



לא רואים עברית | הפוך לדף הבית | תמיכה ושירות | חלון החדשות של הארץ | Haaretz English Edition haaretz.com

www.haaretz.co.il

הארץ Online | העיתון המודפס

יום המישי כ" באייר תשס"ג, 22 במאי 2003

חדשות	כלכלה	גלריה	ספורט	העיתון המודפס	סדרוך טלוויזיה	ארכיון הארץ
-------	-------	-------	-------	---------------	----------------	-------------

העיתון המודפס

העמוד הראשון
כל חדשות היום
חדשות חוץ
מאמרים

כתבות
יומן צילום

מכתבים למערכת
כלכלה
שוק ההון
גלריה
ספורט
גיליון יום שישי
תרבות וספרות
גלריה יום שישי

מוספים

מוסף הארץ
מוסף נדל"ן
ספרים
מוסף בריאות
קפטן אינטרנט

השבוע החולף

הקריקטורה היומית
85 שנות הארץ
תורנויות חירום

המהדורה המודפסת << כתבות

הרובו-ספיינס כבר מתהלך בינינו

מאת **יובל דרור**

לפני 50 שנה התחזית החביבה על חלק מהמדענים היתה רובוט עקרת בית, אבל במקומו קיבלנו מחשב שמשחק שחמט. התחזית המעודכנת של ד"ר אמיר קרניאל מהטכניון היא שבעתיד אנשים יוכלו לבחור לעצמם ידיים, רגליים ועיניים מלאכותיות לשיפור תפקודם וההבדל בין אדם ומכונה ילך וייטשטש. קרניאל אומר שייצור כלאיים של אדם ומכונה כבר חי וקיים. שכן מהו אדם שבחזהו הושתל קוצב לב אם לא רובו-ספיינס?



קרניאל. "לא מן הנמנע שבעוד כמה עשרות שנים אנשים יעדיפו את היד המלאכותית על יד אנושית, משום שביצועיה יהיו טובים יותר" תצלום: ניר כפרי

"בעוד 50 שנה יסתובבו בינינו יצורים חדשים, זן חדש של אנשים. לא מן הנמנע שבעתיד הם יהוו את רוב האנושות. הם יכוננו בשם רובו-ספיינס". ההצהרה הזאת לא נשמעה מפיו של סופר המדע הבדיוני אייזק אסימוב, אלא מאמיר קרניאל, דוקטור להנדסת חשמל מהטכניון. קרניאל עוסק בחקר תחום הנקרא "בקרת תנועה", שמטרתו לגלות כיצד המוח מבקר את התנועה של הגוף, כיצד הוא נותן הוראות וכיצד הוא מקבל משוב ממערכת העצבים. אחת משיטות המחקר היא לחבר מערכות ביולוגיות למערכות מכניות ובכך ליצור סייבורגים, שילובים של מערכות חיות ומערכות רובוטיות. המטרה הסופית של המחקר היא לייצר אברים, פרוטוזות, שיחליפו ידיים, רגליים ואברים אחרים. קרניאל מאמין שבסופו של דבר אנשים יעדיפו את האברים המלאכותיים על פני האברים המקוריים, הטבעיים שלהם.

הכל התחיל בחזונום של מדענים בשנות ה-40 וה-50 של המאה ה-20. אלה כתבו מאמרים מלומדים שבהם טענו כי כבר בראשית המאה ה-21 יבלו בני האדם בחברתם של רובוטים שיתרונם המרכזי יהיה שיוכלו לנקות את הבית. האיורים שהתלוו למאמרים כאילו נלקחו מספרי מדע בדיוני: רובוט, דמוי אדם, עשוי מפח, מחזיק מטאטא ומטאטא את החדר. המדענים לא לקחו בחשבון שתי עובדות, שבמבט לאחור גורמות לתחזיותיהם להיראות מגוחכות למדי. הראשונה היא שהמחשבים מתמחים דווקא בפעולות חישוביות מסובכות. מסיבה זו, הם יודעים לשחק שחמט מצוין, דבר שעליו המדענים כמעט שלא חשבו. העובדה השנייה היא שגם אם ניתן לנצל את חוכמתם של הרובוטים לניקוי אבק מהשידה, צריך תחילה לגרום להם ללכת כמו בני אדם.

הכל התחיל בחזונום של מדענים בשנות ה-40 וה-50 של המאה ה-20. אלה כתבו מאמרים מלומדים שבהם טענו כי כבר בראשית המאה ה-21 יבלו בני האדם בחברתם של רובוטים שיתרונם המרכזי יהיה שיוכלו לנקות את הבית. האיורים שהתלוו למאמרים כאילו נלקחו מספרי מדע בדיוני: רובוט, דמוי אדם, עשוי מפח, מחזיק מטאטא ומטאטא את החדר. המדענים לא לקחו בחשבון שתי עובדות, שבמבט לאחור גורמות לתחזיותיהם להיראות מגוחכות למדי. הראשונה היא שהמחשבים מתמחים דווקא בפעולות חישוביות מסובכות. מסיבה זו, הם יודעים לשחק שחמט מצוין, דבר שעליו המדענים כמעט שלא חשבו. העובדה השנייה היא שגם אם ניתן לנצל את חוכמתם של הרובוטים לניקוי אבק מהשידה, צריך תחילה לגרום להם ללכת כמו בני אדם.



קווין ווריק על שער כתב העת "Wired". שתל בזרועו משדר את האותות המתקבלים מהמוח למחשב חיצוני שמתעד אותם

"פעולתו המרכזית של המוח היא לבקר תנועה. אפילו דיבור הוא סוג של תנועה. גם מערכת העצבים של אדם בנויה כולה למטרה אחת, לנוע: לברוח או לתקוף, אבל כל הזמן לנוע", מסביר קרניאל. "העובדה שאנו לא יודעים לבנות רובוטים שידעו ללכת כמו ילד בן חמש על דרך עפר, מלמדת שלא הצלחנו לרדת לשורש הפעולה של המוח ולדרך שבה הוא מפעיל את השרירים באמצעות מערכת העצבים".

לקרוא מחשבות של קוף

ביום שלישי הקרוב יתקיים כנס שקרניאל אירגן בחסות האיגוד הישראלי לבקרה אוטומטית (איב"א), במלון דניאל שבהרצליה. הכנס יוקדש לתחום הבקרה והמערכות הביולוגיות. לדברי קרניאל, אחד היישומים האפשריים של חקר התנועה יופנה לעולם הרובוטיקה, דבר שיאפשר להיפטר מהגלגלים המשמשים כיום כרגליים בעבור רוב הרובוטים. יישום נוסף של מחקרים בתחום התנועה הוא יישום רפואי. "אם נדע איך המוח שולח הוראות נוכל לפתח פתרונות שיסייעו לאנשים שסובלים מבעיות במוח. נדע להפעיל שרירים ששותקו מכיוון שהמוח לא שולח להם הוראות כראוי".

קרניאל, במסגרת הפוסט דוקטורט שלו, השתתף בכמה ניסויים מרתקים באוניברסיטת שיקגו. בניסוי אחד הפרידו החוקרים את גזע המוח של דג דמוי צלופח מגופו והותירו אותו בחיים כשהוא צף במיכל מי מלח מחומצן. אל המוח הצף חיברו, באמצעות אלקטרודות, רובוט שווייצרי סטנדרטי המכונה קפרה, ונראה כמו דיסקית עם גלגלים. האלקטרודות חוברו הן לצדו השמאלי של מוח הצלופח והן לצדו הימני. המכל הוקף בטבעת של נורות ובכל פעם הבהבו החוקרים בנורה מכיוון אחר. הרובוט המצויד בחיישנים הרגישים לאור העביר אל מוח הדג מידע באשר למיקומה של הנורה המהבהבת. בתגובה, החזיר המוח אל הרובוט הוראה לנוע לכיוון האור, והוא אכן נע לשם.

קרניאל יודע לספר על מחקרים נוספים שמטרתם ללמוד על מערכת ההפעלה של המוח: "בארצות הברית לימדו חוקרים קוף להפעיל זרוע מכנית, ואז חיברו אלקטרודות למוחו כדי לפענח כיצד המוח נותן הוראות ליד להזיז את הזרוע המכנית", מספר קרניאל. "המחקר הלך צעד אחד קדימה. מוחו של הקוף חובר לרובוט באמצעות אלקטרודות, והפולסים החשמליים מהמוח תורגמו להוראות לרובוט, שהזיז את היד שלו במקביל לתנועה שביצע הקוף עם הזרוע המכנית. למעשה, זה סוג של 'קריאת מחשבות'", אומר קרניאל.

עש לאיתור מוקשים

יישומים מסחריים של חיבור מערכות ביולוגיות למערכות מכניות כבר קיימים בשוק. מייקל סימפסון ממעבדת אוק רידג', מכון ההנדסה הלאומי בארה"ב, הצליח לייצר בקטריה המחוברת לשבב שגורם לה לזרוח כאשר היא באה במגע עם כימיקלים מסוימים. הפיתוח נמכר לחברה מסחרית אשר מוכרת את "היצור על שבב" לחברות שונות הזקוקות לסייבורג מסוג כדי לסמן את גבולות התפשטותה של פסולת כימית שנשפכה לים. באיווה ארה"ב פיתח האנטומולוג (חוקר חרקים) טום בייקר סייבורג הרגיש לחומר נפץ: הוא הצמיד מעבד זעיר למחוששים של חרק העש, הרגיש לריח של חומר נפץ. כאשר העש מגלה ריח מסוג זה משמיע המעבד צליל מיוחד, שבאמצעותו אפשר לאתר מוקשים הטמונים באדמה.

בלוס אנג'לס הצליח מייקל באוודרי, מדען העוסק בחקר מערכות עצבים, לחבר

רצועות מוח שנלקחו מעכברים וארנבים למעבד זעיר, וליצור מערכת שיודעת להזהיר חיילים מפני נוכחות חומרים מסוכנים, ביולוגיים או כימיים. המערכת פועלת כך שמוח החיות מייצר תבנית של סביבה נורמלית, וכאשר המוח חש בשינוי ביחס לתבנית, הוא מעביר מידע המתורגם על ידי המעבד הזעיר לאות אזהרה.

"ברגע שנלמד מהי מערכת היחסים של המוח עם מערכות העצבים והשרירים יהיה אפשר ליישם את המסקנות בשני כיוונים", אומר קרניאל. "הראשון הוא לבנות פרוטזה, נניח יד, שתתחבר למערכת העצבים, כך שהמוח לא ידע להבדיל האם זו יד טבעית או יד מלאכותית. דבר זה יאפשר לנו להחליף איברים פגועים באיברים מלאכותיים טובים לא פחות, ואולי אפילו יותר. האפשרות השנייה היא להתחבר אל המוח וללמד אותו להשתמש בפרוטזה, באופן שבו תינוק לומד להשתמש בידיים שלו". לדברי קרניאל, לא מן הנמנע שבעוד כמה עשרות שנים, אנשים יעדיפו את היד המלאכותית על יד אנושית, משום שביצועיה יהיו טובים יותר. "מי לא ירצה להיות 'סטיב אוסטיין'?" שואל קרניאל. "אני בטוח שאנשים ישמחו שתהיה להם יד ביונית, רגל ביונית, אולי עין ביונית. למה לא?"

הסייבורג האנושי הראשון

למעשה, טוען קרניאל, הרובו-סאפיינס, אדם שמשמש ברובוטיקה כדי לשפר את פעילות גופו, כבר חי בקרבנו. "מהו אדם המשתמש בקוצב לב אם לא רובו-סאפיינס", הוא שואל, "ומה באשר לאנשים שלעצב השמיעה שלהם חובר שתל מלאכותי המשמש כאוזן לכל דבר? זו דוגמה מובהקת לחיבור בין מערכת מכנית למערכת ביולוגית".

אחת הבעיות המעכבות את פריצות הדרך המדעיות בתחום זה היא הקושי לנסות את המערכות בבני אדם. "צריך למצוא דרך לחבר אלקטרודות למוח מבלי שהמוח ידחה אותן ומבלי שייגרם נזק למוח כאשר הראש זו. מדובר בבעיות טכניות לכאורה, אבל גם אותן צריך לפתור", מסביר קרניאל.

ישנם כמה חוקרים שלא נותנים לבעיות לעכב אותם. המפורסם שבהם הוא פרופ' קווין ווריק, בן 48 מבריטניה, שמאז שנות ה-90 נוהג להשתיל בגופו מערכות מכניות ודיגיטליות המתחברות לעצביו. בנובמבר '99 הכריז ווריק כי ב-2001 יעשה היסטוריה כאשר יהפוך לסייבורג האנושי הראשון בעולם, לאחר שישתיל בזרועו מערכת שתתחבר לעצביו ותשדר באמצעות טכנולוגיית רדיו את האותות החשמליים למחשב שיתעד אותם. הניסוי התעכב בשנה ובמאוס 2002 יצא לדרך. מנתחים השתילו בפרק כף ידו השמאלית של ווריק שבב סיליקון בגודל של שלושה מילימטרים, שחובר לכמאה אלקטרודות שעוביין כעובי שערה, אשר חוברו לעצב התיכון של הזרוע. "זו רק עדות אחת לכך שהרובו-סאפיינס כבר חיים בקרבנו", אומר בחיך קרניאל.

כמו לכל מחקר מדעי, גם למחקרים בתחום בקרת התנועה וחקר המוח נלוות שאלות אתיות קשות ומטרידות. קרניאל מודה שמדובר בסוגיה סבוכה. "בשיקגו, שם בוצעו ניסויים בקופים, נהגו להמית אותם בסוף הניסוי כדי לבדוק מה היתה השפעתו על מוחם. יש כאן סוגיה מוסרית: האם אנחנו מוכנים להרוג כמה קופים כדי שאולי בעוד כמה שנים אנשים שעד אז לא יכלו ללכת יוכלו לעשות זאת באמצעות פרוטזות שתוכננו הודות לאותם ניסויים". גם השאלה האם בני האדם מוכנים להפקיד את המוח שלהם בידי המדענים, שברבות הימים יתיימרו לתת לו הוראות, תטריד את האנושות ברגע שקרניאל וחבריו המדענים יציגו לעולם את היד הביונית הראשונה.

 חזור לדף הבית  שלח כתבה  הדפס



[Online ספורט](#) | [Online גלריה](#) | [Online כלכלה](#)
[הרשמה לאתר](#) | [המחזורה המודפסת - עמוד ראשון](#) | [ארכיון הארץ](#) | [תמיכה ושירות](#) | [תקנון האתר](#)

All rights reserved Haaretz © "הארץ", שמורות