

על מחשבים ואנשים

הצעה למערך שיעור הניתן במסגרת הקורס 'הוראת מדעי המחשב בקהילה'.

החוג למדעי המחשב – אוניברסיטת תל אביב

ציוד נדרש

חיבור לאינטרנט, מקרן, רמקולים, דפי העבודה שבנספחים, כעשרים וחמישה כרטיסים קטנים מבריסטול, בלו טאק (blue tack) או משהו דומה להדבקת הכרטיסים על הלוח.

ידע קודם

רצוי להעביר מערך זה אחרי שהתלמידים נחשפו לתכנים הבסיסיים - בעיקר מספרים בינאריים וכיצד מייצגים בעזרתם טקסט, תמונה וכו'.

מבוא

מטרתו של שיעור זה הינה לחשוף מעט את התלמידים אל הדיון, המחקר והחידושים בתחום הבינה המלאכותית. בהמשך לשיעור נוסף העוסק בנושא¹, מערך שיעור זה מבקש לעורר את סקרנותם ומודעותם של התלמידים לרעיון של תבונה מלאכותית על-ידי העמדה של האדם ושל הכישורים האנושיים אל מול אלו של המחשב והשוואה ביניהם. תוצאותיה של השוואה זו, כפי שנראה וכפי שבתקווה יראו התלמידים, אינן מובנות מאליהן. מעבר לכך - דיונים כאלה חושפים בדרך כלל את האמונה הקיימת בתרבות שקיים שוני איכותי ולא רק כמותי, מהותני ולא רק חומרי, בין האדם לבין המחשב, ושהם מוציאים זה את זה במובנים רבים (חי לעומת דומם, פעיל לעומת סביל, יצור בעל רגשות לעומת 'מכונה' ועוד..). את רוב ההבחנות הללו ניתן לאתגר, חלק יותר בקלות וחלק פחות, וזאת אנו מנסים לעשות כאן.

חלק א': פעילות – 'אדם' מול 'מחשב'.

חלקו את הכיתה לשלוש קבוצות. קבוצה אחת תהא השופטת בהמשך הפעילות ולכן לא יוטל עליה בשלב זה דבר. לשתי הקבוצות האחרות חלקו כרטיסים שניתן לכתוב עליהם, כעשרה כרטיסים לכל קבוצה. מומלץ שהיהיו לכל היותר עשרים כרטיסים סה"כ אצל התלמידים, על מנת שהפעילות כולה לא תארך יותר מידי. כעת בקשו מחברי קבוצה אחת לרשום על הכרטיסים תכונות שמאפיינות לדעתם מחשב, ומהקבוצה השנייה לרשום תכונות שמאפיינות לדעתם אדם. דאגו לכך ששתי הקבוצות לא תדענה מה עושה הקבוצה האחרת. תנו מספר דוגמאות, תוך שאתם מכוונים את התלמידים לרשום גם תארים, למשל "חפץ דומם", "מכשיר חשמלי" וכו', וגם משפטים שמתארים את הפונקציונאליות של הדבר: "מכשיר שאפשר לעשות בו דברים – להכנס לאינטרנט, לראות סרטים", "מכונה מתוחכמת שאפשר דרכה לייצר מידע, לשלוח מידע, לקבל מידע", "יצור שהולך", "יצור שמדבר" ועוד. הציעו תכונות מובהקות יותר ("מכשיר חשמלי") ומובהקות פחות ("יכול לדבר", "יכול לזוז"). מטרת הפעילות היא להראות שמחשבים כיום נושאים הרבה תכונות שבעבר ייחסנו לאדם בלבד, ואולי גם להפך – בני אדם נושאים תכונות שאולי הופכים אותם לעיתים למעין

¹ ראה מערך השיעור 'בינה מלאכותית'.

מחשבים משוכללים. נסו, אם כן, לכוון את התלמידים כך שלפחות חלק מן התכונות שיירשמו יוכלו להתפרש לכאן או לכאן. בזמן שתלמידי שתי הקבוצות הפעילות כותבים, שבו עם תלמידי הקבוצה השלישית והסבירו להם את תפקידם: עוד מעט יקבלו לידם מספר כרטיסים שעליהם רשומות תכונות. עבור כל תכונה הם יצטרכו להדביק את הכרטיס בעמודה המתאימה (אדם\מחשב) בטבלה שתצויר על הלוח.

בקבלכם לידכם את הכרטיסים הכתובים, הוסיפו כעשרה כרטיסים משלכם הכוללים תארים אלו (או אחרים שנראים לכם מתאימים²): "מקשיב", "מבין עברית", "רוקד", "יש לו רגשות", "יצירתי", "יש לו חושים - מגיב לסביבה".

ציירו על הלוח טבלה בת שתי עמודות – 'אדם' ו-'מחשב'. השאירו מקום לעמודה נוספת של 'גם אדם וגם מחשב'. אל תרשמו עמודה זו בהתחלה – רק כאשר התלמידים מבינים (בעזרתכם אם יש צורך) שישנם משפטים שנכונים גם עבור אדם וגם עבור מחשב אז היענו כביכול לצורך שעלה וציירו העמודה הנוספת. לאחר שציירתם הטבלה הראשונית בקשו מתלמידי הקבוצה השופטת לעמוד ליד הלוח. בחרו מהם נציג ואמרו לו להקריא בקול את הכרטיסים אחד אחד. עבור כל כרטיס על הקבוצה השופטת להחליט ביחד היכן מקומו – בעמודת 'מחשב' או בעמודת 'אדם', ולהדביק אותו במקום המתאים. הדגישו בפני שאר התלמידים שאם הם אינם מסכימים עם הקביעה של השופטים באפשרותם לומר זאת, תוך שהם מנמקים את עמדתם.

חלק ב' – דיון וסרטונים.

שאלו את התלמידים, בעקבות הפעילות – "אז מה בעצם מחשב יודע לעשות שאדם לא יודע?", ושאלו גם את השאלה ההפוכה: "מה האדם עושה והמחשב לא יכול לעשות?" סביר שכבר עכשיו התערערו הבחנות שנראו קודם לכן מובנות מאליהן. השתמשו בסרטים שבקישורים המצורפים כדי לתת נופך מוחשי לדיון שעד כה היה תיאורטי. אם למשל אחד האפיונים שהוצעו עבור האדם הוא יכולת הדיבור – אפשר לתת כדוגמא מגוון תוכנות 'מדברות', למשל סירי של איפון. אפשר להוסיף שסירי אינה רק מדברת אלא גם 'מקשיבה'. סירי אינה מבינה עברית אולי, אבל היא בהחלט 'מבינה' אנגלית. באשר ליכולת תנועה – ציינו שכולנו מכירים רובוטים, שהם בעצם מחשבים בעלי יכולת תנועה. דוגמה מצויינת היא שואב האבק הרובוטי³. ישנם רובוטים עם גפיים דמויות גפיים אנושיות, ואף עם גוף דמוי אנוש שלם – למשל Asimo של הונדה, שרץ, קופץ על רגל אחת, רוקד ועוד (ראו נספח א'). מעבר למגוון יכולות התנועה, הדוגמאות הללו מלמדות על כך שמחשבים כיום יכולים לחוש את הסביבה, ולהגיב בהתאם. דוגמא מובהקת לכך היא המכונית של גוגל שנסועת בעצמה (ראו נספח א'). נכון לכתיבת שורות אלה נסעו כתריסר מכוניות כאלו כחצי מיליון קילומטר ברחבי ארה"ב

מחשבים, אם כן, יכולים לנוע, לדבר, לשמוע, לחוש את הסביבה ועוד. כוונת את הדיון (אם לא הגיע לכך עדיין) אל הכשרים שאנו מכנים 'מנטליים' – רגשות, מחשבות, דמיון וכו'. בד"כ יש רוב מכריע לגישה שהמחשב אינו חושב, מרגיש וכו'. ומה באשר ליצירתיות? האם מחשב יכול לצייר ציור יפה? האם המחשב

² כלומר, תארים שדומה שהם שייכים באופן בלעדי לאחד מהשניים אבל בפועל ניתן למצוא גם בני אדם וגם מחשבים הנושאים אותם.

³ שתנועתו חנינית למדי, ראו סרטוני ההדגמה.

יוכל לכתוב ספר? האם מחשב יכול להרגיש? שתפו את התלמידים בדיון ובקשו מהם לומר מה דעתם⁴. עם או בלי קשר לשאלת הרגשות, מאז שהופיעו המחשבים על בימת האנושות הם מרבים להעסיק את התרבות - בסרטים, ספרים, תסריטי אפוקליפסה למיניהם, תהיות פילוסופיות על טיבו וייחודו של האדם ועוד. נסו להעביר מעט מכך לתלמידים, למשל על-ידי דיון קצר בסרט עתידי זה או אחר בו המחשבים משתלטים על העולם או מתערים בו ('מטריקס' ו-'אינטליגנציה מלאכותית' הם דוגמאות לסרטים כאלו). שאלו את התלמידים מה הם חושבים על תסריט שכזה.

חלק ג' – האזנה ודיון

כעת שאלו את התלמידים אם הם אוהבים מוסיקה. שאלו האם לדעתם מחשב יכול ליצור לבדו מוסיקה יפה ומרגשת? ספרו לתלמידים שאתם הולכים להשמיע להם קטע שהולחן על ידי אדם וקטע שהולחן על ידי מחשב ולבקש מהם לנסות לזהות מי הלחין מה. השמיעו את הקטעים⁵ (הסתירו כמובן כל פרט שעלול לרמוז על התשובה – למשל תמונה מסגירה ביוטיוב). נסו להקשות על התלמידים את המשימה ככל האפשר, למשל על ידי השמעת שלושה קטעים ולא שניים. כדי להפוך את הפעילות לאינטראקטיבית יותר, אפשר לחלק פתק קטן לכל תלמיד עם שלוש שורות ריקות (נספח ב'), ולבקש מהתלמידים שיסמנו מה הם חושבים עבור כל אחד מהקטעים. אפשר להבטיח צ'ופר למי שינחש נכונה את כל הקטעים. שימו לב לא להאריך מדי בהשמעה כדי לא לשעמם את הילדים. עבור מבוגרים בעלי סבלנות ועניין, השמעה רציפה של היצירות יכולה להיות חוויה מאוד מהנה ומעניינת. עבור ילדים יש לבחור חלקים לא ארוכים מדי (ולא קצרים מדי כמובן). אל תמהרו לתת לתלמידים את התשובה הנכונה (צפו לכך שהם יתבעו זאת מכך). אפשר לגלות את התשובה לאחר הצגת סיפורה של Emily Howell – 'התוכנה המלחינה':

Emily Howell היא תוכנת מחשב שייצר David Cope – לשעבר פרופסור למוסיקה באוניברסיטת קליפורניה. מעבר לעיסוקו כמלחין, קופ עוסק במה שהוא קורא לו 'אינטליגנציה מוסיקלית מלאכותית'⁶ – ניסיון לבנות אלגוריתמים שיוכלו, על סמך יצירות מוסיקליות שהוזנו אליהם, 'להלחין' יצירה חדשה. Emily Howell היא דור מתקדם יותר של תוכנה אחרת ש-Cope הציג כבר בשלהי שנות השמונים, שיועדה לנתח תבניות ביצירות מוסיקליות. עד כה הצליחה התוכנה החדשה לשטות בלא מעט אנשים. במבחן אחד הוזנו לה יצירות של שופן (Chopin⁷), ועל סמך ניתוחיה את יצירות אלה היא הפיקה קטע מוסיקלי חדש באותו הסגנון. כמה סטודנטים צעירים למוסיקה, שאינם בקיאים בכל יצירותיו של שופן, התבקשו להבחין בין

⁴ כדוגמה לאינטראקציה רגשית (חד צדדית ככל הנראה) בין אדם למחשב הזכירו לתלמידים כמה קשה לרבים מהם להניח את הסמארטפון מידם (אם יש להם אחד כזה).

⁵ הקישורים בנספח א'.

⁶ קופ נותן לעבודותיו שמות מעניינים – למשל computer models of Musical Creativity.

⁷ פרדריק שופן הוא בן התקופה הרומנטית. התרבות של תקופה זו מאופיינת בד"כ בכך שהיא מעלה על נס את הרגשות והתשוקות האנושיים. זאת בניגוד לתקופות שקדמו לה, התקופה הקלאסית בעיקר, בה הארגון, הנימוס והסדר נחשבו כמעלות האנושיות החשובות. כך, המוסיקה של התקופה הרומנטית אקספרסיבית יותר ומאופקת פחות מן המוסיקה של התקופה הקלאסית (מוצארט למשל) – שם הדגש הוא יותר על הצורה ועל חוקים הנוגעים להלחנה 'נכונה'. לכן, מוסיקה מן התקופה הקלאסית תישמע בדרך כלל 'ממוחשבת' יותר.

הקטע שיצרה התוכנה לבין שופן האמיתי – רובם נכשלו⁸. ספרו את הסיפור לתלמידים בצורה מעניינת. הזכירו את התגובות הבלתי אוהדות בקרב מוסיקאים שנחשפו לתוכנה (ראו בכתבה שבהערה 9).

להלן הצעה נוספת לשילוב הסיפור של Emily howell: התחילו את השיעור בקטע מוסיקלי 'כדי להרגע'. אמרו לתלמידים להתרווח בכיסאות ולהנות מהמוסיקה. תוך כדי שהקטע מתנגן ספרו שמדובר ב'מלחינה אמריקאית' ששמה Emily Howell. לאחר התנגנות הקטע התחילו את השיעור ונהלו אותו כרגיל – את הפעילות 'אדם-מחשב' נהלו ללא אזכור מוצאה האמיתי של מלחינה זו. כאשר הדיון מגיע לנקודה שבה עולה השאלה באשר ליכולותיו היצירתיות של מחשב, הפתיעו וספרו ש- Emily howell היא בעצם תוכנה, וספרו את סיפורה בקצרה⁹.

חלק ד': סיכום הרעיון שהוצג עד כה וחיבור לתכנים קודמים

כעת חברו את הדיון והפעילויות שבצעתם עם התלמידים לתכנים שנלמדו בקורס על האופן שבו המחשב פועל. למדנו שהמחשב 'מבין' אפסים ואחדים, כי אפסים ואחדים ניתנים לייצוג בדרך חשמלית פשוטה למדי. למדנו שבאמצעות אפסים ואחדים אפשר לבנות כל סוג אחר של אינפורמציה – מספרים, מילים, משפטים, תמונות ועוד. הדגישו שהדבר נכון גם לגבי סרטים ומוסיקה. כעת שאלו את התלמידים לגבי מחשבות: האם את המחשבות שלנו גם ניתן לייצג באמצעות 0 ו-1? תלמידים שיאמרו כן – בקשו מהם להסביר – איך הם היו מתרגמים מחשבה שעברה להם בראש ל- 0 ו-1? הפנו את תשומת לב התלמידים לכך שכאשר אנו חושבים זה תמיד בשפת האם שלנו – עברית אצל רובינו. אנחנו חושבים מחשבות כמו "אוף, יש לי הרבה שיעורים למחר", "מי זה שמתקשר אלי?", "מעניין מה יש בטלוויזיה" ואולי מחשבות עמוקות מעט יותר. האם יכולנו לחשוב אם לא היינו יודעים עברית? (בניסוח כללי ופילוסופי יותר השאלה היא האם תיתכן מחשבה ללא שפה?) גם אם כן ישנם סוגים של פעילות מנטלית שאינה בהכרח לשונית (אולי היציגים ויזואליים), לא ניתן להתכחש לכך שמרבית הפעילות המחשבתית שלנו היא אכן כזו. למדנו כבר שהמחשב 'מבין' 0 ו-1, וראינו שבעזרת שתי ספרות אלו אפשר לייצר אותיות ומשפטים – אזי גם את המחשבות שלנו ניתן לייצג כך. ומהם היציגים ויזואליים אם לא סוג של 'תמונה' – שאותה אנחנו כבר יודעים איך לייצג בעזרת אפסים ואחדים?

חלק ה': סיכום השיעור וסיום בהצגת ה-'מצב המחקרי' בתחום

אם יש לכם מחשבים עם גישה לאינטרנט תנו כעת לתלמידים לשחק אבן נייר ומספרים נגד המחשב באתר הבא: <http://www.nytimes.com/interactive/science/rock-paper-scissors.html> - זהו אלגוריתם המסיק על סמך ניסיון רב מן העבר מול שחקנים אנושיים מה עליו לעשות בכל רגע נתון. אחוזי ההצלחה שלו גבוהים, ועולים ככל שהמשחק נמשך. תנו לתלמידים לשחק עד שהם מגיעים לכמות מסויימת של נצחונות

⁸ מומלץ מאוד לקרוא על פועלו של קופ, וגם על התגובות שעורר פועלו זה בקרב מוסיקאים: <http://arstechnica.com/science/2009/09/virtual-composer-makes-beautiful-musicand-stirs-controversy>

⁹ שימו לב שעם הטענה שבניגוד לאדם התוכנה יצרה מוסיקה רק על סמך מוסיקה שהוזנה לה (ולא יצרה בעצמה) קל להתווכח – הרי גם באך (או כל מלחין אחר), יצר על סמך מוסיקה ששמע. כמובן שאפשר להביא דוגמאות מוסיקליות יותר עכשוויות וקונצנזואליות ולשאול את אותה השאלה – האם הנגנים היו יכולים ליצור ולנגן את הקטע בלי שהם שמעו מוסיקה מעולם?

על המחשב (שמונה זה מספר סביר). אפשרות נוספת היא לשחק על המסך מול כולם כאשר כל פעם תלמיד אחר בוחר מה לעשות. ללא תשומת לב יתרה לתבניות המחשבה האינסטנקטיביות שלנו באבן נייר ומספריים ושבירה שלהן, האלגוריתם לכל הפחות ישתווה לנו (ברוב המקרים הוא ינצח אותנו).

סכמו את מה שלמדנו בשיעור. ספרו שהפער בין האינטליגנציה האנושית לאינטליגנציה של מחשבים מצטמצם - מחשבים מנצחים אותנו באבן נייר ומספריים, בשחמט ואף בשעשועוני טלוויזיה מבוססי השפה הטבעית (הזכירו את Watson של IBM – מופיע בנספח א'). מחשבים זזים בעולם ללא התערבות אדם. מחשבים מפיקים יצירות מוסיקליות שבני אדם מתקשים להבחין בינן לבין יצירות שנכתבו על ידי בן אנוש. שאלו את התלמידים מה דעתם על עולם בו לא ניתן להבחין בין מכונות לאנשים? שאלו שאלות כמו: האם זה יהיה עולם טוב יותר, טוב פחות, טוב באותה מידה? מה הסיכונים ומה ההבטחות בכך?

'בינה מלאכותית' כמעט אינה מתקיימת כדיסציפלינה אחדותית בשדה המחקר בתחום מדעי המחשב. הניסיון לכונן מחשב דמוי אדם, שהצית את דמיונם של מדענים באמצע המאה שעברה, התחלף זה מכבר בריבוי של תחומי מחקר ממוקדים, נפרדים ו-'צנועים' הרבה יותר כמו ראייה ממוחשבת, חקר תהליכים קוגניטיביים, כריית מידע ועוד. הסיבה לכך היא שהתקדמות מחקר המוח האנושי והאינטליגנציה האנושית חשפה את מורכבותם הרבה, מורכבות שחייבה התפצלות של המחקר בנושא לתתי-תחומים נרחבים בפני עצמם. סיימו את השיעור בהצגת מצב עניינים זה במילים שלכם. כדוגמא למורכבות זו של האינטליגנציה האנושית ספרו על תחום ה-'ראייה הממוחשבת'¹⁰ - ספרו שמטלה הניראית פשוטה למדי כמו זיהוי אלמנט מסויים בתמונה, למשל חתול, היא משימה מאוד מורכבת עבור המחשב. הדגימו זאת באמצעות הצגת כמה תמונות שונות ככל האפשר זו מזו של חתולים (ראו קישורים לתמונות בנספח ב' והתמונות עצמן בנספח ג'¹¹). שאלו את התלמידים מה ההבדל בין התמונות. ציינו שמדובר בזוויות שונות, רקע אחר, צבעים אחרים, נתח שונה שתופס החתול מן התמונה כולה ועוד. נסו להסביר כיצד המידע הויזואלי שונה ביניהן - הזכירו לתלמידים מה למדו בשיעור על 'עיבוד תמונה', ושאלו אותם עד כמה המידע בשתי התמונות הוא שונה – עד כמה הייצוג של התמונה באפסים ואחדים יהיה שונה בשני המקרים. ספרו שלמרות מחקר רב בנושא, גם מחשבים חזקים מאוד, שיוזנו אליהם נתונים של מליוני תמונות של חתולים, עדיין מתקשים לזהות שיש חתול בתמונה במקרים מסויימים. סיימו את השיעור בלעורר מעט גאווה בתלמידים - ספרו להם שמה שמחשבים חזקים ומהירים מאוד מתקשים עדיין לעשות המוח שלהם עושה בקלות בחלקיקי שנייה בודדים. ספרו להם שכל פעם שהם מזהים חתול, המוח שלהם מצליח במהירות מדהימה לקלוט את המידע באמצעות חוש הראייה, לעבד אותו, לבצע סדרה של השוואות לאינספור התנסויות עבר של צבעים, צורה, חלקי פרצוף וגוף ועוד, לבדד מתוך שלל התנסויות אלה את מה שדומה להתנסות הנוכחית. רק מתוך כל זאת, ספרו לתלמידים, המוח שלנו מזהה שמדובר ב-'חתול'¹².

¹⁰ . הערך בעברית בויקיפדיה מסביר לא רע את הנושא ואת המורכבויות שבו.

¹¹ הציגו את התמונות על מסך מלא על מנת לחדד את החוויה הויזואלית.

¹² אפשר להוסיף את העובדה שבעבר, מצלמות לא יכלו לעשות דבר פרט לשיקוף זהה של מה שנגלה מולם ואילו היום ניתן לזהות חיוך, פנים, אובייקטים שונים ועוד. עדיין, יכולת זו אינה קרובה ליכולת הזיהוי הויזואלי של האדם.

נספח א: קישורים

שואבי אבק רובוטיים:

סרטון הדגמה, בלווי קריינית רובוטית משהו.

<http://www.youtube.com/watch?v=T5iLd2PFbPI>

סרטון הדגמה של שואב מסוג אחר, המדגים שימוש הרובוט בקרן לייזר כדי להתמצא במרחב.

<http://www.youtube.com/watch?v=7RRujKguiD4>

הרובוט Asimo של הונדה והרובוט של Toyota

אסימו רוקד:

<http://www.youtube.com/watch?v=ZToSae4QClO>

אסימו רץ, קופץ על רגל אחד, מוזג כוס קפה ועוד:

<http://www.youtube.com/watch?v=R8UeT9r4cmg>

הרובוט של טויוטה מנגן (לא רע) על חצוצרה:

<http://www.youtube.com/watch?v=M-mC1PkYbnM>

המכונית של גוגל

סרטון הכולל הדגמה יפה של יכולות המכונית ושל האופן בו היא עובדת, נוסף על תהיות מעניינות על המשמעויות והיתרונות של מכונית ללא נהג.

<http://www.youtube.com/watch?v=HlJU7GgBMmY>

ישנם ב-youtube סרטונים יפים נוספים בנושא.

'תוכנת ההלחנה' – Emily Howell

קטע 'מקורי':

<http://www.youtube.com/watch?v=QEjdiE0AoCU>

קטע 'מקורי' נוסף:

<http://www.youtube.com/watch?v=IOjV5eDXkyc>

קטע נוסף:

<http://www.youtube.com/watch?v=jLR- c uCwI>

כמה קטעים בליווי טקסט אינפורמנטיבי על התוכנה:

<http://www.youtube.com/watch?v=Rm1-yGIA6Is>

קטעים מוסיקלים מומלצים להשוואה לקטע הממוחשב:

באך - Italian concerto BWV 971 3rd mvt presto

<http://www.youtube.com/watch?v=ln1C-Aohk0>

שופן - כמה קטעים ברצף. מומלץ להשתמש בקטע הראשון – Etude Opus 25.

<http://www.youtube.com/watch?v=wygy721nzRc>

הנדל – סוויטה לפסנתר:

<http://www.youtube.com/watch?v=klxj-vzabLE>

אבן נייר ומספריים

שחקו נגד אלגוריתם המסתמך על ניסיון עבר רב מול שחקנים אנושיים:

<http://www.nytimes.com/interactive/science/rock-paper-scissors.html>

רובוט שמשחק אבן נייר ומספריים מול בני אדם ותמיד מנצח – כולל הסבר כיצד הוא עושה זאת:

<http://www.youtube.com/watch?v=3nxjztQKtY>

חתולים:

<http://stuffpoint.com/cats/image/41633-cats-cute-cat.jpg>

<http://cdn1.culturelabel.com/media/catalog/product/cache/1/image/1018x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/c/a/catscratch-with-cat1.jpg>

http://etc.usf.edu/clipart/16300/16307/cat_16307_lg.gif

תוספות

מאמר מתוך אתר 'הידען' הדן בקצרה ובשפה פשוטה ביכולות האדם מול יכולות המחשב. היעזרו בו בשביל לנסח במילים פשוטות את הרעיונות הנידונים:

<http://www.hayadan.org.il/chess-between-computer-and-man-2302961>

Watson של IBM מביס במשחק השפה Jeopardy את אלופי המשחק:

http://www.youtube.com/watch?v=WFR3IOm_xhE

נספח ב' – דפי עבודה

[illegible]

נספח ג' - חתולים



