

פרק 4

טכנולוגיות נתמכות ותומכות

רובוטיקה

תחום הרובוטיקה קיים משנות ה־60 של המאה ה־20. עם השנים והודות להתפתחויות טכנולוגיות, יכולותיהם של הרובוטים השתכללו ורובוטים מהדור הרביעי השייכים לתחילת המאה ה־21 מסוגלים לנתח מצבים חדשים, לבחון את סביבתם ולפעול בהתאם. חלקם אפילו מסוגל להתייחס לרגשות אנושיים. ההתפתחות בבינה המלאכותית מהווה נדבך חשוב בהתפתחות הרובוטיקה, שכן היא ה"מוח" ששולט בגוף הפיזי של הרובוט, ועם ההתקדמות בה חל שיפור גם בתפקודם ובפעילותם של הרובוטים. רובוטים מסוגלים לבצע מגוון רחב של משימות – נהיגה אוטונומית, שינוע סחורות, ייצור מוצרים, ניקיון ומשימות נוספות רבות בתחומי חיים מגוונים. רובוטים מסייעים לביצוע משימות שנכללות במסגרת "The 4 D's": משעממות (Dull), מלוכלכות (Dirty), מסוכנות (Dangerous) ויקרות (Dear).⁷⁷ לאור זאת, בשני העשורים החולפים נכנסו רובוטים רבים לשימוש ביטחוני באוויר, בים וביבשה. ככל שהאוטונומיות של המערכות הרובוטיות הולכת ומתרחבת, כך גוברים גם פוטנציאל השימוש בהן מחד גיסא, אל מול המורכבות של הסוגיות המשפטיות והאתיות ששימוש זה טומן בחובו, מאידך גיסא.

נחילים

אינטליגנציית נחילים היא תחום בינה מלאכותית שהתפתח על בסיס חיקוי בעלי חיים הפועלים בקבוצות בטבע, דוגמת דבורים ונמלים. חברי הנחיל חולקים אינטליגנציה משותפת המתעלה על זו של כל פרט בקבוצה. התפתחויות בתחום העיבוד, הרשתות ועיצוב הממשק אפשרו לתוכנה ולחומרה לחקות את תהליך קבלת ההחלטות של הנחיל. מערכות בינה מלאכותית אלו מקבלות מידע מכלל החלקים המחוברים, כאשר כל אחד מהם מספק מידע ייחודי, ועל סמך זאת מתקבלת ההחלטה המיטבית לקבוצה כולה.⁷⁸ בדארפ"א למשל עוסקים בפיתוח נחילים כבר תקופה ממושכת, ובעת האחרונה מתמקדים בשיתוף פעולה בין נחיל לאדם.⁷⁹ אחד הניסויים שהודגמו

על ידי דארפ"א הוא פעולתו של נחיל בעל יכולת "החלמה", משמע יכולת להוציא לפועל בהצלחה משימה, גם אם חלק מהפרטים בקבוצה נפגעו או הושבתו. במקרה כזה מחשב הנחיל את פעולתו מחדש ומוציא לפועל את המשימה על סמך הנתונים החדשים. מכאן יתרונו של הנחילים על פני צורות פעולה מבוססות כלים יחידים.⁸⁰

אינטראקציית אדם-מכונה

תחום זה כולל מגוון תת-תחומים של בינה מלאכותית המאפשרים אינטראקציה נוחה ויעילה בין מכונה לאדם, ובכלל זה ניתוח שפה טבעית, צ'ט בוטים, ניתוח רגשות אנושיים ועוזרים אישיים דוגמת סירי ואלקסה.⁸¹ החיבור בין אדם למכונה נעשה תוך חיבור צוותים של אדם ורובוט; של אדם ותוכנת בינה מלאכותית כאמצעי להגברת היכולות האנושיות; ופעולה כישות אחת שמשופרת מבחינה קוגניטיבית ופיזית בעזרת יכולות של מכונה. בהקשר הביטחוני, צבאות בעולם מחפשים דרכים לייעל את האינטראקציה בין אדם למכונה וליצור צוותים משולבים, שישנו את אופן התכנון והלחימה ויחזקו את העוצמה הביטחונית.⁸² כשם שקורה בתחומים נוספים, בתחום זה קיימת חשיבות רבה ליכולת של אדם יחיד לשלוט במספר רב של כלים באופן האינטואיטיבי והפשוט ביותר, או לשתף איתם פעולה כדי לאפשר זמני תגובה קצרים. לשם כך מפותחים גם ממשקים שונים ובתוכם ממשק מוח-מכונה.

ממשק מוח-מכונה

ממשק מוח-מכונה הוא שם כולל למכשירים המאפשרים לתקשר עם מחשבים באמצעות פעילות מוחית בלבד; הם מתרגמים מידע נוירוני לפקודות לצורך שליטה בתוכנה או בחומרה. השאיפה היא שפיתוחים מתקדמים של הממשק יאפשרו לאנשים לתקשר באמצעות גלי מוח ו"לקרוא את המחשבות של זה".⁸³ מרבית הממשקים הקיימים פותחו לשימושים רפואיים, ביניהם שתל קוכליארי (התקן שמיעה) וגפיים רובוטיות. היזם אילון מאסק הודיע בשנת 2018 על השקעה של 27 מיליון דולר ב-Neuralink – חברה שמבקשת לפתח ממשק מוח-מכונה שישר את התקשורת האנושית על ידי חיבור אלקטרודות למוח וחיבורו ליכולות מחשוב.⁸⁴ כמוהו, יש הרואים בממשק מוח-מכונה אמצעי לשיפור היכולות האנושיות ולהתמודדות עם האיום הגובר על האנושות, שמציבה לשיטתו הבינה המלאכותית. גם לפיתוח זה פוטנציאל ביטחוני. בדארפ"א למשל פועלים לשיפור היכולות הקוגניטיביות של חיילים באמצעות ממשקי מוח-מכונה מתאימים.⁸⁵ טכנולוגיה זו נסמכת במידה רבה על מערכות בינה מלאכותית שמאפשרות זיהוי דפוסים, למידה מהסביבה והתאמת התגובה לכל אלו.⁸⁶

נתוני עתק (ביג דאטה)

ההתפתחות בתחום הטכנולוגי וריבוי מחשבים ורכיבים דיגיטליים מסוגים שונים, כולל רכיבים בתחום האינטרנט של הדברים, מובילים להיווצרות כמויות עצומות של "חתימות דיגיטליות" בעולמנו, אשר באות לידי ביטוי כנתוני מיקום (GPS), תמונות, טקסט ובדרכים נוספות. על פי נתון משנת 2018, מדי יום נוצרים 2.5 קוֹיִנְטִילִיֹן בייטים (שהם 2.5 מיליארד מיליארדים) של מידע, וקצב זה ממשיך לעלות.⁸⁷

המושג ביג דאטה או נתוני עתק מתייחס לאותן כמויות עצומות של נתונים, אולם קיימת יותר מהגדרה אחת לנושא. יש הרואים בו מאגר נתונים גדול ומורכב במיוחד, שניהולו וביצוע מניפולציות עליו כרוך באתגרים לוגיסטיים, שכן לא ניתן לעשות זאת באמצעים וביישומים מסורתיים לעיבוד נתונים.⁸⁸ אחרים מתייחסים לכך כאל קבוצת טכניקות סטטיסטיות שמסוגלות לזהות דפוסים במערכי נתונים ענקיים.⁸⁹ אותם מאגרי נתונים מהווים כיום תנאי יסוד לאימון של בינה מלאכותית, משום שניתוח שלהם יכול ללמד על דפוסים משמעותיים ובעלי ערך, והדבר למעשה מהווה במקרים רבים צוואר בקבוק בפיתוח יישומים מסוימים.

מחשוב-על

המונח מחשוב-על אינו חד-ערכי ולמעשה מדובר במונח יחסי לתקופה, המתייחס למחשבים בעלי יכולות חישוב עוצמתיות שניצבים בראש הדירוג העולמי באותה עת. בעוד מחשבי-העל הראשונים היו בעלי כוח עיבוד של קילופלופס אחדים,⁹⁰ המחשבים החזקים כיום מגיעים ל-34 פטהפלופס ($10^{15} * 34$ פלופס). כמעט כל מחשבי-העל של ימינו משתמשים בעיבוד מקבילי – מספר רב של ליבות המחוברות זו לזו ברשת מהירה. לרוב מחשבי-על מיועדים לפתרון בעיה יחידה באמצעות חישוב ספציפי. מחשבי-על מועילים גם לחישובים תאורטיים הדרושים לפיתוח נשק גרעיני, ולכן קיימות מגבלות על ייצורם והפצתם בזירה הבינלאומית.⁹¹ נשמעו טענות שלפיהן הדור הבא של הבינה המלאכותית ניצב מול בעיית מחשוב-על: העולם הדיגיטלי מכפיל את נפחו כל שנתיים, וכדי להתמודד עם כמויות אדירות של דאטה תוך ביצוע משימות שונות ויצירת מתודות אימון שונות, נדרש כוח מחשוב אדיר. ייתכן שמחשוב-העל, המתאפיין בארכיטקטורה הניתנת להרחבה ומונעת בזבוז, עשוי לענות על הצורך הזה עבור בינה מלאכותית ולאפשר קפיצות מדרגה נוספות בתחום.⁹²

מחשוב קוונטי

מערכות בינה מלאכותית מסוימות מצריכות יכולות עיבוד ומחשוב שיוכלו לתמוך בתהליכי אוטומציה והתמודדות עם מערכי נתונים ענקיים.⁹³ לשם כך יש צורך בחומרה חזקה מאוד, לעיתים מעבר למערכות המחשוב הקיימות כיום, מה שמשאיר רעיונות

מסוימים בתחום הבינה המלאכותית כחשובים תאורטיים בלבד. עבור בעיות שעוברות סף מסוים של מורכבות וגודל דרוש כוח מחשוב חזק בהרבה לפתרון, ומחשוב קוונטי נוצר כדי להתמודד עם אתגרים שלא ניתנים לעיבוד באמצעות מערכות מחשוב קלאסיות. מחשבים קוונטיים עושים שימוש בתופעות ייחודיות של מכניקת הקוונטים, בהן סופרפוזיציה ושיזירה קוונטית, כך שנוצרות יכולות מחשוב גבוהות.⁹⁴ בעוד מחשבים "קלאסיים" מבצעים חישובים באמצעות שימוש בביטים בינאריים, מחשבים קוונטיים משתמשים בקיוביטים, שמתקיימים בסופרפוזיציה בכל המצבים האפשריים (כלומר יכולים להיות גם 0 וגם 1 במקביל), וכך מאפשרים יתרון מערכי (אקספוננציאלי) ביכולות מחשוב.⁹⁵ טכנולוגיות קוונטיות יוכלו לבסס פרדיגמות חדשות באופן שבו מידע נאסף, מאוחסן ומעובד, ויספקו כלים משופרים לאבטחה, למחשוב ולמידה.⁹⁶ למעשה, מהפכת המחשוב הקוונטי טומנת בחובה לא רק שיפור אלא גם פוטנציאל "שיבוש", שכן היא עשויה להפוך על פיה את כל ההצפנה המקובלת וכך לגרום לקריסת המערכות הנמצאות בשימוש כיום.⁹⁷

מחשוב ענן

מחשוב ענן הוא מודל המאפשר גישה לפי דרישה מכל מקום למאגר משותף של משאבי מחשוב, ובכלל זה רשתות, שרתים, אחסון, יישומים ושירותים.⁹⁸ שירותים אלו מאפשרים שימוש במשאבים לפי הצורך באמצעות מחשב מרוחק המחובר לרשת. המשתמשים בענן אינם צריכים לרכוש ולנהל בעצמם משאבי ומערכות מחשוב אלא שוכרים אותם, כשירות שאותו הם יכולים להתאים לצורכיהם בעלות נמוכה יחסית.⁹⁹ ישנם כמה סוגי שירותים – תשתית כשירות (המשתמשים מקבלים משאבי מחשוב לשימוש, דוגמת אחסון ועיבוד), פלטפורמה (המשתמשים מקבלים משאבי מחשוב וכלים הנתמכים על ידי הספק), ותוכנה (במקום רכישת תוכנה והתקנתה, שירותי התוכנה של הספק מתקבלים דרך רשת תקשורת באמצעות אירוח באתר הספק).¹⁰⁰

מחשוב ענן אוגר כמויות רבות של נתונים, שמערכות בינה מלאכותית יכולות לגשת אליהם לצורך אימון או קבלת החלטות. נוסף על כך, השיפור ביכולות של הבינה המלאכותית עשוי להניב נתונים חדשים, שיוזנו לענן ויסייעו למערכות בינה מלאכותית אחרות ללמוד. למעשה, הענן מאפשר כוח חישוב ויכולות התמודדות עם מערכי נתונים גדולים עבור הבינה המלאכותית.¹⁰¹ עם זאת, יכולת הגישה אליו מוגבלת על ידי תשתיות אינטרנטיות ועל כן לא בכל מקרה ניתן להשתמש בשירותי ענן, משום שקצב העברת המידע עשוי להיות מוגבל ביחס לצורכי המערכת.

5G – רשתות דור חמישי

השימוש הגובר במכשירים ניידים וחיבורם של נוספים לרשת מעלה דרישה להזרמת נתונים מהירה ולאספקת שירותים אמניים, המסוגלים להתמודד עם תנועה רבה ברשת. רשתות 5G סלולריות אמורות לענות על הצורך הזה, להרחיב במידה ניכרת את רוחב הפס ולהביא לשיא חדש את מהירויות ההורדה ל-20 ג'יגה בייט בשנייה, לעומת ג'יגה בייט יחיד בשנייה שמתאפשר ב-4G.¹⁰² רשתות 5G צפויות לאפשר לספקים להרחיב שירותים הניתנים לצרכנים (למשל, הזרמה של וידאו או יישומי מציאות וירטואלית), לתמוך במספר ההולך וגדל של המכשירים המחוברים לרשתות (למשל ריבוי חפצים בתחום האינטרנט של הדברים – IoT), לתמוך בשימושים תעשייתיים חדשים (כדוגמת חיישנים תעשייתיים), לבצע ניתוחי נתונים מתקדמים ולאפשר שימוש בטכנולוגיות מתקדמות דוגמת כלי רכב אוטונומיים.¹⁰³ רשתות 5G יכולות לאפשר ולשפר את הביצועים של מערכות בינה מלאכותית; הן מספקות את התשתית להעברת כמויות אדירות של נתונים עבור בינה מלאכותית, וכך מסייעות לשיפורה. הבינה המלאכותית מספקת יכולת להבין את המורכבות של רשתות 5G ואת המידע שהן מייצרות,¹⁰⁴ כך שמתקיים כאן קשר הדדי.