



הִבְנַת דִּיבּוּר בַּעֲזַרַת אוֹזְנֵינוּ וְעֵינֵינוּ

Edin Šabić¹, Michael C. Hout^{1,2*}, Justin A. MacDonald³, Daniel Henning³, Hunter Myüz^{3,4},
Audrey Morrow^{3,5}

¹המעבדה למדעי הראייה והזיכרון, המחלקה לפסיכולוגיה, האוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו, לס קרוֹסֶס, ניו מקסיקו, ארצות הברית
²מעבדת אדיסון קר למציאות מדומה ולמציאות רבודה, האוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו, לס קרוֹסֶס, ניו מקסיקו, ארצות הברית
³המעבדה להגברת שמיעה ולמציאות רבודה, המחלקה לפסיכולוגיה, האוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו, לס קרוֹסֶס, ניו מקסיקו, ארצות הברית
⁴המעבדה הגרעינית לאופטימיזציה אינטליגנציה באמצעות חישה פיזיולוגית, סניף מערכות טיסה, האדמיניסטרציה הלאומית לאווירונאוטיקה ולחלל, יוסטון, טקסס, ארצות הברית
⁵מעבדת סמָאָהָה, המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת קליפורניה, סנטה קרוז, סנטה קרוז, קליפורניה, ארצות הברית

סוקר צעיר

ROMEO

גיל: 10



הִבְנַת אנשים כשהם מדברים נדמית כמו פעילות שאנו מבצעים באמצעות אוזנינו בלבד. מדוע, אם כן, אנו נוהגים להסתכל על פניהם של האנשים שאנו מקשיבים להם? האם יכול להיות שגם עינינו מעורבות בהבנת דיבור? תִּכְנְנוּ ניסוי שבו ביקשנו מאנשים לנסות להבין דיבור בתנאי שמיעה שונים, כמו למשל כשמישהו מְדַבֵּר על רקע רועש. מתברר שאנו יכולים להשתמש בעינינו כְּעֵזֶר להבנת דיבור, במיוחד כשקשה לשמוע את הדיבור באופן ברור. התבוננות על אנשים כשהם מדברים מועילה מאחר שפִּיִּיתֵיהֶם ותנועות הפנים שלהם מספקים רמזים שימושיים לגבי מה שנאמר. במאמר זה, נחקור כיצד מידע חזותי משפיע על האופן שבו אנו מבינים דיבור, ונִרְאֶה כי הִבְנַת דיבור יכולה להיות עבודתן של האוזניים ושל העיניים גם יחד!

האם תנועות הפנים של דוברים יכולות לסייע לנו לשמוע?

האם אי פעם תהיתם מדוע לעיתים קרובות אנשים מסתכלים על פניהם של אנשים שהם מקשיבים להם? ההתנהגות הזו מרגישה טבעית ואוטומטית, ובתרבויות רבות מנומס ליצור קשר עין במהלך שיחה. אך דיבור, כמו צלילים אחרים, מורכב מגלי קול, אשר רק האוזניים יכולות לקלוט. אם כן, מה העיניים עושות בזמן שאנו מקשיבים? מתברר שהבנת דיבור מערבת הן את העיניים הן את האוזניים, במיוחד כאשר תנאי ההקשבה אינם אידיאליים, כמו כאשר מושמעת מוזיקה חזקה ברקע. בתנאי הקשבה בלתי מיטביים, המאזין עשוי לבחור להסתכל מקרוב יותר על פניו של הדובר ועל פיו, במטרה להבין טוב יותר מה נאמר.

מחקר קודם על האופן שבו האוזניים והעיניים פועלות יחד כדי לסייע לנו להבין דיבור התמקד בעיקר בהבנתם של אנשים צלילי דיבור פשוטים, כמו למשל "בָּה" או "נָה". רכיבי הצליל הקצרים האלה של מילים, ידועים בתור פִּוּנָמוֹת. כאשר פונמות משולבות, הן יכולות ליצור את כל המילים שביכולתנו לשמוע. מדוע חוקרים במחקרים קודמים השתמשו בצלילים פשוטים שכאלה? סיבה אחת היא שלפונמות אין משמעות, ולכן המאזינים אינם יכולים לבצע ניחוש מושכל ביחס למה ששמעו באמצעות שימוש במידע אחר שדָּבַר נוסף על הצלילים, אלא במקום זאת הם חייבים להקשיב בדיוק רב לפונמות. בחינת פונמות, אחת בכל פעם, היא גישה ישירה, אך כשאנו מנהלים שיחות בחיי היומיום שלנו, איננו קולטים פונמות בודדות, אלא מילים מלאות ומורכבות ומשפטים שלמים. מסיבה זו, הקבוצה שלנו ערכה מחקר [1] שבו ביקשנו מאנשים לנסות להבין את המשפט שהדובר אמר במגוון תנאי האזנה. התבוננות בהבעות פניו של אדם יכולה כמובן לספק לנו מידע לגבי הִרְגָּשֹׁת שדובר עשוי לחוות, אך האם תנועות הפנים מסייעות לנו גם לשמוע טוב יותר מה הוא אומר? השאלה שהצבנו הייתה פשוטה: מדוע אנשים עשויים להסתכל על פניהם של דוברים שהם מקשיבים להם במהלך הבנת דיבור?

לאן מסתכלות העיניים?

במטרה להבין כיצד ומדוע אנשים משתמשים בעיניים במהלך הקשבה, היינו זקוקים לדרך לְנִטֵר תנועות עיניים. כדי לעקוב אחרי תנועות עיניים, מדענים משתמשים בטכנולוגיית מעקב עיניים (eye trackers). סוג הטכנולוגיה למעקב אחר תנועות עיניים שהשתמשנו בו במחקרנו היה מצלמה שיכולה לדעת לאן הנסיין מסתכל (איור 1), זאת על ידי איתור מרכז האישון-החלק המרכזי השחור בעין-ובאמצעות שימוש בחיישן במטרה לעקוב אחר האופן שבו האור מוחזר מהעיניים. אור זה מיוצר על ידי מקור אור ניח ליד מצלמת המעקב אחר תנועות עיניים. מידע על החזרת האור משמש להבנת האופן שבו העין מסתובבת, ומכך לחישוב המקום שאליו הנסיין מתבונן על המסך.

המצלמה למעקב אחר תנועות עיניים אוספת סוגי מידע שונים. סוג אחד של התנהגות עיניים נקרא פִּיקְסַצְיָה (קִבְעוֹן)-מצב שבו אנשים שומרים את מבטם ממוקד במיקום אחד לפרק זמן קצר. לדוגמה, אתם עשויים להיות מקובעים על עדשות המצלמה כשמצלמים אתכם. סוג אחר של התנהגות עיניים נקרא סְקָאָדָה-תנועה מהירה (של שתי העיניים באותו הכיוון) למיקום חדש, כמו במצב שבו אתם מזיזים את עיניכם במהירות מעדשת המצלמה כדי להסתכל על משהו אחר. סקאדות הן מהירות מאוד-אחת התנועות המהירות ביותר

פונמות (Phonemes)

היחידות הקטנות ביותר האפשריות של צליל בשפה מדוברת. כאשר פונמות משולבות, הן מרכיבות את כל המילים האפשריות בשפה נתונה.

טכנולוגיית מעקב עיניים (Eye-tracker)

מכשיר ממוחשב שקובע לאן אדם מסתכל. מכשירים מסוג זה לרוב מכילים מצלמה ומקור אור המשמש לאיתור האופן שבו עיני הצופה מסתובבות.

פיקסציה (Fixation)

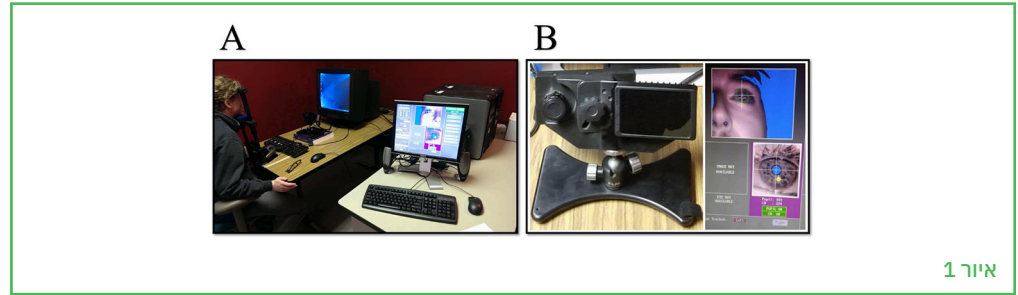
פרק זמן שבמהלכו העיניים דוממות כמעט לגמרי. פיקסציות הן די קצרות, ולרוב נמשכות רק שבריר שנייה.

סקאדה (Saccade)

תנועה מהירה מאוד של שתי העיניים שמתרחשת בין פיקסציות, אשר מאפשרת לעיניים "לקפוץ" (להסתובב) מהר כדי להכניס חלק חדש מהעולם למיקוד.

איור 1

שימוש במצלמה למעקב אחר תנועות עיניים במסגרת מחקרנו. (A) משתתף במחקר יושב לפני ה-eye tracker. ככלל, הנסיינים יושבים כשפניהם מונחות בתוך תומֶכה לסנטר בזמן שה-eye tracker (שממוקם בין המשתתפים לבין המסך) מאתר את המקום שאליו הם מסתכלים. (B) תקריב של חֶמֶר המצלמה למעקב אחר תנועות עיניים, עם המצלמה משמאל והמאייר האינפרה-אדום מימין, ומבט על המחשב שמנטר את עיניהם של המשתתפים.



איור 1

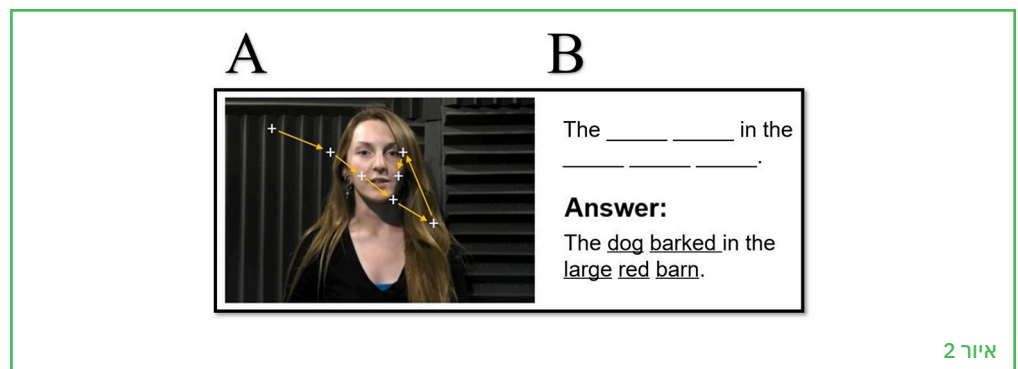
שבני אדם מבצעים! כשאנו מזיזים את עינינו בחיי היומיום, אנו משתמשים בשילוב של פיקסציות ושל סקאדות. מצלמה למעקב אחר תנועות עיניים יכולה לזהות תנועות עיניים ולסווגן כפיקסציות או כסקאדות. זוהי יכולת חשובה של המכשיר המאפשרת לחוקרים להבין טוב יותר מה עינינו עושות כשאנו מבצעים מטלות.

כיצד חקרנו את תפקיד העיניים בהבנת דיבור?

במטרה להבין את תפקיד העיניים בהקשבה, תכננו מחקר שבו משתתפים השלימו מטלה פשוטה: הם הקשיבו לקטעי שמע של אנשים שמדברים, או צפו בסרטונים קצרים, ואז דיווחו על מה ששמעו על ידי השלמת משפטים עם מילים חסרות (איור 2). השתמשנו במצלמה למעקב אחר תנועות עיניים כדי לרשום את המקום שאליו אנשים הסתכלו בזמן שהקשיבו. עבור מחצית המשתתפים, גם דימינו לקות שמיעה על ידי הִשְׁמָעֶת צליל סטטי חזק כשביצעו את שתי המטלות. זה גרם למצב להיראות כאילו למחצית המשתתפים שלנו הייתה דרגה מסוימת של אובדן שמיעה, אף על פי שבפועל לא הייתה להם כזו. עבור שתי קבוצות המשתתפים, הושמעו רמות שונות של רעש רקע במהלך כל חזרה על המטלה. קטעי הווידיאו התחילו כקטעים נְשָׁקֵל לשמוע, כאשר הדיבור היה חזק הרבה יותר מרעש הרקע. השמיעה נעשתה קשה יותר ויותר עם הזמן, ורעש הרקע של כל סרטון שישי היה חזק באותה המידה כמו הדיבור! אז התהליך הִחַל מחדש והמשיך לְקֹט נוסף של שישה סרטונים.

איור 2

מטלות הביצוע למשתתפי המחקר. (A) דוגמה לסרטון של אישה שאומרת משפט. בראש התמונה אנו רואים דוגמה של דפוס פיקסציות (סימוני הצלבים) וסקאדות (סימוני החיצים) שנרשמו על ידי המצלמה למעקב אחר תנועות עיניים. (B) מטלת השלמת החוסרים במשפט שהמשתתפים ענו עליה אחרי שמיעת המשפט (למעלה), והתשובה הנכונה, שלא הוצגה למשתתפים (למטה).



איור 2

ניתוח תוצאות מחקרנו

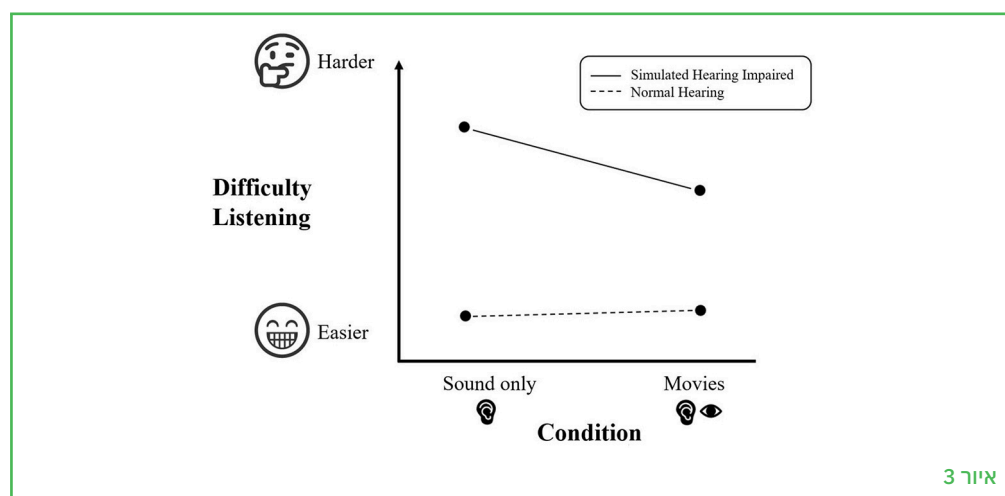
במטלת הִשְׁמָע בלבד, שבה לא הוצגו קטעי וידיאו-למשתתפים בתנאי השמיעה הרגיל היה קל יותר לזהות את מה שנאמר ביחס למשתתפים במצב שדימה לקות שמיעה. הדבר הגיוני, מאחר שאנשים עם לקויות שמיעה לעיתים קרובות מתקשים יותר להבין דיבור. אולם, ממצא

זה רק יידע אותנו לגבי מידת היכולת של אנשים להבין דיבור כאשר פני הדובר אינן נראות. מה היה טיב הביצועים של שתי הקבוצות האלה כשהמשתתפים יכלו גם לראות את פניו של הדובר?

כאשר התבוננו בתוצאות הניסויים שבהם המשתתפים צפו בסרטונים של הדובר בזמן שהקשיבו לו, ושילבנו את התוצאות האלה עם ניסויי השמיעה בלבד, מצאנו משהו מעניין (איור 3). גילינו כי משתתפים עם שמיעה תקינה הבינו את מה שנאמר באותה רמת דיוק, בין אם ראו את תנועות הפנים של הדובר בין אם לאו. במילים אחרות, ביצועיהם במטלה בתנאי השמיעה והווידיאו היו זהים. אך כאשר בָּחַנו את תוצאות הקבוצה שבה דימינו לקות שמיעה, הופיע ממצא מעניין – בזמן שקבוצה זו יכלה לראות את פני הדובר, ביצועי המשתתפים במבחן הדיוק היו טובים הרבה יותר!

איור 3

ניתוח ממצאי הניסויים
שערכנו. בעריכת הניסויים שלנו מצאנו כי למשתתפי קבוצת השמיעה התקינה (קו מקווקו) היה קל יותר להבין את המשפטים, וביצועיהם היו זהים בתנאי השמיעה בלבד (Sound only) ובתנאי הווידיאו (Movies). למשתתפי הקבוצה שבה דימינו לקות שמיעה (קו מלא) היה קשה יותר, אך ביצועיהם היו טובים הרבה יותר בתנאי הווידיאו, כאשר יכלו לראות את פניו של הדובר! המשמעות היא שעיינו יכולות לסייע לנו להבין מה אנשים אומרים. ציר, Y, הקושי לשמוע מקל (Easier) לקשה (Harder).



איור 3

גילינו גם כמה דברים מעניינים שמשתתפים עשו עם עיניהם בזמן הצפייה בסרטונים. מצאנו כי משתתפים בתנאי שמדמה לקות שמיעה ביצעו פחות פיקסציות בסך הכול, כלומר הם מיקדו את עיניהם בפחות מיקומים על המסך ביחס למשתתפי הקבוצה עם השמיעה התקינה. מצאנו גם שכאשר רעש הרקע נעשה חזק יותר, הפיקסציות של משתתפים התארכו. כלומר, כאשר משתתפים בתנאי שמדמה לקות שמיעה התקבעו על משהו, הם עשו זאת במשך זמן ארוך יותר מאשר הקבוצה עם השמיעה התקינה. ממצא זה מציע שבתנאי הקשבה קשים יותר, כמו למשל כאשר השמיעה לקויה, או כשיש רעש רקע רב, אנשים נוטים להתקבע במשך זמן ארוך יותר על אזורים בְּפְנֵים שאחראים על הפקת דיבור. המשמעות היא שבתנאים שבהם ההאזנה קשה, אנו יכולים להשתמש ברמזים מפניהם של הדוברים כדי להבין דיבור טוב יותר. ככל הנראה גם אתם עושים זאת! לדוגמה, במסיבה רועשת, אתם עשויים למצוא את עצמכם מתבוננים בפיו של חבר או חברה מקרוב יותר כדי לוודא שאתם מבינים מה שהם אומרים.

המשמעות של תוצאות מחקרנו

הניסוי שלנו הציע כי משתתפים שדימינו אצלם לקות שמיעה יכלו להשתמש במידע חזותי כשהמידע השמיעתי היה קשה יותר להבנה. ממצא זה מדגיש עד כמה התנהגות תפיסת

הדיבור שלנו יכולה להיות גמישה, וכיצד אנו יכולים להסתגל להבנת דיבור באמצעות עינינו, שמסייעות לנו להבין דיבור. דמיינו אנשים שאתם מכירים שיש להם קשיי שמיעה, כמו למשל הסבים והסבתות שלכם. האם אי פעם הבחנתם בכך שהם נוטים להסתכל על פניכם לעיתים קרובות יותר כשאתם מדברים, ביחס לאנשים ללא לקות שמיעה? זו עשויה להיות הסיבה! הסבים והסבתות שלכם ככל הנראה משתמשים בראייה כדי להבין אתכם טוב יותר.

אם כן, בואו ניקח צעד אחורה אל שאלת המחקר שהצבנו, ונשאל: "מדוע אנשים מסתכלים על פניו של דובר שהם מקשיבים לו?" במקרה של רעש רקע, נדמה שאנשים עשויים להסתכל על פניו של הדובר מאחר שישנם רמזים מהפנים שמספקים מידע לגבי מה אומר אותו אדם. המחקר שלנו מראה כי עינינו יכולות לסייע לנו להבין את מה שנאמר, במיוחד כשקשה לנו להבין מה שנאמר בהתבסס על צלילים בלבד. יתרה מזו, אנשים יכולים להסתגל באופן מרשים להבנת דיבור באמצעות שימוש בעיניהם כדי לצפות בתנועות פנים. מתברר שהעיניים שלנו יכולות להיות מעורבות גם בתפיסת דיבור, ושעינינו ואוזנינו יכולות לפעול יחד במטלה הזו-אפילו כשאנחנו מבחינים בכך! ממצאים אלה לא רק מסייעים לנו להבין טוב יותר את התהליכים הבסיסיים של תפיסת דיבור, אלא עשויים גם לסייע לחוקרים לתכנן טוב יותר טכנולוגיות שתומכות בלקויות שמיעה.

מאמר המקור

Šabić, E., Henning, D., Myuz, H., Morrow, A., Hout, M. C., and MacDonald, J. 2020. Examining the role of eye movements during conversational listening in noise. *Front. Psychol.* 11:200. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00200

מקורות

1. Šabić, E., Henning, D., Myuz, H., Morrow, A., Hout, M. C., and MacDonald, J. 2020. Examining the role of eye movements during conversational listening in noise. *Front. Psychol.* 11:200. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00200

פורסם אונליין: 23 במאי 2023

נערך על ידי: Rich Ivry

מנחה מדעית: Ludovica Labruna

ציטוט: Šabić E, Hout MC, MacDonald JA, Henning D, Myüz H and Morrow A (2023) הבנת דיבור בעזרת אוזנינו ועינינו. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2021.569624-he

תורגם והותאם מ: Šabić E, Hout MC, MacDonald JA, Henning D, Myüz H and Morrow A (2021) Understanding Speech With Our Ears and Eyes. *Front. Young Minds* 9:569624. doi: 10.3389/frym.2021.569624

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

זהו © 2021 © COPYRIGHT Šabić, Hout, MacDonald, Henning, Myüz and Morrow 2023. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקר צעיר

ROMEO, גיל: 10

רומאו אוהב לשחק במשחק קלפים שנקרא magic the gathering ובמשחקים רבים אחרים. הוא בן 10, ותאריך הלידה שלו הוא 13 באוקטובר. הספר והסרט האהובים עליו הם "משחקי הרעב". לרומאו יש טווח קָשָׁב קצר מאוד והוא מתחיל להסתיים, אז ביי.

הכותבים

EDIN ŠABIĆ

אֶדִין סִיִים לאחרונה את לימודיו באוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו, שם עשה את הדוקטורט שלו בפסיכולוגיה ניסויית. המחקר שלו מתמקד באינטראקציות אדם - טכנולוגיות, במטרה לשפר חוויות מסוג זה. פרט למחקר הוא נהנה לטייל, לשחק כדורגל ולנסוע למקומות חדשים.

MICHAEL C. HOUT

מיכאל ס. האוט הוא פרופסור עמית במחלקה לפסיכולוגיה באוניברסיטת ניו מקסיקו, וראש תוכנית בקרן הלאומית למדעים. המחקר שלו מתמקד בעיקר בקוגניציה חזותית (לרבות חיפוש, קָשָׁב, תנועות עיניים וזיכרון) ובפיתוח שיטות לאיסוף מדדי דמיון בין נתונים לשימוש בסילום רב-ממדי. מיכאל זכה בכמה פרסים עבור מחקר והוראה לרבות פרס Rising Star מהאיגוד למדעי הפסיכולוגיה. בזמנו הפנוי המועט הוא נהנה לטייל עם הכלב שלו, לרוץ, לטייל ולשחק הוקי. [*mhout@nmsu.edu](mailto:mhout@nmsu.edu)

JUSTIN A. MACDONALD

ג'סטין קיבל את הדוקטורט שלו בפסיכולוגיה מתמטית-כמותית מאוניברסיטת פּוֹרְדוּ ב-2003. כיום הוא פרופסור עמית במחלקה לפסיכולוגיה באוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו. תחומי המחקר שלו כוללים תפיסה חזותית ושמיעתית, וסטטיסטיקה.

DANIEL HENNING

דניאל הוא דוקטורנט לפסיכולוגיה הנדסית באוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו. המחקר שלו מתמקד בתפיסה שמיעתית, ובאופן שבו ניתן לשפר מוצרים וטכנולוגיות לטִיב חוויית המשתמש. דניאל אוהב לטייל ולנגן בתופים.

HUNTER MYÜZ

האֶנְטֶר קיבלה את הדוקטורט שלה בפסיכולוגיה ב-2020. כיום היא חוקרת חוויית משתמש בתעשיית הטכנולוגיה. המחקר שלה נע מנושאים חברתיים, כמו למשל דת, ועד ליישומים שימושיים של סטטיסטיקה ותכנון. האנטר נהנית מדברים רבים, בכללם: חיות, מלאכה, נגינת מוזיקה וספורט.



**AUDREY MORROW**

אודרי קיבלה את התואר הראשון שלה מאוניברסיטת טוֹסון במרילנד, ואת התואר השני שלה מהאוניברסיטה המדינית של ניו מקסיקו, תוך מיקוד בפסיכולוגיה קוגניטיבית. במהלך התזה שלה עשתה שימוש בגירוי מוחי במטרה לנסות להפחית את ההשפעות השליליות שיש לֶסְטֶרְס (עֵקָה) על ביצועים קוגניטיביים. כיום, אודרי היא דוקטורנטית במחלקה לפסיכולוגיה באוניברסיטת קליפורניה, סנטה קרוז, שם היא משתמשת באלקטרואנצפלוגרם (EEG) כדי לחקור גלי מוח במהלך מצבי קֶשֶׁב ותפיסה שונים. אודרי נהנית מאומנות וממלאכה, מטיולים רגליים וממשחקי לוח.

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK