



# יצירותיהם של יצירי כפינו

## בחיפוש אחר היתרון האמיתי

**שנת 1600:** מכונות אמנם חזקות פיזית יותר מן האדם, אבל אינן יכולות לבצע פעולות מתמטיות.

**שנת 1623:** וילהלם שיקרד (Schickard) בונה את מכונת החישוב הראשונה.

**שנת 1900:** מכונות אמנם יכולות לבצע פעולות מתמטיות, אבל אינן יכולות לפתור בעיות.

**שנת 1941:** מחשבים אלקטרוניים פותרים בעיות מורכבות (בעזרת תוכנה שכתבו מתכנתיהם האנושיים).

**שנת 1950:** מחשבים אמנם יכולים לפתור בעיות, אך אינם יכולים לשחק שחמט.

**שנת 1962:** תוכנה ראשונה משחקת שחמט ברמה סבירה.

**שנת 1997:** אלוף העולם בשחמט (גארי קספרוב) מפסיד בסדרה של שישה משחקים לתוכנת שחמט (Deep Blue) – ראו "לשחק כמו מכונה", "גליליאו" (74).

**שנת 2007:** יש עדיין תחומים רבים שבהם מכונות אינן מגיעות ליכולתם של בני-אדם. הן אפילו אינן מסוגלות לבצע משימות יומיומיות כמו איסוף כלים מהשולחן, רחיצתם והנחתם בארון, אבל לא נוכל לבסס את טענתנו לכתר האינטליגנציה על הישג כזה. הישגים אחרים נראים לנו כראויים יותר לגאווה, כמו למשל היכולת להבין סיפור ששמענו, להסביר את מניעי הגיבורים ולהציע סיומים אפשריים. כמעט כל אדם מגיע לביצועים סבירים במטלות כאלו, בעוד שנדירים האנשים המשחקים שחמט ברמה של רב-אמן בינלאומי; אבל דווקא בשחמט כבר מביס המחשב כמעט כל אדם. על מה נוכל להצביע בגאווה בתור יתרון ברור של בינת האדם, מבלי שנגלה בעוד שנים מספר כי דווקא יתרון זה נשמט מידינו?

יצירות שמקורן אנושי עשויות להיראות למבקר מדופלם אחד כחדשניות ופורצות-דרך בזמן שמבקר אחר, מומחה באותה מידה, יסבור שהן חסרות כל משמעות או יצירתיות. וכוח כזה התלהט סביב יצירותיו של שימפנזה בשם קונגו, שצייר כ-400 ציורים בשנות החמישים והיה אורח קבוע בתכניות הטלוויזיה של הזואולוג והאתולוג הנודע דסמונד מוריס (Morris); אתולוגיה היא חקר התנהגות בעלי-החיים). הציירים פיקאסו ומירו תלו ציורים של קונגו על קירות בתיהם, ולפני כשנתיים נמכרו שלוש יצירות כאלה בכ-14,000 ליש"ט במכירה פומבית. לעומת זאת, ציוריו של הקוף לא מצאו חן בעיני מבקרי אמנות רבים, בין שידעו את זהות הצייר ובין שלא ידעו.

האם אפשר להבדיל בין שירה שכתב מחשב לשירה שכתב אדם? תוכנות בינה מלאכותית לכתבת שירה קיימות כבר עשרות שנים. אחת הידועות ביותר כיום היא ה"משורר הקיברנטי" שפיתח ריי קורצווייל (Kurzweil), עתידן, ממציא ופורץ דרך בתחומים רבים בבינה מלאכותית ובמוזיקה אלקטרונית. גרסה פשוטה של התוכנה ניתנת להורדה מהקישור

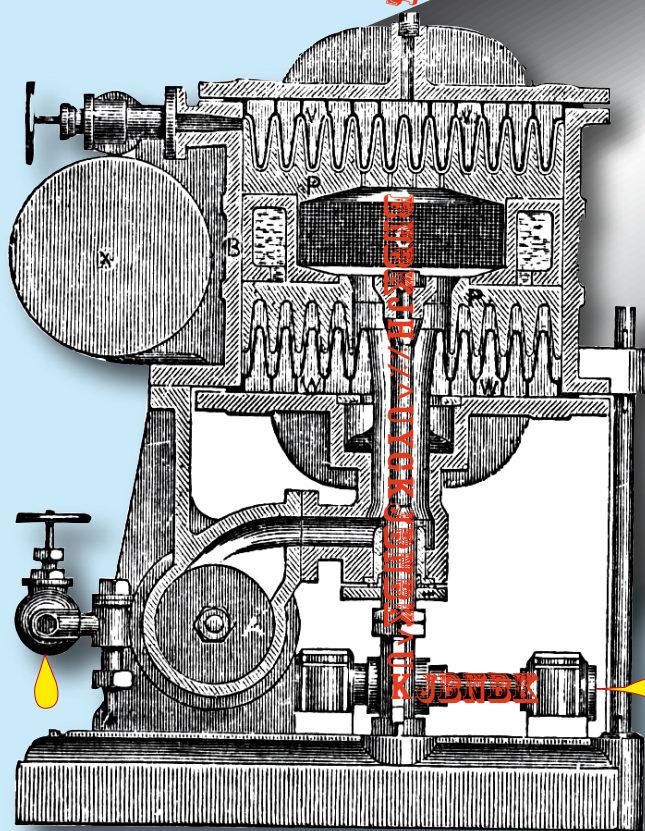
תשובה מתבקשת אחת היא היכולת שלנו "לחשוב", כי הרי זה מה שמייחד אותנו לא רק בהשוואה למכונות, אלא גם בהשוואה ליצורים חיים אחרים. אך חשיבה היא התנסות פנימית, שאיננו יכולים למדוד ישירות. אנו יכולים רק לצפות בתוצאותיה. אילו תוצרים של חשיבה הם אלה שמחשב לעולם לא יוכל לחקות? מאמר זה בוחן תשובה אחרת: אנחנו יצרנו את המכונות ואת המחשבים. אנחנו יוצרים אמנות ורעיונות חדשים. רבים יטענו כי מכונה לא תיצור אף פעם משהו חדש: הרי היא אינה יכולה לעשות דבר שלא חשבנו עליו כאשר תכננו ובנינו אותה. האם זוהי המצודה שלתוכה לא ייכנס שום מחשב או רובוט?

## איך מזהים יצירתיות?

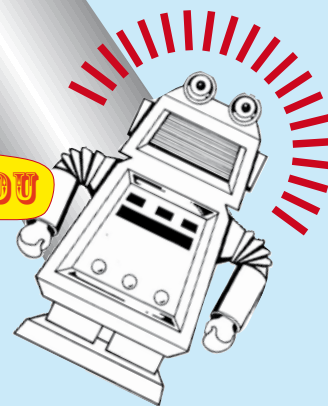
יצירתיות מופיעה ומוערכת כמעט בכל תחום פעילות אנושי. קשה לדמיין תחומים כמו אמנות, טכנולוגיה, מדע או פרסום ללא יצירתיות, אבל גם קשה להגדיר יצירתיות כך שנוכל להבדיל בין יצירה חדשה לבין חיקוי של יצירה קיימת או גיבוב אקראי של רעיונות שאינם יכולים להיתפש כיצירה. כידוע, אפילו

K JBNBK

.TTOU11@# \$!/:^UYGK JHGVBNBKJHG B/!^&YYT  
TTOU11@# \$!/:^UYGK JHGVBNBKJHG B/!^&YYT@WE



אור: דוד נמחוד



פריעטם של משוררים (שלושה מוכרים ואחד לא ידוע – קורצווייל עצמו) וחלקם תוצר של התוכנה שלו, וביקש מ-16 אנשים להחליט עבור כל קטע אם מקורו אלקטרוני או אנושי. הדיוק הגיע בערך ל-60%, כלומר, התוכנה כמעט הגיעה לסטנדרטים אנושיים. לא היה הבדל בין יכולת הסינוג של אנשים המתמצאים בשירה לבין ההצלחה של הדיטות, ובדומה לכך, לא היתה השפעה להתמצאות המסווגים בתוכנה. בעזרת הקישור שבסוף הכתבה יוכל הקורא למצוא קטעים אלה ולנסות לסווג אותם, ולאחר מכן להשוות

שבסוף הכתבה. התוכנה פועלת על ידי קריאת שירה ויצירת "מודל לשוני" המתאר את מבני השירים שנקלטו, את התבניות המשקליות ואת המילים שבשימוש. המודל עשוי להיווצר משירים של משורר אחד או מ"הכלאה" של כמה משוררים. כדי ליצור שיר, בוחר ה"משורר הקיברנטי" מילה אחר מילה כך שתתאים לסגנון הנבחר (אחד הסגנונות האפשריים הוא הייקו), למודל הלשוני ולמילים שכבר נבחרו. קורצווייל מדווח על ניסוי שבו לקח 28 קטעי שירים, שחלקם היו



הפטנטים, למשל, בודקים אם הצעת פטנט מתארת המצאה שאינה מובנת מאליה עבור האדם הסביר שמומחיותו בתחום המצאה. במילים אחרות, המצאה היא יצירת רעיון חדש, וקיימים מבחנים חוקיים המגדירים כיצד לשפוט את מידת החדשנות. מאמרים מדעיים נבחנים על-ידי כמה קוראים מומחים, הבודקים אם המאמר אכן מוסיף לידע האנושי.

מסתבר כי הבינה המלאכותית עשויה לעמוד גם במבחנים מחמירים אלה. אחד האתרים המרכזי מידע על תכנות גנטי (שיטה שבה נוצרות תוכנות מתוך תוכנות אחרות על-ידי הכלאות, מוטציות ובחירת ה"צאצאים" המצליחים ביותר במשימה כלשהי; ראו קישור בסוף הכתבה) מונה 15 מקרים שבהם תכנות גנטי הצליח ליצור המצאה הזוהר בפרטיה או בהצלחתה להמצאה אנושית שעליה הוענק פטנט במאה ה-20; 6 הצלחות כאלה המקבילות להמצאות אנושיות שעליהן הוענק פטנט בשש השנים הראשונות של המאה ה-21; ושתי המצאות אוטומטיות חדשות לחלוטין, שעליהן אפשר (לדעת כותבי האתר) להעניק פטנט. כפי שאפשר לראות מספירה זו, תהליכי ה"המצאות האוטומטיות" נמצאים בתאוצה. צוותי פיתוח ומהנדסים בכל העולם כבר משתמשים בתהליכים אלה, ויש לצפות כי הקצב ימשיך ויגדל.

גילוי של רעיונות חדשים על-ידי תוכנה הופיע כבר בימיה הראשונים של הבינה המלאכותית. אחד ממייסדי התחום, מרווין מינסקי (Minsky), התעניין בהוכחה אוטומטית של משפטים בגאומטריה – גם כאתגר מעניין וגם כי רובנו רואים בגאומטריה אתגר משמעותי, הדורש הפעלת חשיבה יצירתית כדי למצוא הוכחות. בשנת 1956 החל מינסקי להזין לתוכנה (בתחילה בסימולציה ידנית, מפאת מגבלות הטכנולוגיה באותן שנים, ורק כשנתיים מאוחר יותר בהפעלה על מחשב אמיתי) את האקסיומות והמשפטים הפשוטים ביותר בגאומטריה, שאותם פוגשים תלמידים כמעט ללא שינוי כבר אלפי שנים, מאז יצר אויקלידס את הגאומטריה בספרו "אלמנטים" בערך בשנת 300 לפנה"ס.

להפתעתו של מינסקי, כבר כאשר הגיע לטענה המוכרת כי זוויות הבסיס במשולש שווה-שוקיים שוות (המשפט הראשון המוכח בכרך הראשון של "אלמנטים"), התוכנה מצאה הוכחה לא-מוכרת, שהיתה קצרה בהרבה מההוכחה שסיפק אויקלידס, אם כי רעיון ההוכחה עשוי להיות קשה יותר להבנה (ראו מסגרת). רק לאחר שמתמטיקאים מומחים ראו את ההוכחה, התברר למינסקי כי התוכנה איחרה במקצת: המתמטיקאי היווני-מצרי פאפוס (Pappus) פירסם אותה בסביבות שנת 340 לספירה. איחור זה אינו מאפשר להעניק למחשב את כתר

עם התשובות הנכונות – תהליך שיכול ללמד אותנו משהו על הדרך שבה אנו קוראים שירה. ריי קורצווייל מודה כי יצירת שיר שלם (ולא קטע או בית אחד) בצורה שתשכנע קורא אנושי היא אתגר קשה יותר, אך הוא מאמין כי הטכנולוגיה הקיימת תוכל לעמוד בקרוב גם באתגר זה. מעניין אם ריי קורצווייל היה יכול לכתוב תוכנה שתשיג ביצועים טובים יותר באותה מטלת הבחנה בין משוררים אנושיים לבין משוררים קיברנטיים. אם כן, הרי שמבקרי אמנות קרובים הרבה יותר לעולם המכונות – תוצאה שתתאים לדעותיהם של אמנים רבים...

קל לראות בשיטתו של קורצווייל חיקוי ותו לא: התוכנה שלו פועלת לפי מודלים ש"למדה" ממשוררים קודמים, אך שקשה מאוד לזהות את השיר – או אפילו את המשורר – המהווים את נקודת המוצא. בטרם נסיק מסקנה זו, כדאי שנשאל את עצמנו אם אפילו המשוררים האנושיים הטובים ביותר אינם יוצרים בדרך דומה, לפחות ברמה מסוימת, שכן שום משורר אינו פועל בחלל ריק, ועבור כל משורר אנושי כמעט ניתן להצביע על "השפעות" מעצבות.

גם בתחומי אמנות אחרים קיימים יוצרים ממוחשבים, כמו במוזיקה – ראו "החלילן מוואסדה" ("גליליאו" 66), שם היה כבר רקע היסטורי להתפתחות זו: באמצע המאה ה-20 החלו מלחינים לנסות תהליכים אקראיים ככלי עזר להלחנה. במוזיקה, כמו בציור (ראו "תוכנה שכותבת תוכנה", "גליליאו" 87, ובמיוחד לגבי תוכנת Kandid, שקישור אליה מובא בסוף הכתבה), קיים לעתים שיתוף פעולה בין היוצר האנושי לבין התוכנה, כאשר האדם קובע פרמטרים המנחים את היצירה ובורר מתוך התפוקות הממוחשבות את הקטעים שנראים לו ביותר. גם "משורר הקיברנטי" יש יכולת כזו, בצד היכולת לעזור למשורר האנושי על-ידי הצגת רשימת מילים אפשריות למילה הבאה בשיר. האם יצירה משותפת כזו תיתפש כחדשנית? אם כן, איך נחלק את הקרדיט לחדשנות בין האדם לבין המחשב?

### יצירתיות בתחומים הריאליים

כפי שראינו, יש כבר רמזים ליכולתו של המחשב ליצור אמנות. גם בתחומי יצירה "נמוכים" יותר, יש כבר מי שטוען כי התוכנה שפיתח כתבה רומן שלם בסגנונה של הסופרת הפופולרית ז'קלין סוזן, מחברת "עמק הבובות", כמו גם תוכנה הממציאה בדיחות (קישורים בסוף הכתבה). קשה להגיע להערכה אובייקטיבית של איכות סופר, כפי שקשה להכריע בצורה אובייקטיבית אם בדיחה היא מצחיקה. לעומת זאת, בתחומים הריאליים, כמו טכנולוגיה, מדעים ומתמטיקה, יש מדדים אובייקטיביים להצלחה. משרדי

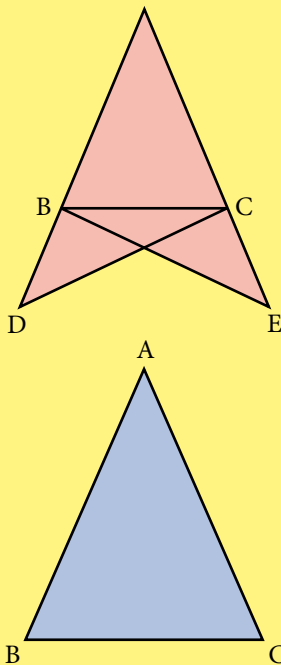
כדאי לבטא את תלות הפונקציה בשורש של  $1+x$  ואז נגיע לצורה מתמטית שיותר קל למצוא את האינטגרל שלה). מגוון הטרינספורמציות האפשריות הוא רחב, וקשה לדעת איזו מהן לבצע ובאיזה סדר, אפילו כאשר נעזרים בטבלאות אינטגרלים – ספרים עבים המרכזים את מיטב הידע בתחום כפי שיצוהו אלפי מתמטיקאים. בעשורים האחרונים, משימה זו מבוצעת יותר ויותר על-ידי תוכנה עצמאית.

### להסיט את הווילון

בסרט "הקוסם מארץ עוץ" (הכוונה כאן לגרסה הקלאסית מ-1939, המבוססת על "הקוסם הנפלא מארץ עוץ", ספרו של פרנק ל. באום מ-1900), דורותי וחבריה להרפתקה מתרשמים מאוד מהראש המרחף המוסר להם את בשורותיו של הקוסם הגדול מותך אש ועשן, עד שהם מגלים כי מאחורי וילון בצד החדר מסתתר אדם ככל האדם. אדם זה הוא המפעיל את

המצאת ההוכחה, אבל אינו מחליש את הטיעון שלהלן: אם תלמיד תיכון או סטודנט באוניברסיטה היה מציע הוכחה זו, היינו רואים בכך עדות חזקה לכישרון לחשיבה מתמטית. מדוע לא נכיר בעדות כזו גם עבור מחשב?

בימים אלה, השימוש בכלי הוכחה אוטומטית כבר מוכר היטב למתמטיקאים. הקרדיט לחידושים מתמטיים עדיין מוענק, בצדק, למתמטיקאי האנושי, אך אותו מתמטיקאי נעזר לעתים קרובות ב"מכפיל כוח" שמקורו בעבודתו של מינסקי על בינה מלאכותית. בתחומים מתמטיים אחרים המחשב כבר פועל בצורה עצמאית כמעט לחלוטין. הכוונה אינה רק לחישובים מספריים, אלא גם לאתגרים שדרשו פעם את מיטב המוחות. לדוגמה, מאז ניוטון נדרשו מדענים למצוא אינטגרלים של פונקציות פשוטות או מסובכות. מציאת אינטגרל דורשת החלטה על סדרת טרינספורמציות (כמו החלפת משתנים – למשל, במקום הגדרת תלות הפונקציה במשתנה  $x$ , אולי



### ההוכחה של אויקלידס למשפט "במשולש שווה שוקיים זוויות הבסיס שוות" (בערך 300 לפנה"ס):

נתון כי  $AB=AC$ . נקצה קטעים שווים  $BD$  ו- $CE$  על המשכי  $AB$  ו- $AC$ . המשולשים  $ABE$  ו- $ACD$  חופפים (צלע-זווית-צלע:  $AE=AD$ ,  $AB=AC$ , זוויות  $A$  משותפת). מכאן כי  $BE=CD$  ולכן המשולשים  $BCE$  ו- $BCD$  חופפים (צלע-צלע-צלע:  $BC$  צלע משותפת,  $BE=CD$  ו- $BD=CE$ ). לכן הזוויות  $BCE$  ו- $BCD$  שוות. זוויות הבסיס של המשולש  $ABC$  משלימות זוויות אלו ל- $180^\circ$  מעלות ולכן גם הן שוות. הוכחה זו קיבלה את השם הלטיני "pons asinorum", כלומר "גשר החמור" או "גשר הטיפש", כנראה כי בבתי-הספר של ימי הביניים היא שימשה להבדיל בין אלו שיצליחו להבין אותה ולהתקדם בלימודי הגאומטריה לבין אלו שלעולם לא יבינו גאומטריה.

### ההוכחה של פאפוס לאותו משפט (בערך 340 לספירה) היא זו שתוכנה גילתה מחדש ב-1956, בלי שהמתכנת (מינסקי) יכיר את ההוכחה:

נתון כי  $AB=AC$ . נתייחס לשני משולשים שאפשר למצוא בציור זה:  $ABC$  ו- $ACB$ . שני משולשים אלה חופפים לפי צלע-צלע-צלע (צלעות  $AB, BC, CA$  שוות בהתאמה לצלעות  $BA, CB, AC$ ) ולכן זוויות הבסיס שוות: זווית  $B$  במשולש הראשון מתאימה לזווית  $C$  במשולש השני. בהוכחה זו יש קושי קונספטואלי בכך שהיא דורשת להבדיל בין משולשים לפי הסדר שבו ניתנים כדקדודיהם. ■



יותר, שחלקן נשאב מתוך אסטרטגיות חשיבה אנושיות. לכל השיטות, חדשות וישנות, משותפת אותה התופעה של הסטת הווילון: כאשר מבינים איך השיטות פועלות, נעלמת התחושה של ניצוץ יצירתי-המצאתי ואנו נשארים עם מכניקה של צעד-אחר-צעד, ניסוי וטעייה, "טחינה" של מספר עצום של אפשרויות עד שאחת מהן תוביל אותנו אל הפתרון הנדרש. עבור כמה אנשים, העובדה שהניצוץ נעלם תחת אזמל הניתוח מוכיחה כי יש הבדל יסודי ומהותי בין מחשב לבין יוצר אנושי: אפילו אם הם מגיעים לאותה תוצאה בדיוק, התהליך ייחשב יצירתי אם ביצע אותו אדם ומכני אם ביצעה אותו מכונה. לא קשה לראות את ההיגיון בעמדה זו: למשל, קל מאוד לכתוב תוכנית מחשב טריוויואלית שכל פעולתה מסתכמת בהצגת ההודעה "אני עצוב". אף אחד לא יציע לייחס רגשות למחשב הנשלט על-ידי תוכנה זו, אף שאנו נוטים להאמין לאדם האומר אותו דבר. במילים אחרות, גם אם מחשב ואדם יפגינו כלפי חוץ אותה פעילות, אין בכך משום הוכחה כי התהליכים הפנימיים שלהם בני-השוואה. העמדה הנגדית, של אנשים כמו מינסקי, מצפה שכאשר נבין את תהליכי החשיבה האנושית ייעלם גם שם אותו ניצוץ מיסטי: גם במוח האנושי נמצא כמות אדירה של פעולות, כאשר כל אחת מהן כשלעצמה פשוטה כמו הפעלת תא עצב אחד על-ידי אותות חשמליים-כימיים המגיעים מתאים אחרים. כפי שמינסקי אוהב לומר: "אנחנו איננו סתם מכונות. אנחנו מכונות נפלאות!"

המנגנונים האחראיים לכוחו, המאגי לכאורה, של הקוסם. חוויה מאכזבת זו מוכרת לאלו שהתגלה להם הסוד מאחורי הופעות קסמים, במיוחד כאלו שבהן טוען הקוסם לכוחות על-טבעיים: חלק מהקסמים המרשימים ביותר מתגלים כתלויים בטריקים פשוטים שכל אחד יכול לבצע, בעוד שקסמים פשוטים לכאורה עשויים לדרוש כישרון וזריזות-ידיים נדירים. בהקשר זה מעניין לציין כי המשאלות שדורותי וחבריה מבקשים מהקוסם מתגשמות לבסוף: המטרה הושגה, אך הדרך לא היתה קסומה כפי שציפו מלכתחילה. במציאת אינטגרלים, כמו בהוכחות מתמטיות ובמקרים אחרים שבהם המחשב נראה כאילו הוא מגיע להישגים המצאתיים, יש משהו מהאכזבה המורגשת כאשר מסיטים את הווילון: בניגוד למוח האנושי, יש לנו גישה לכל הפרטים של התהליך שבו הגיע המחשב ל"יצירתו". מנוע ההוכחות האוטומטיות של מינסקי, למשל, בוחן את כל המשולשים האפשריים כדי לחפש זוג משולשים שאפשר להוכיח חיפה ביניהם. כאשר יימצא זוג כזה, אפשר להסיק מכך שוויונים חדשים של זוויות או צלעות, ושוויונים אלו מאפשרים למצוא עוד חפיפות משולשים. בצורה דומה, תוך שימוש גם במשפטים אחרים שהוזנו לתוכנה, מצטברות העובדות שהתוכנה יודעת להוכיח, עד שנמצאת הדרך אל העובדה שהוכחתה נדרשה. מנועים חדשים יותר משתמשים בשיטות נוספות ומורכבות



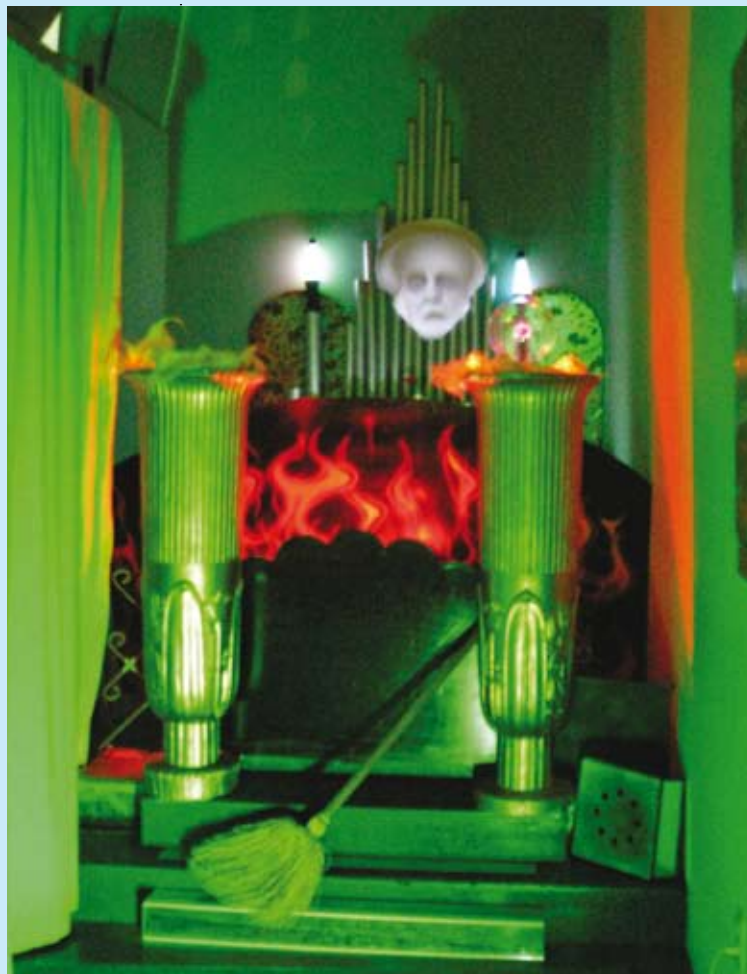
תוכנת Kandid

מילוליות לפעילות ספציפית בקדמת הרכס הצדעי העליון של ההמיספרה הימנית (aSTG). מבט מרתק, מבפנים ומבחוץ גם יחד, מתואר בספר "מוח פתוח לרווחה" של סטיבן ג'ונסון (Mind Wide Open, Johnson), בפרק המתאר את חוויותיו של ג'ונסון כאשר נבדק בסריקת fMRI. אף שקשה להתרכז תוך כדי סריקה כזו, הוא הצליח למשך ארבעים השניות האחרונות של הסריקה לנסח כמה משפטים עבור אותו הספר – פעולה יצירתית, אם גם לא ברמת האמנות שאליה הגיעו שייקספיר או עגנון. תבנית הפעולה של מוחו באותו רגע היתה מיוחדת בשני דברים: ראשית, חלקים רבים של המוח היו פעילים פחות מאשר בדרך-כלל. כמו במחקרים אחרים, גם כאן מופיעה התוצאה המפתיעה במבט ראשון, שבה פעילות חלקים מהמוח מוחלשת – כאילו החלקים היצירתיים זקוקים לשקט כדי לפעול. הייחוד השני הוא בכך שיחד עם הפעלת מרכזי השפה, הצפויה כאשר עוסקים בחיבור טקסט, מופעל גם כל הרכס המצחי התיכון (medial frontal gyrus). חלק זה של המוח מקושר לתיאום בין פעילויות חלקי מוח אחרים. ג'ונסון מקשר ממצא זה עם הנטייה שלו לחשיבה שיטתית ומסודרת. סריקה אחת אינה מספיקה להסקת מסקנות מדעיות, כמובן, אך

מעניין להשוות את פעילות המוח בזמן שג'ונסון כותב את ספרו לפעילות של הנבדקים בזמן פתרון חידות היגיון: תבניות הפעילות שונות מאוד, ונותנות בכך רמזים לקיום של מנגנונים שונים לסוגי יצירה שונים. ייתכן שממצאים אלו הם הצעדים הראשונים של הסטת הווילון ופענוח פעילותה של אותה "מכונה מופלאה", במילותיו של מינסקי – המוח האנושי.

### חורף בפירנצה

בדצמבר 2006 התקיים "פסטיבל יצירתיות" בפירנצה שבאיטליה. שלושת הימים הראשונים הוקדשו ליצירתיות



הראש המרחרח. תפאורה ואפקט קולנועי מהסרט "הקוסם מארץ עוץ"

באמריה זו הוא מוותר על הפלא שבהתבוננות בבלתי מובן, אך מקבל במקומו את הפלא העשיר בהרבה של התעמקות במורכבות הסבוכה של מכונה הניתנת להבנה.

כמובן, חוקרי הבינה המלאכותית אינם היחידים המנסים לפענח את התהליכים הקורים במוחנו בזמן שאנו מגיעים לתובנות חדשות. במאמר "אווריקה – ברק במוח" ("גליליאו" 83) מתואר שיתוף פעולה בין פסיכולוגים ונירולוגים המנסה לאתר את המנגנונים במוח הקשורים בהארה (בהקשר זה, הכוונה לפתרון-הברקה כמו זה הנדרש לפתרון חידות היגיון). מחקרים אלה קושרים בין השאר פתרון-הארה של בעיות



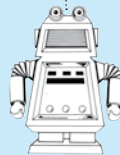
אנושית, והיום האחרון – ליצירתיות של מכונות. בפסטיבל הוצגו בין השאר מחשבים המלחינים מוזיקה ותוכנת WebCrow, הפותרת תשבצי היגיון (ראו "עורב ברשת" – "גליליאו" 99). האירוע המרכזי באותו יום היה קרב שחמט מרתק בין תוכנת ג'וניור (בגירסתה Deep Junior) הישראלית לבין אלוף העולם בשחמט לנוער, טימור ראג'אבוב מאזרביג'אן. המכונה ניצחה בקרב זה כאשר רב-האמן האנושי נקלע ללחץ זמן, אך שי בושינסקי, שפיתח את ג'וניור יחד עם אמיר באן, רואה בקרב זה את תחילתה של תקופה חדשה בקרבות שחמט בין אדם למחשב: "הדור הצעיר, שגדל עם תוכנות שחמט חזקות, עשוי עדיין להקשות מאוד על תוכנות השחמט."

הפסטיבל הסתיים בדיון בין כמה מומחי בינה מלאכותית בשאלה, האם יכולה יצירתיות להתקיים במכונה ממוחשבת. כמה מהדוברים שללו כל אפשרות כזו, בנימוק שקראנו לו כאן הסטת הווילון: "אני יודע איך המכונות האלה עובדות, ואין בהן יצירתיות כלל" – טיעון כבד-משקל כאשר מביע אותו מתכנת המכיר כל פרט בתוכנה שכתב. שי בושינסקי טען ההפך. לדעתו תוכנת ג'וניור היא יצירתית, והוא נותן ארבעה נימוקים לכך: ראשית, אפילו מומחים גדולים לשחמט מתקשים לחזות את הצעד הבא של התוכנה; שנית, יש צירופי מסעים שרבי-אמנים פוסלים מיד, אך המכונה מצליחה להפעיל בהצלחה רבה; שלישית, המחשב לומד ממהלכיהם של בני-אדם ולאחר מכן מצליח לשפר את משחקו מעבר למה שלמד. רביעית, שחקנים אנושיים נוטים "לייבש את המשחק" על-ידי יצירת מצבים המגבילים את היכולת ליצור רעיונות חדשים, במיוחד כאשר הם משחקים נגד מחשב, בעוד שתוכנת שחמט אינן נמנעות ממצבים פתוחים ומסובכים, שאותם הן יכולות להוביל לפתרונות יצירתיים (או לפחות פתרונות שהיינו רואים בהם יצירתיות אם שחקן אנושי היה בוחר בהם). "הכוח היצירתי של ג'וניור נובע מהיותה שחקן

אובייקטיבי לחלוטין, בעוד שיריביה האנושיים טעונים בדעות קדומות המגבילות את היצירתיות שלהם," אומר בושינסקי ומסיק כי תוכנת ג'וניור יצירתית יותר משחמטאים אנושיים. אפשר לתמצת את הוויכוח לשאלה זו: אם אנו מסכימים כי התוצר הסופי של התהליך הוא יצירתי, האם זה מחייב אותנו להכיר בתהליך עצמו כיצירתי? התשובה לשאלה זו משנה לחלוטין את התייחסותנו לעובדה כי התהליך בפני עצמו אינו מורכב מ"צעדים יצירתיים" אלא מחיפוש או מחישובים מפורטים: אם הכרנו בתהליך בכללותו כיצירתי, אנו נדרשים לשאלה אם גם תהליכי היצירה האנושיים מורכבים מצעדים פשוטים כאלה.

דעות כמו זו של בושינסקי הן כיום במיעוט, אך המחשבים עדיין לא אמרו את המילה האחרונה. אם יימשכו ההישגים של מחשבים בתחומים שפעם נחשבו כמחייבים יצירתיות – מתמטיקה, המצאות טכנולוגיות, שחמט, ואולי גם מוזיקה וציור – אנו בני-האדם יכולים להגיב באחד משני אופנים: אנו יכולים לשלול את הטענה כאילו הגענו ליצירתיות ממוחשבת, אם על-ידי הכחשה כי אותה מטלה שביצע המחשב אכן דורשת יצירתיות או על-ידי שלילת ההשוואה ("נכון שהתוצרים דומים, אבל כשמחשב עושה זאת, זהו עיבוד נתונים החוזר על עצמו ואינו מחדש דבר; כשאני עושה זאת, אני יצירתי"). אנו יכולים גם להפסיק את הנסיגה וההתבצרות, לפתוח את שערי המבצר ולהכיר במחשבים כזכאים להערכתנו. הרגע שבו נידרש להחליט החלטה כזו עדיין לא הגיע, ואולי לא יגיע לעולם, אבל אם יגיע, אולי נוכל לפנות אל המחשבים כדי שיציעו פתרון יצירתי לדילמה קשה זו... ■

**ישראל בנימיני** עובד בחברת ClickSoftware בפיתוח שיטות אופטימיזציה מתקדמות.



## קישורים

- [http://www.kurzweilcyberart.com/poetry/rkcp\\_overview.php3](http://www.kurzweilcyberart.com/poetry/rkcp_overview.php3) – "המשורר הקיברנטי" של ריי קורצווייל.
- <http://kandid.sourceforge.net> – תוכנת Kandid ליצירת ציורים בשיתוף אדם ומחשב.
- <http://www.genetic-programming.org> – מאגר מידע על תכנות גנטי.
- <http://www.amazon.com/Just-This-Once-Scott-French/dp/0517131927> – ספר שנכתב בסגנונה של ז'קלין סוזן בעזרת תוכנת בינה מלאכותית.
- <http://www.newscientisttech.com/article/dn9828> – תוכנה היוצרת בדיחות כדי ללמד כישורי שפה.