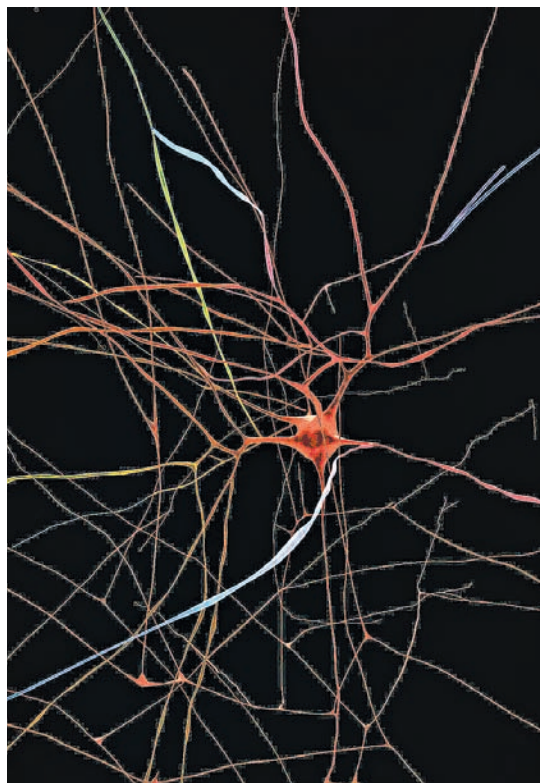


הדמיה של תא אחד (מימין), של קבוצה ושל עמודת תאים שלמה בבבלו בריין

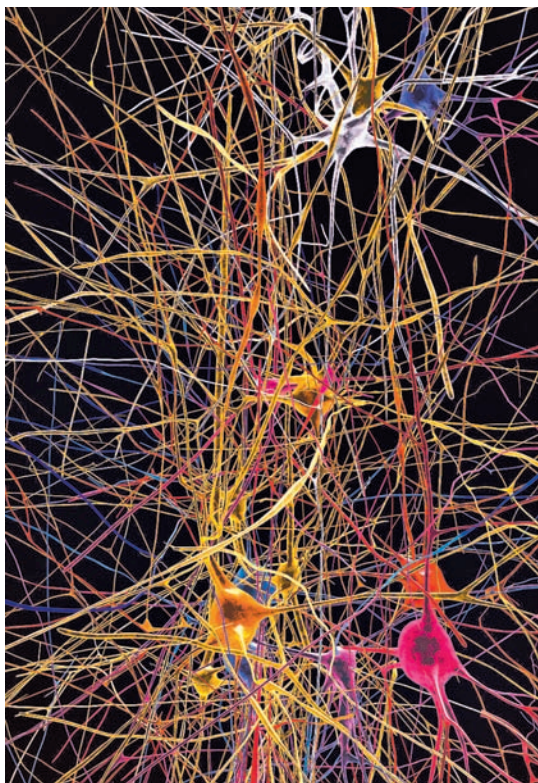


עשרת אלפים תאי עצב שמרוכזים בעמוד שגובהו 2 מ"מ. לבני אדם יש מיליון עמודות כאלה, כל אחת עם התפקיד שלה, והן מהוות 80% מהמוח. התחלנו מעמדה בודדת: לק חנו את כל מה שאנחנו יודעים עליה – סוגי תאים, הקשרים ביניהם, ההתנהגות שלהם – ויצרנו סימולציה שלה. "זה לקח שלוש שנים: נדרשנו לבנות פלטפורמה ממוחשבת חדשה, שתאפשר לכמעט עשרת אלפים מעבדים, כל אחד מייצג תא בודד, לתקשר אלה עם אלה. זה ג'ונגל ממוחשב, שחייב התאמה בין מספר אדיר של פרטים. הכלים מתמי טיים: מרקום נותן לי אינפורמציה על העמדות והתאים, ואני מייצר משובאות שמייצגות את הפעילות שלהם. את זה שר תלים במחשב, ומייצרים סימולציה – ואו לוקחים עכבר מעי בדה, מהדיריים לו אלקטרודה ובורקים אם הסימולציה נאמנה למציאות, למה שקורה במוח שלו. אם לא, מחפשים מה חסר במודל, מתקנים, עושים סימולציה נוספת ובורקים שוב. "עכשיו, אחרי שיצרנו סימולציה של עמודה אחת, היעד הבא הוא מודל של אזור שלם, עם עשרות עד מאות עמודות, שמכסה חוש שלם, למשל ראייה. אני מאמין שזה ייקח כמה שנים; מרקום עמיתי אופטימי יותר – לפני כחודש חזעי הוא השתתף בכנס TED באוקספורד והכריז שבתוך עשר שנים נוכל להציג סימולציה של מוח שלם של עכבר".

רק פיזיקה. חוץ מזה כלום

הסימולציה עוצרת נשימה. כשגנב פותח את המחשב, הוא מסוגל לעופף בתוך המוח החשמלי שלו כמו החללית הממוערת בסרט "יום במלכות": סביב חולפים תאים וחי בורים ביניהם, כמו בניינים וגשרים בעיר ענקית שבניה כלל הממרים. "ככה נראית עמודה במוח", מסביר הטייס. "יש שם חמישה מיליון קשרים, שאם היית פורס אותם היו מגיעים לחמישה קילומטרים של חוט".

אוקיי, ומה עושים עם זה עכשיו? "מתחילים לשאל שאלות על המוח. כשאתה מרמז גני רוי של תא, אתה יכול לבדוק את התגובה החשמלית שלו, או את התגובה הכימית, איוה גן מופעל וכן הלאה. אנחנו



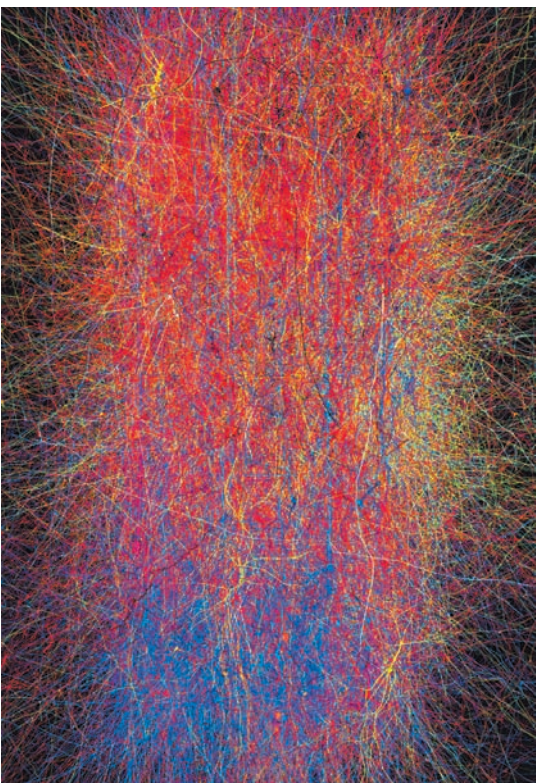
אם נצליח ליצור יצור מכניסטיחי שיקיים איתנו העולם, יחלק אותו ללפני ו'אחרי'. זה שיני דרמטי של המין האנושי, יותר מהמהפכה התעשייתית או ממהפכת המידע"

יכולים לראות הדמיה של הקשר בין תא לתא, ולהסתכל על הגרף שמתאר את הפלט החשמלי שלהם. אני יכול להסתכל על תא בודד, או על צירוף של תאים, או על רשת שלמה". זה יבסק המון מידע 'שבנני' על הפעולה של המודל, אבל מה זה גידר לנו על מה שהופך אותנו לבני אדם, כמו אהבה או תכונות?

"זו שאלה קשה, מה אתה מחפש בחקר המוח. באופן עקרוני אני מאמין שאין במוח שום רבר רויז מחומר, ולפיכך אם ננתח את המכניזם של המוח ונבנה תיאור מתמטי שלו, נוכל ליצור מחשב שגם לו יהיו חוויות סובייקטיביות: הוא ישמח ויתעצבן ויאהב. אבל זה לא אומר שאני מבין את ההרגשה שלו. "יש שתי רמות של תיאור המוח. אחת עוסקת בתהליכים הפיזיקליים, וזה מה שאנחנו עושים כאן. אבל ברמה הגבוהה יותר, קיימות תופעות כגון 'תודעה' ו'בינה', שעולות מתוך אוסף של רכיבים – ברומה לתופעות כגון חום או גרביטציה. כשחוקרים חום, לא צריך לבדוק כל מולקולה; מספיק להשיג תמש בכמה עקרונות בסיסיים. באותו אופן, דרוש לנו תיאור מתמטי תמציתי של מוחי בינה. כשיהיה לנו תיאור כזה, נבין את החוקים שאפשרים למוח להיות מוח".

אתה עדיין נשאר בתחום הפיזיקה.

שגב מרגיש, כמעט צועק: "אין מחרוץ ליהו כלום. כשאתה



רואה אך גירוי במוח מושר – על המוקסו – אדם שלא יכול לזוז בגלל פרקינסון, אתה לא יכול להתנגד לוה. אתה אומר, 'זו פיזיקה'. הכל זה פיזיקה. קח, למשל, שעון: בשעון אין זמן. יש בו רק גלגלי שיניים ומחוגים. הזמן הוא אינטרפרטציה". אין זמן בשעון ואין אושר בראש? "לא. אתה מפרש מצב מסוים של המוח כאושר, אבל המצב עצמו הוא פיזיקלי. השאלה הגדולה היא איך אתה עושה את הפרשנות הזו. הרי אף אחד מבחין לא אומר לך שהמצב הפיזיקלי הוא 'אני אוהב', ובכל זאת אתה יודע את זה. כך שהבעיה העקרונית כאן היא תחושת המודעות. "הנקודה היא שמודעות היא שאלה של חיים – היא עולה מתוך המוח שלנו, שמורכב מתאי עצב חיים. במחשב אתה עושה סימולציה עם שבבי סיליקון, שכולנו מסכימים שהם מתים. יש פה שאלה מטרידה מאוד: כשאני מחקה תר דעה, האם אני מצליח לחקות חיים בעזרת חומר לא חי? יש מי שחושב שהשתרון של השאלה הוא נמצא מחוץ לגבולות הנוכחיים של המדע. יש גם מי שחושב שכאשר נדע יותר על המוח, השאלה הזו תתפוגג מעצמה".

כל התרופות שברוך

שגב מאוהב בפרויקט שלו. לעתים הוא נסחף להכרזות גדולות, אבל לעתים נודח, דבק בהסתייגויות. "בלו בריין הוא בסך הכל מכשיר ללמוד אותך על המוח שלך", הוא מרגיש, אבל לא מתאפק ומצביע על הפוטנציאל האדיר של המכשיר הזה: "כשתהיה לנו תמונה מלאה של המוח, נוכל לתקן רכיבים פגומים, לרפא הפרעות. כיום הגבוהה היא שאין מודל של מחלות מוח, מפרסיה ועד אלצהיימר, כי אין מודל של המחול: הרופאים שפופים על המוח חומרים, ורואים מה עובד. בלו בריין יעזור לנו לגבש את המודל הנכון – וכשיהיה לנו אותו, נוכל גם לתקן אותו.

"זה, אולי, חלק מרכיב במוטיבציה של מרקום: יש לו בן שנמצא על הקשת האוטוטיטית. היום אנחנו עדיין לא מבינים מה קורה במוח של אוטיסט, ברמה הפיזיקלית: המדע רק מתחיל לגבש תמונה ראשונית של מה זה אוטיסט. אבל כשבנין את זה, נוכל לתקן את זה. או מרקום ניגש לממשלת שווייץ, ואמר להם: 'אתם מבינים כמה כסף אתם, כממשלה, מוציאים מדי שנה על מחלות נירולוגיות? בארצות הברית לבדה מוציאים 2 מיליארד דולר לשה על טיפול באוטיסם לבדו. במקום להקצות את הכסף רק לטיפול, תתחילו לה עביר את הכסף למחקר. כשאני אומר לכם מה זה אוטיסם, תוכלו להעביר את הכסף לטיפול מושכל וטוב'. עכשיו הם כנראה יאשרו תקציב של 2 מיליארד דולר, כדי לחקרים ב'זנבה מוכן חוש לחקר המוח, על בסיס הבלו בריין".

טיפול במחלות נירולוגיות הוא רק השלב הראשון; כש נדע איך המוח פועל, נוכל להרחיב אותו, לחזק אותו ולהוסיף לו יכולות. אם נחבר מוח אנושי למחשב, נוכל לספק לו, למשל, יכולת מתמטית אדירה: כל חישוב יוכל להיפתר ליע ניין פנימי פשוט, כמו טרגיל בסיס בלוח הכתוב. לא מספיק מדיינן שאתם מתברים מצלמה לאוויר המוח שאוראים על הראייה. עכשיו מדיינן שמדובר במצלמת רנטגן – ושהרופא שמביט בכס, למשל, אינו זקוק לצילום: הוא רואה את האיב רים הפנימיים שלכם. "במובן מסוים זה כבר קורה", אומר שגב. "יש כבר דייים מלאכותיות, לדוגמה. אם נבנה ממשק טוב בין המוח למחשב, נוכל לשרדג אותו".

נוכל להעביר זיכרונות למחשב, לעשות לנו האדר

דיסק חיכוני?

"כן, אבל באופן אינדיבידואלי מאוד. המוח שלך ושלי שר נים, אספנו חוויות שונות וזה עיצב לנו את המוח באופן שונה, מכוונה פיזיקלית. כשאנחנו חושבים על 'אמא', פועלים אצל כל אחד מאיתנו צירופים שונים של תאים. כך שרק מי שחווה את הויתכונות האלה יוכל גם 'לקרוא' אותם".

אם נוסף מספיק מעבדים, המוחשבו יוכל להיות מודר יותר מהמוח שלנו?

"כן. כיום המוח מהיר יותר: מה שבמוח נמשך מילי שניות, נמשך בבבלו בריין הרבה יותר זמן, פי 100–200. אבל זה תלוי ברכיבים".

נוכל לעשות הדמיה של מה שיקרה במוח עוד לפני שזה קורה? נאמר, לחזות מה מישוהו הישוב עוד לפני שהוא חושב את זה?

"אנחנו מערכות מורכבות מאוד. כששואלים שאלה, אנחנו לא תמיד עונים אותה תשובה. אנחנו גם מגיבים לטביבה, והסי ביבה משתנה תמיד. במצב כזה, קשה לספק תחזית מדויקת. אבל אפשר לתת תחזית מקורבת – בדיוק כמו שאשתי מכירה אותי: מספיק כדי להעריך איך אתהגה במצב כלשהו. "אבל במובן מסוים, המחשבים כבר לומדים אותך. גוגל, למשל, מגבשת פרופיל אישי שלך. אחת התחזית היא שבי עתיד הפרופיל הזה יסכם מהלכים שעשית במשך השנים – טקסטים שקראת, תמונות שבהן הסתכלת, מכתבים שכתבת בני'מיל, דברים שעניינו אותך ואיך הגבת – ויאפשר לבנות רפליקה שלך. כלומר, בעתיד הרחוק, הפרופיל הזה יוכל ליע נות תשובות דומות לאלו שאני הייתי עונה, גם אם אני כבר מת זמן. הנכד יוכל לבוא ולשאל שאלות את הסבא שלו, והסבא יענה. במומן הזה, יש חיים אחרי המות".

אני רובוט

לא קל לעכל את הגישה המאוד פיזיקלית של שגב. רובנו מעדיפים להניח שיש משהו מעבר לפיזיקה – בין שאנחנו קוראים לזה אלוהים, הרוח האנושית או מותר האדם. בלו בריין עוקף, בעצם, את השאלה המיסטית הזו: הוא מנסה להוכיח שמודעות היא תוצר של פיזיקה, גם אם אנחנו לא מבינים איך היא מופיעה בדיוק. לא כולם אוהבים את מה שזה עושה לבני האדם: אם פרויד טען שהפסיכואנליזה היא הפגיעה השי לישית באנו שלנו, אחרי שגילינו שכרוך הארץ אינו מרכז היקום ושמצאנו, ובכן, מן הקוף – בלו בריין עשוי בהחלט להיות הפגיעה הרביעית. "כשאני אומר שהמוח הוא מכונה, אנשים קצת מתרגזים", מודה שגב. "הם אומרים, 'הרופוסר הזה אומר שאני רובוט. שלא יכלכל את המוח אני מרגיש אחרת'. את זה אפילו החברים שלי אומרים. אבל האישי ברחוב מבין שההסתכלות הפיזיקלית על המוח תניב תוצאות חשובות שישפיעו עליו. בתרופה שהוא בולע אין שום מיסטיקה".

יש לזה מחיר. אם נקבל את הפיזיקליות של הכל, ניאלץ להודות שאנחנו רובוטים.

"אני באמת רובוט – במובן הפיזיקלי, ואין כלום חוץ מפיי זיקה. רובוט חי, רובוט שאני לא מבין את כולו, אבל רובוט. "התחושה הזו התפתחה אצלי בשנים של מחקר, שבהן ראיתי שאין כלום חוץ מרכיבים ותוצרים. זה לא שינה את הדרך שבה אני תופס את עצמי כריב הריעמי ויוצא דופן ואוהב. זה לא מפייע על הקשר שלי עם אשתי והיל דות. אהבה היא לא פיזיקה: היא התחושה הסובייקטיבית. אפשר לומר עד מחרתיים שבאופן פיזיקלי אין אהבה, אבל למוח יש צורך עצום בריבט של אהבה, או של רצון חופשי, או של אלוהים. זו החוויה האינדיבידואלית, והיא החשובה שבכולן. פעם נתפס לי הגב, ופרופ' משה אבילס, שהיה ראש המרכז לחקר חישוליות עצבית לפני, אמר לי 'עזוב, זה בסך הכל פולטיס חשמליים בסיב עצבי'. אמרתי לו 'משה, אני יודע, אבל כואב לי'".

התגובה שלו היא תוצאה בלתי נמנעת של מה שאתם עושים: אתם בולעים את הפסיכולוגיה לתוך הפיזיקה. במוך תבלעו גם את הפילוסופיה ותנצפו לנחם יופי, או מוסר, במשוואות.

"יש מנגה כזה, אבל אני חושב שאני ואבוי לנו אם זה יקרה. היופי של המוח הוא היכולת שלו לרדע על עצמו, האינט רפטיציות. התוצרים הרוחניים של המוח, כמו אמנות, הם התוצרים המעניינים באמת שלו, וצריך לתת להם חופש".

leead.leeve@calcalist.co.il



מתבונן על העולם החדש

שיזף רפאלי

האם פייסבוק מת? "ציצית פייסבוק", הכריזה

כותרת המאמר שפורסם לפני שבוע ב"ניו יורק טיימס" ועסק בגל העויבות שפוקד את האתר ומסמן, לפי הכותבת, את תחילת סופו. "הכל מתפרק. כבר אין למרכז כוח משיכה (...). עצוב לראות את הרשת החברתית נהפכת לעיר רפאים", נכתב שם, והטקסט הזה עבר השבוע ברשת כמו אש בשדה קוצים. בכך נהנתה השמועה על מותה של הרשת החברתית הגדולה בעולם מאחת התופעות המרתקות של הרשתות הללו: אמפליקציה, הגברה משמעותית של עניין מסוים.

החברתיים, את מושג החברות, ואת עולם התקשורת הבין-אישית של דור שלם. בתוך כך, העובדה שפייסבוק נוסדה על ידי זוג חברים קרובים, כמעט אינטימיים, שהיום אינם מדברים עוד זה עם זה, לא נעלמה מעיניו של מוריר. פייסבוק עצמה החברה לקראת הנפקה עתידית מתוך רות זו בוז ומקצועות שחקים (מיליארדי דולרים), השמועות על מועד ההנפקה מוסיפות לבלגן, והמאבקים סביב הבעי יציבותה של תכרות וירטואלית, גרסת פייסבוק?

מה צופן העתיד לפייסבוק? האם גורלה יהיה כמו זה של האתר הישראלי הבר'ה, ושל רשתות חברתיות אחרות שדועכות או צפות בקושי? האם, למרות בריאותה ההרומינגטית הנוכחית שלמה, גם פייסבוק תיעלם ותימוג?

למוריר, ההיסטוריון של פייסבוק, על כך תשובה. אני אסתכן ואומר שר שתות חברתיות אינן עומדות להיעלם. מיום אחר כאלה או אחרים יכולים להי תחלף, אבל התופעה אינה מאד. רשת חברתית מקוננת היא כמו הפיל במשל הסיני העתיק – מערכת ענקית, אפר רה, בעלת זיכרון מדהים ועוצמה שקשה לתפוס. על ממדיה יעיד מספר הממשק שים בה. על האפרוריות אחראי הממשק הפרימיטיבי, הכמעט מעליב שלה – לא ערכני, לא מתחכם, לא במיוחד יעיל. זה לא שיהיה, הוא אינו בממשק. זיכור גה הארץ, כמו של פיל, מוזכר לעתים קרובות כעוד נקודת תורפה; כמעט בלתי אפשרי לחזק משהו שהוכנס, גם אם בעטות. ולעתים היא פיל בחנות חרסנים, ברדיסת הפרטיות של המשתמשים. וכמו הפיל, אני לא ממליץ לנסות לתאר אותה רק מוויית אחת, כי כל אחד מאיתנו רואה שם משהו שפוטט בה מוגבלת של הענק הזה. כן יוצא שלחידוש הזה, בן כמה שנים בסך הכל, צפויות עוד שנים ארוכות של שימושיות, הנאה וכוח עבודה. לא עיר האונות.

וגאס, כך שאינטריגות, כסף והתחכמות אינם חושים לו. כותרת המשנה של הספר על פייסבוק היא "סיפור על סקס, כסף, גאונות ובגידה", והוא נגוע בדרמי טיות. אבל אולי דווקא בפופוליו של הוויית חובנות. מוריר מתעד את העלייה הטכנולוגית, כמעט הסרת התקדים, וגם את המהמורות שברדך. הוא, אנכי, אינו פוסח גם על הנקודה היהודית (רמו: גם הבוגרנות, גם הכסף, גם הסקס, לא רק האונות).

לצר קורות החברה והאתר, מסביר הספר איך פייסבוק מחדש את הקשרים

יתר מחמש שנים לאחר היווסדה, פייסבוק היא חידה. סך הכנסותיה עדיין צנוע מאוד. הניסיונות לבנות מודל הכי צוא אותה בחיפוש גוגל של "Facebook Exodus". הם הגיעו ברואל, בטוויטר, בתוכנות המסרים המידיים וכמובן בפייסבוק. עצם המהירות של מעבר השי מועה מעידה על הרשת וסגולותיה.

אמהר להגיע: אין בסיס לשמועות המורבידיות. ההגירה של מאוכזבי פייסבוק קיימת רק ברמיזה של העיתונאית שרקחה את הדיווח הזה, לא במציאות. עשירות טוקבקים וסערה זוטא בכלוגוספיה מיהרו להעמיד אותה על טעותה: פייסבוק חיה ובוועט. כמעט 100 מיליון מתחברים כל חודש. יותר מרבע מיליארד משתמשים רשומים בעת כתיבת שורות אלה. והם מעדכנים את הסטטוס

אסתכן ואומר שרשתות חברתיות אינן עומדות להיעלם. כמו הפיל במשל הסיני, מדובר במערכת ענקית שכל אחד רואה רק מהפרספקטיבה שלו



איור: ייתן וקסמן

שלכם, מעלים תמונות, משתעשעים בים שחקים, ממלאים שאלונים, שולחים הודעות, רוחשים ובוזשים. מקיימים חברה וחברות, בעשרות שפות. למרות – או בגלל – איסור השימוש בכמה מדינות טוטליטריות, מהחירה לאתר גוברת בכל מקום שבו הוא מותר, וגם בכמה מקומות שלא ובמקום שבו יש כל כך הרבה אני שים, וכה רבים מצטרפים מדי יום, יש גם מספרים גדולים של עובדים. אבל בהחלט לא נראית (עדיין) הצטמקות. כך שכן, השמועות על מותה של פייסבוק מקריי מות את זמן.