

למה התפיסה הכמותית שלנו לא מדויקת?

תקציר-סבתא של המאמר "On the origins of logarithmic number-to-position mapping", מאת דרור דותן וסטניסלס דהאן

מה זה תפיסה כמותית, ואיך זה עובד?

המוח מייצג מספרים בשלוש דרכים: בתור ספרות ("3"), בתור מילים ("שלוש"), ובתור כמות (♦♦♦), שאינה כמות מדויקת אלא אומדן (נסו למשל לאמוד במהירות כמה מילים יש בעמוד הזה, בלי לספור שום דבר). לייצוג הכמותי של מספרים חשיבות רבה, כיוון שהוא זה שמאפשר לנו להבין עד כמה גדול המספר שאנו עוסקים בו. אז יצאנו ובדקנו מה קורה כאשר אנחנו צריכים "לתרגם" מספרות לכמות – כלומר, מה קורה כשאנחנו רואים "3" וצריכים להבין ♦♦♦. בדקנו את זה לא רק לגבי על ספרות בודדות, אלא גם לגבי מספרים טיפה יותר גדולים – עד 100. למה לא רק ספרות בודדות? כי ספרות בודדות אולי מתורגמות ע"י סוג של "מילון" שיש לנו במוח; אבל פחות סביר שיש לנו מילון שמכיל את כל המספרים בעולם. ולמה רק שתי ספרות ולא יותר? כי לא צריך להגזים.

איך בודקים כזה דבר? השיטה בה השתמשנו היא מטלה שנקראת "מיפוי מספר למקום": הנבדק רואה ציר מספרים עליו מסומנות רק נקודות הקיצון (למשל 0 ו-100), ומתבקש לסמן – בלי למדוד – איפה לדעתו צריך להיות מספר מסוים שמציגים לו (למשל 38). המטלה הזו מחייבת את המשתתף בניסוי שלנו לתרגם את הספרות "38" לכמות המתאימה, כדי שיוכל להתאים לה איזשהו מיקום רציף על פני הציר. כמובן שאנחנו לא עושים את זה פעם אחת, אלא חוזרים על התהליך עם הרבה משתתפים (בערך 20), והרבה פעמים (כ-800 פעמים למשתתף). אז בסוף הניסוי יש לנו בערך 16,000 החלטות של אנשים לגבי המקום שמתאים לדעתם למספרים בין 0 ל-100, ומזה אנחנו כבר יכולים ללמוד די הרבה על איך המוח שלהם תירגם את הספרות לכמות, ואת הכמות – למיקום על הציר. בנוסף, את הניסוי הזה לא עשינו עם עיפרון על דף אלא על אייפד, ועקבנו אחרי האצבע של המשתתף מרגע שהמספר הופיע על המסך ועד שהוא קיבל החלטה. ע"י ניתוח של מסלולי האצבע יכולנו ללמוד לא רק על השיפוט הסופי שלו לגבי כל מספר, אלא גם על ההתלבטויות שהיו לו בדרך. אז עשינו סידרה של ניסויים כאלה, וגילינו כמה וכמה דברים מעניינים. הנה 2 מהדברים האלה.

כמויות קטנות וגדולות

אחד הדברים המעניינים שמצאנו הוא שהזמן שלוקח לתרגם מספר לכמות המתאימה אינו קבוע: התהליך הזה מהיר יותר כאשר מדובר במספרים קטנים מאשר במספרים גדולים. אז כן, זה אולי לא מפתיע שאנחנו מבינים "5" יותר מהר מאשר "95", אבל ההבדל בין מספרים קטנים לגדולים קיים גם אם אנחנו בוחנים רק מספרים דו-ספרתיים (כלומר, אנחנו גם מבינים "25" יותר מהר מאשר "75").

למה זה קורה? כי התפיסה הכמותית שלנו לא מדויקת. כלומר, כאשר אנחנו רואים "5" ומנסים לייצג את הכמות המתאימה לו, המוח שלנו לא מייצג "בדיוק" ♦♦♦♦♦ "אלא" בערך ♦♦♦♦♦. מה זה אומר "בערך"? זה אומר שהייצוג שלנו של כמויות הוא סטטיסטי: אם נראה "5", בדרך כלל נחשוב על ♦♦♦♦♦ אבל לפעמים גם על ♦♦♦♦♦ או ♦♦♦♦♦, ולעתים יותר נדירות גם על ♦♦♦♦♦ או ♦♦♦♦♦. מה שמעניין הוא שייצוג הכמות שלנו הולך ונהיה פחות מדויק ככל שהמספרים גדלים. כדי להתרשם מכך אינטואיטיבית, נסו לדמייך 5 נקודות. עכשיו נסו לדמייך 50 נקודות. ועכשיו 500. עד כמה אתם בטוחים שדייקתם בכל אחד מהמקרים? למעשה, החוקרים סבורים שמידת חוסר הדיוק-שלנו עומדת ביחס ישר לכמות שאנחנו מנסים לייצג.

איך זה קשור למספרים קטנים וגדולים? אם חוסר הדיוק הולך ועולה ככל שהמספר גדל, זה אומר שכמויות גדולות נוטות יותר "להתערבב" לנו זו עם זו. כלומר, מאד קל לנו להבחין בין הכמויות 1 ו-2, והרבה יותר קשה לנו להבחין

בין 91 ל-92. זה אומר שאם אנחנו מנסים להפוך מספר לכמות המתאימה ולהגיע לרמת דיוק אחידה לכל המספרים, זה יהיה לנו הרבה יותר קשה במקרה של מספרים גדולים מאשר במקרה של מספרים קטנים. מה זאת אומרת "קשה"? לוקח יותר זמן!

אגב, האפקט הזה – עיבוד איטי יותר של מספרים גדולים – הרבה יותר בולט אצל ילדים מאשר אצל מבוגרים. כמו כל דבר אחר, כנראה שגם במקרה זה – תרגום מספר לכמות המתאימה – שנים על גבי שנים של אימון גורמות לנו ללכת ולהשתפר.

איך מחברים שתי ספרות לכמות אחת?

רוב המספרים שהצגנו היו דו-ספרתיים. זה אומר שהמשתתפים בניסוי שלנו היו צריכים איכשהו להבין את כל אחת מהספרות ו"לחבר" אותן זו לזו כדי להגיע בסופו של דבר לכמות אחת ולמיקום אחד על ציר המספרים.

איך זה קורה, ה"חיבור" הזה של ספרות? את הסיפור המלא על כך בדקנו רק במחקר הבא – התקציר יגיע בקרוב. היום אני יכול להציע לכם רק "טעימה" קטנה מהעניין. בדקנו סוגיה אחת ספציפית – כשאני רואה מספר כמו 42, האם המוח שלי מעבד את שתי הספרות (2, 4) בו זמנית או אחת אחרי השנייה (קודם 4 ואז 2)?

מה שגילינו די הפתיע אותנו. כשבדקנו משתתפים מבוגרים עם מספרים דו-ספרתיים, גילינו שהם מעבדים את הספרות ממש במקביל. למעשה, רמת המקביליות שלהם היתה מדויקת עד כדי להפתיע. אפילו במספרים תלת-ספרתיים נראה שהם מצליחים לעבד את 3 הספרות כמעט במקביל. קצת פחות מאשר בדו-ספרתיים, אבל עדיין די מרשים.

אצל ילדים המצב היה שונה לחלוטין. שם ראינו אפקט משמעותי של סדרתיות – קודם הם מבינים את ספרת העשרות, ורק אז את ספרת היחידות. כיוון שהאיפוד נותן לנו מדידה רציפה ודי מדויקת של מה קורה, יכולנו אפילו לראות מה הפרשי הזמנים בין העיבוד של שתי הספרות: בערך רבע שניה. מה זה אומר תכל'ס? שאם הראיתי לילד את המספר 42 והוא אמור לסמן את המקום המתאים על ציר המספרים, אני יכול לראות שהאצבע שלו מתחילה קודם כל לנוע לכיוון 40, כלומר בשלב ראשון הוא "הבין" רק את ספרת העשרות, וקיבל החלטה להזיז את האצבע על סמך זה. רק בשלב שני (אחרי רבע שניה בערך) הוא "הבין" גם את ספרת היחידות ותיקן את כיוון האצבע בהתאם, כך שתצביע לעבר 42.

למה הסיפור הזה כל כך הפתיע אותנו? בגלל הגיל של הילדים שהשתתפו במחקר. הם היו בכיתה ד'. וגם לא ילדי חינוך מיוחד או משהו, סתם כיתה תל אביבית רגילה לגמרי. כלומר, אפילו בכיתה ד' – הרבה אחרי שילדים לומדים לעבוד עם מספרים דו-ספרתיים – התהליך של תרגום מספר לכמות עדיין לא "יושב" אצלם במוח באופן אוטומטי לגמרי כמו אצל מבוגרים. כן, מספרים זה קשה.

ולמי שמתעניין בפרטים נוספים –

המאמר המלא נמצא כאן, ובדרך [הזה](#), באתר המעבדה שלנו, יש תקצירי-סבתא של מאמרים נוספים.