



על בינה מלאכותית ולמידת מכונה

בעזרת למידת מכונה מערכות ממוחשבות יכולות ללמוד, לבצע משימה או לקבל החלטה, ללא התערבות אנושית ובלי להיות מתוכנתות מראש באופן מפורש על-ידי אנשים. מהם היישומים העתידיים של למידת מכונה וכיצד הם ישפיעו על חיינו? | פרופ' שרית קראוס

תרון בעיות "קשות", שבינתיים רק אנשים מסוגלים לפתור ואילו אלגוריתמים רגילים במדעי המחשב לא מסוגלים כרגע לתת להם פתרונות טובים מספיק, תוך זמן סביר. שימוש בשיטות של בינה מלאכותית נפוץ היום בכל תחומי החיים שלנו. אם עד לפני שנים לא רבות העין האנושית נתפסה כמערך מורכב של קליטה פיזיקלית ועיבוד נוירו-כימי, שמשיגים זיהוי ועיבוד נתונים תוך מיקרו-שניות, היום מחשבים, בתחום התחבורה לדוגמה, יכולים לזהות מספרי רכב שחולפים בכביש במהירות של 120 קמ"ש. הם גם יכולים לנבא את מהירות

והפעלת כוח שמאות בני אדם יחד לא יכלו להגיע אליו. מכונות יכולות לרחף, לטוס לחלל, לחפור אל מעמקי האדמה ולחבר בין קצוות תבל, אבל הן עדיין לא יכולות לעשות את הדברים הפשוטים ביותר שפעוט בן ארבע לומד לעשות באופן טבעי: להביע רגש באמצעות שינויים זעירים בתווי הפנים, להבין בדחיה שמעולם לא סופרה קודם ולחוש אמפטיה.

לנבא מהירות תנועה ולנטרל טרור

בבינה מלאכותית אנחנו מפתחים שיטות ממוחשבות לפ-

ינה מלאכותית (artificial intelligence) היא תחום מדעי שמנסה לשלב בין הטוב שבשני העולמות. בין עולם בני האדם - על יכולתו המורכבת והמופלאה ללמוד, לחוש, ליצור, לתעדף, להגיע לתובנות מקוריות, ולשלב באופן מושכל בין פיסות מידע הנקלטות במוחנו ממקורות שונים - ובין עולם המחשבים והמכונות, שצועד בצעדי ענק לקראת יכולות חישוביות אין-סופיות, דיוק מיקרוסקופי כמעט בלתי נתפס, עבודה רציפה ללא ליאות, גישה למאגרי מידע עצומים, הימנעות מהטיות רגשיות ומסקנות לא רציונליות,

סטארט-אפ ישראלי פיתח דור חדש של בינה מלאכותית הלומדת ללא עזרה מאדם

ליילודים המתבוננים בסביבה ומתחילים להבין מושגים מהעולם. כך הטכנולוגיה שלנו יכולה לעבוד עם נתונים שבלתי מובנים למחשב והוא לא הוכן לקלוט אותם או להתייחס אליהם. בדיוק כמו במוחו של ילד הנחשף לדברים חדשים ביותר ולומד אותם תוך כדי תנועה. איסוף המידע מאפשר לתוכנה לבנות עם הזמן יכולת הבנה מורכבת לעולם סביבה, כך המערכת נהנית מלמידה ללא פיקוח באופן בלתי מוגבל, בדומה לתהליך המתרחש אצל בני האדם באופן אוטומטי וטבעי". קרינה אודינייב, סמנכ"ל קורטיקה ומייסדת-שותפה, הוסיפה: "מאחר והתוכנה לומדת לבד דה על התנהלות הסביבה בזמן אמת היא לא צריכה להמתין לעדכון תוכנה תקופתי כדי לשפר את יכולותיה. טכנולוגיה זו נחוצה לעשרות השנים בהן העולם יעבור מנהיגה ידנית לאוטונומיות מלאה ומחשבים יצטרכו להתמודד עם אנשים שמבצעים פעולות לא צפויות על הכביש".

טכנולוגיה שפותחה בישראל מאפשרת למחשבים ללמוד באופן עצמאי על העולם סביבם ללא עזרת אדם, ואף ללמד מחשבים אחרים את התובנות שהשיגה. לא מדובר במדע בדיוני אלא במדעי המוח ואת פריצת הדרך השיגה חברת קורטיקה הישראלית שפרצה למוח חי בניסוי בטכניון והעתיקה את פעילות הנוירונים במוח לתוכנה. הטכנולוגיה החדשה נקראת "בינה מלאכותית אוטונומית" ומאפשרת למחשבים ללמוד ללא השגחת בני אדם, בניגוד לבינה מלאכותית רגילה הפועלת על בסיס מידע שאדם הזין לתוכנה. הפריצה למוח שיקפה למתכנתים כיצד המוח עובד עם מידע חזותי, כדי שיעניקו גם למחשבים את היכולת להבין את העולם על בסיס מידע חזותי באופן בלתי מוגבל, כפי שאנו בני האדם עושים מלידה בעזרת מוחנו. לדברי יגאל רייחלגאוז, מנכ"ל קורטיקה ומייסד-שותף: "אפשר להשוות את פעילות התוכנה

האתגר של מערכות לומדות

תחום מחקר ספציפי זה, שנקרא למידת מכונה (machine learning) מעורר הרבה עניין בשנים האחרונות. בעזרת למידת מכונה מערכות ממוחשבות יכולות ללמוד, לבצע משימה או לקבל החלטה, ללא התערבות אנושית ובלי להיות מתוכננות מראש באופן מפורש על-ידי אנשים. ברוב המקרים המערכת הממוחשבת מנסה ללמוד פונקציה. לדוגמה, כבר עכשיו מחשבים יכולים ללמוד פונקציה המקבלת כקלט שתי תמונות, ולהחזיר כפלט תשובה האם התמונות הן צילום של אותו אדם או לא. הם יכולים לקבל כקלט מקטע של כביש, יום וזמן ולהשיב לנו כמה זמן ייקח למכונית לעבור את המקטע. היא יכולה לקבל מצב משחק בשחמט ולומר מה הפעולה הטובה ביותר שכדאי לבצע במצב משחק זה.

שיטות למידת מכונה הנפוצות ביותר כיום הן שיטות למידה "בפיקוח" (supervised learning). בשיטות אלה מערכת המנסה ללמוד פונקציה מסוימת מקבלת דוגמאות מתוייגות של הפונקציה ומשתמשת בהן כדי לדעת, בסופו של דבר, לזהות ולתייג בעצמה. לדוגמה, כאשר מחשב לומד לפענח כתב יד, אלגוריתם למידה בפיקוח מקבל אלפי תמונות של ספרות ואותיות שנכתבו בסגנונות ועל-ידי ידיים שונות, יחד עם תגיות המכילות את המספר או האות הנכונים לכל תמונה מייצגת. האלגוריתם ילמד

את הקשר בין התמונות והמספרים המיויכים אליו וישם את הקשר הנלמד הזה כדי לסווג תמונות חדשות לגמרי (ללא תוויות) שהמחשב לא ראה קודם לכן. בעזרת למידה זו כל אחד מאיתנו יכול להפקיד המחאה על-ידי צילום תמונה עם הסמארטפון. ללימוד שחמט, או משחקי לוח אחרים, המערכת תקבל אוסף דוגמאות שמאסטרים מומחים בחרו כפעולה הטובה ביותר למצבים שונים וכבר תלמד להשתמש בדוגמאות אלה כדי לשחק יותר טוב מכל המאסטרים גם יחד.

נזכור שכבר בלימודינו בבית ספר היסודי למדנו איך לחשב את הפרמטרים של פונקציות פשוטות כמו $f(x)=ax+b$ במקרה זה נדרשות רק שתי דוגמאות לקביעת הפרמטרים a ו- b . והשיטה (שניתן למחשב) היא מאוד פשוטה. האתגר של מערכות לומדות הוא להשיג תוצאות דומות כאשר הפונקציה מאוד מורכבת, המבנה שלה לא ידוע ואף סוג הפרמטרים שלה לא ידועים, למשל, בתחום האבחון הסרטני והרפואה המתמדת אישית.

למידת מכונה ורובוטים ביתיים

אחת השאלות המטרידות בנוגע ללמידת מכונה היא כיצד לוודא שהפונקציה שנלמדה באמת תואמת את הפונקציה המקורית. בשלב זה, בדומה להתנהגות של אנשים במשימות מורכבות, עדין אין הבטחה שהפונקציה הנלמדת תמיד תהיה נכונה, אבל המערכות הולכות ומשתפרות. הגורם המשפיע ביותר על מידת הנכונות של פונקציה נלמדת הוא מספר הדוגמאות שנעשה בהן שימוש בזמן הלמידה. ככל שמספר הדוגמאות גדל והפיזור שלהן דומה לפיזור הדוגמאות שבה יעשה שימוש בפונקציה הנלמדת בעתיד, הנכונות של הפונקציה הנלמדת על דוגמאות העתיד תגדל. לדוגמה, באימות האם שתי תמונות הן של אותו אדם, כאשר משתמשים ב-260 מיליון דוגמאות של תמונות ניתן להגיע לדיוק מדהים של 99.60% עם



שרית קראוס | צילום: יח"צ

התנועה במקטעי כביש, כמו למשל באפליקציות כמו ווייז, וכמובן - הדוגמא החמה ביותר בימים אלה - לנהוג בכבישים באמינות ומהימנות שנפגעת רק כאשר בני אדם מחליטים להתערב ולקחת את ההגה לידיים.

אם עד לאחרונה רק בני אדם יכלו לזהות, באמצעות שילוב בין מידע ואינטואיציה, מתי מישוהו מרמה אותם, היום - בתחום הבנקאות, למשל - מערכות לגילוי רמאויות בכרטיסי אשראי משתמשות בשיטות של בינה

מלאכותית כדי לשמור על כספינו. גם בתחום שנחשב למניפולטיבי, גחמתי ורגשי במיוחד - פרסום - גוגל, אמזון ופייסבוק מצליחות לשתול במוחנו תשוקות לקניות בדיוק בזמנים ובמקומות המתאימים, שיגרמו לנו "לשלוף" את כרטיס האשראי (שמערכות בינה מלאכותית כאמור הפכו אותו לכטוח ומוצפן מספיק) ולבזבז את הכסף שנכנס לחשבונות הבנק שלנו באמצעות מערכות בינה מלאכותית מסוג אחר.

בתחומי הביטחון והמלחמה בטרור, בינה מלאכותית יכולה לנטר ולפטרל בשיטות שיערימו ויפתיעו מחבלים. היא יכולה להגלות רשתות טרור בעודן מתגבשות, לזהות מפגעים תוך מינימום פגיעה בחפים מפשע, לחשוף מנהרות ולהבחין בין רקטה שתוביל לאסון ובין כזאת שתיפול בשטח פתוח.

הבינה המלאכותית גם יודעת להבחין עבורנו בין עיקר לטפל בתיבת הדואר הנכנס שלנו ולחסוך מאיתנו ספאם מעצבן. מספיק שמישהו, איפה שהוא, יסמן מייל כמטרוד ולא רלוונטי והאלגוריתם כבר ידע מה לא מעניין את רובנו. יותר מזה, באמצעות בינה מלאכותית המחשב יכול ללמוד לבד, מבלי שתוכנת לכך, לקבל קלט אימייל מכל סוג ולהכריע האם מדובר בספאם.

סטיית תקן נמוכה של 0.09.

מבין השיטות הרבות ללמידת מכונה מדוגמאות מתוייגות, השיטה של למידה עמוקה (deep learning הפכה למהימנה והמצליחה ביותר בשנים האחרונות. שיטת הלמידה העמוקה משתמשת ברשת נוירונים (neural network) לייצוג הפונקציה הנלמדת ומנסה בעזרת הדוגמאות ללמוד את המשקולות של הרשת (שהם בעצם הפרמטרים של הפונקציה). מבנה של רשת נוירונים הוצג לראשונה בשנות ה-40 של המאה הקודמת, אולם רק לאחרונה כשמספר הדוגמאות שאפשר למצוא גדל מאוד וכוח החישוב גדל אף הוא, ניתן להשתמש ברשתות מאוד גדולות וללמוד את הפרמטרים שלהם.

מבין היישומים היצירתיים ביותר של בינה מלאכותית הרובוטים הם אלה שמשלהבים את הדמיון במיוחד. כולנו מכירים את שואב האבק הרובוטי הביתי, שמצוייד במצלמה וחיישנים המאפשרים לו להימנע מהיתקלות בחפצים ורק לנקות סביבם בדיוק מילימטרי. הרובוטים האלה הם רק טעייה מה קטנה ממה שהרובוטים של העתיד יוכלו לעשות בבתינו שלנו. בזמן שחברות מערביות הולכות ומזדקנות, מדעני בינה מלאכותית פועלים במרץ לבניית רובוטים רב-תכליתיים, פונקציונליים, ואוטונומיים לחלוטין, שיוכלו לטפל ולעזור לקשישים בהתאם לצרכיהם, מנהיגים והעדפותיהם המגוונות. רובוטים אלה יבצעו מטלות מורכבות, תוך הבנת הדינמיקה שבין אדם ומכונה, ויספקו לא רק עזרה אלא גם ליווי וסוג של חברה.

כדי להגיע להישגים אלה יעשה שימוש, בנוסף ללמידה ב"פיקוח" מדוגמאות מתוייגות, גם בלמידה "מניסיון" (reinforcement learning) בצע משימות ולומדת מהצלחותיה ומכישלונותיה. ידי ניסיון לבצע משימות יכול להיות מאוד יקר, והמערכת צריכה להחליט האם הסיכון כדאי לעומת הסיכוי לרווח שהלמיה תביא.

שיאים חדשים

כמו הבינה האנושית, שלא מסתמכת רק על מוחו של חור שב אינדיווידואלי, אלא מגיעה להישגים ותובנות באמצעות שיתוף פעולה בין מוחות, כך גם תחום הבינה המלאכותית מגיעה לשיאים חדשים במחקרים העוסקים באיסוף מידע, חלוקת משימות והקצאת משאבים בתוך מה שנקרא "מערכת מרוכבת סוכנים".

כמי שחוקרת בינה מלאכותית כבר 35 שנה אני מודעת לכך שלא כל התקוות שנתלו במכונות חושבות התגשמו. עם זאת, עומדים לרשותנו כיום לא מעט יישומים רפואיים, תחבורתיים ומדעיים מדהימים אותם לא העלנו בדעתנו בימיה הראשונים של הבינה המלאכותית. ההבנה שהולכת ומתרחבת היא שכדי שהבינה המלאכותית תגיע רחוק מחר עלינו לאסוף כמה שיותר ביג דאטה היום. מחשבים לומדים על בסיס מידע מתוייג וככל שהמידע מדויק ומקיף יותר כך משתפרים הביצועים ומתרחבת האפשרויות. נתונים רפואיים שנאספו לפני 20 שנה משמשים היום להבנה וריפוי של מחלות, ואילו מידע שלא נשמר והוגש פשוט הולך לאיבוד, וחבל. לכן גם בתחום מים בהם לא נראה שתהיינה התפתחויות של בינה מלאכותית בעתיד הקרוב כדאי, שווה וחשוב לאסוף נתונים למען מהפכת שיעוד נכוננו.

הכותבת הינה ראש המחלקה למדעי המחשב וראש תחום הבינה המלאכותית באוניברסיטת בר-אילן. נחשבת למומחית המובילה בארץ לבינה מלאכותית ונמנית על המדעניות המובילות ביותר בעולם בתחום זה