

## הארץ

# מחשבים מסייעים לפענח את סוד היצירתיות, אך עלולים להפוך אותה לחסרת ערך

כוחות מחשוב חסרי תקדים מאפשרים למדענים לעקוב לראשונה בזמן אמת אחר פעילות יצירתית במוח, וגם מסייעים בהגדרת התכונה החמקמקה

עקוב 

**גדעון לב**

16 באוקטובר 2022

מדענים וחוקרים רבים חווים רגעים של אאורקה לא בזמן שהם רכונים על ספריהם, מביטים במסך המחשב או שקועים בסיעור מוחות, אלא דווקא ברגעים שקטים ושלווים, כמו טבילה באמבט חם או ישיבה חסרת תכלית מתחת לעץ. לא צריך להיות ארכימדס או ניוטון לשם כך. מחקרים מראים שגם במוחו של האדם הרגיל צצות לא אחת מחשבות יצירתיות ומקוריות דווקא ברגעים הפרוזאיים ביותר.

יצירתיות היא אחד המאפיינים המובהקים של המין האנושי, ומקור כוחו הגדול. אבל מדובר ביכולת קשה מאוד להגדרה ולמדידה ולכן חקר היצירתיות נתקל בקשיים רבים. בשנים האחרונות, למרות הקשיים, הושגה התקדמות לא מעטה בחקר היצירתיות.

היצירתיות בכל מופעה נובעת ככל הנראה מאינטגרציה של רשתות מוחיות גדולות, ולא מתא עצב בודד או אפילו קבוצה מצומצמת של תאי עצב, אמר ל"הארץ" המנתח וחוקר המוח פרופ' בן שופטי מאוניברסיטת יוטה. בשנים האחרונות יכולת חישובית חסרת תקדים מאפשרת לחוקרים לעקוב אחר פעולתם של מאות מיליוני נוירונים. באמצעותה נמצא שיש קבוצות נוירונים נרחבות שפועלות בסנכרון, גם אם הן מצויות בכמה מקומות נפרדים במוח.

מחקרים שהסתמכו על דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI) – המכמת זרימת דם באזורים שונים במוח – זיהו שאחת הרשתות החשובות במוח האנושי היא "רשת ברירת המחדל" (Default Mode Network או DMN). רשת ה-DMN פועלת כשהמוח לא נדרש לקלוט גירויים או לבצע חישובים והקשב מופנה פנימה – למשל, כשחולמים בהקיץ או מזכרים בעבר. בפרקי זמן אלה מסתנכרנים אלה עם אלה מעל לעשרה אזורי מוח ספציפיים, שמרכיבים את הרשת.

חוקרים מצאו שפעילות יתר של ה-DMN מקושרת לחרדה ודיכאון, כנראה מכיוון שהפנייה פנימה כרוכה במחשבות חזרתיות שעלולות להיות קשורות לדאגות או לביקורת עצמית. עם זאת, המחשבות החזרתיות עשויות להוביל למציאת דרך חשיבה חדשה. אחת ההשערות המקובלות בקרב חוקרים היא שמחשבות יצירתיות במיוחד מופיעות ברגעים שה-DMN מסתנכרנת עם רשתות שמאפיינות חשיבה מכוונת מטרה. "משתלבים שני דברים שבתיאוריה לא צריכים להשתלב", הסביר שופטי. "אם, למשל, אני פותר בעיה במתמטיקה, ה-DMN לא אמורה לפעול. אבל אם היא כן פועלת, וגם מסתנכרנת עם האזור שעמל על מציאת הפתרון לבעיה, התוצאה תהיה יותר יצירתית".

כלומר, השילוב של זרם תודעה לא מוכוון מטרה עם פעילות מכוונת – הוא שמביא לרגע האורקה. משום כך, כאשר מנסים למצוא פתרון לבעיה או מחפשים רעיון יצירתי, מחקרים ממליצים להשקיע מאמץ חשיבה משמעותי, ואז לקחת הפסקה שתאפשר נדידת מחשבה.

## עקיפה יצירתית

קשה למצוא אישוש אמפירי לתיאוריית הסנכרון של היצירתיות. ברוב המחקרים הנבדקים מתבקשים לבצע פעילות יצירתית, כמו פתרון בעיה או סידור צורות בדרכים שונות, בזמן שהם במכשיר דימות. החוקרים מזהים אילו אזורים במוח פועלים בזמן הפעילות, אבל שיטת המחקר הזאת לא מאפשרת לבסס סיבתיות, שכן אי אפשר לדעת אם האזורים פעילים כי גרמו לפעילות היצירתית או שמא משהו אחר גורם לפעילות היצירתית, ומפעיל גם את האזורים הללו. מחקר חדש שביצע שופטי, בשיתוף פעולה עם ד"ר טל גונן מהמרכז הרפואי תל אביב (איכילוב), ד"ר אייל ברגמן מהטכניון ופרופ' איתמר קאהן מאוניברסיטת קולומביה ובהנחיית פרופ' צבי רם מאיכילוב, עקף את הבעיה. בשלב הראשון מופתה רשת ה-DMN של חולים לפני ניתוח מוח. בשלב השני, בעוד החולה ער בחדר הניתוח, גולגולתו פתוחה ומוחו חשוף, החוקרים העבירו גירויים חשמליים ישירות ל-DMN האישית שלו.

כדי לבחון את מידת היצירתיות של הנבדקים ביקשו מהם החוקרים למלא מטלה בשם "שימושים חלופיים", שבה עליהם להציע כמה שיותר שימושים לחפץ שגרתי כמו אטב. ההנחה היא שככל שהאדם מסוגל לחשיבה יצירתית יותר, הוא ימצא יותר שימושים לאטב, והשימושים שיציע יהיו יצירתיים יותר. בניסוי נמצא שגירוי חשמלי בתוך ה-DMN, שמוציא אותה מסנכרון, פגע בחשיבה היצירתית. כאשר הגירוי ניתן מחוץ ל-DMN לא נצפתה ירידה ביצירתיות. "זאת הפעם הראשונה שבה הוכח קשר סיבתי בין ה-DMN לחשיבה יצירתית", אמר שופטי. המחקר פורסם השנה בכתב העת *Molecular Psychiatry*.

חוקר היצירתיות ד"ר יובל הרט מהחוג לפסיכולוגיה באוניברסיטה העברית אמר שבשנים האחרונות מתחולל שינוי פרדיגמה בנוגע להבנת היצירתיות, שראשיתו במאמר שפורסם ב-2015 בכתב העת *Scientific Reports*. הפרדיגמה הישנה, אמר, חילקה את התהליך היצירתי לשני שלבים – הראשון מתאפיין בחשיבה מתפצלת, שמיוחסת ל-DMN, והשני בחשיבה מתכנסת, שמיוחסת לרשת שאחראית על שליטה ובקרה שמכונה *Executive Control*. הסברה המקובלת היתה שכשאדם מנסה לפתור

בעיה, בשלב הראשון מוחו מייצר מגוון של פתרונות, ואחר כך הוא מתכנס ובוחר אחד. "זה כאילו נותנים לילד לבנות מבנים שונים מאבני לגו, אומרים לו 'תשתולל' ואחרי שהוא מסיים נכנס מבוגר לחדר שאומר מה המבנה הכי מוצלח", הסביר הרט. "המון שנים חשבו שהיצירתיות היא או זה או זה – או שהילד מתפרע או שהמבוגר מחליט. אבל לפי העדויות החדשות הרשתות פועלות ביחד. המבוגר והילד יושבים בחדר ויש ביניהם תקשורת מזינה".

## חוכמת המונים

מלבד הבנה טובה יותר של האופן שבו התהליך היצירתי מתרחש במוח, המחקר העדכני מקדם גם את ההבנה של טבע היצירתיות.

אחד האתגרים הגדולים ביותר שעמם מתמודדים חוקרים זה עשרות שנים הוא מציאת מדדים אובייקטיביים ליצירתיות, שיאפשרו להגדיר אותה. במבחנים הנפוצים לבדיקת יצירתיות, כמו מבחן השימושים החלופיים, שופט אנושי נותן ציון שמעריך את מידת המקוריות של התשובות. קביעת הניקוד בידי אדם מגבילה את מספר הנבדקים בכל מחקר. יתר על כן, המתאם בין הציונים שיקבל אותו אדם במבחני יצירתיות שונים הוא נמוך (בין 0.1 ל-0.3). "זה הדהים אותי כשהתחלתי לערוך מחקרים בתחום", אמר הרט. "אם התכונה הזאת מקבלת ציון גבוה כשמודדים אותה בצורה אחת, וציון נמוך במדידה בשיטה אחרת, אצל אותו אדם, איך אנחנו יכולים להיות בטוחים שאנחנו בכלל יודעים מה זאת יצירתיות?"

חוקרים הכירו בבעיה, אבל עד לאחרונה לא היה להם פתרון יצירתי. בשנים האחרונות אפשר לבקש מנבדקים לבצע מטלות ממוחשבות, והשימוש במחשבים מאפשר לחשוף המונים למטלות ולנתח כמויות אדירות של מידע. "אם אוספים כמה עשרות אלפי תשובות, במקום כמה עשרות, אפשר לדעת יותר במדויק את מידת המקוריות של כל תשובה", אמר הרט. "האפשרות לבנות מדדים כמותיים שנשענים על הרבה מאוד אנשים נותנת תקווה שנוכל לתת תשובות יותר טובות לשאלה מהי יצירתיות".

הרט סיפר שהיום חוקרים מנסים לבנות פלטפורמה שתאחד את המבחנים השונים, כדי לייצר סטנדרטיזציה בתחום מבחני היצירתיות. בכמה מבחני יצירתיות כבר יש יכולת לתת ציונים אובייקטיביים למגוון עצום של תשובות שנותנים נבדקים. "אנחנו מפתחים דרכים יותר מדויקות ויותר אוטומטיות בהשוואה לעבר", אמר.

## בין מקוריות לשימושיות

אחת השאלות המעניינות שחוקרים מבקשים לתת לה תשובה באמצעות המידע הרב שהם אוספים נוגעת לסגנונות שונים של יצירתיות. האם, למשל, החשיבה היצירתית משתנה עם הגיל? האם בכל תרבות מתפתח סגנון יצירתי ייחודי?

בכל הנוגע לילדים קטנים, התפישה המקובלת היתה שהם פועלים בצורה רנדומלית, שאינה מוסדרת על ידי כללים ונורמות חשיבה. כך, באופן אקראי הם מגיעים מדי פעם לפתרון מוצלח ומקורי במיוחד. אלא שמחקר שביצע הרט עם פרופ' אליסון גופניק מאוניברסיטת ברקלי ופרופ' אליסון מאקי מאוניברסיטת פנסילבניה גילה שאין זה כך.

במחקר, שהתפרסם לאחרונה בכתב העת Cognition, התבקשו מבוגרים וילדים לשחק משחק בשם Creative Foraging, שפיתחו ד"ר ליאור נוי והרט במעבדתו של פרופ' אורי אלון במכון ויצמן. במשחק נדרשים המשתתפים להזיז עשרה ריבועים ירוקים על מסך. כשמתקבלת צורה שמוצאת חן בעיניהם, עליהם לשמור אותה. נמצא שכבר בגיל 4 שיטת החיפוש של ילדים אחר צורות מעניינות דומה לזו שמפעילים מבוגרים. "זה ממש מפתיע", אמר הרט.

במחקר נמצא שבכל גיל יש צורות אחרות שנחשבות מעניינות. "משום כך המקוריות של הילדים נראית לנו גדולה, כי הם מחפשים במרחבים אחרים משלנו", אמר הרט. "אבל האזור שבו הילדים מחפשים יותר קטן. כלומר, יש סיכוי רב יותר שהם ייצרו צורות שגם ילדים אחרים עשו מאשר שזה יקרה אצל מבוגרים. רבים חושבים שככל שאנחנו מתבגרים היצירתיות נהרסת. זה לא מדויק. יש סוגים שונים של יצירתיות והשאלה היא יצירתי ביחס למה".

נראה גם שלתרבויות שונות יש סגנונות יצירתיים שונים. הפסיכולוגית וחוקרת המוח ד"ר טל איבנקובסקי מאוניברסיטת UAB בברצלונה ציינה שככל שמדובר בגאונות יצירתית, מהסוג שמשפיע על התרבות שבתוכה פועל אמן או מדען פורץ דרך, אין הבדל בין תרבויות. אבל בכל הנוגע לחשיבה יצירתית יומיומית יש הבדלים גדולים בין תרבויות.

איבנקובסקי השתמשה במחקרה בהגדרה רוחת ליצירתיות. לפי הגדרה זו, יצירתיות מאפשרת למצוא לבעיה פתרון מקורי, שהוא גם שימושי ומותאם. "בחברות המערביות האינדיווידואליסטיות אנשים רוצים להתבלט ולכן הם נוטלים סיכונים. בחברות האלה היצירתיות באה לידי ביטוי במקוריות", אמרה. "בחברות מזרח אסיאתיות, לעומת זאת, הערכים התרבותיים שמים דגש על הרמוניה חברתית, קולקטיביזם והימנעות מחוסר ודאות. לכן אין בהן שאיפה לבולטות אלא להיפך, רצון להיות כמו כולם, והיצירתיות באה לידי ביטוי בשימושיות". לכן במזרח נהוג יותר לפעול במסגרת הנורמות ולשפר רעיונות קיימים, במקום ליצור חדשים. "אין פלא שחברות הרכב המצליחות ביותר הן מהמזרח", ציינה איבנקובסקי. "הן לוקחות את המכונת, שהומצאה במערב, והופכות אותה לשימושית במיוחד".

מטלות יצירתיות שפותחו במערב מודדות מקוריות ולא שימושיות, ולכן היה נהוג לחשוב שבני תרבויות מזרחיות הם פחות יצירתיים. במחקר שביצעה איבנקובסקי בשיתוף פעולה עם אוניברסיטת קנזסאי ביפן, בהנחייתן של פרופ' סימון שמאי-צורי ופרופ' ג'ני קורמן מאוניברסיטת חיפה, היא השתמשה במטלת השימושים החלופיים וביקשה משופטים יפנים וישראלים לדרג את הרעיונות של נבדקים משתי המדינות. הרעיונות של הנבדקים היפנים דורגו כיותר שימושיים ושל הישראלים כיותר מקוריים.

מעניין לציין שמחקרים קודמים הראו שיש קשר מחזק בין שימושיות ומקוריות לאורך תהליך היצירה של רעיון. נבדקים יצירתיים במיוחד השיגו ציונים גבוהים בשני הממדים. "רעיון טוב אמור להכיל את שני הרכיבים, אחרת הוא יהיה או ביזארי או לא מקורי", אמרה איבנקובסקי.

## מחשב עם סגנון

מעל להבנה המתרחבת בנוגע ליצירתיות מתקדר בשנים האחרונות צל כבד – ייתכן שפסגת הפעילות האנושית תהפוך בעתיד הקרוב לחסרת כל ערך. תוכנות של בינה מלאכותית כבר כותבות טקסטים, מלחינות יצירות מוזיקליות ומייצרות דימויים ויזואליים ברמה שמשווה לזו של טובי היוצרים האנושיים, ולעתים אף עולה עליה. בספטמבר האחרון יצירת אמנות שהפיקה תוכנת בינה מלאכותית בשם Midjourney קבעה תקדים וזכתה במקום הראשון בתחרות ציור בארה"ב.

המתמטיקאי מאוקספורד פרופ' מרכוס דו סוטוי בחן את שאלת היצירתיות הדיגיטלית בספרו "תוכנת היצירתיות", שתורגם לאחרונה לעברית. בשיחת זום מביתו בלונדון סיפר דו סוטוי שהנושא הטריד אותו במיוחד, שכן בתור מתמטיקאי חשש שבקרוב יוחלף על ידי מחשבים, "שהרבה יותר קל להם לבצע חישובים מאשר לאדם". דה סוטוי ציין שבינה מלאכותית מבצעת כבר היום מטלות רבות באיכות גבוהה מאוד, דבר שמעלה את השאלה אם יש להתקדמותה מגבלה. "אחת התשובות היא שיצירתיות מיוחדת את האדם", אמר, "אבל אם רגע של יצירתיות אנושית נוצר על ידי נוירונים, אולי גם מחשב יוכל ליצור אותו?"

נטען שיצירות ממוחשבות נסמכות על יצירתיות אנושית, ולכן במובן עמוק אינן מקוריות. דו סוטוי אמר שטענה זו חלה גם על יצירתיות אנושית – "גם פיקאסו יצר משהו חדש מתוך משהו שהיה לפניו". המתמטיקאי הוסיף שכיום יש אלגוריתמים שמזהים סגנון, שאפשר לתכנת אותם לשבור את הסגנון ולא לשחזר את מה שהוזן אליהם. "אלה האלגוריתמים הכי מסעירים מבחינת היכולת ליצור דברים חדשים", אמר. "כבר היום יש אמנות מחשב שיש לה סגנון משלה, ולדעתי היא זכאית למקום בהיסטוריה של האמנות".

עם זאת, חקר היצירתיות הממוחשבת לא שיקע את דו סוטוי בפסימיזם. "אני חושב שהחשש שבינה מלאכותית תעקוף אותנו נובע מטעות", הסביר. "יצירתיות אינה על קו רצוף, יש לה הרבה ממדים. יש ממדים שבהם בינה מלאכותית תהיה יותר מוצלחת ואחרים שבהם האדם יותר מוצלח. לא צריך לחשוב על זה כתחרות, שבה אולי לא תישאר לנו עבודה, אלא כעל כלי חדש. כמו הרגע שבו המצלמה הופיעה ואז נוצרה אפשרות לסוג אמנות חדש. זה היה מרגש מאוד, וזה לא ביטל את האפשרות להמשיך לצייר על קנבס. אני חושב שיצירתיות של בינה מלאכותית תוסיף משהו ליצירתיות שלנו".

## מלכודת המכניזם

חשוב לזכור שיצירתיות אינה קשורה רק לביטויים מהסוג האמנותי. "יצירתיות חשובה לכולנו", אמר דו סוטוי. "האדם חש שהוא באמת חי רק כאשר הוא עושה משהו שונה ממה שעשה בעבר, אך אנשים

יכולים במהירות רבה למדי להגיע להתנהגות מאוד מכניסטית. גם אנשים שנחשבים לאמנים יצירתיים נופלים במלכודת הזאת".

ד"ר בעז שלגי, ראש התוכנית לדוקטורט בפסיכואנליזה וממשקיה באוניברסיטת תל אביב, אמר שהחוויה האנושית הבסיסית ביותר היא של היות יצירתי. "להיות יצירתי זה להיות סובייקט", אמר. "זה לא דווקא קשור לכישרון". שלגי הזכיר שהפסיכואנליטיקאי הבריטי דונלד ויניקוט הבחין בין תפישה פסיבית לתהליך תפישה אקטיבי (הוא כינה אותו apperception או "התפשה" בעברית). בעוד שבתהליך הראשון האדם קולט את המציאות כפי שהיא, בהתפשה האדם מסתכל על המציאות ויוצר אותה כך שהוא נותן לה משמעות אישית. "זה לא אומניפוטנטי", הדגיש שלגי. "זה לא מבטל את המציאות. להיות יצירתי זה לקחת את העולם ולעשות אותו משהו – אבל לא בצורה מוגזמת. לתפוש אותו באופן חדש, אחר, שלי. לכן לפי ויניקוט יצירתיות היא הדבר שגורם יותר מכל דבר אחר להרגיש שהחיים ראויים לחיותם".

הפעולה היצירתית שמופנית לעולם כוללת תמיד מרכיב של דמיון. "אנחנו לא תופשים את האנשים שאנחנו אוהבים בצורה אובייקטיבית לגמרי", הדגים שלגי. "הילד של השכן אולי יותר מוכשר, אבל אני יוצר את הילד שלי. הוא קצת מדומיין, וזה בסדר גמור. הקללה הכי גדולה לילד היא הורים אובייקטיביים. בפעולה היצירתית יש חופש ליצור ולדמיון את העולם ואת האחר – שבתורו מדמיון אותי ויוצר אותי כשלו. זה יוצר אפשרויות חדשות שלא היו קודם לכן. כך אני נוצר קצת מחדש, וגם האחר והעולם שבו אנו חיים".

וזה משהו שמכונות כנראה לא יכולות לעשות.

**לחצו על הפעמון לעדכונים בנושא:**

 בינה מלאכותית  אמנות