

בינה מלאכותית בחינוך – המצוי, הרצוי והפנטזיה

רותם אברום ואבני עידית מאי 2017

"מורים, תלמידים והורים, להתכונן למהפכה, הבינה המלאכותית עומדת לשנות את חייכם"¹

פתיחה

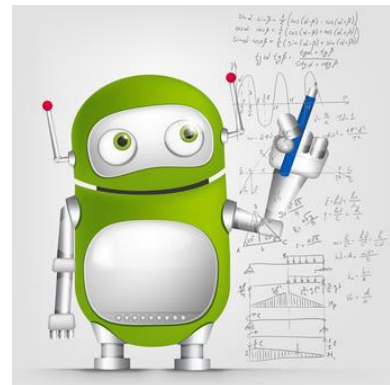
הקנטה מעוררת חשיבה- Teasing

האם ניתן להעלות על הדעת עולם חינוכי, שאנו מדברים אודותיו שנים, אך טרם השכלנו לממש, בו תלמיד לומד בדרך המתאימה לו, בזמן המתאים לו, עם נגישות לחומרי הלימוד, כמו גם לכתה בכל רגע ומכל מקום, תוך התמקדות בתחומי העניין וסגנון הלמידה המתאימים לו אישית? האם ייתכן מורה שעומד לרשות הלומד בכל רגע ביממה? האם ניתן לדמיין מורה לא אנושי, שהוא סייען בינה מלאכותית, שהאינטראקציה עמו היא כמו עם כל חבר אנושי בדיבור ומחוות גופניות, שעונה על כל שאלה, מסייע במילוי החובות הלימודיים, ובו בזמן, לאור היכרות עמוקה של בן שיחו האנושי, מזהה ומגיב מתוך הבנה את נפש התלמיד, ונותנת משוב ומענה, לא רק אינטלקטואלי, אלא גם רגשי, בהלימה למצב הרוח שלו העונתי ואף הרגעי? האם ניתן לדמיין כתה, המספקת לתלמיד חוויות חברתיות ורגשיות על כל גירוי לימודי או אחר, כולל סדר היום החינוכי, תכנית לימודים סדורה והנחלת כישורים אישיים נדרשים, וכל זאת באינטראקציה אנושית עם מורה דיגיטלי, ללא תלות באילוצי זמן ומרחב?

נרחיב מעט את הסוגיות: מה לבינה מלאכותית (AI-Artificial Intelligence, להלן **במ**) ולחינוך? האם זה המשך טבעי של הטמעת טכנולוגיה נוספת, או שמא תחום חדש, שהחינוך, שעדיין לא הטמיע ולא שילב באופן קוהרנטי ומיטבי את המחובר והתקשורת, עומד בפני אתגר חדש, שיש אשר יראו אותו כמאיים פי כמה? ההיתכן שטרם התעוררנו לנוכח קצה זעיר של וודאות שהולך ומזדקר מתוך הים עליהם צפה מערכת החינוך, שמסתיר תחתיו מרחב עצום של אי התנסות, אי ידיעה, הבנה ואולי אף הכחשה, במציאות חינוכית חדשה, שמונחית על ידי **במ**, ולא על ידי אדם?

האם אין זה הכרחי לשוב ולצפות מהחינוך שישנה פניו בזכות ההזדמנויות שמביאה ה-**במ**, כשגם כך רואים בהתנהלותו דינוזאור על סף הכחדה, טובע ומפרפר בים האתגרים לשינויים הכפויים עליו מהסביבה המשתנה במהירות, בתפיסה, במדיניות וביישום? או שמא עדיף שנעצור, נרפה, וניתן לחינוך את הזמן להתאים עצמו באיטיות, לסובב הגועש והמשתנה, בעוד ושמגזרים אחרים, מכל שכבות החברה,

הכלכלה והסובב ישברו את הראש עם האתגרים שמציבה בפנינו הבינה המלאכותית?



1 Wood.A (28 Sep 2016) Artificial intelligence is the next giant leap in education. Raconteur <https://www.raconteur.net/technology/artificial-intelligence-is-the-next-giant-leap-in-education>

מה נמצא כאן?

לפנינו סקירה מאתגרת, שמתחילה עם תיאור כללי של הסוגיה, המשכה באפיון קצר של מה היא בעצם בינה מלאכותית - **במ**, מעבר לסיסמאות ולמילים המופרחות למרחב הציבורי כבועות סבון נוצצות אך ריקות, מה הסטטוס כיום אודותיה, ומה מצופה בעתיד בעתיד הקרוב.

בהמשך נדון במטרת הסקירה: **מה לבניה מלאכותית ולחינוך?** מה הבשורה שמביאים אמצעי **במ** לחינוך, ואיך החינוך צפוי להתנהל עמם? נראה כאן ששילוב ה- **במ** בחינוך הוא **בלתי נמנע** ולמעשה כבר החל, ורצוי שאנו נוביל את יישומה בחינוך ולא שהיא באופן עצמאי תנהל אותנו, בדומה להטמעת המחשבים בחינוך כפי שנעה עד כה.

בפרוט יותר נראה שהבשורה של ה- **במ בחינוך** מתמקדת בשלושה תחומים מרכזיים יישומיים, השלובים זה בזה, שיתמשו באופן מדורג, גם אם הססני, החל מהעתיד הקרוב: (1) שימוש מושכל בנתוני עתק חינוכיים, (2) סיען **במ** המשולב בכלל תהליכי ההוראה והלמידה, האישיים והקבוצתיים, (3) אינטראקציה מלאכותית "אנושית" אוטנטית בין הלומד למערכת, בין אם המערכת היא מכונה, רובוט, מחשב בלתי נראה וכל מאגר מידע שהוא.

הסוגיה - שילוב הבניה המלאכותית בחינוך

בינה מלאכותית (AI, להלן **במ**) היא תחום טכנולוגי שמצוי כבר היום (2017) בצעדים ראשונים בכל הבט בחיים, כלכלי-חברתי-תרבותי. תחום שצומח במהירות, ותופס מקום מרכזי בשיח המקצועי והציבורי בהבטחות וחזון, לצד איומים אמתיים, דילמות אתיות כבדות, דמוניזציה מדומה והיבטים רבים שעדיין לא נחזו.

מערכת החינוך, שעדיין לא הטמיעה באופן מיטבי את הטכנולוגיה הדיגיטלית של מחשוב, מכשירים אישיים ותקשורת בשגרת ההוראה-למידה-ארגון חינוכי, מוצאת עצמה מאותגרת בתחום נוסף העומד בפתחה, **שילוב ה-במ בחינוך**. תחום שהוא ספק רובד המשך לטכנולוגיה הדיגיטלית המוטמעת בחלקה כבר כיום בבתי הספר, וספק חדש, שאמצעים מלאכותיים במופעים שונים, מזמנים למציאות החינוכית מגוון אמצעי הוראה, למידה, הערכה, בקרה ואינטראקציות, המותאמים אישית וקבוצתית, לצד מורים ומנחים אנושיים, ואף כתחליף להם.

ברור לכל שלשם יצירה והטמעת מציאות כזו בשגרת העידן הדיגיטלי, ההתמודדות הנדרשת לאתגר זה במערכת החינוך על רבדיה, מתאפיינת באומץ מנהיגותי ללמוד, להבין, להכיל ולהוליד מהלך בו ה- **במ** הופכת לחלק משמעותי בחינוך, כפי שמתרחש כבר היום במגזרים רבים אחרים בחברה, אשר משנים את פניהם, לאחר שהבינו לא רק שאין דרך אחרת אלא שהכירו בתרומת ה- **במ** ולומדים לנצלם לצרכיהם.

עם זאת, על פי מיטב הציפיות המציאותיות כמפורט בהמשך כאן, גם כאשר ה- **במ** תשולב בחינוך, לא נראה כי בעתיד הקרוב השימוש בה ישנה את בתי הספר, כפי שלא עשו עד כה המחשב והתקשורת המקוונת. מערכות החינוך המיישמות **במ**, יהנו משפע אמצעים שיעצימו את איכות הלמידה ופירותיה, ויובילו לרלוונטיות גוברת של החינוך לבוגרים העתידיים, אך ספק אם תהליכים אלה יביאו באופן עקיף גם לשינוי משמעותי מצופה במהות החינוכית של המערכת, שימתין לעתיד רחוק יותר.

אודות בינה מלאכותית

לשם יישור קו, נציג בקצרה את המושג - בינה מלאכותית.

בינה מלאכותית – ב.מ., היא תחום העוסק ביכולת של מכונות ותהליכים מעשי אדם (מחשבים והתקנים פיזיים המופעלים על ידם) לדמות דרך של חשיבה אנושית, ולפעול בהתאם, לפחות כפי שאדם נורמטיבי צפוי לפעול, אך בדרך יישום יעילה ומהירה יותר.

ה-ב.מ מתפתחת ומשתלבת בהדרגה כבר כיום במגזרים שונים בחברה ובכלכלה, ומאופיינת על פי מידת התחכום והמורכבות המיחשובית. חוקרים מציגים את שילוב ה-ב.מ על פי שלבים/ "גלים"², שהם מידת המורכבות החישובית בה המערכת מקבלת החלטות. הציפייה מהשימוש ב-ב.מ שיהפוך אמצעי מלאכותי להפעלת מערכות, תגובה למצבים ואירועים באופן אופטימאלי, למימוש מטרה קונקרטית, תוך הפעלת למידה אוטונומית, ושימוש במידע וניסיון מצטבר שנרכש קודם לכן ("למידה סטטיסטית"). זאת תוך גילוי חשיבה כמו שניתן לצפות מאופן לימוד וחשיבה אנושית, תוך שילוב הסקת מסקנות, פתרון בעיות, הבנה ותפיסת המתרחש והקשריו, שימוש במידע באופן מושכל, ניתוח והבנת טרמינולוגיה ושפה על רבדיה המידעניים והתרבותיים³.

נעיר שעד היום (2017) תחום ה-ב.מ הוא תחום מתפתח שאינו מוגדר דיו, ומערכות ושיטות חישוב הנחשבות כבר לקלאסיקה מהמאה ה-20, עדיין מוגדרות באופן מבלבל ומטעה גם הן כ-ב.מ. נבחין באפיונים **טרום ב.מ**, שהיא המכונה האוטומטית ("ידע מתוכנת") - הפועלת על פי סדרת הוראות מוגבלת, למטרות ממוקדות, ללא כשירות לתת מענה בסביבה דינמית בה מצבים משתנים ובלתי צפויים. ה-ב.מ מחליפה את האלגוריתמיקה הקלאסית, שהיא סדרת הוראות מובנות למצבים מוגדרים, בתרשים זרימה של **א-אם-אז**⁴. אלגוריתמיקה מוכרת זו, מורכבת ככל שתהיה, עדיין איננה **ב.מ**.

הבינה המלאכותית מתחילה במקום בו מידע מקושר לאופן קבלת ההחלטה והיישום, בדרגת תחכום גוברת, שמגיעה עד מכונה בעלת חשיבה אוטונומית, כמו גם אינטראקציה אנושית בין האדם למכונה, בדיבור ומחוות גופניות. מכונת **ב.מ** בוחרת בעצמה את דרך קבלת ההחלטות, על סמך לימוד מתמשך, כולל מידע עדכני שנגיש לה בזמן אמת. הציפיות המציאותיות לעתיד הלא רחוק הן פיתוח מכונות **ב.מ** אוטונומיות, שיחקו באופן מושלם משימות קוגניטיביות אנושיות, אינטראקציה אנושית, ואף יעלו על ביצועי אינטליגנציה ותובנה אנושית, לשם מענה שיתמוך בחוקרים אנושיים או אף יחליף אותם, לצרכים כמו שירות, מחקר, תכנון, ייצור, תנועה, בניה וכלי ניתוח לקבלת החלטות רציונליות בכל תחום. יש אף טוענים שאחת הדרכים להבחין בין **ב.מ** מתקדמת לבין מחשב סטנדרטי כיום, היא שדרך קבלת ההחלטות על ידי **ב.מ** היא אוטונומית וכה מורכבת, שהיא לא מובנת אפילו למתכנני המכונה, שלא מסוגלים לפענח ולהבין את אופן החשיבה והדרך בה היא מגיעה להחלטה.

נעיר שבניגוד לציפיות, במהלך חצי המאה האחרונה ה-ב.מ לא נחלה את ההצלחה המיוחלת אלא בפעולות מוגבלות ופשוטות יחסית. הציפיות העצומות בתחילת הדרך (אמצע המאה ה-20), כמו גם השקעות עתק בתחום, התמתנו במהלך העשורים האחרונים בלמידה תיאורטית והבנה מעמיקה יותר של האתגר,

2 צזנה ר. (מרץ 2017), *הידען*, שלושת גלי הבינה המלאכותית שיעצבו את העתיד

<http://www.hayadan.org.il/three-waves-of-ai-that-will-shape-the-future-3103171>

3 Copeland B.J., (May 2000) What is Artificial Intelligence? *Alan Turning net*
http://www.alanturing.net/turing_archive/pages/reference%20articles/what%20is%20ai.html

4 דוגמה ל-"אם-אז": אם הטמפרטורה גבוהה מ-30 מעלות, אז הפעל את המאוורר במידה שאינו פועל, אם נמוכה או שווה ל-30 מעלות, אז כבה אותו במידה והוא פועל.

מתקוונים לאתיקה מתכוונים לטוב

שומרים על האתיקה ועושים טוב גם במרחב המקוון

ובהתקדמות איטית הרבה יותר מהצפוי⁵. אך התפתחות טכנולוגית המחשוב, המזעור, נגישות וניתוח נתוני עתק (הביג-דאטה) בזמן אמת, מהירות החישוב, גודל לא מוגבל של זיכרון, והתובנות המחשוביות, מבטיחים התקדמות ניכרת בפועל, והסימנים לכך בשנים האחרונות רבים והולכים.

בינה מלאכותית מתקדמת, פועלת במספר אופנים:

- **רובוטים**, שהם התקנים היכולים להקשיב ולהגיב כמו גם לפעול פיזית בסביבה ומידע רלוונטיים לייעודם, תוך שהם מתעדכנים בזמן אמת במידע שנקלט על ידם באופן שוטף.
- **מערכות המדמות חשיבה אנושית** מאפשרות למערכת מופעלת **במ** להחליף למעשה מפעילים אנושיים, לנהוג בדרך אינטליגנטית, באמצעות תבונה לשונית, פסיכולוגיה וזיהוי חושי (שמיעה, חזותי, מגע וריח). ככלל, לפעול כפי שאדם נורמטיבי צפוי לפעול אך עם יכולות ניתוח, תכנון, עיבוד ומהירות קבלת החלטות גדולות בהרבה מכושר זיכרון וחשיבה אנושית.
- **מערכות הפועלות לצורך קבלת החלטות על בינה, ניסיון ומידע קולקטיביים**, שנחשבות בחברה האנושית לקונצנוס, כמו נורמות חברתיות ותפיסות עולם מקובלות, בהשראת מודלים חברתיים, ביולוגיים, פוליטיים ואחרים.
- **תקשורת אדם-מכונה אנושית**, כמו צ'אטבוט⁶ *Chatbot* - ('שיחה' אדם-רובוט), המדמה תקשורת אנושית אוטנטית דו-כיוונית, כמו גם סנטימנטית במגוון אמצעי התקשורת האנושיים בין המכונה לאדם.
- **מערכות עתידיות**, המגיעות ליכולות עצמאיות לחשיבה, לשם קבלת החלטות מושכלת והולמת את המטרות, שתשכלנה עצמן למכונות נוספות, וייתכן אף שדרך קבלת החלטות האוטונומיות לחלוטין שלהן, לא יהיו חיקוי לדרך שבה המוח האנושי עושה זאת, אלא דרכים יעילות יותר, שחלקן אף לא תהינה מובנות לאדם.

הצד האפל של בינה מלאכותית

לצד ההצלחות בשנים האחרונות עם מכונות **במ**, אין אנו זכאים להתעלם מהחששות ומנבואות הזעם בעצם השימוש בהן, שמן הסתם יגברו ככל שה-**במ** תתפוס מקום הולך וגדל. גם אם לא נרחיק לחשש האפוקליפטי ש-**במ** עתידה "להשתלט על העולם", אנו עדים להקצנה בתחזיות של אבטלה גורפת, שיסנו את החברה האנושית לשלילה באופן גורף. חששות נוספים עולים בתחום בו ה-**במ** מגיעה לתוצאות החלטות אוטונומיות על סמך נתוני-עתק. בניתוחים אלה עולים לעיתים קשרים חדשים שלא עלו על הדעת קודם לכן, והתעלמות, או שימוש מוטעה על ידי מכונה אוטונומית, ללא מעורבות, בקרה ושיקול דעת אנושי רחב יריעה, עלול לגרום לתוצאות שליליות.

תחום מיוחד לחששות, מייחס כשלים אתיים צפויים ככל שיותר מכונות יפעלו באופן אוטונומי. כבר כיום מזהים פגמים אתיים רבים בתהליכי קבלת החלטות אוטונומיות של **במ**, שחלק גדול מהם הוא שכפול הפגמים המוסריים האנושיים על ידי ה-**במ**, שמסתמכת לא על שיקול מוסרי עצמאי (שזה חזון רחוק אם בכלל), אלא על שימוש במידע והניסיון האנושי הקיים, שכולל, כדרך תפיסות אנושיות לא מוסריות, דעות

5 ההתפתחות האיתית של ה-**במ**, על רקע הציפיות שהופרכו בפועל, משנות ה-70 מאה 20, עד לעשור הראשון של המאה 21, כונתה בין השאר "תרדמת חורף של ה-**במ**".

6 Chatbot Magazine (2017) <https://chatbotsmagazine.com/>

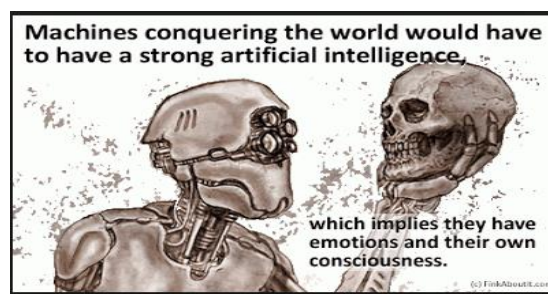
מתקונים לאתיקה מתכוונים לטוב

שומרים על האתיקה ועושים טוב גם במרחב המקוון

קדומות וגזענות⁷. כל אלה והרבה יותר יהפכו למכשול ובלימת הדחירה לשימוש חופשי במכונות מופעלות ב-
במ.

נבואות אלה, מוזנות בין השאר על ידי אפוקליפסה טכנולוגית, נבואת קץ הימים של העולם האנושי המוכר לנו, שמכונות בעלי חשיבה עילאית ישעבדו את החברה האנושית או יחסלוה. תזה עתידינית זו גורסת שכמות המכונות החושבות תגיע לכמות ואיכות בו תהיה להם מודעות עצמית והן ימצאו שהאדם מיותר ואף מפריע. מצב זה מכונה "סינגולריות - טכנולוגית"⁸ – תהליך בלתי הפיך, בו מסה קריטית של מערכות ורובוטים מופעלי **במ**, שתיצור מודעות מלאכותית, עוצמתית בהרבה מהמודעות וכושר החשיבה האנושיים, שתשתלט על החברה האנושית.

ניתן להירגע. נראה שנבואות זעם אלה הן מוגזמות בהחלט, שכן יש בתזות אפוקליפטיות אלה, הנחות שאין כל רמז למימושן, שמכונות אוטונומיות במספרים גדולים, יפתחו אנושיות על פגמיה, כמו אגו, חמדנות, תאוות שלטון וכוחנות, ניתוק אמפטיה אנושית, אי מוסריות וכיוצא באלה דברים. חזונות מפחידים אלה נשמעים מפי הוגים מוערכים



כמו **ר. קורצווייל**⁹ ואחרים, שמזינים את הדמוניזציה הטכנולוגית, אך מאידך נמצא הוגים רבים וטובים אחרים, שמבטלים תחזיות אלו¹⁰. תרומתנו הצנועה לכך היא במאמר בה הראנו שלא קשר לעקרון החברתי-פילוסופי, המחסור באנרגיה למימוש אוכלוסיית מכונות **במ**, עלול לעכב ממילא את התפתחות התחום כולו ולמתן את השימוש בהן¹¹. הביקורת העניינית לאפוקליפסה טכנולוגית היא, שנראה שאנו משתמשים בצורת חיזוי הקשורה בידע ובניסיון העבר שלנו, בצרוף תפיסות אישיות רגשיות, כולל חרדות קיומיות, שעל פי ניסיון העבר בכל ניסיון להתוות תחזיות חברתיות-טכנולוגיות, אינם רלוונטיים למציאות עתידית, כמו מציאות רווית **במ**.

7 BURGESS M. (13 April 2017) Just like humans, artificial intelligence can be sexist and racist. Weird. <http://www.wired.co.uk/article/machine-learning-bias-prejudice>

8 STRICKLAND J. (15 October 2008) What's the technological singularity? TECH | HIGH-TECH GADGETS <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/technological-singularity.htm>

9 Kurzweil R (2005) The Singularity is Near. Viking

10 Winfield A. (10 Aug. 2014) Artificial intelligence will not turn into a Frankenstein's monster. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/technology/2014/aug/10/artificial-intelligence-will-not-become-a-frankensteins-monster-ian-winfield>

11 רותם א. (מאי 2017) מה יותר גדול- היצף המידע או המשאבים התומכים בו? <http://ianethics.com/wp-content/uploads/2017/05/%D7%94%D7%99%D7%A6%D7%A3-%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%A2-%D7%90%D7%95-%D7%99%D7%95%D7%91%D7%A9-%D7%94%D7%9E%D7%A9%D7%90%D7%91%D7%99%D7%9D.pdf>

קצת היסטוריה אנושית – ה-במ אינו רעיון חדש

השאיפה האנושית מקדמת דנה היא להפוך לבורא ושולט על הברואים, והיא מאז ומעולם מניע ליצירות



והמצאתיות. הרעיון של מכונה המתנהגת, חושבת ופועלת באופן אנושי, ותיק כימי האנושות. יצורים מלאכותיים מעשה ידי אלים או אדם, בעלי כוחות על-אנושיים לשירות והגנה של החברה האנושית, קיימים בדמיון, בסיפורת ותרבות האנושית על גווניה מקדמת דנה, ומזינה אותם עד היום. נמצא כבר בעת העתיקה, ייחוס של חכמה, רגשות וכוחות-על לפסלים ודמויות, כמו הענק מברונזה **טאלוס** והשור מברונזה במיתולוגיה היוונית (אלף 1 לפנה"ס), בריאה מיסטית של יצור אנושי "**דבא ברא גברא**" בתלמוד¹², עד **הגולם מפראג** (מאה 19)¹³, באתוסים ובספרות העולמית. אך לא רק

בסיפורים. ידוע לנו על מכונות אוטומטיות שתוכננו, וחלקן אף נבנו ופעלו, מרשימות בגאונות המכנית והתכנונית מהעת העתיקה, עבור דרך ימי הביניים עד המצאת המחשב.



במחצית הראשונה של המאה ה-20, חלה התקדמות עצומה בהבנה מתמטית של לוגיקה, אלגוריתמיקה וסמנטיקה, שהם הבסיס התאורטי למחשבים המוכרים לנו כיום. שיא הציפיות ל-**במ**, החל עם השתכללות המחשב הדיגיטלי. **ג'ון פון ניומן** (1948) אחד מגדולי המתמטיקאים בעת החדשה, מאבות המחשב, מבטא היטב בציטטה ידועה את שאיפת האדם לגשר על הפער בין הדמיון האנושי המפליג לבין בריאה מעשי ידיו של מכונות פועלות חושבות באופן אנושי, ואולי אף מעבר לכך.

כמענה להערה בהרצאה שנשא **ניומן דן**, על שזה בלתי אפשרי לעשות מכונה חושבת ענה: "**אתה עומד על כך שיש משהו שמכונה לא יכולה לעשות? אם תגיד לי בדיוק מה מכונה לא יכולה לעשות, אז אוכל תמיד לעשות מכונה אשר תעשה בדיוק את זה!**"¹⁴

מיותר לציין, שהערה חסרת ענווה זו, התגלתה די מהר כשגויה בהחלט, וחלפה מאד למעלה מחצי מאה כדי לראות סימנים להתפתחות ממשית של בינה מלאכותית שתחליף בשטחים והקשרים רבים את האדם.

בינה מלאכותית כיום

להלן עיקרי תחומי הפעולה של מערכות **במ**. בדרך כלל נמצא בהן שילוב של מספר יישומים/ שיטות המפורטות כאן.

- **מכונות משחקות ויוצרות**: מכונות המתמחות במשחקי חשיבה ודמיון באופן שהם מתחרים שווים ואף עולים על מתחרים אנושיים. נזכיר את המחשב "**נחול עמוק**" שניצח את אלוף שחמט העולמי

¹² תלמוד בבלי, סנהדרין, ס"ב/ב

¹³ הסיפור המלא של הגולם מפראג חובר כנראה ב-1834, כשהוא מסתמך על סיפורי מעשיות של כישוף מיסטי קבלי יהודי, שהיו נפוצים במאה ה-18 במרכז אירופה, שיוחסו ללא כל ביסוס היסטורי לדמותו של מהר"ל מפראג (מאה 16).

¹⁴ Philosophical Perspectives on Artificial Intelligence

<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/2004-05/ai/>

דאז (1997) שנחשב במידה מסוימת לבינה מלאכותית. כיום משחקי החשיבה הקלאסיים, שחלקם משוחק מזה אלפי שנים, ואחרים, משוחקות על ידי מתחרה מלאכותי, טוב יותר מכל אלוף עולם אנושי. לצד אלה נמצא מכוונות הכותבות מוזיקה, ציור כולל דיוקנאות, משוב ודעה אישית, תקציר למאמר נתון, כתיבת מאמרים בנושאים שונים ואף סיפור בדיחות.

- **ניתוח סנטימנטים**: בינה מלאכותית שמנתחת מצבים רגשיים אנושיים, שמפענחת משמעויות וניואנסים אישיים וחברתיים, ובכך הופכת למעשה מכונה לִיצור חברתי מן השורה, והפער בין חבר אנושי למלאכותי מצטמצם והולך.
- **"לוגיקה עמומה" (Fuzzy logic)**: תחום מעבר בין אוטומט ל-**במ**. מערכת שמחליפה מערך פקודות של "אם-אז", בהחלטות וביצוע תוך כדי אופטימיזציה בתוך תחום פרמטרים ולא בנתון מוחלט (כמו תחום טמפרטורה, אזור מסוים כמיקום, חלון זמן וכד'). התשתית התיאורטית ללוגיקה עמומה, החל משנות ה-60 מאה 20 ומצויה מזה כ-20 שנה במערכות עתירות בקרה, פעולות ואירועים לא צפויים, כמו בפסי ייצור מורכבים, בקרי רכבות מודרניות, רכבים ואחר אוטונומיים.
- **"מערכות מומחה"**: הנגשת מידע רצוי ערכות הגולשות כיום לתחום נתוני העתק (ביג-דאטה) בתחומים שונים, כמו רפואה, משפט, מערכות כלכליות, קווי ייצור מורכבים ועוד, בה המומחה האנושי נעזר בניתוח מושכל של מצב שהוא מזין למערכת **במ** ומבקש דיאגנוזה, זיהוי מדויק, או אף החלטה כיצד לפעול. המערכת עושה אופטימיזציה מול מסד נתונים עצום לאבחון או לשם תחזית מדויקים בהרבה ממומחה בודד, מנוסה וחכם ככל שיהיה. למעשה הופכות מערכות המומחה **לסייען במ** חיוני ביותר, בתחומים אישיים, קבוצתיים, כלליים בתחומי פעולה ותוכן רחבים ורבים. במערכות מומחה עדכניות כיום משולבת אינטראקציית אדם-מכונה בדיבור אנושי אוטנטי.
- **במ כחיקוי למערכת עצבית במח**: מערכת לומדת המחקר תהליכים ביולוגיים שנעשים במח, לתהליך קבלת החלטות הנסמך על לימוד שוטף, ניסיון קודם שנצבר עתיר מידע רלוונטי. השימוש בה החל עוד בשנות ה-70 מאה 20, וכיום השיפור בחומרה הביאה אותה להשגים ניכרים, אם כי עדיין הרבה פחות מהציפיות המקוריות, שחיקוי אופן לימוד לשם יישום כפי שנעשה במח האנושי, יקדם את התחום. כיום החזית הטכנולוגית של רשת עצבית היא בין השאר, AutoML של גוגל¹⁵. בנוסף, שילוב שיטות שונות כמו **'עיצוב מבוצר'**¹⁶ – מערכת אוטונומית שמקצה משאבי עיבוד באופן דינמי וגמיש בהתאם לצורך (למשל, בעיבוד רב מעבדים גם ברשת), ולא בחלוקה קבועה שנקבעת מראש.
- **אינטראקציה חזותית**: זיהוי חזותי של עצמים, פרצופים, טקסט, נוף עירוני או בטבע, וכל אובייקט חזותי אחר. המעבר ל-**במ**, מזיהוי אוטומטי/ צורני לקבלת החלטות על סמך הקשר חזותי נעשה בהדרגה החל משנות ה-70 של המאה ה-20 מאלגוריתמים קלאסיים ייעודיים לשיטות החלטה אוטונומיות של **במ** של זיהוי חזותי, שמתפתח במהירות.
- **אינטראקציה קולית**: פיענוח **במ** ומציאת משמעות שפה טבעית במגוון שפות, ומסרים בכתב או בדיבור, תשובות והמלצות מותאמות אישית למשתמשים. תרגום מלאכותי בין שפות מדוברות, שכבר מזמן איננו מילון, אלא מערך בחירת המונח הנכון על פי הקשר שפתי, תרבותי ואחר. ה-**במ**

¹⁵ Quoc Le & Barret Zoph (May 17, 2017) Using Machine Learning to Explore Neural Network Architecture. Google Brain team. <https://research.googleblog.com/2017/05/using-machine-learning-to-explore.html>

¹⁶ Distributed Processing- http://www.webopedia.com/TERM/D/distributed_processing.html

הופכת למרכיב חיוני להפעלה קולית של מערכות שונות, שחלקן מיועדות להחליף את ממשק אדם-מכונה הקיים כיום, ולשכללו לחיקוי של פעולה אנושית שגרתית, כתקשורת אנושית לגמרי גם בין המכונה לאדם, כצ'טבוט¹⁷ Chatbot. אינטראקציה קולית, בצירוף זיהוי של מצב רגשי והיכרות מעמיקה של המשתמש האנושי, הופכת מערכת **במ**, לבן-לויה אוטנטי, יעיל מחבר אנושי.

- **מערכות אוטונומיות** בעלות כושר לימוד מהיר במרחב של נתוני עתק, החלטה ויישום בזמן אמת ללא יד אדם, שהם למעשה רובוטים הפועלים ללא מגע יד אדם, ואף לא בנוכחותו, במרחב מוגדר של פעילויות שהולך ומתרחב – ייצור תעשייתי, רכבים, מערכות נשק, רפואה ועוד.
- **כלי ניתוח ועיבוד** לקבלת החלטות אופטימליות על סמך נתוני עתק המסתמכים על כלל המידע המצוי כיום ברשת, כמו אלה הנאספים מחיישנים שונים כמו חזותי, קולי, מיקום, תנאי סביבה, תנאים אישיים של המשתמש, אטמוספירה וכד'.

בינה מלאכותית בחינוך

החינוך כיום (2017) עדיין בגדר "מדינה מתפתחת" בכל הקשור לאימוץ הטכנולוגיה בעידן הבינה המלאכותית, וכך גם יהיה עוד מספר שנים לא מבוטל. מערכות החינוך ברחבי העולם, עסוקות עדיין, במקרה הטוב, בהתמודדות בשילוב סביבת למידה טכנולוגית מהדור הקודם של מחשוב, זאת בניגוד לתעשיות הטכנולוגיה הדיגיטלית, למסחר, לתעבורה פיזית ודיגיטלית, לתעשיית המדיה, לתחבורה, לבריאות, למערכות ביטחוניות, וחלק גדול והולך של המגזר הציבורי שעושים צעדים גדולים בשילוב **במ** במערכותיהם. אין להתפלא, שהפוטנציאל הטמון ב-**במ** בתחומי מידע, לימוד ובקרה ארגונית, קורץ גם למרחב החינוכי. הסיבות לכך והיוזמות בעניין, אינם בדרך כלל חינוכיות, ולא יוזמת המנהיגות החינוכית, אלא מושתתות על מניע עסקי. שכן העולם העסקי רואה בחינוך פלח צרכנים גדול מאד (בישראל למשל הוא למעלה מ-20% מאוכלוסיית המדינה), מוגדר וקל להנגשה, בעיקר באמצעות המדיה החברתית. אך דוקא מניע זה, מתוך שלא לשמו, עשוי להבטיח התקדמות משמעותית בשילוב מערכות **במ** בחינוך, ובהמשך, כך יש לקוות, תצטרף ליוזמות כאלה גם מערכת החינוך הרשמית.

"מורים, תלמידים והורים, להתכונן למהפכה, ה-במ עומד לשנות את חייכם", קורא אלכס ווד, בסקירה מקיפה של תחזית שילוב **במ** במערכת החינוך הבריטית¹⁸. עם כל הספקנות והביקורת, הוא טוען, הטכנולוגיה שינתה את פני החינוך בעשור האחרון (2005 ואילך). חלק הולך וגדל של בתי ספר (למעלה משליש באנגליה, שלהי 2016) דורש מהתלמידים, או מזמן להם, למידה באמצעות טאבלטים אישיים מסוגים שונים, כחלק בלתי נפרד משגרת הלמידה. חלק הולך וגדל של הלמידה מנוהל למעשה חיצונית לבית הספר, גם אם המורה בכתה, יזם ומפקח על הנעשה, באמצעות פעילויות מרמת מטלה בודדת לקורס מלא, יישומים, אינטראקציה ומידע לימודי דיגיטלי. הזמן וההקשר החינוכי-ארגוני בשלים לשלב הבא. **נראה שה-במ היא הצעד הענק הבא בהוראה ובלמידה, גם אם עדיין קשה לראות את הפוטנציאל הטמון בה ואת דרכי היישום.**

¹⁷ Chatbot Magazine (2017) <https://chatbotsmagazine.com/>

¹⁸ Wood.A (28 Sep 2016) Artificial intelligence is the next giant leap in education. *Raconteur* <https://www.raconteur.net/technology/artificial-intelligence-is-the-next-giant-leap-in-education>

ה-במ לא תשנה את פני בית הספר

על סמך הניסיון המצטבר במרחבים החינוכיים, ארגוניים, ומדיניות ממשלם לדורותיהם, נאלץ להשלים עם העובדה ששילוב **במ** בחינוך לא ישנה את פני בית הספר המוכר לנו כיום, ודאי לא בעתיד הנראה לעין. זאת על דעת אנשי חינוך וטכנולוגיה המעורים בשטח, שטוענים שכמו טכנולוגיות בחינוך אשר קדמו לה, כך גם ה-**במ**, לא תשנה את פני הספר כמוסד שמרן באופן מיוחד, המרכז את החינוך של הצעירים לדורותיהם. מהות המבנה המסורתי של לוח/ תחליפי לוח בחלל לימוד, שולחנות, וכיסאות יישאר, גם אם פה ושם מיושם חזון אדריכלי של שיטות למידה המנצלות את הטכנולוגיה במגוון מרחבי למידה גמישים. אך לשילוב ה-**במ** בלמידה, המכונה בין השאר 'מכונת-לימוד'¹⁹, יש את הפוטנציאל לשנות כמעט כל דבר אחר מהמעטפת הבית ספרית, החל מהמציאות החינוכית הקיימת המוכרת, דרכי ההוראה והלמידה בבית הספר ומחוצה לו.

פנל מיוחד באוניברסיטת סטנפורד (2016), בו אנשי אקדמיה מובילים מובילים בתחום **במ**, תחת השם: 'מאה שנים של חקר בינה מלאכותית' - AI100, יצא בקריאה חד משמעית שמדגישה את החשיבות של המורים האנושיים בכל שילוב **במ** בחינוך: 'במהלך 15 השנים הקרובות בכל עיר טיפוסית בצפון אמריקה, צפוי השימוש בסייעני **במ** וטכנולוגיות **במ** אחרות כדי לסייע למורים (האנושיים) בכיתה ובבית, להתרחב באופן משמעותי'²⁰.

עם זאת, נשים לב לא ליפול למלכודות הפנטזיה ומשאלות הלב בכל הקשור לשיח אודת שילוב **במ** בחינוך, על רקע שיח טכנולוגי-עסקי לא בשל, לא מבוסס ולא אמין, ודאי שלא רלוונטי לעתיד הנראה לעין. השיח המטעה גולש ביותר מדי מקרים לפנטזיה אודות שליטה והשפעה של **במ** על הקוגניציה והזיכרון האנושי, כמו הלעטת המח של הלומד במידע וזכרונות באופן פסיבי, באמצעות חיבור כלשהו למערכת מחשוב בה אגור המידע הלימודי הנדרש²¹. שיח זה עלול להסיט את היישום ומימוש שילוב מושכל של **במ** בחינוך. תיאור פנטזיות אלה מונע על ידי סוכני מציאות אלטרנטיבית שמתחזים בשוגג במודע ושלא במודע לאמינים, ולמעשה מדובר בשיח לא מאושש ולא מתוקף תאורטית ודאי שלא מעשית. קולם של סוכנים אלו נשמע חזק מדי במדיה כיום, בעיקר ממניעים מסחריים ויחצנות למיזמים עסקיים ועבודות מחקר ופיתוח ברמה בסיסית שלא מצדיקים פרסומים כאלה, ודאי לא באופן כפי שהם מוצגים.

בינה מלאכותית בחינוך בעתיד הקרוב

כמו בכל תחום המנסה להתעדכן, להישאר רלוונטי, וליהנות מיתרונותיהן של טכנולוגיות חדשות, מצופה שגם מערכת החינוך תתייחס במלוא הרצינות להזדמנות שמביאה ה- **במ** לחינוך, אך החזון המותווה המוצע לציבור ולמקבלי ההחלטות, לא פורץ עדיין את מסגרות החינוך המוכר כיום. הסיבות לכך רבות: חוסר ידע והיכרות מערכת החינוך הקיימת, חוסר התמקצעות בתחום, חוסר באסטרטגיות יישום מתאימות, חוסר בהתנסויות לפיתוח תובנות ואם מחוסר אמון, שאכן שיטות סיוע כה מתקדמות באמצעות **במ** ישולבו בפועל

19 Rossi B. (JANUARY 2017) Where does machine learning fit in the education sector? *Information Age*. <http://www.information-age.com/two-thirds-londons-councils-suffered-data-breach-last-4-years-123463340/>

20 One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100) (2016) Stanford. <https://ai100.stanford.edu/>

21 Molloy M. (1 March 2016) Scientists discover how to 'upload knowledge to your brain'. The Telegraph. <http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/03/01/scientists-discover-how-to-download-knowledge-to-your-brain/>

במערכת החינוך השמרנית ונטולת התשתיות והאמצעים, כשהשימוש בהתקנים ניידים אישיים עדיין נתון בה במחלוקת והססנות. בנוסף, החזון לא פורץ את המסגרת החינוכית כיום אם משום שמערכות משמעותיות משולבות **במ**, עדיין לא בנמצא בשימוש לצבירת התנסויות ופיתוח תובנות, ואם מפני שיקולים עסקיים זרים, שמציגים פנטזיה טכנולוגית לא מציאותית, או שיטות למידה טכנו-פדגוגיות שלא יושמו קודם לכן, שאין להם כל קשר למערכת החינוך הקיימת.

החזון החינוכי משולב **במ** המצוי כיום, מתמקד במספר יישומים/ מרכיבים מרכזיים, המפורטים במגוון בטאוני עמותות שקמו לצורך כך, ובכתבי עת שרבים והולכים בתחום (ראו **כדוגמה את מקורות בעניין המצורפים כאן**²²). נמצא שכל שיח בתחום חוזר על עצמו בשינויים קלים של ניסוח ופרוט, ומצאנו שניתן למקד את החזון בשלושה תחומים מרכזיים המפורטים להלן, כשהמגמה העתידית היא לראות כל אחד מהם כמרכיב במערכת שלמה אחת, המתקשרת עם התלמיד מצד אחד, ומצד שני עם המורה והארגון החינוכי:

א. שימוש וניתוח נתוני עתק (ביג-דאטה) במרחב החינוכי באמצעות **במ**

ב. סיעת **במ** אישי, קבוצתי וארגוני

ג. תקשורת אדם-מכונה המדמה אינטראקציה אנושית

להלן הפרוט:

א. נתוני עתק בחינוך

ניתוח נתוני עתק (Big-Data) בחינוך, מ"התמונה הגדולה" עד פעולה בודדת, מתווה באופן שוטף דרך אופטימלית החל מהתווית מדיניות חינוכית, ניהול וארגון מערכת החינוך, בית הספר, מערכות פורמליות ובלתי פורמליות, עבור דרך הנחלת מקצוע ברמה בית ספרית, כיתתית, עד לרמת הוראה ולמידה של לומד בודד. בסקירה מפורטת, **ביג-דאטה, חינוך ואתיקה - מנתונים לתובנות**²³ הראנו (2015) את הפוטנציאל החינוכי-ארגוני שישנה ללא הכר את שגרת בית הספר, כמו גם השפעה חיובית באיכות הלמידה, של שילוב כלי ניתוח של נתוני עתק במערכות החינוך. מאז פרסום המאמר, חלה התקדמות עצומה בכלי הניתוח של נתוני עתק, אך עדיין החינוך לא נתרם מכך, אלא בצעדים קטנים ומהוססים בהבטים הארגוניים ברמה מחוזית/ לאומית. שפע הנתונים במערכת החינוך מזמן אפשרויות רבות לקידום הלמידה, הלומדים ושכלול היבטים ארגוניים. מערכת החינוך בעידן המידע מופעלת באמצעות "**חינוך מונע נתונים**" (*education - driven-data*)²⁴. מדובר על מערכות טכנולוגיות הפועלות באמצעות כריית נתונים, ניתוח נתונים, ייצוג ויזואלי, הערכה מעצבת, איתור מדויק של בעיות, זיהוי וחיזוי מגמות, קבלת החלטות מושכלות והפניית משאבים ישירים לטיפול בהן. מערכות אלה מאפשרות להפוך נתונים אודות בית הספר, למשוב מורכב המאפשר בקרה ויישום לקחים בזמן אמת, בין היתר בשיפור תהליכי למידה, זיהוי סגנונות למידה אפקטיביים, זיהוי דרך למידה של כל לומד באמצעות ניתוח הפעילות הלימודית שלו על כל רבדיה, ומכאן גם המלצה להתאמה אישית של הלמידה ומתן סיוע מותאם לצרכי תלמיד הבודד. בנוסף, זיהוי מגמות כמו נשירה, אפקטיביות תכניות חינוכיות, החלטה על סדרי עדיפויות, ארגון משאבים, חסכון והקצאה ועוד.

22 = KANEJIYA D. (Feb 4, 2017). How AI will transform education in 2017 *VentureBeat*

<https://venturebeat.com/2017/02/04/how-ai-will-transform-education-in-2017/>

= 10 Roles For Artificial Intelligence In Education (March 14, 2016). *Teachthought*

<http://www.teachthought.com/the-future-of-learning/10-roles-for-artificial-intelligence-in-education/>

23 אבני ע. ורותם א. (ינואר 2015) ביג-דאטה, חינוך ואתיקה - מנתונים לתובנות, *מזים מתקונים לאתיקה*.

<http://ianethics.com/wp-content/uploads/2015/02/EduBigData-AI1-2015.pdf>

24 O'Brien J. (Aug 2014) The Modern Classroom: Students, Teachers and Data-Driven Education.

Mashable. <http://www.scientificamerican.com/article/how-big-data-taking-teachers-out-lecturing-business/>

מתקונים לאתיקה מתכוונים לטוב

שומרים על האתיקה ועושים טוב גם במרחב המקוון

הורים ומורים יכולים להתעדכן במתרחש בכיתה, ובו בזמן מנהלים וקובעי מדיניות יכולים להעריך ולבקר את המתרחש בבתי ספר, את הלמידה, התוצאות, ההישגים, ולגזור מכך בזמן אמת שינויים אפשריים לשיפור.

ההליך כניסת מערכות נתוני עתק לחינוך לצורך קבלת החלטות חינוכיות וארגוניות, מרמת מדיניות, החל בפועל מזה זמן, והתרומה הסגולית שלו לרמת הלמידה, שביעות הרצון ומניעת נשירה מוכחת בין פורצי הדרך בעניין מזה עשור לפחות²⁵. מטבע שינוי כה עמוק, ודאי במערכות חינוך שמרניות, ההליך שהחל זה מכבר, מתמקד במערכות הארגוניות, וצפוי להשתלב באופן מדורג ואיטי, הכולל גם התעדכנות עם החדשנות בתחום, גם בשגרת ההוראה-למידה בבית הספר, לכתה, לכל מורה ולומד, כמו גם להורים.

החשש מפני "מחשוב יתר" והיעדר אנושיות בפעולת מערכת נתונים נתמכת **במ** בחינוך, מופרז ומיותר. אין בנמצא מערכת כזו שלמה, ולא תהיה עוד כמה דורות מהיום. בנוסף, אין כל סיבה להפעיל אותה על כל הקשר לימודי, אלא באופן מדוד ומושכל, כך שהצד האנושי החינוכי לא יפגע, ורק יתעשר ויסתייע בניתוחי המכונה העתידית.

ב. סייען במ בחינוך

סייען **במ**, שמכונה בשיח בתחום גם "כסוכן" או "מתווך" - *"agent"*, מופיע במגוון אופנים ומורכבות, החל מסייען במכשיר האישי כיישום בודד לצורך קונקרטי ומוגבל, עד לרובוט שמעניק שירות ועושה פעולות שירות עצמאיות ועל פי בקשה, שעד כה נעשו בידי אדם. הסייען יהפוך בעתיד הקרוב לאמצעי מרכזי בשימוש **במ**, כשירות חיוני לארגון החינוכי ולמהלך ההוראה-למידה. הטכנולוגיה ורמת המורכבות והביצועים המרשימים כסייען אישי, קבוצתי, ארגוני גדלים בקצב מרשים. כבר כיום ישנם ניצנים של סייען בעל יכולת פעולה עצמאית, שמכיר את ההעדפות האישיות של המשתמש ועוזר לו להתרכז בצרכים שלנו, כולל בדברים שהוא נהנה מהם, תחומי עניין ותחביבים.

סטטוס 2017 בכל הקשור לסייענים מלאכותיים אישיים, שנותנים מענה במגוון הולך וגדל של תחומי עיסוק, מידע ועניין, מצביע על מגמה בנסיקה, עד כי קשה לעקוב ולהתעדכן על המתחדש בתחום ברמה חודשית: אנו מכירים את סירי *Siri* (אפל)²⁶, אלכסה *Amazon Alexa* (אמזון)²⁷, קורטנה *Microsoft Cortana* (מיקרוסופט)²⁸, סייען גוגל *Google Assistant*²⁹, אריסטו *Aristotle* (חברת צעצועים מאטל)³⁰, ועוד סייענים מסוגים שונים, הצצים כפטריות אחר הגשם.

סייענים אלה מאפשרים למשתמש האנושי לבצע ולהתייעץ בפעולות פשוטות, למשל שירות ב"חדרים (חללים) חכמים" – (Smart/ Cognitive Rooms)³¹. הקשר עם הסייענים נעשה בכתב, בדיבור אוטנטי חופשי, במחוות פיזיות, ועוד כיד הדמיון. הסייען קשוב לצרכי המשתמש, נותן מענה רלוונטי בזמן אמת

25 אבני ע. ורותם א. (ינואר 2015) ביג-דאטה, חינוך ואתיקה - מנתונים לתובנות, *מיום מתקונים לאתיקה*.
<http://ianethics.com/wp-content/uploads/2015/02/EduBigData-AI1-2015.pdf>

26 סירי - *Siri* סייען של אפל (מוצג כנקבה) <https://he.wikipedia.org/wiki/Siri>

27 אלכסה אמזון - *Amazon Alexa*, https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Alexa

28 קורטנה (מיקרוסופט) - *Microsoft Cortana*

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%99%D7%A7%D7%A8%D7%95%D7%A1%D7%95%D7%A4%D7%98_%D7%A7%D7%95%D7%A8%D7%98%D7%A0%D7%94

29 סייען גוגל *Google Assistant* - <https://assistant.google.com/>

30 אריסטו (חברת צעצועים מאטל) <https://www.cnet.com/products/aristotle-by-nabi/preview>

31 חדרים חכמים <http://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001186368>

לבקשה מפורשת או אף כזו שעשויה לעניין ולהיות רלוונטית במקום, בזמן והלימה למצב רגשי עכשווי³², מידע רלוונטי בזמן אמת באמצעות אמצעים לבישים, ואפילו עצות/מידע רלוונטי בזמן אמת באוזניה במצבים בין אישיים/ אחרים.

סייען ה-**ג** החינוכי הוא חבר לא דמיוני, שמייץ, תומך, מסייע, מעניק מענה לצרכים אישיים במידע כמו גם בהקשבה על סמך לימוד מעמיק של צרכי המשתמש, התנהגותו, אופיו, צרכים לימודיים קונקרטיים וכיוצא באלה. הוא מכיר את המשתמש האנושי בו לעומק אישיותו, מזהה נטיות לב, חולשות וחוזקות, ותוך התאמה ליישום הדרישות החינוכיות הוא מעניק משוב בזמן אמת ללומד, מנגיש ללומד חומרים ואמצעים במגוון מדידות חזותיות, קוליות ותנועתיות, כולל תרגול פורמאלי ולא פורמאלי באמצעות משחק, הדמיות והתאמת הנגישות והסיוע בהתאם לכישורים, מספק הערכה ומשוב שוטפים מבוססי שילוב נתונים כמו זיהוי קולי, תנועות עין, מוטיבציה וניתוח מצב רגשי, כמו גם להלך הרוח הרגעי של הלומד. במקביל מדווח לדרג מוסמך חינוכי (מורה, הנהלת בית הספר, ואף חוצה להם) אודות התקדמות, קשיים, כשלים והמלצות להמשך הלמידה האישית של כל לומד ולומד.

סייען ה-**ג** הוא אמצעי לקידום שיתופי פעולה מועילים ועבודת צוות. אמצעי שמניע את המשתתפים לחשוב על הסברים וטיעונים, לסייע בתמיכה והסברים, לפתור קונפליקטים באמצעות דיאלוג בונה, לעודד את המוטיבציה על ידי הפיכת תהליך הלמידה למעניין ומהנה יותר. **ג** יכולה לסייע ליצור צוותים רלוונטיים בהתאם לרמת הלומד, מטרותיו והעדפותיו ולנתח את תרומת התלמידים לעבודה קבוצתית. סייעני **ג** יכולים לשמש גם בהיבטים חברתיים, בדומה לחזון שילוב רובוטים בשירות המשטרה³³ כסיוע ואף תחליף לכח אנושי, הם יכולים להוות חלק ממרחבי בית הספר, ולתרום כמשכני שלום ומונעי אלימות בבתי הספר, באמצעות זיהוי ארועים חברתיים שליליים, קריאת הבעות פנים, תגובה בהתאם כולל יידוע ושיתוף סגל בית הספר הרלוונטי במידת הצורך.

ג. אינטראקציה לומד-מכונה אנושית

לעיבוד נתוני העתק, ולסייען הלימודי, מצטרפת גם יכולת האינטראקציה האנושית האוטנטית, בדיבור או בכתב, בהתאם להקשר ולצורך. מושג זה מכונה כיום **צ'טבוט**, שנוצר כאן למעלה מספר פעמים. מערכת זו, היא תוסף עדכני לרובוטים וליישומים דיגיטליים שונים. מדובר במערכת בעלת יכולת לנהל שיחה אנושית, כמו גם 'להקשיב ולהבין' את הנאמר, תוך התאמה לסגנון האישי של המשתמש, כחבר לא דמיוני, המצוי אי שם במרחב המקוון. תוספת לכוחר השיח, היא כושר האבחנה של מצבו הרגשי של המשתמש האנושי, התלמיד במקרה זה, כך שהשיח יותאם לסיטואציה הרגשית, תוך גילוי אמפטיה אנושית. המערכת מפענחת את קצב העבודה של התלמיד, את נקודות החוזק והחולשה שלו, את רגעי השעמום, את ההתלהבות, ולומדת כיצד ללמד אותו בהתאם, ובמיוחד כיצד לתת משוב הולם ומידי. יוצרת אינטראקציה במגוון אמצעים קוליים וחזותיים לאתגור, לחיזוק, להנחיה, או אף לתמיכה אישית. מערכת שהיא למעשה החבר הקרוב, המנחה והמורה האישי ביותר בהשוואה לכל מנחה/חבר אנושי. המערכת מכירה לעומק את נתוניו האישיים, המשפחתיים, הרפואיים, רקע, היסטוריה, מקומות הבילוי, תחומי העניין הייחודיים לו, חברים אנושיים וכד'. כבר כיום ניתן לדמיין תלמיד שעומד לרשותו סייען שמאפשר ועונה על שאלות ספונטניות, לאו דוקא

32 Newman D. (MAY 24, 2017). The Case for Emotionally Intelligent AI. *CMO Network*.
<https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2017/05/24/the-case-for-emotionally-intelligent-ai/#4ef899bc7788>

33 Mar G. (Dec 7, 2016) Policing in 2025: How robots will change SWAT, patrol. *PoliceOne*
<https://www.policeone.com/police-products/police-technology/robots/articles/247303006-Policing-in-2025-How-robots-will-change-SWAT-patrol/>

מהתחום הלימודי, לקבל תשובות שנתפרו במיוחד עבורו, להתלונן, לקבל מחמאות, ולחוש שהוא מנהל אינטראקציה אנושית עם חבר קרוב.

לצד כל אלה יש לסייג את הציפיות השגויות מסייען אישי/ אחר שכזה ללמידה, המאחד בתוכו את כושר קבלת החלטות על סמך נתוני-עתק, למידה קבועה של המתרחש, ואינטראקציה אנושית עם התלמיד: לנוכח שטף רעיונות למידה, כמו העלאת מידע וזכרונות לראש הלומד, כאלה שלא היו בו קודם, ללא מאמץ קוגניטיבי-רגשי מצידו. ציפייה זו מופרכת ושייכת לקטגוריה הפנטזיה הבלתי ממומשת, ודאי בעתיד הנראה לעין. נזכיר שאין למידה פסיבית. **ללא אקטיביות מצד הלומד, שיתוף פעולה מלא, יוזמה וחריצות, ללא סקרנות, הנעה אישית ועניין - גם סייען אישי, מתוחכם ודמוי-אנוש ככל שיהיה, לא יגרום ללמידה.**

רובוטיקה בחינוך

רובוטיקה הנו תת תחום של אינטליגנציה מלאכותית, ובהקשרים רבים הנו שם נרדף ל- **במ**, שתופס מקום הולך וגובר בחינוך. בעתיד הקרוב יהפוך לימוד הרובוטיקה, אמצעי לרכישת נסיון והבנה של תחום הבינה המלאכותית. המושג כיום (2017) מכוון למכונות בעלות אמצעים לפעולה בסביבה פיזית, שחלק שילך ויגדל מהרובוטים מופעל על ידי **במ**. מדובר על חיווי חזותי-קולי, תנועתיות, ביצוע עבודה שמחליפה עובדים אנושיים במרחבים שונים וכד'. הרובוטים המודרניים בשטחים רבים מתמודדים בבעיות של עולם האמתי



בסביבות דינאמיות, לא מובנות מראש, ולא צפויות, באמצעות פלטפורמות אוטונומיות במגוון גדל והולך³⁴. רובוט **במ** עדכני היום ובעתיד הקרוב, מאופיין כרובוט שמאתר בעצמו, את הדרך האופטימלית כדי לבצע משימה נדרשת, חיונית למצב הרגעי, בתהליך קבלת החלטות אוטונומי מוחלט. כיום יש התקדמות מרשימה בתחום הרובוטיקה, כתוצאה של שיתוף פעולה בין אקדמיה ותעשייה³⁵, שמבינים שהאתגר העיקרי נעוץ בהתפתחות ה- **במ** שבאמצעותה הרובוט יפעל, ולא דוקא בפיתוח עוד רובוט ייעודי ומוגבל למטרה קונקרטית, במתווה פעולות צר בסביבה מובנית מראש.

הרובוטיקה בחינוך בהבט של עיסוק בהיבט הטכנולוגי לצרכי חשיבה, תכנון ויישום טכנולוגי בפועל, עברה תוך שנים ספורות, מאזוטריה מקצועית של מגזר קטן מאד בקרב הלומדים לצורך הכרות עם מכונות ייצור חכמות, אל סביבות ואמצעי למידה, יצירה, חקר וחשיבה מתקדמים סביב התקנים רובוטיים. בלמידה כזו, תכנון, בנייה, שיפור וכד', ניתן דרור ליצירתיות ולכושר ההמצאה של תלמידים. עם זאת יש להעיר שכיום (2017) העיסוק החינוכי הקיים ברובוטיקה (תכנון, הפעלת התקנים לתנועה וביצוע פעולות מורכבות יחסית) איננו עדיין חלק מתחום ה- **במ**. כיום, עומדים לרשות מורים ותלמידים שעיסוקם הוא תכנון, בניה ושימוש בדגמים בסיסיים מוכנים של רובוטים, ארגזי כלים ייעודיים של יישומי תכנות מודולריים³⁶, כמו גם של חומרה, שניתן להתאימם למטרות של הרובוט הנבנה, ולא מחייבים ידע גדול ועמוק בתחום בהבטים מתמטיים ותכנותיים שאין עדיין בידי תלמידים, וכלים אלה, למרות מורכבותם, אינם ככללים עדיין, בקטגוריה של **במ**.

³⁴ Kaul A. (January 11, 2017) CES 2017: Family Robots, Toy Robots, Service Robots, and Autonomous Cars. *TRACTICA*. <https://www.tractica.com/robotics/ces-2017-family-robots-toy-robots-service-robots-and-autonomous-cars/>

³⁵ <http://www.rethinkrobotics.com/videos/>

³⁶ Algorithm Toolbox for Autonomous Mobile Robots. Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung. <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/21022/>

עם ההתפתחויות המהירות בתחום ה-**מ**, יהיו רובוטים עדכניים שיגיעו אל סף מערכות החינוך בעתיד הלא רחוק, שיהיו אמצעי לקבלת החלטות מנתוני עתק (ביג-דאטה) חינוכיים, סייען חינוכי עם תקשורת אנושית אוטנטית.

אתיקה, חינוך ובינה מלאכותית

לא ניתן לסיים את הדיון על שילוב **מ** בחינוך, ללא התייחסות לאתגר המרכזי, שיעמוד גם כמכשול בהמשך הדרך, ביישום מהיר במגוון תחומים של מכוונת **מ**. עוד בתחילת פריחת השיח אודות **מ**, לפני למעלה מיובל שנים, חוקרים והוגים עמדו על כך, שאתגרי האתיקה, ההבטים המוסריים העולים מתוך שימוש ב-**מ**, הם עצומים. למעשה נפתח בפנינו תחום ערכי חברתי ואישי, שרובו הגדול עדיין לא חשוף למודעות היוזמים וודאי לא לציבור. האסוציאציה המיידית שעולה ביחס למגבלות אתיות שיש להשית על בינה מלאכותית קשורה לחשש שלא ניתן יהיה בעתיד להבחין בין אדם למכונה. החשש הכבד שהתנהלות במ היא לא אנושית דיה, וצרכני המערכות המלאכותיות יפגעו. בפועל, תאגידי הטכנולוגיה משתפים פעולה במטרה לבחון איומים מעשיים וקיימים: למשל, האתגר החברתי כלכלי הגדול העומד לפתחנו, בו רובוטים שמחליפים כבר היום את מקומות העבודה של מיליוני בני אדם, חשש מאבדן שליטה אנושית במסגרות העבודה ועצם המפגש האנושי עם הרובוט, או "הרובוט" שבתוכו, הוגנות וניטרליות של ה-**מ**, חלוקת העושר הנוצר על ידי מכוונות, השפעת האינטראקציה המלאכותית על ההתנהגות והאינטראקציה האנושית, השארת שליטת האדם במערכות הטכנולוגיות, אבטחת הסייבר וכד'.³⁷

לא ברור עדיין עומק ההשלכות על החברה האנושית ועד כמה הן משמעותיות, ואילו שינויים יתרחשו כתוצאה מכך, כולל הזהודי המשנה על כלל תחומי החברה-כלכלה ותרבות.

עד שלא נפתור בעיות סבוכות ומרכזיות, כמו העקרונות האתיים לפיהם יתנהלו אופן קבלת ההחלטות והפעולה של מכוונות אוטונומיות, באינטראקציה עם אנשים ו/או עם סביבה אנושית, לא ניתן יהיה להשתמש ב-**מ** באופן שלכאורה הוא חופשי ופתוח. למעשה כבר כיום, בראשית הדרך של שילוב **מ**, התגלו כשלים אתיים מורכבים בולטים בכל הקשור לרכב אוטונומי למשל, שאין להם פתרונות של ממש, והשאלה הגדולה היא על מה יתפשרו. כך גם באלגוריתם הסיון של פרסומים בעיתיים במדיה החברתית, שכושלים מידי פעם בחוסר ידע של אסוציאציות תרבותיות חברתיות, ומכאן גם אי-יכולת ההבחנה המוסרית בין טובת הפרט לרווחת הכלל. החשש הגדול שכבר מתממש לנגד עינינו הוא ששילוב גובר של מכוונות **מ** אוטונומיות, הוא על חשבון זכות אזרחית בסיסית, רווחה וטובת הפרט.

הפער בין שיקול מוסרי אנושי להחלטה מוסרית של מכונה מלאכותית, עומד כבר עתה כמכשול להתפתחות, כמו גם פתיחת מרחבים חדשים של שימוש. כבר כיום חוקרים מגוגל, פייסבוק, אמזון, יבמ ומייקרוסופט, בשיתוף עם אוניברסיטת סטנפורד, מנסחים כללים אתיים לשימוש בבינה מלאכותית.³⁸

37 = Bossmann, J. (21/10/2016). Top 9 ethical issues in artificial intelligence. *World economic form*. <https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-10-ethical-issues-in-artificial-intelligence/>
= Chesson, M. (31/3/2017) The AI Policy Landscape. Medium <https://medium.com/artificial-intelligence-policy-laws-and-ethics/the-ai-landscape-ca8a8b3c3d5d>

38 MARKOFFSEPT. J. (SEP 1, 2016) How Tech Giants Are Devising Real Ethics for Artificial Intelligence. *The New-York Times*. https://www.nytimes.com/2016/09/02/technology/artificial-intelligence-ethics.html?_r=0

מתקוונים לאתיקה מתכוונים לטוב

שומרים על האתיקה ועושים טוב גם במרחב המקוון

מילות המפתח *Ethics Artificial Intelligence* מגלות כבר כעת מרחב עיסוק עצום בכל תחומי החברה, הכלכלה והתרבות. ראו למשל סקירה מעמיקה בנושא (באנגלית) "[מעבר לאינטליגנציה מלאכותית-היעלמות הפער אדם-מכונה](#)"³⁹, שהיא חורגת מתחום הדיון הנוכחי. נמצא אם כן, שבתחום החינוך מצפים אתגרים אתיים עצומים, הראויים לסקירה נרחבת בבא העת, כשה-**נמ** תתחיל להפוך לבת-בית בכתה.

לסיכום

נמ - בינה מלאכותית, תחדור לחינוך ובגדול- וזו היא רק ההתחלה. כמו כל טכנולוגיה, גם ל-**נמ** פנים רבות, חיוביות, אתגריות ושליטיות, וככל שמערכת החינוך תקדים לצרוך ולנווט אותה בהתאם לצרכיה, היא תרוויח מיתרונותיה ותהיה מודעת בזמן אמת, לבעיות העולות מיישום ה-**נמ** והתמודדות עמן. שילוב ה-**נמ** ישנה את אופני החינוך הקיים, וזו אינה בחירה או תלויה החלטה ומדיניות. מן הראוי יהיה להכיר את התחום, המצוי והרצוי, ולפעול כבר עתה לשם היערכות בהכרת הנושא והשלכותיו העצומות על פני החינוך. מצד שני להיזהר. לא לתת מקום גדול מדי לחששות שמדובר במערכות "לא אנושיות" שיחליפו אנושיות, מגע, חום והבנה. כמו כן, לא להיסחף לפנטזיות טכנולוגיות עתידיות, ממילא לא תורמות לנושא, ומתימרות לעסוק בקשר מכונה-מח אנושי, שהיתכנותו עדיין לא הוכח, ברמת קוגניציה וזיכרון. מן הראוי שהנהגה חינוכית החל מרמת מדינה עד לרמה בית ספרית, תחל להתייחס בכבוד ראש לאתגרים העצומים, להבטחה הגדולה של שילוב **נמ** בחינוך.

ונסיים באמירה הנשנית וחוזרת שלנו: לא בינה מלאכותית, לא רובוטים ולא שום אמצעי טכנולוגי יחליפו את המורים, אלא יסייעו להם להיות מורים טובים יותר ולבצע מלאכתם שאין לה תחליף, ביתר יעילות. ■

המאמר נכתב במסגרת מיזם "מתקוונים לאתיקה", 2017. [תנאי שימוש במאמר ובתוכנו](#)

מתקוונים למדיה חינוכית בחינוך



מתקוונים לאתיקה



ראו אותנו גם בפייסבוק.



נודה להערות בונות וגם לפרגון netiqwiki@gmail.com

³⁹ Beyond Artificial Intelligence - The Disappearing Human-Machine Divide. Editors: Jan Romportl, Eva Zackova, Jozef Keleme. *Topics in Intelligent Engineering and Informatics* Volume 9 2015. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-09668-1>