפה גדולים (Large Language Models) כמו ChatGPT הראו פוטנציאל במסגרות חינוכיות שונות, כולל הוראת מתמטיקה לתלמידי בתי ספר.



ניתן להשתמש בכלים אלה כדי לתמוך במורים ביצירת מערכי שיעור, ביצירת תוכן חינוכי ומתן סיוע מותאם אישית לתלמידים.

6.1.1. תמיכה במורים בפיתוח תכניות לימודים

כלי ב"מ יוצרת יכולים לסייע בפיתוח תכניות לימודים על ידי יצירת רעיונות לפרויקטים חדשים מותאמים תרבותית. מורים יכולים להשתמש בכלי ב"מ יוצרת כדי ליצור רעיונות שמתאימים למטרות החינוכיות שלהם והרקע התרבותי של תלמידיהם, מה שהופך את המתמטיקה למרתקת ורלוונטית יותר.⁹²

6.1.2. שיפור הפיתוח המקצועי

ניתן לשפר את הפיתוח המקצועי עבור מורים למתמטיקה על ידי שילוב כלי ב"מ יוצרת. מורים יכולים להשתמש בכלים אלה כדי לחקור רעיונות מתמטיים ואסטרטגיות פדגוגיות, ולשפר את הלמידה המקצועית שלהם.⁹³ על ידי מעורבות של כלי ב"מ יוצרת, מורים יכולים להעמיק את הבנת התוכן ואת הכישורים הפדגוגיים שלהם, מה שיכול לתרגם לשיטות הוראה יעילות יותר.

6.1.3. יצירת סביבות למידה מכילות

כלי ב"מ יוצרת יכולים גם לתרום ליצירת סביבות למידה מכילות יותר. מגוון מחקרים הדגישו את החשיבות של התייחסות לשונות הלומדים.⁹⁴ ניתן להשתמש בכלי ב"מ יוצרת כדי לייצר הוראה דיפרנציאלית ולספק משאבים הנותנים מענה לצורכי למידה מגוונים המסייעים להבטיח שלכל התלמידים תהיה גישה לחינוך איכותי במתמטיקה.

בניסוי הנוכחי יבחנו מודלים ותצורות שונות בכלי ב"מ יוצרת בתחום הוראת ולמידת מתמטיקה. אחת ממטרות הניסוי הינה לענות על השאלה, מהו האופן המיטבי בו מורים ותלמידים יכולים להשתמש בבינה מלאכותית ובמודלי שפה גדולים לצורכי הוראה ולמידת מתמטיקה.

Tran, M. (2023). Prompt Engineering for Large Language Models to Support K-8 Computer Science Teachers in Creating Culturally Responsive Projects. Proceedings of the 2023 ACM Conference on International Computing Education Research - Volume 2
Taton, J.A. (2015). Much More than It's Cooked-up to Be: Reflections on Doing Math and Teachers' Professional Learning. Penn GSE Perspectives on Urban Education, 12
Mathews, K.M. (2016). Transformative Models in K-12 Education: The Impact of a Blended Universal Design for Learning Intervention. An Experimental Mixed Methods Study



6.2. מערכות לומדה אינטליגנטיות (Intelligent tutoring systems)

"מערכות לומדה אינטליגנטיות", הידועות גם כ"מערכות חכמות" או "מערכות למידה", הן סוג של טכנולוגיה המשתמשת בלמידת מכונה ובינה מלאכותית כדי לייעל, להפוך לאוטומטי ולשפר תהליכים שונים. מערכות אלה יכולות לכלול מגוון של יכולות, כגון ניתוח נתונים, זיהוי דפוסים, קבלת החלטות אוטומטית ועוד.

באופן כללי, מערכות אלו משתמשות באלגוריתמים מתקדמים לעיבוד וניתוח נתונים, כדי ללמוד מהנתונים ולהפיק מהם תובנות או לבצע פעולות מתוך הבנה עמוקה יותר של המידע. הן יכולות להיות מותאמות לשימושים שונים, כגון חיזוי התנהגות לקוחות, אופטימיזציה של תהליכים תעשייתיים, ניהול מערכות מידע גדולות, ועוד.

בשוק קיימות מספר מערכות לומדה אינטליגנטיות להוראת המתמטיקה.

Carnegie math⁹⁵

היא פלטפורמה ללימודי מתמטיקה, שפה, מדעים ולמידה מקצועית. החברה נוסדה על ידי ד"ר סטיבן ריטר, וויליאם ס. האדלי, ג'ון ר. אנדרסון וקנת קודינגר, חוקרים במדעי הקוגניציה, מדעי המחשב והחינוך, בשנת 1998 כפרויקט מחקר באוניברסיטת קרנגי מלון בפיטסבורג, פנסילבניה, ארה"ב.

ההתמקדות הראשונית של Carnegie Learning הייתה בפיתוח מערכות לימוד חכמות לחינוך במתמטיקה, מינוף מדע קוגניטיבי וטכנולוגיית מחשבים כדי לספק חוויות למידה מותאמות אישית והסתגלות לתלמידים. עבודתם הושפעה ממחקר על פסיכולוגיה קוגניטיבית, בינה מלאכותית וחינוך.

החברה זכתה להכרה בגישה החדשנית שלה לחינוך מתמטי והשימוש שלה בטכנולוגיה כדי לשפר את תוצאות הלמידה. במהלך השנים, Carnegie Learning הרחיבה את ההיצע שלה וכעת מספקת תוכניות לימודים מקיפות במתמטיקה לבתי ספר, תוך שילוב של הוראה מסורתית בכיתה עם משאבים והערכות מבוססות טכנולוגיה⁹⁶.

⁹⁵ <https://www.carnegielearning.com/math>
⁹⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Carnegie_Learning



ALEKS⁹⁷

ALEKS היא תוכנית הדרכה והערכה מקוונת הכוללת חומרי למידה במתמטיקה, כימיה, מבוא לסטטיסטיקה ועסקים. שם התוכנה מבוסס על ראשי התיבות של **Assessment and Learning in Knowledge Spaces** (הערכה ולמידה במרחבי ידע). יחודה של ALEKS היא שבמקום להתבסס על ציוני מבחנים מספריים, ALEKS משתמשת בתורת מרחבי הידע כדי לפתח הבנה קומבינטורית של מכלול הנושאים שתלמיד מבין או לא מבין מהתשובות לשאלות המבחן שלו. בהתבסס על הערכה זו, קובעת המערכת את הנושאים שהתלמיד מוכן ללמוד ומאפשר לתלמיד לבחור מתוך מקבצי למידה אינטראקטיביים עבור נושאים אלו.

ALEKS פותחה בתחילה ב-UC Irvine החל משנת 1994 עם תמיכה ממענק גדול של הקרן הלאומית למדע. בשנת 2013, תאגיד ALEKS נרכש על ידי McGraw-Hill Education⁹⁸.

ASSISTments⁹⁹

ASSISTments היא פלטפורמת הערכה מעצבת חינוכית מבוססת אינטרנט המיועדת למורים ותלמידים בכיתות ג' עד י"ב. היא מאפשרת למורים להקצות בקלות בעיות מתמטיקה מספרי לימוד של משאבים חינוכיים פתוחים (OER) כגון Illustrative Math ו-EngageNY, מאגרי פריטים קיימים, או פריטים שהם פיתחו בעצמם. כשהתלמידים משלימים את המטלות שלהם, הם מקבלים משוב מיידי, והמורים מקבלים דוח עם תובנות שיעזרו להוראה. הפלטפורמה מספקת גם כלי תמיכה עבור תוכניות הדרכה בעלות השפעה רבה.

מחקרים הראו ששימוש קבוע ב-ASSISTments יכול להוביל להישגים משמעותיים בלימוד מתמטיקה. לדוגמה, ניסוי מבוקר אקראי רחב היקף שנערך על ידי SRI International חשף עלייה משמעותית של 75% בתוצאות הלמידה עבור תלמידים שהמורים שלהם השתמשו ב-ASSISTments.

⁹⁷ [/https://www.aleks.com](https://www.aleks.com)

⁹⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/ALEKS>

⁹⁹ [/https://new.assistments.org](https://new.assistments.org)



6.3. כלי הוראת מתמטיקה מבוססי בינה יוצרת

Khanmigo¹⁰⁰

Khanmigo הוא כלי חינוכי מבוסס בינה מלאכותית של Khan Academy. הכלי משמש כמדריך אישי לתלמידים וכעוזר למורים. Khan Academy היא עמותה ללא מטרת רווח שמספקת חינוך איכותי וחינם לכולם, בכל מקום. הארגון מציע מגוון רחב של קורסים, שיעורים והדרכות בנושאים שונים, כולל מתמטיקה, מדע, מדעי המחשב, היסטוריה, ספרות ועוד. Khan Academy זמינה באינטרנט ובאפליקציות למכשירים ניידים. הארגון נוסד בשנת 2008 על ידי סלמאן ח'אן, מורה למתמטיקה. ח'אן החל ליצור סרטונים לימודיים ב-Youtube כדי לעזור לתלמידיו ללמוד מתמטיקה, והוא גילה שהסרטונים האלה נצפים על ידי אנשים מכל העולם. Khan Academy החלה לצמוח במהירות, והיא הפכה לאחת מחברות החינוך הגדולות בעולם.

Khanmigo מספק עבור סטודנטים מסלולי למידה מותאמים אישית, משוב מבוסס בינה מלאכותית, שאלות תרגול מותאמות אישית וכלי אימון לכתיבה מתמטית.

עבור המורים מספק Khanmigo כלי להערכת עבודות אוטומטית, דוחות מעמיקים על התקדמות התלמידים, תכנון שיעורים מודרך מבוסס בינה מלאכותית ויצירת ערכות ציונים.

היתרונות של Khanmigo הוא ביכולת לעזור לתלמידים להבין טוב יותר את החומר הנלמד, לעזור למורים לחסוך זמן ולשפר את יעילותם ולהנגיש למידה מותאמת אישית ליותר אנשים. עם זאת, ל Khanmigo מספר חסרונות. הוא עדיין נמצא בפיתוח, זמין רק במספר מוגבל של בתי ספר ומחוזות ויקר יחסית.

6.4. כלים משולבים

Wolfram¹⁰¹

Alpha של חברת Wolfram הוא כלי חישובי רב-תכליתי המאפשר למשתמשים לענות על שאלות, לבצע חישובים ולקבל מידע מקיף על מגוון רחב של נושאים. הכלי מבוסס על בסיס נתונים עצום של

¹⁰⁰ <https://www.khanacademy.org/khan-labs>
¹⁰¹ <https://www.wolframalpha.com>

ידע ומידע, הכולל נתונים מתמטיים, מדעיים, היסטוריים, גיאוגרפיים, טכנולוגיים ועוד. Alpha זמין בחינם באינטרנט, אך יש גם גרסה בתשלום המציעה תכונות נוספות.

ב Alpha ניתן להשתמש במספר דרכים: כמנוע חיפוש אינפורמטיבי, המאפשר למשתמשים למצוא מידע על כל נושא. ככלי חישובי, המאפשר למשתמשים לבצע חישובים מתמטיים מורכבים. ככלי גרפי, המאפשר למשתמשים ליצור גרפים ותמונות של נתונים. ככלי תכנות, המאפשר למשתמשים לכתוב קוד מחשב. תלמידים יכולים להשתמש ב Alpha כדי לענות על שאלה במתמטיקה או מדעים, אנשי מקצוע יכולים להשתמש ב Alpha כדי לבצע חישובים מורכבים או ליצור גרפים, יזמים יכולים להשתמש בכלי Wolfram כדי לחקור שוק או לפתח מוצר חדש.

ל Alpha מספר התכונות העיקריות ההופכות אותו לכל משמעותי:

- יכולת לענות על שאלות בצורה אינפורמטיבית, גם אם הן פתוחות, מורכבות או מאתגרות.
- יכולת לבצע חישובים מתמטיים מורכבים, כולל אינטגרלים, נגזרות, משוואות דיפרנציאליות ועוד.
- יכולת ליצור גרפים ותמונות של נתונים, כולל גרפים סטטיסטיים, גרפים פונקציונליים ועוד.
- יכולת לכתוב קוד מחשב, כולל שפות תכנות פופולריות כמו Python, Java ו-C++.
- יכולת לשלב למידה אדפטיבית עם מחולל תרגילים¹⁰²
- יכולת ללמוד באמצעות קורסים מקוונים הקיימים באתר¹⁰³

¹⁰⁴EduTen

EduTen הוא כלי טכנולוגי המסייע לסטודנטים ותלמידים ללמוד באופן עצמאי. הכלי מבוסס על למידת מכונה ומציע למידה מותאמת אישית לפי יכולותיו וצרכיו של כל לומד.

EduTen כולל מספר רכיבים עיקריים:

- מערכת למידה מותאמת אישית: המערכת מנתחת את הישגי הסטודנט בעבר ומסתמכת על מידע זה כדי ליצור עבורו מסלול לימודים מותאם אישית. המסלול כולל משימות, דפי סיכום ותרגולים.

¹⁰² /https://www.wolframalpha.com/problem-generator
¹⁰³ /https://www.wolfram.com/wolfram-u/courses/mathematics
¹⁰⁴ /https://eduten.com



- מערכת מעקב אחר התקדמות: המערכת מעקבת אחר התקדמות הסטודנטים ומציגה להם דוחות שוטפים על הישגיהם. הדוחות כוללים מידע על הנושאים שבהם הסטודנטים מתקשים ביותר, וכן על הנושאים שבהם הם מתקדמים בצורה טובה.
- מערכת תמיכה ותיווך: המערכת מציעה תמיכה ותיווך לסטודנטים, באמצעות פלטפורמת צ'אט או באמצעות שיחות וידאו.

EduTen נמצא בשימוש בבתי ספר רבים ברחבי העולם, כולל בישראל. הכלי נמצא עדיין בפיתוח, אך הוא צפוי להפוך לכלי מרכזי בהוראה עצמאית בעתיד.

ל EduTen מספר יתרונות משמעותיים:

- יעילות: הכלי מאפשר לסטודנטים ללמוד באופן עצמאי, מה שמאפשר להם לחסוך זמן וכסף.
- אפקטיביות: הכלי מבוסס על למידת מכונה, מה שמאפשר לו לספק למידה מותאמת אישית יעילה יותר.
- נגישות: הכלי זמין בכל מקום ובכל זמן, מה שמאפשר לסטודנטים ללמוד בקצב שלהם.

עם זאת, קיימים מספר חסרונות של EduTen:

- עלות: הכלי עלול להיות יקר עבור בתי ספר רבים.
- תמיכה: הכלי דורש תמיכה טכנית משמעותית, מה שעלול להיות מאתגר עבור בתי ספר קטנים.
- גרסת פיתוח: הכלי עדיין בפיתוח, ולכן הוא אינו מתאים לכל סוגי הלמידה.

עשר אצבעות¹⁰⁵

"עשר אצבעות" הוא כלי ללימוד מתמטיקה, המכיל אלפי פעילויות ומשחקונים שמפתחים מיומנות מתמטית, סקרנות וחשיבה מדעית. שיטת הלימוד מבוססת על חקר מודרך, גילוי עצמי, עידוד דרכי פתרון שונות, והתאמה אישית לרמת התלמיד. הכלי מיועד לתלמידים מגיל גן חובה ועד כיתה ו'. הוא מחולק לנושאים שונים, כגון: מספרים טבעיים, פעולות חשבון במספרים שלמים, שברים, שברים עשרוניים, אחוזים, יחס ופרופורציה, חקר נתונים, מדידות וגיאומטריה הפעילויות והמשחקונים ב"עשר אצבעות" הן מגוונות ומאתגרות, והן משלבות בין רכישת ידע לבין פיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה. לדוגמה, התלמידים יכולים לשחק במשחק שבו הם צריכים

¹⁰⁵ <https://www.matific.com/isr/he/home>



למצוא את הדרך הקצרה ביותר בין שתי נקודות, או לפתור בעיות שבהן הם צריכים להשתמש במושגים מתמטיים מורכבים.

הכלי מכיל מנגנונים משחקיים רבים ההופכים את הלמידה למהנה. הכלי זמין בעברית, אנגלית, צרפתית, גרמנית, ספרדית, פורטוגזית, ערבית, רוסית וטורקית. הוא ניתן לשימוש במחשב, בטאבלט ובסמארטפון.

להלן כמה מהיתרונות של הכלי "עשר אצבעות":

- הוא מגוון ומאתגר, ומאפשר לתלמידים ללמוד מתמטיקה בצורה חווייתית ומהנה.
- הוא מתמקד בפיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה, כגון פתרון בעיות, חשיבה יצירתית וחשיבה ביקורתית.
- הוא מתאים לכל הרמות, ומאפשר לתלמידים להתקדם בקצב שלהם¹⁰⁶.

7. מקורות

- אלוני, נ' (2016). אתיקה וחינוך. החינוך וסביבו, ל"ח, 371-375. [פורטל מס"ע | אתיקה וחינוך \(macam.ac.il\)](http://macam.ac.il)
- אסדרת טכנולוגיות בחינוך, מדיניות, עקרונות ותהליכים -לוועדת משנה. (2023). המכון לחקר עתידים בחינוך, אגף מחקר, פיתוח ניסויים ויזמות, המנהל הפדגוגי, משרד החינוך [pplx - Google Slides](#)
- כהנא, ע. שוורץ אלטשולר, ת. (2023). אדם, מכונה, מדינה: לקראת אסדרה של בינה מלאכותית. המכון הישראלי לדמוקרטיה. <https://www.idi.org.il/media/21222/human-machine-state.pdf>
- הכנת עבודות חקר בסיוע בינה מלאכותית - התהליך השלם | [פרקטיקות להוראה איכותית | כלי עזר להוראה | מרחב פדגוגי | משרד החינוך \(education.gov.il\)](#)
- המדיניות הפדגוגית הלאומית - דמות הבוגרת והבוגר במערכת החינוך, תשפ"א-תשצ"א 2021-2031. <https://meyda.education.gov.il/files/Planning/boger.pdf>
- ליבוביץ' ל. (2023). חדשנות בתהליכי חקר עם כלי בינה מלאכותית- חלק א': <https://bit.ly/3L7Bc6y>
- ליבוביץ' ל. (2023). [חדשנות בתהליכי חקר עם כלי בינה מלאכותית- חלק ב' - חינוך ליצירתיות](#)

למידה דיגיטלית בבתי הספר - Moodle משרד החינוך.
<https://ecat.education.gov.il/%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%94-%D7%93%D7%99%D7%92%D7%99%D7%98%D7%9C%D7%99%D7%AA-%D7%91%D7%91%D7%AA%D7%99-%D7%94%D7%A1%D7%A4%D7%A8-moodle-%D7%9E%D7%A9%D7%A8%D7%93-%D7%94%D7%97%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%9A>

נוימן מ. (2021). הוגנות בחינוך בעולם משתנה - [מדריך למנהל/ת. משרד החינוך, ג'וינט ישראל אשלים.](#)

פורטל עובדי הוראה, מרחב פדגוגי: [/https://pop.education.gov.il/final-projects/final-work](https://pop.education.gov.il/final-projects/final-work)

פורטל עובדי הוראה, מרחב פדגוגי: [/https://pop.education.gov.il/final-projects/final-work](https://pop.education.gov.il/final-projects/final-work)

רמיאל, ח'. (2023). *בינה מלאכותית בחינוך - היבטים של הוגנות ושוויון*, סקירת ספרות שהוגשה ללשכת המדען הראשי, משרד החינוך, ירושלים. <https://bit.ly/43SL9vB>

שילוב בינה מלאכותית במסודות להשכלה גבוהה אסטרטגיות מפתח, מרכז אדמונד דה רוטשילד לחיבור השכלה גבוהה ותעסוקה, פרויקט מינרווה. 2023. <https://bit.ly/3Rmq5L0>

קרין, נ. (2019). דו"ח ועדת המשנה של המיזם הלאומי בנושא בינה מלאכותית, אתיקה ורגולציה. נדלה מ: https://www.gov.il/he/departments/news/artificial_intelligence

Adedoyin, O. B., & Soykan, E. (2023). Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities. *Interactive learning environments*, 31(2), 863-875

Akçapınar, G., Altun, A., & Aşkar, P. (2019). Using learning analytics to develop an early-warning system for at-risk students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0172-z>

Arnold, K. E., & Pistilli, M. D. (2012, April). Course signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics (and knowledge)* (pp. 267-270)

Artino, A. R. (2007). Motivational beliefs and perceptions of instructional quality: Predicting satisfaction with online training. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(3), 260-270. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00258.x>

Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning Insights and Recommendations. Office of Educational Technology. 2023. <https://www2.ed.gov/documents/ai-report/ai-report.pdf>

Bodily, R., Kay, J., Aleven, V., Jivet, I., Davis, D., Xhakaj, F., & Verbert, K. (2018, March). Open learner models and learning analytics dashboards: a systematic review. In Proceedings of the 8th (international conference on learning analytics and knowledge (pp. 41-50

Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction*, 7(2), 161-186. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00015-1)

Carlini N., Jagielski M., Choquette-Choo C.A., Paleka D. , Pearce W., Anderson H., Terzis A., Thomas K.& Tramèr F. (2023). Poisoning Web-Scale Training Datasets is Practical, available at <https://arxiv.org/abs/2302.10149>

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278

Codish, D., Rabin, E., & Ravid, G. (2019). User behavior pattern detection in unstructured processes - a learning management system case study. *Interactive Learning Environments*, 27(5-6), 699-725. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1610456>

Collins, R.A. (2015). Distance Adult Learner Doctoral Students Creating a Nontraditional Doctoral .Enclave

Davis, D., Chen, G., Hauff, C., & Houben, G. (2016). Gauging MOOC learners' adherence to the designed learning path. In T Barnes, M. Chi, M., & M. Feng (Eds.). Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining (pp. 54-61). International Educational Data Mining Society. Retrieved from http://www.educationaldatamining.org/EDM2016/proceedings/edm2016_fullpapers.pdf

Equity in Education- Breaking Down Barriers to Social Mobility - [Executive Summary- OECD](#), 2018

Education 2030 - Incheon Declaration - Towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all. UNESCO, 2015. <https://bit.ly/3oUAfa5>

Elias, T. (2011). Learning analytics: Definitions, processes and potential. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.456.7092&rep=rep1&type=pdf>

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), 304-317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>

- Ferguson, R., & Clow, D. (2017, March). Where is the evidence? A call to action for learning analytics. (In Proceedings of the seventh international learning analytics & knowledge conference (pp. 56-65).
- Garcia, M.G., & Subia, G.S. (2019). High school athletes: Their motivation, study habits, self-discipline and academic performance. *International journal of physical education, sports and health*, 6, 86-90
- Generative artificial intelligence in education Departmental. (2023). Department for Education. statement https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1146540/Generative_artificial_intelligence_in_education_.pdf
- Guidance for generative AI in education and research, UNESCO, 2023. <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>
- Heidari, M., Alipour, A., Farzad, V., Ebrahimzadeh, I., & Zandi, B. (2013). Intending and normalizing the measurement of information and technology literacy skills and critical thinking of independent learner test in e-learning system
- Herodotou, C., Rienties, B., Boroowa, A., Zdrahal, Z., & Hlosta, M. (2019). A large-scale implementation of predictive learning analytics in higher education: The teachers' role and perspective. *Educational Technology Research and Development*, 67, 1273-1306
- Holmes, W., Persson, J., Chounta, I.-A., Wasson, B., Dimitrova, V. (2022). Artificial intelligence and education: A critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law. *Council of Europe*
- Holmes, W. & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57, 542--570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Hosnagar, K. (2019). *A human's guide to machine intelligence*. New York: Viking
- Ibañez, E.D., Subia, G.S., Medrano-Allas, S., Mendoza, J.I., & Mina, J.C. (2021). *Modern Mathematics Applications: Solutions to Challenges Encountered in Teaching Spiral Progression in Mathematics 7*. OALib
- Ines, D., Sebastien, I., Jean-Marie, G., Madeth, M., & Serge, G. (2017). *Towards Adaptive Dashboards for Learning Analytic*
- Järvelä, S., Malmberg, J., & Koivuniemi, M. (2016). Recognizing socially-shared regulation by using the temporal sequences of online chat and logs in CSCL. *Learning and Instruction*, 42, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.10.006>

- Jivet, I., Scheffel, M., Specht, M., & Drachsler, H. (2018, March). License to evaluate: Preparing learning analytics dashboards for educational practice. In Proceedings of the 8th international conference on learning analytics and knowledge (pp. 31-40).
- Jivet, I., Scheffel, M., Schmitz, M., Robbers, S., Specht, M., & Drachsler, H. (2020). From students with love: An empirical study on learner goals, self-regulated learning and sense-making of learning analytics in higher education. *The Internet and Higher Education*, 47, 100758.
- Jones, K. M. L. (2019). Learning analytics and higher education: A proposed model for establishing informed consent mechanisms to promote student privacy and autonomy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0155-0>
- Jokhan, A., Sharma, B., & Singh, S. (2019). Early warning system as a predictor for student performance in higher education blended courses. *Studies in Higher Education*, 44(11), 1900-1911.
- Kiuhara, S. A., Levin, J. R., Tolbert, M., O'Keeffe, B. V., O'Neill, R. E., & Jameson, J. M. (2023). Teaching argument writing in math class: challenges and solutions to improve the performance of 4th and 5th graders with disabilities. *Reading and writing*, 1-30. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11145-023-10459-7>
- Kizilcec, R., Perez-Sanagustín, M., & Maldonado, J. J. (2017). Self-regulated learning strategies predict learner behavior and goal attainment in Massive Open Online Courses. *Computers & Education*, 104, 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.10.001>
- Shabaninejad, S., Khosravi, H., Indulska, M., Bakharia, A., & Isaías, P.T. (2020). Automated insightful drill-down recommendations for learning analytics dashboards. Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge.
- Lau, N. T. T., Hawes, Z., Tremblay, P., & Ansari, D. (2022). Disentangling the individual and contextual effects of math anxiety: A global perspective. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(7), e2115855119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2115855119>
- Light, D., & Pierson, E. (2014). Increasing Student Engagement in Math: The Use of Khan Academy in Chilean Classrooms. *International journal of education and development using information and communication technology*, 10, 103-119.
- Lukashenko, M.A. (2021). Self-Management Skills as a Basis for the Effectiveness of e-Learning. *Higher Education in Russia*.

- Leeuwen, A.V., Campen, C.K., Molenaar, I., & Rummel, N. (2021). How Teacher Characteristics Relate to How Teachers Use Dashboards: Results From Two Case Studies in K-12. *J. Learn. Anal.*, 8, 6-21
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson Education, London
- Magalhães Júnior, A., Silva, M., Sousa, Í., Sousa, H., Cardoso, T., De Jesus, K., Gontijo, M., Rodrigues, A., Silva, A., & Moreira, B. (2023). Teaching probability for children: challenges and solutions. *Concilium*
- Margaryan, A., Bianco, M., & Littlejohn, A. (2015). Instructional quality of massive open online courses (MOOCs). *Computers and Education*, 80, 77-83.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.005>
- McCoy, C., & Rosenbaum, H. (2019). Uncovering unintended and shadow practices of users of decision support system dashboards in higher education institutions. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 70(4), 370-384
- Nazaretsky, T., Cukurova, M., Ariely, M., & Alexandron, G. (2021). Confirmation bias and trust: Human factors that influence teachers' attitudes towards AI-based educational technology. *In CEUR (Workshop Proceedings (Vol. 3042*
- North, C. (2018). Ten facts about artificial intelligence in teaching and learning
- Nussbaumer, A., & Hillemann, E. (2015). A competence-based service for supporting self-regulated learning in virtual environments. *Journal of Learning Analytics* 2(1), 101-133. Retrieved from <http://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/JLA/article/view/4130>
- OECD (2021b). *AI and the Future of Skills, Volume 1: Capabilities and Assessments*, Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5ee71f34-en>
- Panagiotakopoulos, T., Kotsiantis, S., Borotis, S., Lazarinis, F., & Kameas, A. (2021, June). Applying Machine Learning to Predict Whether Learners Will Start a MOOC After Initial Registration. In *IFIP International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations* (pp. 466-475). Cham: Springer International Publishing
- Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development

- Pinkwart, N. (2016). Another 25 years of AIED? Challenges and opportunities for intelligent educational technologies of the future. *International journal of artificial intelligence in education*, 26(2), 771-783.
- Santoso, H. B., Batuparan, A. K., Isal, R. Y. K., & Goodridge, W. H. (2018). The development of a learning dashboard for lecturers: A case study on a student-centered e-learning environment. *The Journal of Educators Online*, 1.
- Schwendimann, B. A., Rodriguez-Triana, M. J., Vozniuk, A., Prieto, L. P., Boroujeni, M. S., Holzer, A., ... & Dillenbourg, P. (2016). Perceiving learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboard research. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(1), 30-41.
- Siemens, G. & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=EJ950794>
- Sigua, E., Aguilar, B., Pesántez-Cabrera, P., & Maldonado-Mahauad, J. (2020). Proposal for the Design and Evaluation of a Dashboard for the Analysis of Learner Behavior and Dropout Prediction .in Moodle. 2020 XV Conferencia Latinoamericana de Tecnologías de Aprendizaje (LACLO), 1-6.
- Stevens, R.H., Galloway, T., & Berka, C. (2007). Integrating Innovative Neuro-educational Technologies (I-Net) into K-12 Science Classrooms. *Interacción*.
- Sun, J. C. Y., & Rueda, R. (2012). Situational interest, computer self-efficacy and self regulation: Their impact on student engagement in distance education. *British Journal of Educational Technology*, 43(2), 191-204. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01157.x>
- The general data protection regulation. (2022). European Council. [/https://www.consilium.europa.eu/en/policies/data-protection/data-protection-regulation](https://www.consilium.europa.eu/en/policies/data-protection/data-protection-regulation)
- Timmis, S., Broadfoot, P., Sutherland, R., & Oldfield, A. (2016). Rethinking assessment in a digital age: Opportunities, challenges and risks. *British Educational Research Journal*, 42(3), 454-476.
- Rabin, E., Kalman, Y. M., & Kalz, M. (2019). The cathedral's ivory tower and the open education bazaar: Catalyzing innovation in the higher education sector. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 35(1), 82-99. <https://doi.org/10.1080/02680513.2019.1662285>
- Rabin, E., Kalman, Y. M., & Kalz, M. (2019). Predicting learner-centered MOOC outcomes: Satisfaction and intention-fulfillment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(14). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0144-3>

- Reimann, P., Markauskaite, L., & Bannert, M. (2014). E-Research and learning theory: What do sequence and process mining methods contribute? *British Journal of Educational Technology* 45(3), 528-540. <https://doi.org/10.1111/bjet.12146>
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley interdisciplinary reviews: Data mining and knowledge discovery*, 10(3), 1355
- Kahan, T., Soffer, T., & Nachmias, R. (2017). Types of participant behavior in a massive open online course. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 18(6), 1-18. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i6.3087>
- Kizilcec, R. F., Piech, C., & Schneider, E. (2013, April). Deconstructing disengagement: analyzing learner subpopulations in massive open online courses. In *Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 170-179).
- van Leeuwen, A., Strauß, S., & Rummel, N. (2023). Participatory design of teacher dashboards: navigating the tension between teacher input and theories on teacher professional vision. *Frontiers in artificial intelligence*, 6, 1039739. <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1039739>
- Verbert, K., Ochoa, X., De Croon, R., Dourado, R. A., & De Laet, T. (2020, March). Learning analytics dashboards: the past, the present and the future. In *Proceedings of the tenth international conference on learning analytics & knowledge* (pp. 35-40).
- Villaver, M.D., & Justiniane, L.B. (2023). Challenges of English Language Learners towards Remote Independent Study: Developing a Theory. *Journal of Learning and Development Studies*
- Warschauer, M. & Matuchniak, T. (2010). New technology and digital worlds: Analyzing evidence of equity in access, use, and outcomes. *Review of research in education*, 34 (1). Pp. 179-225. Retrieved (from: [equity.pdf \(uci.edu\)](https://www.uci.edu/equity.pdf))
- Winer, A., & Geri, N. (2019). Learning analytics performance improvement design (LAPID) in higher education: Framework and concerns. *Online Journal of Applied Knowledge Management*, 7(2), 41-55
- Yahya, H., & Anwar, R.M. (2013). Monitoring Student Attendance Using Dashboard. *International journal of Asian social science*, 3, 1906-1912

Yousef, A.M., & Khatiry, A.R. (2021). Cognitive versus behavioral learning analytics dashboards for supporting learner's awareness, reflection, and learning process. *Interactive Learning Environments*, 31, 5460 - 5476.

Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2