

אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
Ben-Gurion University of the Negev



P-2018-040

הכוונת זרוע רובוטית

אופיר עבשי ואורן מלכה

דו"ח סופי

21.06.18



הנחייה אקדמית: פרופ' יעל אידן

הנחייה מקצועית: ד"ר ורדית סרנה-פליישמן

תקציר

השימוש ברובוטים הולך ומתפתח בכל תחומי החיים. צורות התקשורת עם רובוטים נעשות כיום באמצעות עזרים שאינם טבעיים לתקשורת כמו לחצנים, ג'ויסטיק וכדומה. המוטיבציה לפרויקט הינה הצורך לשפר את דרכי התקשורת האלו בין האדם לרובוט. מטרת הפרויקט הינה מציאת הדרך הטבעית והאינטואיטיבית ביותר להכוונת זרוע רובוטית אשר תסייע בביצוע משימות, תוך התמקדות בהבדלים בין מחוות הנבחרות בצורה מתוכננת אל מול מחוות הנבחרות ללא תכנון מראש. בנוסף, בחינת ההבדלים בין אוכלוסייה בעלת ניסיון בשימוש ברובוטים לבין אוכלוסייה שאין לה ניסיון.

האינטראקציה בין האדם לרובוט נעשית על ידי פקודות גופניות ופקודות קוליות. דרכי תקשורת אלו הן הטבעיות ביותר עבור האדם. במסגרת המחקר בוצע ניסוי עם סטודנטים במטרה לבחון את צורת התקשורת שלהם עם זרוע רובוטית. הניסוי כלל שלושה שלבים. השלב הראשון כלל מילוי שאלונים הכוללים פרטים אישיים, זיקה טכנולוגית, רמת מוחצנות ועמדה כלפי רובוטים. שלב זה נועד כדי לאבחן את אישיות הנבדק. בשלב השני נבחנה האינטראקציה עם הזרוע הרובוטית במשימה בחיי היום-יום תחת מגבלת זמן. שלב זה נועד לבחון את האינטראקציה עם הרובוט כאשר הסטודנט ביצע את הפעולה ללא תכנון מוקדם. בשלב השלישי, ביצוע פעולות הכוונה ללא מגבלת זמן בהתאם לפקודות שהומחשו בתצלומים של 'לפני' ו-'אחרי'. שלב זה נועד לבחון את האינטראקציה עם הרובוט כאשר הסטודנט ביצע את הפעולה לאחר תכנון מוקדם.

מניתוח הנתונים שנאספו במהלך הניסוי עולה כי מרבית הנבדקים העדיפו להשתמש בפקודות חד פעמיות (גופניות וקוליות) עבור פעולות פשוטות (לקחת, לשים ו- עצור) לעומת פעולות ניווט במרחב (ימינה, שמאלה, למעלה, למטה, קדימה, אחורה). בנוסף, נמצא כי לנבדקים בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים היה דמיון (Agreement Score) גבוה בביצוע פקודות זהות. עם זאת, לא נמצא קשר מובהק בין מין הנבדק, מוחצנות וזיקה טכנולוגית לבין אופן ואופנות המחוות.

מילות מפתח: אינטראקציית אדם רובוט, הכוונת זרוע רובוטית, מחוות גופניות, מחוות קוליות.

Abstract

The use of robots develops in all areas of life. Today, the ways to communicate with robots are done through aids that are not convenient for communication such as buttons, joysticks, etc. The motivation for the project is the need to improve these methods of communication between man and robot. The project's goal is to find the most intuitive and natural way to direct a robotic arm that will assist to perform tasks, while focusing on the differences between gestures with prior planning versus gestures without prior planning. Additionally, an examination of the differences between a population that has experience with the use of robots and a population that has no experience.

The interaction between man and robot can be done by physical commands and voice commands. These methods of communication are the most natural for human beings. In the study, an experiment was conducted with students to examine their communication with a robotic arm. The experiment consists of three stages. The first stage included filling out questionnaires that included personal details, technological affinity, level of extroversion and attitude towards robots. This stage is intended to diagnose the personality of the person. In the second stage, the interaction with the robotic arm was examined in a daily task under a time limit. This step was designed to test the interaction with the robot when the student performed the action without prior planning. In the third step, perform a directing actions without a time limit in accordance with the commands shown in the 'Before' and 'After' photos. This step was designed to examine the interaction with the robot when the student performed the action after early planning.

The analysis of the data that collected during the experiment shows that most subjects preferred to use one-time (physical and colloidal) commands for simple actions (catch, release and stop) versus navigation commands (right, left, up, down, forward, backward). In addition, it was found that subjects with experience in working with robots had a high agreement score in executing the same commands. However, no significant relationship was found between the sex of the subject, extroversion level and technological affinity, to the perform of the gesture.

Keywords: Human Robot Interaction, Robotic Arm Orientation, Physical Gestures, Voice Gestures.

תוכן עניינים

1	מבוא
3	סקר ספרות
3	2.1 רובוטים בתעשייה
5	2.2 שיטות לשליטה על רובוטים
7	2.3 מחוות
9	2.4 סיווג מחוות
12	2.4 אוצר מילים של מחוות
13	2.5 זיהוי מחוות
13	2.6 שיטות הערכת USER EXPERIENCE
14	2.7 Wizard Of Oz
15	3. מטרות הפרויקט
15	3.1 השערות
16	4. שיטה
16	4.1 כללי
16	4.2 תיאור הרובוט
17	4.3 משתתפים
17	4.4 מהלך הניסוי
19	4.5 מדדים
20	4.6 שיטת הניתוח
22	5. תוצאות ודיון
22	5.1 Agreement Score
25	5.2 ניתוח נתונים
25	5.2.1 ניתוח מחוות קוליות חד פעמיות
27	5.2.2 ניתוח מחוות גופניות חד פעמיות
29	5.2.3 ניתוח מחוות קוליות מתמשכות
31	5.2.4 ניתוח מחוות גופניות מתמשכות
34	6. מסקנות
35	ביבליוגרפיה
40	נספחים
40	נספח 1- טופס הסבר לנבדק
40	נספח 2- טופס הסכמת הנבדק להשתתפות בניסוי
41	נספח 3- שאלון דמוגרפי
41	נספח 4- שאלון שימוש בטכנולוגיה
42	נספח 5- TAP שאלון זיקה טכנולוגית
43	נספח 6- NARS
44	נספח 7- Big Five Inventory

44	נספח 8- שאלון סיום משימת הכוונה ראשונה (ללא תכנון)
45	נספח 9- שאלון סיכום
45	נספח 10- שאלון סיום משימת הכוונה שניה (עם תכנון)
45	נספח 11- שאלון סיכום
45	נספח 12 – Agreement Score tables
47	נספח 13 – מודל רגרסיה לוגיסטית – R-Studio
51	נספח 14- ניתוח מחוות קוליות חד פעמיות
54	נספח 15 – ניתוח מחוות גופניות חד פעמיות
57	נספח 16 - ניתוח מחוות קוליות מתמשכות
60	נספח 17 - ניתוח מחוות גופניות מתמשכות

רשימת איורים

4	איור 1 : מניפולטור KUKA LBR iiwa 14 R820
4	איור 2: רובוט pioneer LX
4	איור 3 KUKA arm
5	איור 4 Kuka teach pendant
5	איור 5 Joystick
6	איור 6 Buttons
6	איור 7 Touch screen
7	איור 8 Applications
7	איור 9 Google glass
8	איור 10 : Hand gestures
10	איור 11 סיווג לתנועות ידיים, Shukla et al. 2016
17	איור 13 : ENGEENIRING DRAW KUKA robot
17	איור 12 רובוט KUKA LBR iiwa R820

רשימת תרשימים

11	תרשים 1 חלוקת המחוות לחלקי הגוף איתן בוצעו פעולות על פי (Wongphati, 2015)
22	תרשים 2 ציון דמיון קבוצה ללא נסיון משימה ראשונה
23	תרשים 3 ציון דמיון קבוצה ללא נסיון משימה שנייה
	תרשים 4 ציון דמיון קבוצה עם נסיון משימה ראשונה
24	תרשים 5 ציון דמיון קבוצה עם נסיון משימה שנייה
25	תרשים 6 התפלגות הפקודות כפקודת קולית חד פעמית

26.....	תרשים 7	התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי משימה
27.....	תרשים 8	התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי קבוצה
27.....	תרשים 9	התפלגות הפקודות בניסוי כפקודה גופנית חד פעמית
28.....	תרשים 10	התפלגות פקודות גופניות חד פעמיות על פי משימה
28.....	תרשים 11	התפלגות פקודות גופניות חד פעמיות על פי קבוצה
29.....	תרשים 12	התפלגות הפקודות בניסוי שבוצעו כפקודה קולית מתמשכת
30.....	תרשים 13	התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי משימה
30.....	תרשים 14	התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי קבוצה
31.....	תרשים 15	התפלגות הפקודות בניסוי כפקודה גופנית מתמשכת
32.....	תרשים 16	התפלגות פקודות גופניות מתמשכות על פי משימה
32.....	תרשים 17	התפלגות פקודות גופניות מתמשכות על פי קבוצה
51.....	תרשים 18	התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי מין
51.....	תרשים 19	התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות קוליות חד פעמיות
52.....	תרשים 20	התפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות קוליות חד פעמיות
52.....	תרשים 21	התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות קוליות חד פעמיות
53.....	תרשים 22	התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות חד פעמיות
53.....	תרשים 23	התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות קוליות חד פעמיות
54.....	תרשים 24	התפלגות מחוות גופניות חד פעמיות על פי מין
55.....	תרשים 25	התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות גופניות חד פעמיות
55.....	תרשים 26	התפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות גופניות חד פעמיות
56.....	תרשים 27	התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות גופניות חד פעמיות
56.....	תרשים 28	התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות גופניות חד פעמיות
57.....	תרשים 29	התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות גופניות חד פעמיות
57.....	תרשים 30	התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי מין
58.....	תרשים 31	התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות קוליות מתמשכות
58.....	תרשים 32	התפלגות ציוני NARS S2 עבור פקודות קוליות מתמשכות
59.....	תרשים 33	התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות קוליות מתמשכות
59.....	תרשים 34	התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות מתמשכות
60.....	תרשים 35	התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות קוליות מתמשכות
60.....	תרשים 36	התפלגות מחוות גופניות מתמשכות על פי מין

1. מבוא

בשנים 1993-2007 מצאו כי רובוטים תעשייתיים הגדילו את פיריון העבודה וכתוצאה מכך גדל גם שכר העובדים. בהתאם, היה צורך בפחות שעות עבודה. כך, גדל גם הערך הכלכלי המוסף במפעלים והלך וגבר השימוש ברובוטים (Graetz & Michaels, 2015). על מנת שרובוטים יבצעו פעולה בצורה נכונה, עליהם לקלוט ולעבד את הפקודה שניתנה על ידי המפעיל ולפעול בהתאם. הפיתוחים בתחום שואפים לבנות מאגר פקודות לתקשורת בין האדם לרובוט שיהיו אינטואיטיביות כמה שניתן. הדבר חשוב היות ונמצא כי פקודות אינטואיטיביות יהיו אפקטיביות יותר (Sarnecki-Fleischmann, Honig, Oron-Gilad, Edan, 2016).

בדומה למגוון דרכי התקשורת האפשריות בין בני אדם, גם תקשורת עם רובוטים יכולה להתבצע בדרכים רבות. דרכי תקשורת איכותיות עם רובוטים, מסתמכות על דרכי התקשורת בין בני האדם. מטרת התקשורת הינה העברת מידע בין שני צדדים או יותר. דרכי התקשורת הראשונות בין בני אדם היו תקשורת חושית ותקשורת באמצעות שפת הגוף. עם הזמן בני האדם פיתחו דרכי תקשורת המתבססות על יכולות קוגניטיביות וקשורות בשימוש בכלים וטכנולוגיות. בני האדם למדו גם להכווין אחד את השני באמצעים שמיעתיים או חזותיים כמו: דיבור, סימנים, הוראות כתובות, פיסול, פנטומימה, ציור וכדומה (Wikipedia).

בנוסף לאמצעים אלו, ישנם אמצעים פיזיים שיכולים לאפשר תקשורת עם רובוטים, כדוגמת מקלדת או ג'ויסטיק. הכוונה באמצעים פיזיים תדרוש להגיע פיזית אל המכשיר, לעומת מחוות אלחוטיות כדוגמת מחוות יד או מחווה קולית הניתנות לביצוע ממרחק (Wachs et al., 2011).

הכוונה באמצעות מחווה קולית הינה שיטת תקשורת בה המפעיל יכול לכוון את הרובוט באמצעות מחוות קול. שיטה זו מאוד רגישה לרעש בסביבת העבודה ולכן הקלט עלול לא להתקבל או להיקלט בצורה שגויה, אך עם זאת תקשורת זו יכולה להתבצע ממרחק (Wachs, Stern, Edan, Gillam, Handler, Feied, Smith, 2008).

במחוות חזותיות נכללות מחוות יד. למחוות יד ארבעה היבטים: תצורת יד, מיקום, אוריינטציה ותנועה, וניתן לאפיין אותן במספר דרכים (Pavlovic, Sharma, Huang, 1997). מחוות שקשורות בתצורה, במיקום, ואוריינטציה מוגדרות כמחוות סטטיות. מחוות תנועה מוגדרות כמחווה דינאמית כי היא לא קבועה מבחינת תצורה, מיקום או אוריינטציה לאורך זמן (Freeman & Weissman, 1995). מחוות יד יכולות להתבצע עם מספר חלקי גוף והסיווג שלהן מתבצע לפי המטרה. המטרה יכולה להיות מחווה תקשורתית (כמו: שלום), מחוות שליטה (כמו: תנוע במרחב) (Wu & Huang, 1999). נמצא כי מחוות יד זו צורה טיבעית להכוונת רובוט במיוחד במרחב עבודה משותף שבו יש שימוש בכלים נוספים במקביל. עם זאת, נמצא כי השליטה במהירות והאצה באמצעות מחוות ידיים אינה

יעילה. (Wongphati, Osawa , Imai 2015). בנוסף, מחוות ידיים מונעות אפשרות של זיהום הדדי בין מבצע המחווה למערכת (Wachs, K'lsch, Stern, Edan, 2011).

מערכות זיהוי מחוות היד מתחלקות למערכות מבוססות צורה ומערכות המבוססות מודל. שיטות המבוססות מראה מתמקדות בעיבוד התמונה וזיהוי מחוות היד ממנה. השיטה השנייה משתמשת בטכניקה של התאמת מודל יד מוגדר מראש לתוך קבוצה של תכונות. הגישה הראשונה שימושית יותר עבור מעקב ושליטה ואילו השיטה השנייה שימושית יותר עבור שפת סימנים וזיהוי של מחוות (Grzejszczak , Egowski , Niezabitowski, 2015). על מנת להפוך את פעולות התקשורת בין המפעיל לרובוט לפשוטות כמה שניתן, נדרש לדעת מהן הפקודות האינטואיטיביות ביותר לביצוע פעולות אלו.

2. סקר ספרות

2.1 רובוטים בתעשייה

עולם הרובוטיקה הולך וצובר בחיינו משמעות רבה. תפקיד הרובוטים בא לידי ביטוי בתחומים רבים כמו: רפואה, תעשייה, בריאות וכדומה. כמו כן, הפיתוח והשימוש ברובוטים מצריך השקעה ומיומנות רבים. עם זאת עולם זה הולך ומתפתח בגלל מספר גורמים שמעודדים והופכים את אימוץ הרובוטים בתעשייה לכדאי (Fleck, 1984). גורמים אלו הם עלויות עבודה מופחתות, שיעור תפוקה גבוה מוגבר, העברת עבודות מסוכנות ובלתי רצויות- לרובוטים, שיפור איכות המוצר, הגברת גמישות הייצור, תאימות קלה יותר לתקנות, ירידה במחזור העבודה, עלות הון נמוכה יותר, מחזור מלאי מבוקר ומהיר יותר (Miller, 1989).

על פי מחקר שנערך על 17 מדינות בין השנים 1993-2007, נמצא כי רובוטים עשויים להחליף עובדים קיימים ולעיתים מתווספים לעובדים קיימים, כתלות במאפייני העבודה (Graetz & Michaels, 2015). במחקר נמצא כי השימוש ברובוטים העלה את שיעור הצמיחה הממוצע במדינות הנבדקות בכ-0.37 נקודות האחוז. המקרים בהם רובוטים החליפו עובדים, אופיינו בעבודות מחזוריות שדורשות כישורים נמוכים (Graetz & Michaels, 2015). התווספות הרובוטים לעולם התעשייתי טומנת בחובה עבודות תכנות ותחזוקה, ויש לה השלכות על הבטיחות היות ובעת השימוש ברובוטים יש לשים דגש רב יותר על תכנון ויישום של נהלי בטיחות (Edwards, 1984). לאחרונה, ניתן לראות שילוב של הרובוטים בסביבות דינמיות ומורכבות כגון בתים, משרדים ובתי חולים בנוסף לסביבות הייצור ומפעלים (Bauer, Wollherr, Buss, 2007). כמו כן, רובוטים משמשים גם למטרות אישיות ועסקיות כגון נשיאת חפצים אישים, ביצוע שליחויות בתוך משרדים ואף כיבוי שריפות (Green, Norman, Severinson, 2000).

ייצור הרובוטים מתפתח בכך שהם נבנים מחומרים קלים וחזקים יותר, בעלי סוללות וסנסורים קטנים, אמינים ובעלי כושר ביצוע גבוה, מערכות שליטה ובקרה משופרות, מערכות התקשורת משופרות, שיטות עיבוד משופרות, מבנה רובוט משופר, שפות ממשק ומערכות הפעלה משופרות. (Miller, 1989). השיפורים באים לידי ביטוי בייצור רובוטים בתצורות שונות.

ניתן להבדיל בין רובוטים ניידים לבין מניפולטורים. רובוט נייד הוא מכונה אוטומטית בעלת יכולת לנוע בסביבה. מניפולטור הינו זרוע רובוטית בעלת מספר דרגות חופש, ומורכבת מסדרה של מקטעים אשר יכולה לתפוס ולהזיז חפצים (Wikipedia).

האיגוד התעשייתי של יפן מציע לסווג רובוטים לקטגוריות הבאות: מניפולטור המבצע פעולות מחזוריות, מניפולטור שמבצע פעולות מתוך זיכרון העבודה שלו, מניפולטור המקבל פקודות מספריות, רובוט שפועל באמצעות חיישנים, מניפולטור ידני העובד על ידי מפעיל (Miller, 1989).



איור 2: רובוט *pioneer LX*



איור 1 : מניפולטור
KUKA LBR iiwa 14 R820



איור 3 *KUKA arm 3*

בפרויקט זה בוצע שימוש במניפולטור ידני של חברת KUKA. חברה זו הינה אחת הספקיות המובילות בעולם לפתרונות אוטומציה חכמה. הרובוט בו נעשה שימוש בפרויקט הינו מדגם LBR iiwa והוא מהמתקדמים בעולם אודות למספר יתרונות ובהם:

שבע דרגות חופש לתנועת הזרוע, ממשק נוח לשיתוף פעולה של אדם-רובוט, זמן תגובה מידי, רגישות לדיוק מירבי בתנועה, למידת פעולות חזרתיות וכן פישוט ביצוע פעולות מורכבות. הזרוע מגיעה עם שלט ארגונומי לשליטה המבוסס על מערכת sunrise (Kuka.com).

עם התפתחות תעשיית הרובוטיקה, נעשה מיקוד בעיצוב רובוטים כדי לאפשר רמות אינטראקציה חברתית גבוהות ששמות במרכז את האינטראקציה שבין האדם לרובוט. ישנם מספר אתגרים שקשורים באינטראקציה שבין האדם לרובוט, שעליהם מנסים להתגבר כגון: קושי בזיהוי האדם שמפעיל את הרובוט בסביבה עמוסה בהתרחשויות ויזואליות וקוליות. אחת התוצאות של מצב כזה היא שהרובוט עלול לא לזהות את האדם שמפעיל אותו (Broekens , Heerink, Rosendal, 2009). בנוסף, ישנן בעיות שנגרמות מתנאי הסביבה ועלולות להוות מכשול גם כן. לדוגמא, רובוטים שמתקשרים באמצעות מחוות קול יתקשו להבין את הפקודות בסביבה רועשת (Andres Vasquez , Simon Vargas , Sucar, 2015). כמו כן, ישנם גורמים

שונים שמשפיעים על בני האדם וכתוצאה מכך עלולים להשפיע גם על האינטראקציה עם הרובוט כגון: עייפות, מצבי רוח ועוד. הרובוט יתקשה בזיהוי מצבים כאלו ולכן עלול להתקשות להתמודד איתם ולהגיב בהתאם. בכדי לשפר אינטראקציה זו, יש לבחון דרכי תקשורת אינטואיטיביות יותר מאשר הדרכים המסורתיות שהן באמצעות ג'ויסטיקים וכפתורים. דרכי שליטה אינטואיטיביות באמצעות שימוש במחוות יאפשרו העברת מסרים נוחה תוך התאמת הרובוט לאדם (Khajone, Mohod, Harne, 2015).

2.2 שיטות לשליטה על רובוטים

התקשורת בין האדם לרובוט הולכת והופכת חשובה עם התפתחותם והשתלבותם הגוברת של רובוטים בחיינו. הצורך בשפת תקשורת איכותית בין האדם לרובוט גדל גם כן בהתאם. נרצה ליצור מערכת יחסים ארוכת טווח בין אדם לרובוט היות והיא משפיעה מאוד על איכות וחווית השליטה, כשהדגש הוא על התאמת הרובוטים ותפעולם לצורה הנוחה למפעילים (Talmor, 2013). ישנן מספר שיטות לשליטה על רובוטים. להלן הנפוצות שבהן:

לוח בקרה ייעודי TP (Teach Pendant)

לוח TP הינו לוח שליטה וניטור הניתן לשליטה באמצעות היד. התכונות הנפוצות של יחידה זו הן



איור 4 Kuka teach pendant

היכולת לשלוח ידנית את הרובוט למצב הרצוי ולהתאים את המיקום הנדרש. באמצעות כלי זה ניתן להתאים גם את מהירות התנועה של הרובוט. מהירות תנועה נמוכה נדרשת עבור שינוי פוזיציה קטן. בנוסף, ללוח זה קיים כפתור חירום גדול המשמש לעצירת פעולת הרובוט (Mohsin Abbas, Hassan, Yun, 2012).

ג'ויסטיק



איור 5 Joystick

הג'ויסטיק הינו בקר המשמש למתן קלט למחשב, ובעזרתו ניתן לשלוט על פעולות ותנועות המתבצעות במערכת. הג'ויסטיק מורכב מיחידת בסיס ומוט הניתן להזזה לכיוונים שונים. הזזת המוט משדרת למחשב את כיוון ההזזה ומאפשרת להעניק למשתמש תחושה טובה בהכוונה ואף שליטה רגישה בכיוון המהירות והאצה. לעיתים כולל הג'ויסטיק גם כפתור שלחיצה עליו שולחת אות למחשב ומאפשר ביצוע פעולה מסוימת. השימושים הנפוצים כיום לשימוש בג'ויסטיקים בתעשייה הינם בשליטה בהכוונת מנופים, שליטה על רובוטים, ניהוג מטוס ועוד (Rabhi, Mrabet, Fnaiech, Gorce, 2013).

לחצנים



איור 6 Buttons

הלחצנים הנפוצים ביותר שאנו מכירים הם אלה הנמצאים אצלנו בבית כמו מתגים חשמליים. כיום כחלק מ"האינטרנט של הדברים" (Internet Of Things) התפתחו לחצנים חכמים המקבלים מידע מהסביבה באמצעות חיישנים ומתקשרים עם מוצרים אחרים באמצעות פקודות תקשורת דרך תקשורת Wi-Fi ו-Bluetooth (Gubbi, Buyya, Marusic, Palaniswami, 2013).

הלחצנים החכמים מתחלקים לשני סוגים- פשוטים ומורכבים כאשר הלחצנים הפשוטים משמשים לביצוע פעולה אחת ואילו המורכבים מאפשרים מספר פעולות: על ידי לחיצה קצרה, לחיצה ארוכה וכן לחיצה כפולה. (Teodorescu, Cioc, Vochin, Lita, 2017). לחצנים משמשים להפעלת רובוט בין היתר דרך מסכי מגע, טלפון חכם, שלטים ועוד. בתחום הרובוטיקה, השימוש בלחצן או כפתור בודד אינו נפוץ משום שלרובוטים יש לרוב פעולות רבות אותן הם יכולים לבצע ושימוש בלחצן יחיד יקשה על תפעול מורכב כזה. עם זאת ניתן לראות רובוטים שמופעלים על ידי לחצנים בעיקר בעולם התעשייה (García, Barber, Salichs, 2014).

מסך מגע



איור 7 Touch screen

מסך מגע הינו התקן קלט ופלט שמבוסס על מערכת עיבוד מידע. באמצעותו המשתמש יכול לתת קלט או לשלוט על המערכת. השליטה מתבצעת באמצעות מגע במסך עם אצבע או כמה אצבעות. טכנולוגיית מסך המגע הוכיחה את אמינותה וניתן למצוא שימוש בה במטוסים, מערכות בקרת מכונה, מכשירי חשמל והתקני תצוגה. עם התפתחות הטכנולוגיה ומסכי הטאבלט, גדלה האפשרות להשתמש בהם לפעולות שדורשות דיוק רב ורגישות גבוהה (Vu, 2014).

אפליקציות בסמארטפון



איור 8 Applications

כיום, השימוש ביישומונים בשליטה מרחוק נפוץ ומשמש להפעלת מוצרי חשמל כדוגמת מכשירי טלוויזיה, מזגנים, שואבי אבק רובוטיים ועוד.

העלייה בכוח המחשוב וברגישות של טלפונים

חכמים וההתפתחות של לוחות ממשק הפכו את

השליטה על רובוטים דרך הסמארטפון למגמה פופולרית.

דוגמא לרובוט כזה ובנייתו ניתנה במאמר כחלק מעבודה מחקרית והוצגו בנוסף לביצועים גם העלויות הנמוכות יחסית. במחקר הראו שהתנהגות רובוט מבוסס אנדרואיד יכולה לחלוטין להיות נשלטת על ידי רשת ניורונים. יתרונות אלה מהווים בסיס נוח למחקרים למידה ופיתוח התחום (Oros & Krichmar, 2013).

מכשור לביש

מכשור לביש הוא אביזר לבוש המשתמש

ברכיבים אלקטרוניים. מכשור מסוג זה יכול

להופיע בתצורות כגון שלטים, לחצנים, צמידים,

שעונים וכדומה (Motti & Caine, 2014).

השימוש העיקרי של המכשור הלישי מתחלק

לשני סוגים מרכזיים: לקבלת מידע ולביצוע פעולות.

דוגמא למכשור לביש המקבל מידע הינה משקפי

Google Glass. לחצני מצוקה המתלבשים על אדם כשרשרת או כצמיד הם דוגמא למכשור לביש

שמשמש לביצוע פעולות. לרוב, לחצנים מסוג זה הם בעלי כפתור יחיד ומאפשרים מספר פעולות

מצומצם. בנוסף, מכשור לביש שמשמש לביצוע פעולות נפוץ במקרים רבים גם בתעשייה

(Mukhopadhyay, 2014). כחלק מהתפתחות תחומי הרובוטיקה והמכשור הלישי, משתמשים

במכשור הלישי כאמצעי להפעלת רובוטים. זאת בניגוד למה שהיה נפוץ בעבר, בו הפעילו רובוטים

במגע ישיר ולא ממרחק.



איור 9 Google glass

2.3 מחוות

תקשורת בין אנשים באה לידי ביטוי באופנים שונים. אלה כוללים דיבור, מחוות גופניות והבעות. אופני

תקשורת אלו יכולים להתבטא בצורות שונות כמו שפת סימנים, מוסיקה, חיקויים, ומחול. ממחקרים

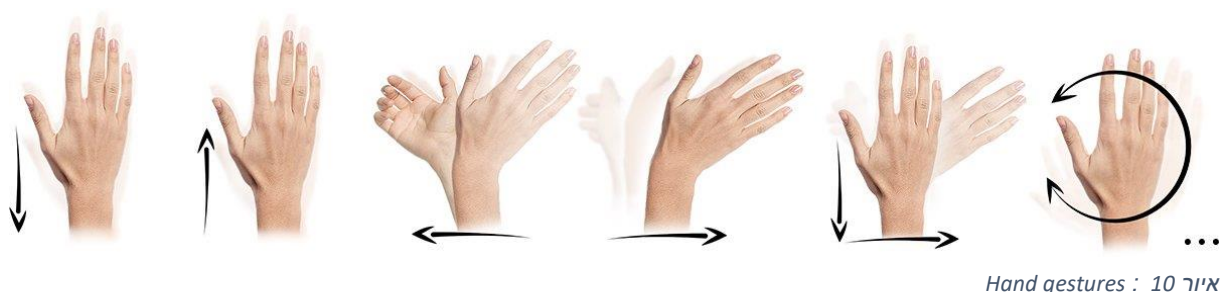
עולה כי 35% מהתקשורת הבין-אישית מורכבת מתקשורת מילולית ולעומת זאת 65% מהתקשורת

היא בלתי מילולית (Acredolo & Goodwyn, 1996). מחווה גופנית הינה דרך להעברה מודעת של

מסר באמצעות תנועה של הגוף והיא מוגדרת כמחווה בלתי מילולית. מחוות ידיים הן מחוות גופניות

שמשמשות לתקשורת בסיסית בין בני אדם. מחקרים מראים כי ילדים צעירים מרבים להשתמש במחוות כדי לתקשר לפני שהם לומדים לדבר. כמו כן, מחווה גופנית אינה דרך התקשורת העיקרית בין בני אדם אך משמשת כדרך להעביר מסרים לא מילוליים ולהעצים מסרים קוליים. מכאן, ניתן להבין כי לתקשורת הבלתי מילולית יש משקל לא מבוטל בהעברת מסרים ברורים ולכן, שימוש במחוות ויזואליות הוא הכרחי ובהרבה מקרים אינטואיטיבי בין בני האדם (Acredolo & Goodwyn, 1996).

בנוסף, זיהוי תנועות ידיים משמש באופן נרחב ביישומים רבים כגון משחקי מחשב, הפעלת מכונות וכתחליף לפעולות שנעשות כיום עם עכבר המחשב. זיהוי תנועות ידיים על ידי המחשב, יוכל להוות ממשק טבעי המאפשר לסובב מודל ממוחשב באמצעות תנועות סיבוב הידיים (Badi, 2016).



דוגמא בולטת נוספת לשימוש במחוות יד היא בתנועת יד המסמלת "שלום" (תנועת ימין-שמאל עם פרק כף היד) בעת מפגש בין שני אנשים. השימוש במחוות היד המתאימה דורש זיהוי האדם בעת המפגש ופירוש הבעת הפנים שלו. גם בתקשורת בין אדם לרובוט יהיה צורך שהרובוט יזהה ויפרש בצורה נכונה את מחוות היד שבוצעה על ידי המפעיל ויפעל על פיה (Talmor, 2013).

התקשורת העתידית עם רובוטים תתבצע באמצעות מחוות וניתוח תמונה בזמן אמת. המערכת שבה יעבדו הרובוטים תזהה תנועות משתמש ללא צורך בלימוד או הכשרה לפני מצד המפעיל, דבר שמדגיש את הצורך בהתאמת פעולת הרובוט לצורת התקשורת האינטואיטיבית של האדם. המחוות צריכות להיות קלות לביצוע, אינטואיטיביות ומתאימות לפעולה. לא פחות חשוב מכך, המחוות צריכות להיות מובנות באופן מובהק וחד משמעי. יש צורך בביצוע מחוות שניתן לזהותן באופן חד ערכי. יש להקפיד כי לפקודות שונות, יהיו מחוות שונות ולא דומות מידי כדי שיהיה קל להבדיל ביניהן (Vatavu, 2013).

במחקר שנעשה על מערכת שמזהה מחוות משתמש והוטמעה בזרוע רובוטית, הגיעו לדיוק של 90% בזיהוי נכון של מחוות יד על רקע לבן, וביצועים מעט פחות טובים כשהיו רקעים משתנים. זיהוי המחוות במערכת נעשה באופן הדרגתי כך שבשלב הראשון נעשית קליטת המחווה במערכת ובשלב

השני הנעת הזרוע לתנועה בהתאם לפקודה שנקלטה. כיום הדבר משמש ומיועד בין היתר לסביבה חכמה (Khajone et al., 2015).

מחוות יד הם כלי מצוין לתקשורת עם רובוט עקב גמישותן ובגלל שהן כלי אוניברסלי שמשמש את כלל בני האדם. מחוות ידיים יעילות במיוחד במרחב עבודה משותף שבו ניתן להשתמש בכלים וחפצים נוספים לצורך ביצוע המחוות, וכן להעברת פקודות שליטה. לעומת זאת, נמצא כי מחוות ידיים אינן יעילות לצורך השליטה במהירות ובהאצה של תנועת הרובוט (Wongphathi et al., 2015). כאשר הרובוט קולט את המחוות באמצעות ניתוח תמונה, מצאו במחקרים שיש להתגבר על הקושי להבחין בין מחוות רצוניות לתנועות מעבר, וכדאי להשתמש ביותר ממצלמה אחת כדי לאפשר זיהוי והערכה מיטביים של הפקודה שנקלטה. בנוסף, ניתן להשתמש במסגרת הסתברותית כדי לשפר גם כן את זיהוי מחוות היד שנעשתה לצמצום השגיאה בזיהוי (Shukla, Erkent, Piater, 2016). חשוב לציין כי לצד פיתוח מחוות אינטואיטיביות לתקשורת עם הרובוט, מתפתחות גם מערכות לשליטה על רובוטים באמצעות לימוד מכונה (Machine Learning) אשר מאפשרות למחשב ללמוד את רצונות האדם - כחלק מהרצון להפוך את התקשורת אתו לאיכותית יותר.

2.4 סיווג מחוות

מחוות יד מתחלקות לשתי קטגוריות: הראשונה היא קטגוריית מחוות תקשורתיות (Communicative gestures), כלומר תנועות שיש להן משמעות ספציפית ומפורשת. דוגמא למחוות תקשורתיות היא שפת הסימנים, אשר משמשת אנשים עם מוגבלות שמיעתית לתקשורת עם הסביבה. השנייה היא קטגוריית מחוות לא תקשורתיות (Non-communicative gestures) שהינן מחוות מעבר, כלומר תנועות שאין להן משמעות מודעת ותפקידן לחבר בין מחוות מרכזיות. לדוגמא: הנעת הידיים בזמן דיבור ללא כוונה להעביר מסר באמצעותן (Yang, Park, Lee, 2007).

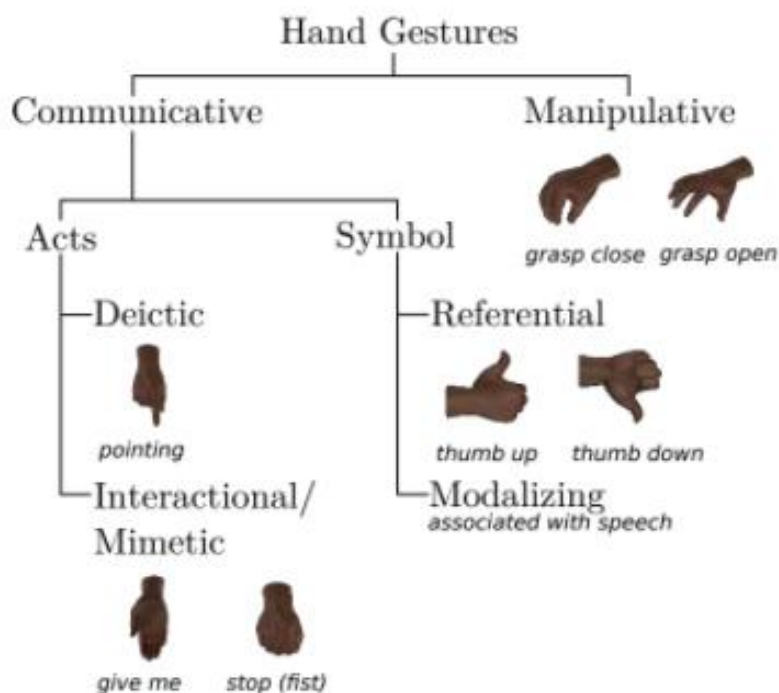
בנוסף לחלוקה זו, לצורך ניתוח המחוות, יש להסתמך על ההקשר שבו נעשתה התנועה. רצוי שלא להסתמך על המחוות בלבד, מפני שהיא יכולה להתפרש כמסר שונה בין תרבויות ומגזרים שונים. למשל הצבעה עם האצבע המורה מתוך רצון להסב את תשומת הלב של הסביבה לדבר מסוים, נחשבת למחוות נפוצה מאוד בעולם המערבי, ומנגד באסיה מחוות זו נתפסת כפוגענית וגסת רוח (Rautaray & Agrawal, 2015). במטרה להתמודד עם קושי זה ועל מנת להשיג זיהוי מותאם של התנועה שהתבצעה, מסווגים את המחוות גם לקטגוריות על פי כוונותיו של המפעיל:

1. מחוות "לא רלוונטיות" – מחוות או תנועות מוטוריות שאינן תקשורתיות וללא משמעות מודעת. תנועות כמו: גירוד הראש, תנועות הידיים בזמן הליכה וכדומה.
2. מחוות לוואי של התנהגות הבעתית – מחוות ידיים והבעות פנים המתרחשות בעת תקשורת בין אנשים, אך ללא כוונה ספציפית, לדוגמא: תנועות ידיים אקראיות בעת הסבר של אדם העומד מול קהל.

3. מחוות סמליות – מחוות בעלות משמעות ספציפית ומפורשת המשמשות להעברת כוונה לצד השני. לדוגמא: מחוות יד להבעת הסכמה.
4. מחוות אינטראקטיביות – מחוות שנועדו לעורר לתגובה, לסמן ולארגן התנהגות משותפת. מחוות לדוגמא: הרמת יד והקרבתה לאוזן לצורך בקשה לאמירה חוזרת של הנאמר.
5. מחוות הפניה/ הצבעה – מחוות בעלות משמעות שנועדו להתייחס לאובייקטים, אנשים, כיוונים או מיקומים על יד הצבעה או תנועות עיניים.

כפי שניתן לראות באיור 11, מידע ונתונים על ביצוע המחוות יסייעו בקביעת הסיווג המתאים לקטגוריה ויאפשרו לצמצם את סט המשמעויות האפשריות של המחוות המבוצעת, כך שהרובוט יזהה אותה נכונה ביתר קלות. כלומר, סיווג המחוות לקטגוריות יאפשר חלוקה של מגוון תנועות שיש להן אותה משמעות, למספר קטגוריות מצומצם כמו "תקשורתיות" ו-"הצבעה" וכך תתאפשר קליטת המסר בדיוק רב יותר

(Nehaniv, Dautenhahn, Kubacki, Haegele, Parlitz, Alami, 2005).



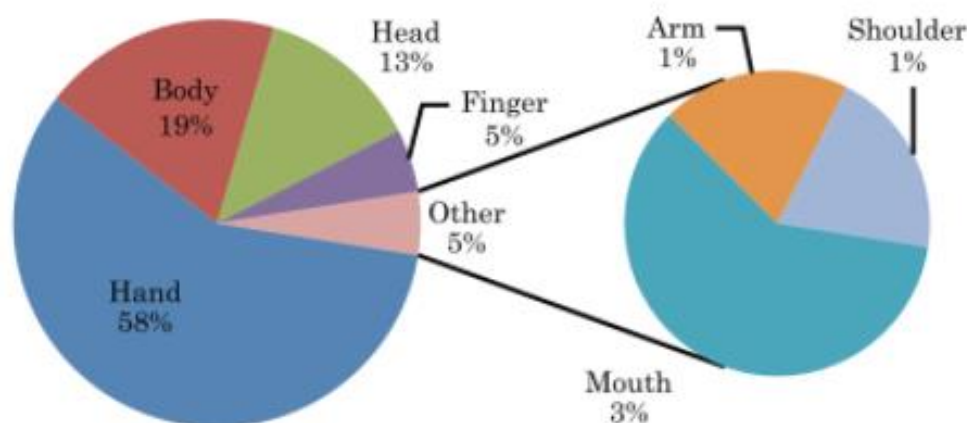
איור 11 סיווג לתנועות ידיים, Shukla et al. 2016

בנוסף, מחקרים מראים חלוקה נוספת בניתוח מחוות לשתי קטגוריות: מחוות סטטיות ומחוות דינאמיות. מחוות סטטיות מוגדרות כמחוות שמאופיינות על ידי התמצאות ומיקום של היד במרחב במשך זמן ללא הינד. דוגמא למחוות כזו היא הרמת כף היד ויישור חמשת האצבעות לסימון "עצור"

(Wu & Huang, 2000). מחוות דינאמיות מוגדרות כמחוות שמשלבות תזוזה של חלקי גוף במשך זמן. דוגמא למחווה כזו היא הרמת היד, יישור חמשת האצבעות והזזת היד ימינה ושמאלה לסימון "שלום". בנוסף, נהוג לחלק את המחוות הדינאמיות לשתי תתי קבוצות: תנועות המתבצעות באופן מודע ותנועות המתבצעות באופן תת-מודע (Wu & Huang, 2000). בנוסף לכך, ניתן להתייחס לכל מחווה על פי מספר מדדים:

- תדירות המחווה - ניתן להגדיר לכל מחווה תדירות בסולם הנע בין 1 ל-5, כאשר 1 זו תדירות נמוכה ו-5 זו תדירות גבוהה. ההתייחסות לתדירות המחווה חשובה כדי לאתר את המחוות הנפוצות ביותר ולסווגן בהתאם.
- בדיקת שימוש/אי שימוש בתקשורת מילולית בזמן ביצוע המחווה – האם קיים עבור מחוות מסוימות דרך נוחה יותר להעביר את כוונת המפעיל בליווי פקודה קולית.
- בדיקה האם המחווה נעשתה בצורה ספונטנית – ההבחנה אם אנשים מודעים או אינם מודעים למחוות אותן ביצעו תאפשר להבין אם אנשים עקביים בבחירת המחוות בהם הם משתמשים בסיטואציות שונות עבור אותן הוראות. כך נוכל להבין את הגמישות בבחירת המחווה ועד כמה היא נעשתה בצורה אינטואיטיבית. (Stoerring, 2003).

M. Wongphati טוען שמעבר לסיווגים המקובלים אותם הזכרנו עד כה, רוב האנשים משתמשים במחוות ידיים כדרך המועדפת להכוונת רובוט כשהם נדרשים לכך.



תרשים 1 חלוקת המחוות לחלקי הגוף איתן בוצעו פעולות על פי (Wongphati, 2015)

2.4 אוצר מילים של מחוות

חשיבות עיצוב ובניית אוצר מילים עבור מחוות ידיים לתקשורת בין האדם לרובוט היא חשובה כדי לאפשר שונות נמוכה בביצוע מחוות על ידי אנשים שונים, ובכך להגדיל את הסיכוי שהרובוט יזהה את כוונת המפעיל ויבצע את הפקודה הרצויה. ככל שמחווה עבור מסר מסוים היא יותר אינטואיטיבית, כך השונות בביצועה תהיה נמוכה יותר בין אנשים שונים. כלומר, הדבר יעיד על כך שהמחווה מעבירה את הכוונה והרעיון שלה בצורה נכונה. ככל שהמחווה תהיה יותר אינטואיטיבית כך גדלה האפקטיביות שלה, השימוש בה יהיה יעיל יותר ויהיה צורך להקדיש פחות זמן כדי להיזכר בה טרם ביצועה. אינטואיטיביות גדולה יותר עבור משתמשים ניתן להשיג באמצעות סימנים וסמלים מוסכמים. כך למשל, בניסוי לבדיקת התאמה בין מחוות לפקודות ניווט שנערך באוניברסיטת בן גוריון בנגב (Sarne-Fleischmann et al., 2016), השתתפו ארבעה עשר נבדקים שהתבקשו להדגים עשר פקודות ניווט שונות בזמן שהנסיינים מתקשרים עם רובוט הפיוניר (Pioneer) באמצעות טכניקת WIZARD OF OZ. בגישה זו המשתמש במערכת יצטרך להחליט מהי המחווה המתאימה ביותר לביצוע הפקודה והיא נקראת Bottom up. בחלק השני המשתתפים התבקשו לזהות 8 מחוות מוגדרות מראש מתוך מאגר המחוות של צבא ארה"ב, ולבסוף היו צריכים להחליט באיזו פקודה מדובר. צורת עבודה זו, בה הנבדק מחליט באיזו פקודה מדובר על סמך המחוות שראה, נקראת Top down (Sarne-Fleischmann et al., 2016). ניתוח המחוות בניסוי זה התבצע על ידי חלוקת המחוות לשתי קבוצות: אופנות ואופן. אופנות מתייחס להצגת הפקודה: גופנית, קולית או שניהם יחדיו. אופן מתייחס למורכבות הפקודה: חד-פעמית, חוזרת או כזו שמפורקת לתת פקודות. נמצא כי השונות בזיהוי בכלל המחוות הייתה גדולה פרט למחוות "עצור" ו-"עקוב אחריי". בנוסף, סיווג מחווה לקבוצה שמפורקת ל-"תת פקודות" הייתה הנפוצה ביותר. חשוב לציין שנמצא כי ישנן מחוות שמוסכמות על כלל הנבדקים בניסוי והן בדרך כלל מחוות שמסמלות חיווי אוניברסלי, ולעומתן יש מחוות עליהן מידת ההסכמה הייתה נמוכה ולכן התקבלה עבורן שונות גדולה. כמו כן, באמצעות ניתוח התוצאות מהגישות Top down ו-Bottom up, ניתן להגדיר את המחוות האינטואיטיביות ביותר לכל פקודה (Barclay, Wei Lutteroth, Sheehan, 2011).

כחלק מהרצון להעלות את רמת הדיוק של ביצוע המחווה, נמצא כי שימוש בשתי ידיים בעת הביצוע יכול להשיג זאת ועל כן לאפשר הבנה טובה יותר של משמעות המחווה. הדבר מקבל משמעות גדולה אף יותר במקרים בהם התקשורת עם רובוטים מתבצעת בסביבה עמוסה בהתרחשויות שבה גדל הקושי לזהות נכונה את המחווה. הפתרון לכך באמצעות שימוש בשתי הידיים יכול להתבצע באופן הבא: היד הלא דומיננטית תספק מעין מסגרת ליד הדומיננטית, המבצעת את המחווה עצמה, ולמעשה יעשה שימוש במספר פרטי גוף. במצב זה, בו משלבים מספר פרטי גוף יחד, הרובוט יוכל לבצע זיהוי למחווה בצורה אמינה יותר. בנוסף לשימוש בשתי ידיים בעת הביצוע נמצא גם כי לעיתים הוספת קול למחוות יד אחת יכולה לשפר את רמת הדיוק. הדבר נכון כמובן לסביבה שאינה רועשת (Grandhi, Joue, Mittelberg, 2011).

2.5 זיהוי מחוות

הזיהוי של מחוות יד מורכב משלושה שלבים בסיסיים: זיהוי מעקב ואבחנה. מערכות זיהוי המחוות מתחלקות לשיטות מבוססות מראה ולשיטות המבוססות מודל. שיטות המבוססות מראה שימושיות יותר עבור מעקב ושליטה, ומתמקדות בעיבוד התמונה וזיהוי מחוות היד מתוכה. שיטות מבוססות מודל שימושיות יותר עבור שפת סימנים וזיהוי של מחוות, ומתמקדות בטכניקה של התאמת מודל יד מוגדר מראש לתוך קבוצה של תכונות (Grzejszczak et al., 2015).

2.6 שיטות הערכת USER EXPERIENCE

User experience (UX) מוגדר כתפישות האדם, תגובותיו ורגשותיו הנובעים משימוש צפוי במוצר, במערכת או בשירות. על כן הבנה מעמיקה של תחושות המשתמשים בעקבות השימוש במוצר, בין אם הן חיוביות או שליליות, היא הדגש המרכזי כשבוחנים מהי 'חוויית המשתמש'. בדיקות שמישות נוטות להתמקד בביצועי המשימות עצמן. כשבוחנים מהי חווית המשתמש מתמקדים בחוויות חיות. על כן, מדדים אובייקטיביים בלבד כגון: זמן ביצוע משימה, מספר קליקים או מספר שגיאות אינם מספיקים. 'חוויית משתמש' זהו מדד סובייקטיבי

(Vermeeren, Law, Roto, Obrist, Hoonhout, Mattila, 2010).

במהלך העשור האחרון הושם דגש גדול על 'חוויית המשתמש' בכל מה שקשור לאינטראקציה של אדם-רובוט. כך, עם התפתחות הטכנולוגיה, מוצרים לא רק הפכו מועילים יותר אלא גם אופנתיים ומאתגרים יותר לעיצוב. עיצוב מודרני מתבטא בשיפור ארגומי ונוח יותר עבור משתמשים בניסיון לשפר את החוויה שבשימוש (Hassenzahl, Tractinsky, 2006).

ישנן מספר שיטות להערכת 'חוויית המשתמש'. להלן הבולטות שבהן:

- תוכנת PAD – מבצעת בדיקות כלליות של רגש או השפעה על הערכת תגובות המשתמשים על מוצרים ושירותים.
- 3E (הבעת חוויות ורגשות) – דורשת מהמשתמשים לכתוב ולצייר את החוויות והרגשות שעלו בעקבות השימוש במוצר. יעיל במיוחד במהלך לימודים כדי לאסוף אינפורמציה בצורה תבניתית.
- UX curve – שיטה שנועדה לעזור למשתמשים להביע בדיעבד כיצד ומדוע חווית השימוש שלהם במוצר השתנתה עם הזמן. בשיטה עובדת באופן הבא: המשתמש מצייר עקומה על מערכת צירים. הציר האופקי מתאר מחלק את החוויות לחיוביות ושליליות. הציר האנכי הציר האנכי מתאר את איכות חווית השימוש לאורך זמן (Vermeeren, Law, Roto, Obrist, Hoonhout, Mattila, 2010).

Wizard Of Oz 2.7

Wizard of oz (המונח "אשף מארץ עוץ" כלומר "פרדיגמת עוז" במקור) הינה טכניקה נפוצה שבה ניסוי במסגרת מעבדה מדמה את התנהגותו של יישום מחשב תבוני תיאורטי. הטכניקה הגיעה לשימוש נפוץ בתחומי הפסיכולוגיה הניסויית, גורמי אנוש, ארגונומיה ובלשנות. מטרת טכניקה זו היא לדמות אינטראקציה בין מחשב לבין אדם. הדבר מאפשר בהרבה מקרים למהנדסים להעריך תקשורת אדם רובוט של מערכת שלא בהכרח הושלם פיתוחה. בהרבה מקרים אחרים, המטרה היא לעבוד על מערכת ממוחשבת מוכנה ולגרום למשתתף בניסוי להאמין שהוא ממש מתקשר עם המחשב, למרות שלמעשה אדם אחר מתפעל את המחשב. במצב כזה, הנסיין יוכל לתעד את תגובת המשתתף בניסוי וכך לתכנת את המחשב להגיב לסיטואציה דומה בעתיד. בהמשך לכך חשוב לציין כי הנסיין יכול גם לבצע פקודות באופן ישיר מול המחשב, להשקיף מהצד ולאפיין את התנהגותו של המשתתף בזמן הניסוי. מטרה נוספת לטכניקה זו היא האפשרות לוודא אם בני אדם משתמשים בפחות רגשות באינטראקציה עם מחשבים לעומת באינטראקציה עם בני אדם. כמו כן, הטכניקה לא מוגבלת לאנשים מסוימים היות והיא יכולה להיות מותאמת לשימוש על פי רמת ההבנה של המשתתף בניסוי (Meier, 2011).

3. מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט הינה מציאת הדרך הטבעית והאינטואיטיבית ביותר להכוונת זרוע רובוטית אשר תסייע בביצוע משימות במרחב ותהפוך את הרובוטים לאמצעי קל יותר לתפעול עבור אנשים. בפרויקט נבחן את ההבדל בין ביצוע המשימה "ללא תכנון" לבין ביצועה לאחר "תכנון", וכן נבחן את ההבדל בין נבדקים בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים לבין נבדקים חסרי ניסיון. ביצוע המשימה באופן מתוכנן הינו מצב בו יהיה לנבדקים מספיק זמן לתכנן כיצד הם מתכוונים לבצע פקודה מסוימת, כלומר הביצוע יהיה באופן מודע. ביצוע המשימה באופן לא מתוכנן הינו מצב בו יינתן לנבדקים זמן מוגדר קצר לביצוע המשימה כך שאת התנועה יבצעו באופן שאינו מודע. בהמשך, נרצה לבדוק אם ישנן פקודות ספציפיות שבהן היה שוני באופן הביצוע כאשר היה תכנון לפני ביצוע הפקודה לבין מצב בו לא היה תכנון לפני ביצוע הפקודה. השוני בביצוע משימה או פקודה יכול להתבטא באופנות (מחוות יד, מחוות קול או שניהם) ובאופן (פקודה חד פעמית או פקודה מתמשכת). בהתבסס על הסקירה שביצענו בסקר הספרות אנו מצפים כי רוב הנבדקים יעדיפו לשלב בין סוגי מחוות שונים לביצוע פקודה.

3.1 השערות

בהתבסס על סקר הספרות, השערותינו הן:

- הנבדקים יבצעו יותר פקודות קוליות חד פעמיות עבור פעולות פשוטות (לקחת, לשים, עצור) לעומת הפקודות הקוליות החד פעמיות שיבצעו בפעולות הדורשות הכוונת ניווט.
- עבור מצב בו לא יהיה תכנון מוקדם הנבדקים ישתמשו יותר במחוות קול מתמשכות לעומת מצב בו יהיה תכנון מוקדם.
- עבור נבדקים עם ניסיון בעבודה עם רובוטים נקבל ציון Agreement score גבוה יותר בהשוואה לנבדקים חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים.
- במשימה השנייה הנבדקים יבצעו יותר פקודות חד פעמיות לעומת המשימה הראשונה.
- פקודות שיבצעו באופנות גופנית (חד פעמית או מתמשכת), יבצעו על ידי נבדקים מוחצנים יותר.

4. שיטה

4.1 כללי

הנבדקים חולקו ל-2 קבוצות. הקבוצה הראשונה כללה נבדקים חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים לעומת הקבוצה השנייה, בה היו נבדקים בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים. כל קבוצה ביצעה 2 משימות להכוונת הזרוע. בראשית הניסוי הנבדקים התבקשו לענות על שאלונים אישיותיים. במשימה הראשונה התבקשו הנבדקים לבצע משימת הכוונה לזרוע הרובוטית באופן אינטואיטיבי, ללא תכנון מוקדם וללא הדרכה והכוונה מאתנו. במשימה השנייה התבקשו הנבדקים לבצע את 9 הפקודות הבסיסיות שהגדרנו בניסוי, לאחר שניתן להם מספיק זמן לתכנן את ביצוע הפקודות מראש. עם זאת, חשוב לציין כי נקודת המוצא של הזרוע וכן הפריטים שיש להרים לסלסלה היו ממוקמים בצורה שונה עבור כל נבדק. כך נוכל לוודא שתוצאות הניסוי אינן תלויות במיקום ספציפי של הזרוע הרובוטית או של הפריטים. אנו נשתמש בטכניקת Wizard Of Oz כדי לאפשר לרובוט להגיב בהתאם לפקודות אותן קיבל. באמצעות ניתוח הממצאים שנקבל, נבחן את דרכי התקשורת האינטואיטיביות ביותר.

4.2 תיאור הרובוט

הרובוט שבאמצעותו נערוך את הניסוי הינו רובוט KUKA LBR iiwa 14 R820 כפי שניתן לראות באיור 12.

שיוך לקטגוריה: רובוטים קטנים

מטען הרמה: עד 14 ק"ג

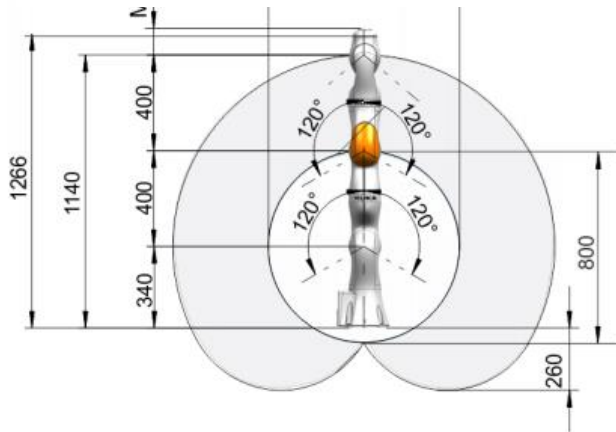
מספר דרגות חופש: 7

משקל עצמי: 30 "ג

טמפרטורה סביבה רצויה: 5-45 מעלות צלסיוס

עמדות הרכבה: רצפה, תקרה, קיר

איור 12 : KUKA robot : ENGINEERING DRAW



איור 13 רובוט KUKA LBR iiwa R820



4.3 משתתפים

60 נבדקים שהינם סטודנטים במחלקה להנדסה תעשייה וניהול בקורס אוטומציה סמסטר ב' תשע"ח יבצעו את הניסוי. המשתתפים יקבלו נקודת בונוס לציון הסופי על השתתפותם בניסוי. המשתתפים יהיו בגילאי 21 – 30. מחציתם יהיו בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים ומחציתם ללא ניסיון.

4.4 מהלך הניסוי

משך הניסוי הינו כשעה ונערך בבניין 16 בקומה 1- במעבדה 134. הניסוי יתועד במצלמת וידאו כדי לאפשר תחקור מעמיק של ביצוע פעולות הנבדקים בשלב הניתוח. במהלך הניסוי ימלאו הנבדקים שאלונים ממוחשבים הבודקים את הזיקה הטכנולוגית, רמת המוחצנות או המופנמות של הנבדק. השאלונים ימולאו במחשב באמצעות google forms. במהלך הניסוי, הרובוט נשלט על ידי טכניקת "WoZ" בה הנסיינים שולטים על הרובוט ומכוונים אותו מרחוק בצורה ידנית, בעוד הנבדקים סבורים כי הרובוט נשלט באופן אוטומטי בהתאם למחוותיהם. סדר המשימות בתוך כל חלקי הניסוי שונה בין נבדק לנבדק על מנת שנוכל לאפשר הסקת מסקנות כלליות ולא עבור מיקומים ספציפיים. בנוסף, כך נמנע אפקט למידה והיווצרות של עייפות ושעמום לאורך הניסוי.

הרצת הניסוי חולקה לשלושה חלקים :

שלב ראשון- היכרות הנבדק והניסוי

תחילה, הנבדקים יגיעו אל מעבדת הניסוי, ויקבלו הסבר על הניסוי בטפסים (נספח 1). בנוסף, הנבדקים יקבלו מאתנו הסבר מילולי על הזרוע הרובוטית. לאחר מכן, הנבדקים יחתמו על הסכם ההשתתפות בניסוי (נספח 2) ועבור השתתפותם יקבלו נקודת בונס בקורס אוטומציה. בנוסף, הנבדקים יקבלו מאתנו הסבר על כך שהזרוע הרובוטית יודעת להבין ולבצע פקודות מורכבות, וכן שאופן ההתמצאות במרחב הוא מנקודת מבטו של הנבדק. כלומר, נתינת הפקודה לרובוט לבצע תנועה לצד מסוים היא על פי הכיוונים של הנבדק. לבסוף, הנבדקים ימלאו שאלון הבוחן מספר היבטים: מידע דמוגרפי, עיסוק והשכלה (נספח 3). בהמשך, הנבדקים יידרשו לענות על שאלות בנוגע לתדירות השימוש בטכנולוגיה (נספח 4). כאשר התשובות הינן: 0- אף פעם, 1- פעם בחצי שנה עד שנה, 2- פעם בחודשיים עד 5 חודשים, 3- פעם בחודש, 4- בין פעם אחת לשלוש פעמים בשבוע. 5- כמעט כל יום. לאחר מכן, הנבדקים ימלאו מספר שאלונים:

- שאלון TAP (technology adoption propensity index) - בוחן זיקה טכנולוגית. כלומר, חוזה האם הטכנולוגיה הזו תאומץ בקרב הנבדקים (Ratchford & Barnhart, 2012). השאלון מחולק לארבע חלקים כאשר שאלות 1-4 מעידות על רמת האופטימיות בנוגע לשליטה והגמישות בחיים שטכנולוגיה מאפשרת. שאלות 5-8 מלמדות על הפתיחות של אדם ללמוד טכנולוגיות חדשות. שאלות 9-11 מלמדות על הרגשה של שיעבוד והתלות בטכנולוגיה. שאלות 12-14 מלמדות על התפיסה האם טכנולוגיות חדשות עלולות להגדיל את הסיכוי שהפרט ינוצל על ידי החברה (נספח 5). טווח הערכים של ציוני שאלון TAP הינו בין 4 (זיקה טכנולוגית נמוכה) לבין 20 (זיקה טכנולוגית גבוהה). ציון TAP גבוה, יעיד על זיקה טכנולוגית גבוהה של הנבדק.
- שאלון NARS - (negative attitudes towards robots) - שאלון NARS מודד את יחס הנבדק כלפי רובוטים בשלושה היבטים שונים: היבט ראשון - S1, השפעה על מצבים של אינטראקציה עם רובוטים. היבט שני - S2, השפעה של הרובוטים על החברה. היבט שלישי - S3, השפעת הרובוט על רגשות האדם בזמן האינטראקציה אתו (Taylor Katz & Halpern, 2013) (נספח 6).
- שאלון למדידת מידת המוחצנות או המופנמות של הנבדק (The "Big Five" Inventory) - שאלון זה הוא למעשה גרסה מקוצרת של שאלוני Big Five הבנוי ממספר רב של פריטים כאשר המשיבים מדרגים את מידת הסכמתם מ-1 עד 5 על אפיוני אישיות שונים. דירוג 1 פירושו "לא מסכים בכלל" ודירוג 5 פירושו "מסכים בהחלט". השאלון מורכב מ-5 תכונות אישיות: מוחצנות- מאופיין על ידי יכולת התחברות ואסרטיביות. נירוטיות- מאופיין על ידי חרדה, דכאון וכעס. נעימות- מאופיין על ידי גמישות, בטחון ואמון. מצפוניות- מאופיין על ידי

זהירות, יסודיות, אחריות, התמדה ומשמעת עצמית. פתיחות- מאופיין על ידי דמיון מפותח, סקרנות, מקוריות ואינטליגנציה גבוהה (Rammstedt & John, 2007) ([נספח 7](#)).

שלב שני – איסוף פריטים מהשולחן, ביצוע מחוות ללא תכנון

בשלב זה הנבדקים יידרשו לבצע משימה של הכוונת זרוע רובוטית להרמת 2 חפצים אשר ממוקמים במקומות שונים על השולחן והנחתם בסלסלה שנמצאת במקום אחר על השולחן. הנבדק יכוון את הרובוט ללא תכנון מראש ועל ידי המחוות שיבחר בעצמו.

למשימה זו נגדיר זמן קצוב בו הנבדק יצטרך להכווין את הזרוע הרובוטית להרמת פריט הממוקם על השולחן והעברתו לנקודה אחרת בשולחן לתוך סלסלה. במשימה יש לבצע זאת עבור 2 פריטים. הפקודות הנבדקות בשלב זה הינם: לקחת, לשים, למעלה, למטה, ימינה, שמאלה, אחורה, קדימה ולעצור.

בכדי להבטיח שימוש בפקודות אלו הזרוע תנווט באופן הבא:
כאשר הנבדק החליט לבצע פקודה של תנועה במרחב (פקודות: ימינה, שמאלה, למטה, למעלה, אחורה, קדימה), הזרוע תזוז על ידינו "בתנועה מתמשכת" עד אשר תתקבל פקודה חדשה (פקודות: שמאלה, עצור וכדומה). כאשר נבדק ביצע פקודה שאינה פקודה שמצריכה "תנועה מתמשכת" (פקודות: "לקחת", "לשים", "עצור") הזרוע תבצע את הפעולה על ידינו פעם אחת. בסיום המשימה יתבקש הנבדק לענות על שאלות אודות המשימה ואופן התקשורת עם הזרוע הרובוטית הבוחנות את אינטואיטיביות והקושי בבחירת המחוות ([נספח 8](#) , [נספח 9](#)).

שלב שלישי- ביצוע מחוות עם תכנון מוקדם וללא זמן קצוב

למשימה בשלב זה לא נגדיר זמן קצוב, כך שלנבדק יתאפשר לתכנן כיצד יבצע את הפקודה. במשימה זו הוצגו לנבדק על מסך המחשב תמונות ובהם מצב התחלתי ומצב סופי של הזרוע הרובוטית. על הנבדק להכווין את הזרוע מהמצב ההתחלתי למצב הסופי. המעבר ממצב התחלתי למצב סופי ידרוש שימוש בפקודות פשוטות. חשוב לציין כי סדר המצבים שיוצג יהיה שונה בין הנבדקים. בשלב זה נבדוק האם תכנון ללא זמן קצוב ישנה את אופנות ואופן הביצוע של הפקודות מהשלב הראשון (השלב ללא התכנון המוקדם). לאחר סיום ביצוע שלב זה הנבדק יענה על שאלון הסיכום של החלק הזה ([נספח 10](#), [נספח 11](#)).

4.5 מדדים

הפעולות אותן הנבדק מבצע הינן מחוות יד ומחוות קול. אנו נרצה לתחקר ולנתח פעולות אלה באמצעות מדדים לאפיון כל פעולה שנעשתה. מדדים אלה מתחלקים לשתיים: מדדים אובייקטיביים ומדדים סובייקטיביים. חשוב לציין כי כל הניסוי מצולם לצורך תחקור עתידי זה.

מדדים אובייקטיביים-

המדדים האובייקטיביים אשר נאספים מן הסרטונים המצולמים הינם: אופן ואופנות.
אופנות- אופן הצגת הפקודה: מחוות גופניות, מחוות קוליות או שילוב של מחוות גופניות ומחוות קוליות.
אופן- מחווה חד פעמית, מחווה חוזרת או מחווה אשר מפורקת לתתי מחוות.

מדדים סובייקטיביים-

לאחר כל חלק בניסוי, יתבקשו הנבדקים לענות על שאלון בנוגע לנוחות התקשורת עם הרובוט בהיבט הפיזי, המחשבתי והרגשי. לכל היגד בשאלון יש מענה בסקאלה של 5 דרגות. כל דרגה מייצגת רמת הסכמה שונה עם הנאמר. רמה 5 פירושה "מסכים מאוד" עם הנאמר ורמה 1 פירושה "מאוד לא מסכים" עם הנאמר. כמו כן, לאחר כל משימה הנבדק יבצע גם שאלון סיכום כללי.

4.6 שיטת הניתוח

תשע הפקודות שנבדקו בניסוי חולקו לארבעה מקרים על פי אופנות ואופן:

- מקרה 1 – פעולות שבוצעו באמצעות מחווה קולית חד פעמית.
- מקרה 2 – פעולות שבוצעו באמצעות מחווה גופנית חד פעמית.
- מקרה 3 – פעולות שבוצעו באמצעות מחווה קולית מתמשכת.
- מקרה 4 – פעולות שבוצעו באמצעות מחווה גופנית מתמשכת.

בניתוח התייחסנו להשוואה של התוצאות בין הקבוצות (קבוצה 1 - בעלי ניסיון, קבוצה 2 - חסרי ניסיון) וכן להשוואת התוצאות בין 2 המשימות של אותה קבוצה. ההשוואה הראשונה נועדה כדי לבדוק כיצד הניסיון בעבודה עם רובוטים לעומת חוסר בניסיון כזה, משפיע על אופן ההכוונה. ההשוואה השנייה נועדה לבחון אם הגבלת זמן ועבודה תחת לחץ משפיעות על אופן ההכוונה.

כמו כן, נבדקה גם השפעת רגשות שליליים כלפי סיטואציות בהם נמצאים באינטראקציה עם רובוט (NARS S1), השפעת רגשות שליליים כלפי ההשפעה החברתית של רובוטים (NARS S2), השפעת רגשות שליליים כלפי רגשות באינטראקציות אדם – רובוט (NARS S3), השפעת תדירות השימוש בטכנולוגיה (TAP) והשפעת המוחצנות.

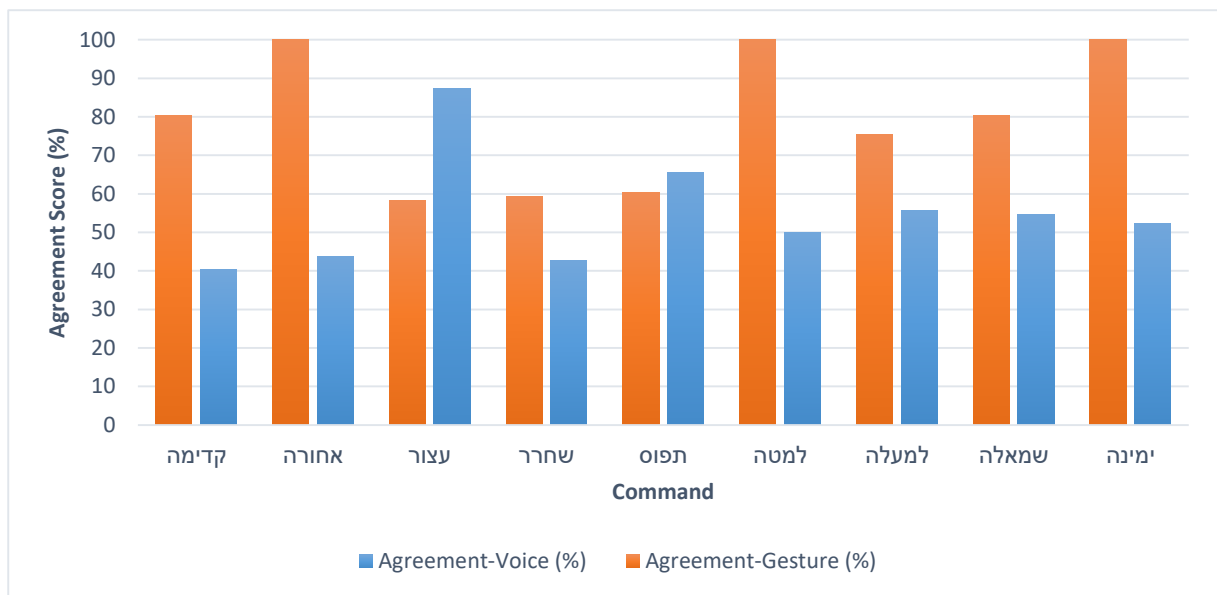
חישוב ציוני שאלוני ה- NARS עבור כל נבדק שוכלל כסכימת ניקוד השאלות של השאלון.
חישוב ציוני שאלון ה- TAP והמוחצנות שוכלל כממוצע ניקוד השאלות של השאלון.
ניתוח הנתונים שאספנו מביצוע הניסויים ומילוי השאלונים בוצע באמצעות תוכנת R-STUDIO.
נבנה מודל רגרסיה לוגיסטית עבור כל אחד מארבעת המקרים (מחווה קולית חד פעמית, מחווה קולית חד פעמית, מחווה קולית מתמשכת, מחווה גופנית מתמשכת) (נספח 13).

כל פקודה קיבלה ציון דמיון, Agreement Score. דמיון הפקודות בין המשתתפים חושב עבור כל פקודה באופן הבא: $A_r = \sum \left(\frac{p_i}{p_r} \right)^2$ כאשר A_r מייצג את ציון ההסכמה והדמיון בין הפקודות. P_r מייצג את כמות הנבדקים אשר השתמשו בפקודה קולית או מחווה גופנית. במידה ונבדק השתמש בפקודה קולית ומחווה גופנית יחד, הוא יספר גם תחת פקודה קולית וגם תחת מחווה גופנית, כך שסכום ה- P_r יכול להיות גדול ממספר הנבדקים. P_i הינו מספר הנבדקים אשר ביצעו את אותה פקודה באופן דומה. מטרתנו בניתוח זה הינה לקבוע את מידת הדמיון של פקודות בין המשתתפים. בניתוח התייחסנו למחווות שביצעו נבדקים שונים כמחווות דומות כאשר אופן ביצוען היה דומה וכשהיה שימוש באותה טרמינולוגיה.

5. תוצאות ודין

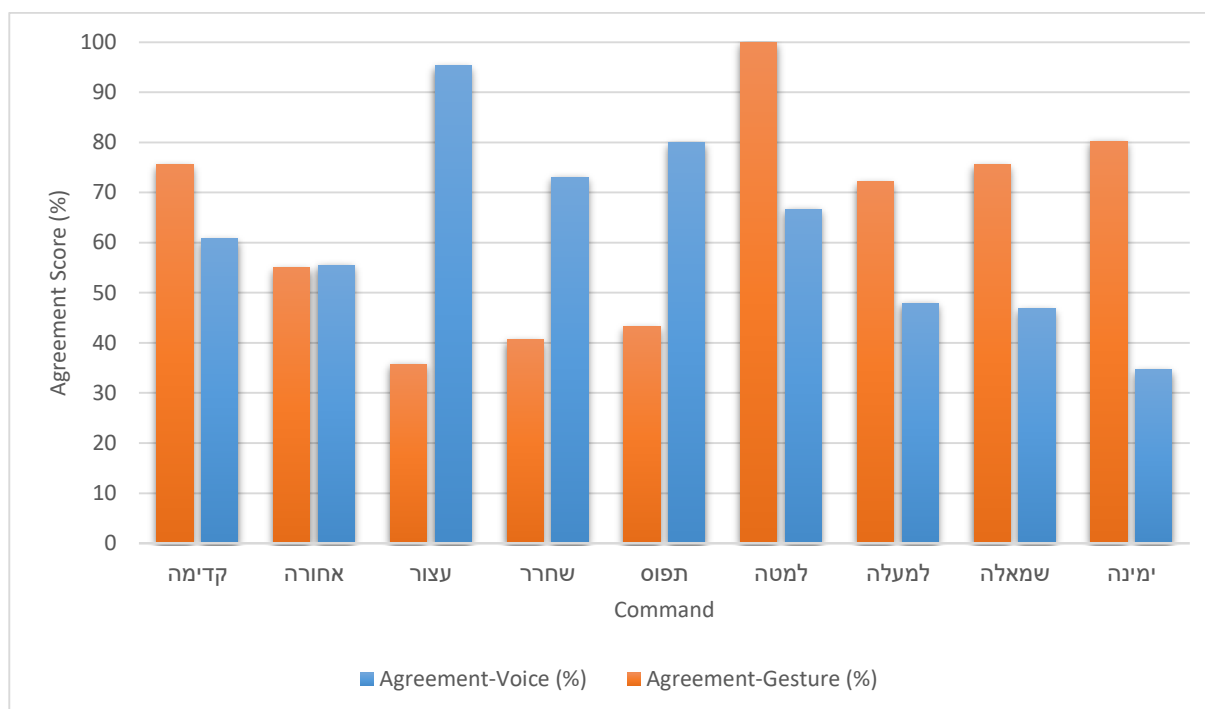
5.1 Agreement Score

הטבלאות מטה מציגות את דמיון הפקודות עבור כל פקודה בחלוקה לפי משימות (ראשונה ושניה) ולפי קבוצות (עם ניסיון ובלי ניסיון). ציונים מעל 70% מייצגים דמיון חזק בין פקודות הנבדקים (נספח 12).



תרשים 2 ציון דמיון קבוצה ללא ניסיון משימה ראשונה

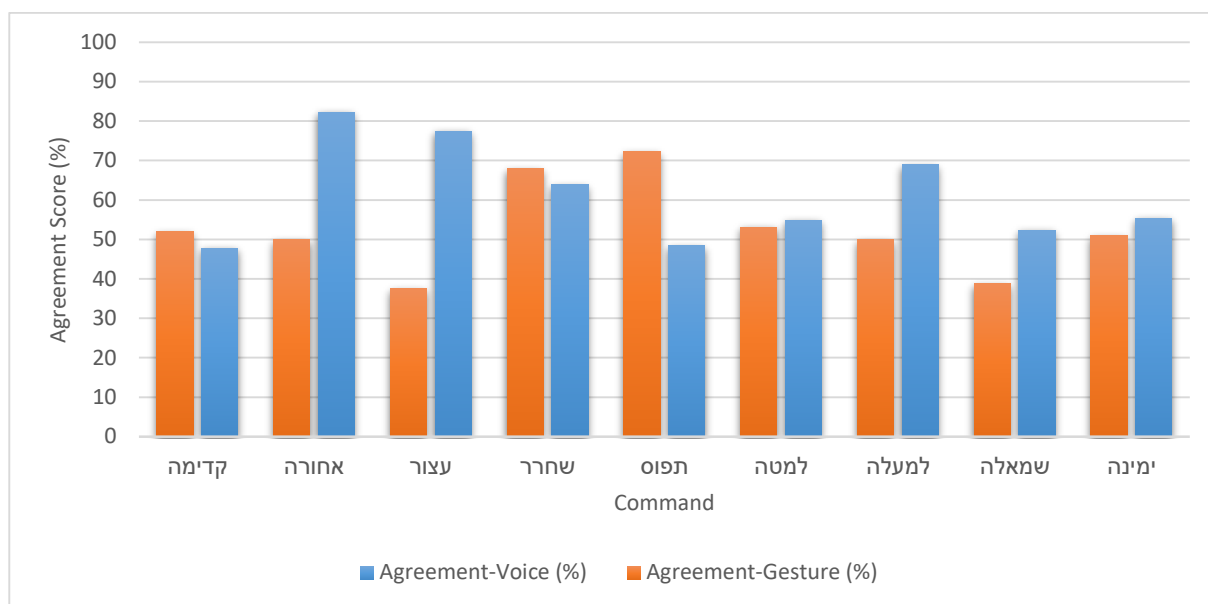
מהקבוצה ללא ניסיון, במשימה הראשונה, ניתן לראות כי ציוני הדמיון בפקודות הגופניות גבוה יותר מציוני הדמיון עבור הפקודות הקוליות, למעט פקודת "תפוס" ו-"עצור" בהם לפקודות הקוליות יש דמיון גבוה יותר.



תרשים 3 ציון דמיון קבוצה ללא נסיון משימה שנייה

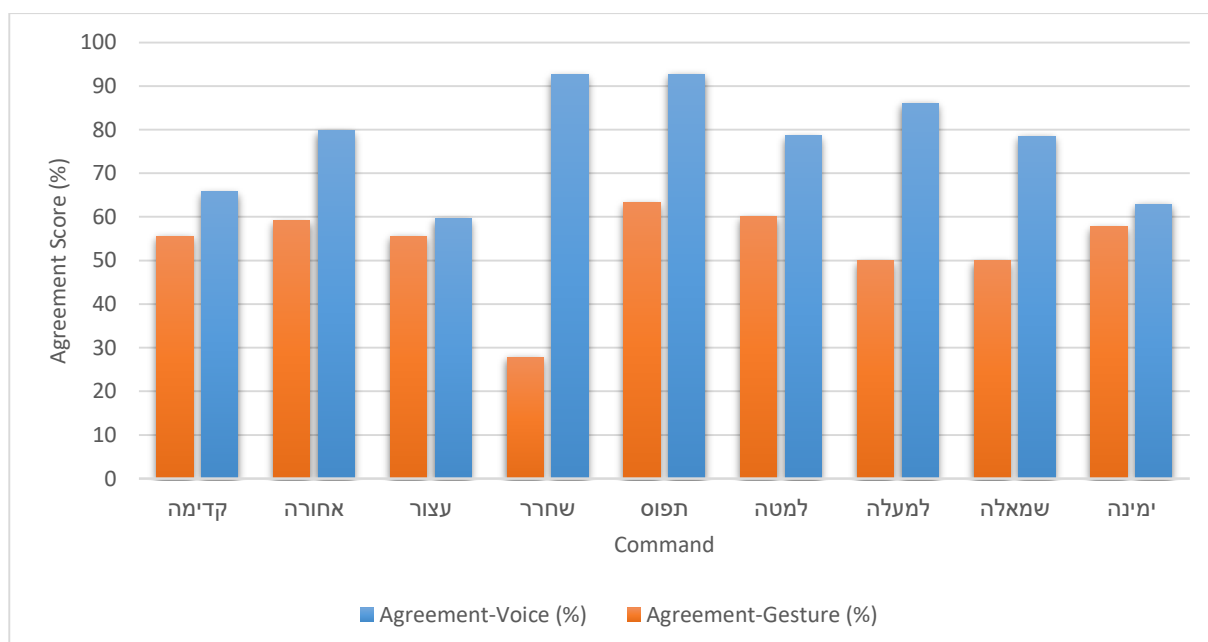
מהקבוצה ללא ניסיון, במשימה השנייה, ניתן לראות כי גם כאן ציוני הדמיון בפקודות הגופניות גבוה יותר מציוני הדמיון עבור הפקודות הקוליות, למעט פקודת "תפוס" ו- "עצור" בהם לפקודות הקוליות יש דמיון גבוה יותר, ולמעט "אחורה" בה ציון הדמיון זהה

לסיכום, בקבוצה ללא ניסיון, כאשר התקשורת עם הרובוט נעשתה על ידי פקודות גופניות, היה דמיון גבוה בין הפקודות של הנבדקים השונים. לעומת זאת, כאשר התקשורת נעשתה בצורה קולית, היה פחות דמיון, אם כי עדיין הדמיון הוא כ- 50% ומעלה ברוב הפקודות.



תרשים 4 ציון דמיון קבוצה עם ניסיון משימה ראשונה

מהקבוצה עם ניסיון, במשימה הראשונה, ניתן לראות כי ציוני הדמיון בפקודות הקוליות גבוה יותר מציוני הדמיון עבור הפקודות הגופניות, למעט פקודת "תפוס", "שחרר" ו-"קדימה" בהם בפקודות הגופניות יש דמיון גבוה יותר.



תרשים 5 ציון דמיון קבוצה עם ניסיון משימה שנייה

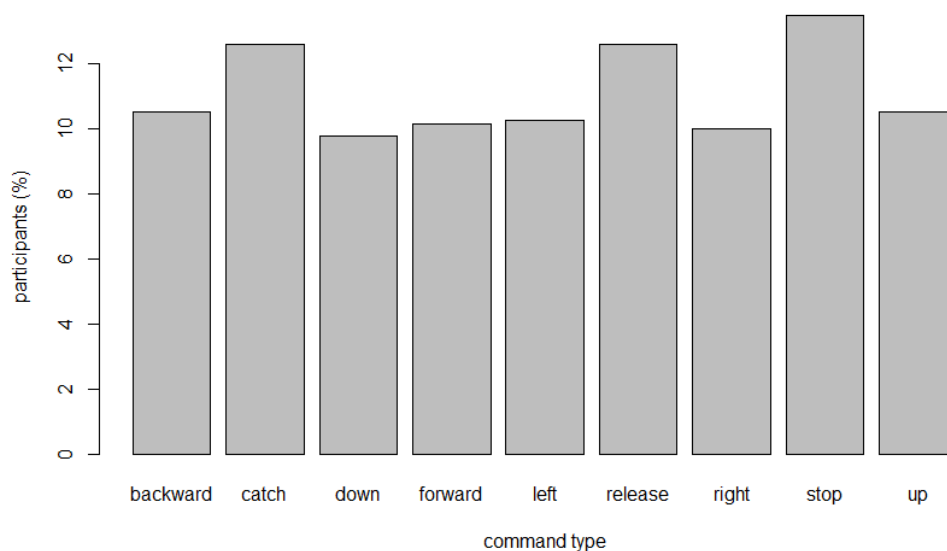
מהקבוצה עם ניסיון, במשימה השנייה, ניתן לראות כי גם כאן ציוני הדמיון בפקודות הקוליות גבוה יותר מציוני הדמיון עבור הפקודות הגופניות.

לסיכום, בקבוצה עם ניסיון, כאשר התקשורת עם הרובוט נעשתה על ידי פקודות קוליות, היה דמיון גבוה בין הפקודות של הנבדקים השונים. לעומת זאת, כאשר התקשורת נעשתה על ידי פקודות גופניות, היה פחות דמיון, אם כי עדיין הדמיון הוא כ- 50% ומעלה ברוב הפקודות.

5.2 ניתוח נתונים

5.2.1 ניתוח מחוות קוליות חד פעמיות
תוצאות מודל הרגרסיה הלוגיסטית נמצאות [בנספח 13](#).

התפלגות הפקודות בניסוי שבוצעו כפקודה קולית חד פעמית:



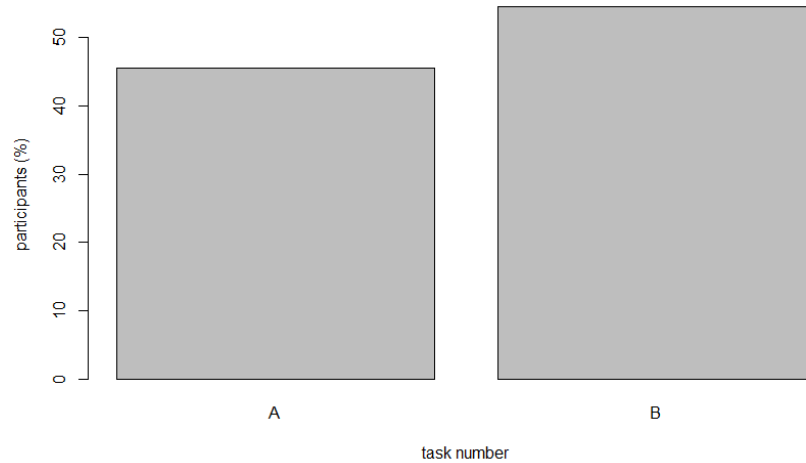
תרשים 6 התפלגות הפקודות כפקודה קולית חד פעמית

ניתן לראות כי פקודות שנועדו להזיז את הזרוע במרחב (ימינה, שמאלה, קדימה, אחורה, למעלה, למטה) בוצעו פחות כפקודות קוליות חד פעמיות לעומת הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור. כמו כן, במודל הרגרסיה שבוצע הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור הוכנסו למודל הסופי אך התקבלה עבורן מובהקות נמוכה.

התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי משימה:

A - משימה ראשונה

B - משימה שניה



תרשים 7 התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי משימה

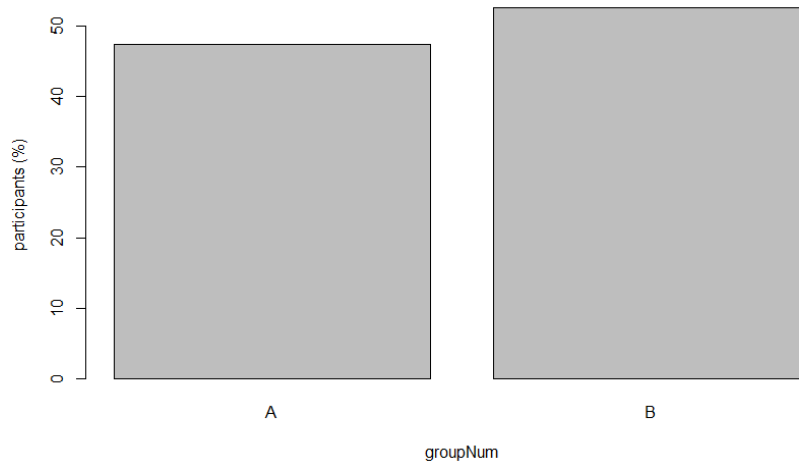
ניתן לראות כי הנבדקים במשימה השנייה ביצעו כ-10% יותר פקודות קוליות חד פעמיות לעומת הנבדקים במשימה הראשונה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים לא ניתן זמן קצוב לביצוע המשימה (משימה שניה), כלומר היו יכולים לתכנן את פקודת ההכוונה לזרוע - העדיפו לבצע את הפקודה כקולית חד פעמית. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי אם כי מובהקותו הינה $p\text{-value} = 0.0835$.

עם זאת, נמצא כי באינטראקציה שבין NARS S2 לבין מספר המשימה, הנטייה של נבדק בעל רגשות שליליים כלפי ההשפעה החברתית של רובוטים, בביצוע מחווה קולית חד פעמית תהיה שונה בין המשימות. משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.005$).

התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי קבוצה (בעלי/חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים):

A – קבוצה ראשונה (חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים)

B – קבוצה שניה (בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים)



תרשים 8 התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי קבוצה

ניתן לראות כי הנבדקים בקבוצה השנייה ביצעו כ-6% יותר פקודות קוליות חד פעמיות לעומת הנבדקים בקבוצה הראשונה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים יש ניסיון בעבודה עם רובוטים הם יעדיפו לבצע את הפקודה כקולית חד פעמית. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי אם כי אינו מובהק.

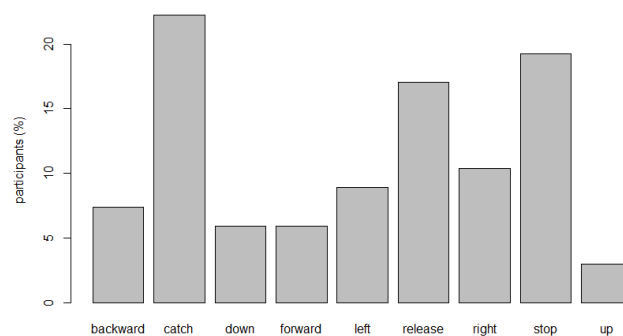
עם זאת, נמצא כי באינטראקציה שבין NARS S2 לבין מספר הקבוצה (בעלי/חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים), הנטייה של נבדק בעל רגשות שליליים כלפי ההשפעה החברתית של רובוטים, בביצוע מחווה קולית חד פעמית תהיה שונה בין הקבוצות. משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.0001$).

לתוצאות עבור משתנים נוספים בפקודות קוליות חד פעמיות ראה [נספח 14](#).

5.2.2 ניתוח מחוות גופניות חד פעמיות

תוצאות מודל הרגרסיה הלוגיסטית נמצאות [בנספח 13](#).

התפלגות הפקודות בניסוי שבוצעו כפקודה גופנית חד פעמית:



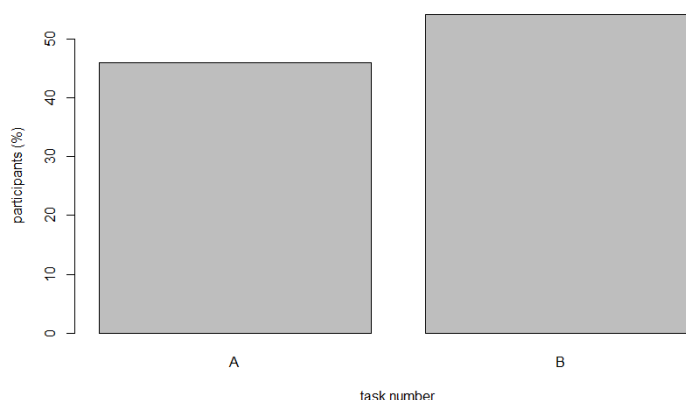
תרשים 9 התפלגות הפקודות בניסוי כפקודה גופנית חד פעמית

ניתן לראות כי פקודות שנועדו להזיז את הזרוע במרחב (ימינה, שמאלה, קדימה, אחורה, למעלה, למטה) בוצעו פחות כפקודות גופניות חד פעמיות לעומת הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור. כמו כן, במודל הרגרסיה שבוצע הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור הוכנסו למודל הסופי והתקבלה עבור מובהקות גבוהה. עבור פוקדת תפוס, $p\text{-value} = 0.0007$. עבור פקודת שחרר, $p\text{-value} = 0.016$. עבור פקודת עצור, $p\text{-value} = 0.0046$. נראה כי פקודות תפוס, שחרר, עצור מתבצעות בשיעור גבוה יותר באופן חד פעמי ובאופנות גופנית.

התפלגות פקודות גופניות חד פעמיות על פי משימה:

A- משימה ראשונה

B - משימה שניה



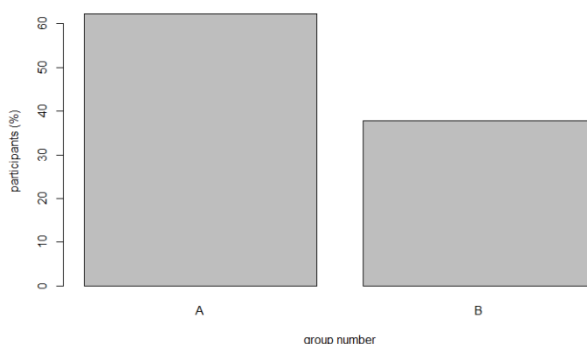
תרשים 10 התפלגות פקודות גופניות חד פעמיות על פי משימה

ניתן לראות כי הנבדקים במשימה השנייה ביצעו כ-8% יותר פקודות גופניות חד פעמיות לעומת הנבדקים במשימה הראשונה. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

התפלגות פקודות גופניות חד פעמיות על פי קבוצה (בעלי/חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים):

A – קבוצה ראשונה (חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים)

B – קבוצה שניה (בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים)



תרשים 11 התפלגות פקודות גופניות חד פעמיות על פי קבוצה

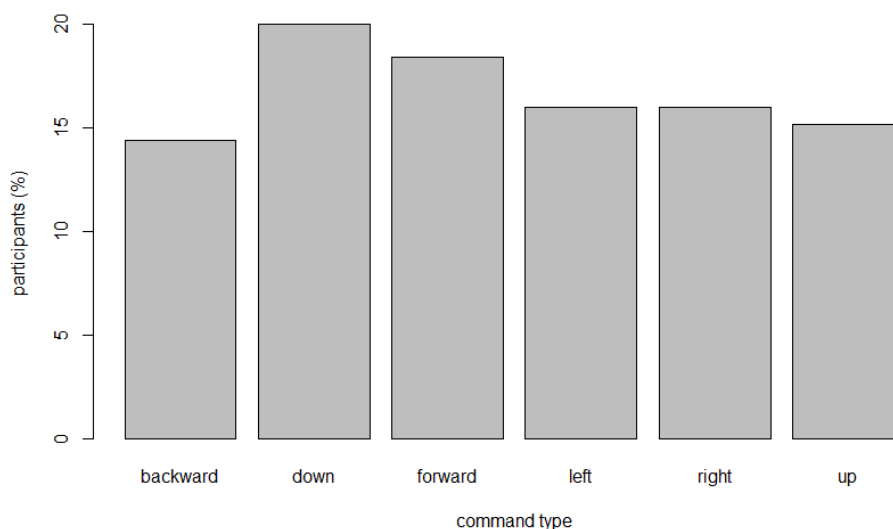
ניתן לראות כי הנבדקים בקבוצה השנייה ביצעו כ – 26% פחות פקודות גופניות חד פעמיות לעומת הנבדקים בקבוצה הראשונה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים אין ניסיון בעבודה עם רובוטים הם יעדיפו לבצע את הפקודה כגופנית חד פעמית. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.0001$).

לתוצאות עבור משתנים נוספים במחוות גופניות חד פעמיות ראה [נספח 15](#).

5.2.3 ניתוח מחוות קוליות מתמשכות

תוצאות מודל הרגרסיה הלוגיסטית נמצאות [בנספח 13](#).

התפלגות הפקודות בניסוי שבוצעו כפקודה קולית מתמשכת:



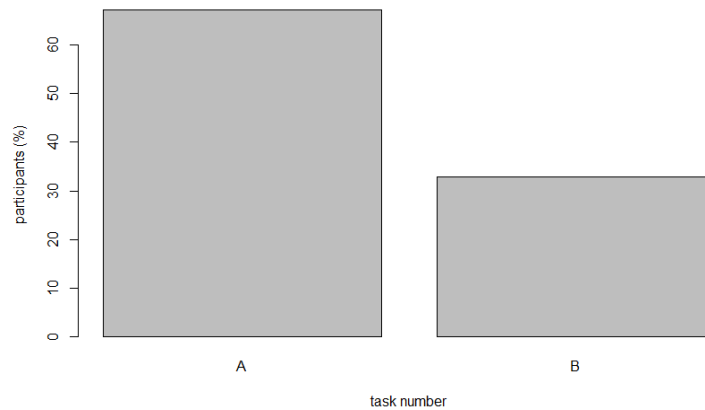
תרשים 12 התפלגות הפקודות בניסוי שבוצעו כפקודה קולית מתמשכת

ניתן לראות כי הפקודות תפוס, שחרר ו-עצור לא בוצעו כלל כפקודות קוליות מתמשכות. כמו כן, במודל הרגרסיה שבוצע הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור הוכנסו למודל הסופי. ניתן לראות כי האומדנים עבור פקודות אלה קיבלו ערך קיצוני, 17.89- (ראה [נספח 13](#)), כלומר הנבדקים לא יעדיפו לבצע פקודות אלה באמצעות פקודות קוליות מתמשכות. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנים אלו הוכנסו למודל אך במובהקות נמוכה.

התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי משימה:

A- משימה ראשונה

B - משימה שניה



תרשים 13 התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי משימה

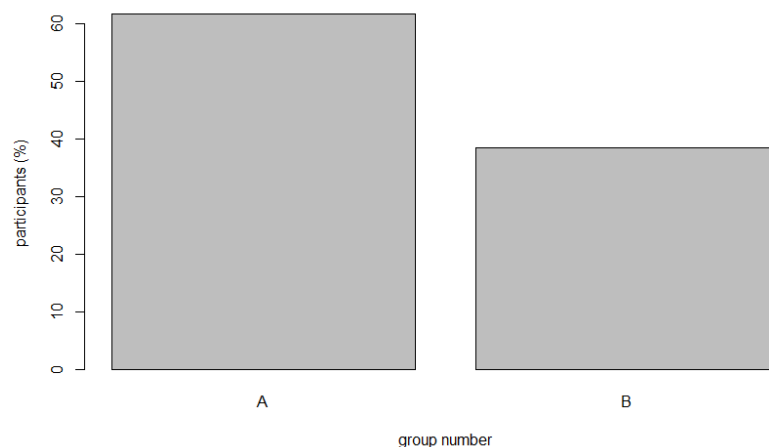
ניתן לראות כי הנבדקים במשימה הראשונה ביצעו כ-33% יותר פקודות קוליות מתמשכות לעומת הנבדקים במשימה השנייה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים לא ניתן זמן קצוב לביצוע המשימה (משימה שניה), כלומר היו יכולים לתכנן את פקודת ההכוונה לזרוע – הם פחות העדיפו לבצע את הפקודה כקולית מתמשכת. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל אך במובהקות נמוכה.

עם זאת, נמצא כי באינטראקציה שבין NARS S2 לבין מספר המשימה, הנטייה של נבדק בעל רגשות שליליים כלפי ההשפעה החברתית של רובוטים, בביצוע מחווה קולית מתמשכת תהיה שונה בין המשימות. משתנה זה הוכנס למודל הסופי במובהקות $p\text{-value} = 0.06$.

התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי קבוצה (בעלי/חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים):

A – קבוצה ראשונה (חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים)

B – קבוצה שניה (בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים)



תרשים 14 התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי קבוצה

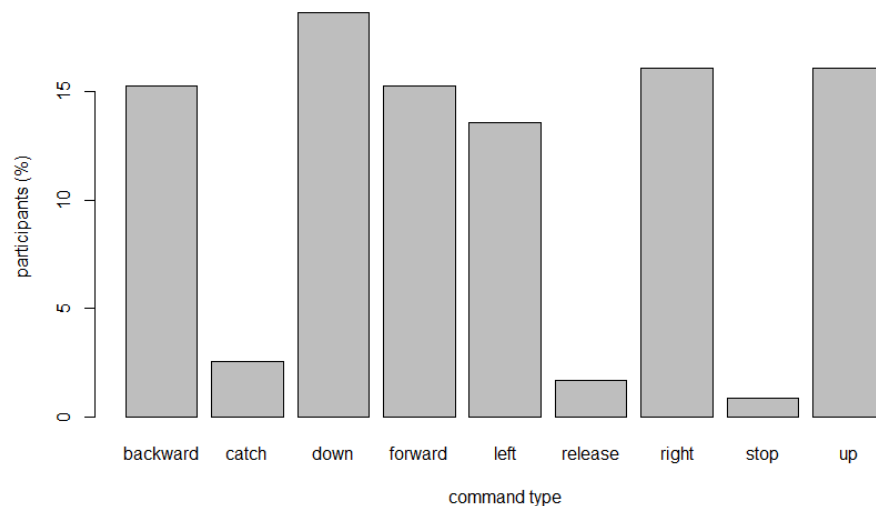
ניתן לראות כי הנבדקים בקבוצה השנייה ביצעו כ-24% פחות פקודות קוליות מתמשכות לעומת הנבדקים בקבוצה הראשונה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים יש ניסיון בעבודה עם רובוטים הם לא יעדיפו לבצע את הפקודה כקולית מתמשכת.

לתוצאות עבור משתנים נוספים בפקודות קוליות מתמשכות ראה [נספח 16](#).

5.2.4 ניתוח מחוות גופניות מתמשכות

תוצאות מודל הרגרסיה הלוגיסטית נמצאות [בנספח 13](#).

התפלגות הפקודות בניסוי שבוצעו כפקודה גופנית מתמשכת:



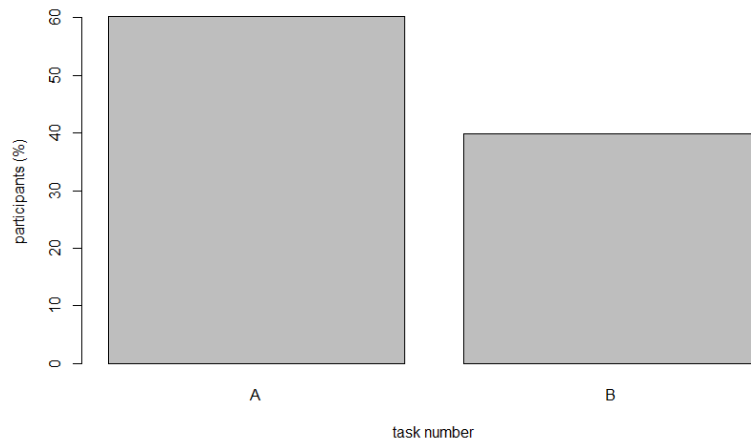
תרשים 15 התפלגות הפקודות בניסוי כפקודה גופנית מתמשכת

ניתן לראות כי פקודות שנועדו להזיז את הזרוע במרחב (ימינה, שמאלה, קדימה, אחורה, למעלה, למטה) בוצעו יותר כפקודות גופניות מתמשכות לעומת הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור. כמו כן, במודל הרגרסיה שבוצע הפקודות תפוס, שחרר ו- עצור הוכנסו למודל הסופי והתקבלה עבורן מובהקות גבוהה. עבור פוקדת תפוס, $p\text{-value} = 0.0005$. עבור פקודת שחרר, $p\text{-value} = 0.0004$. עבור פקודת עצור, $p\text{-value} = 0.0009$. נראה כי פקודות תפוס, שחרר, עצור מתבצעות בשיעור נמוך (כ-5%) באופן מתמשך ובאופנות גופנית.

התפלגות פקודות גופניות מתמשכות על פי משימה:

A - משימה ראשונה

B - משימה שניה



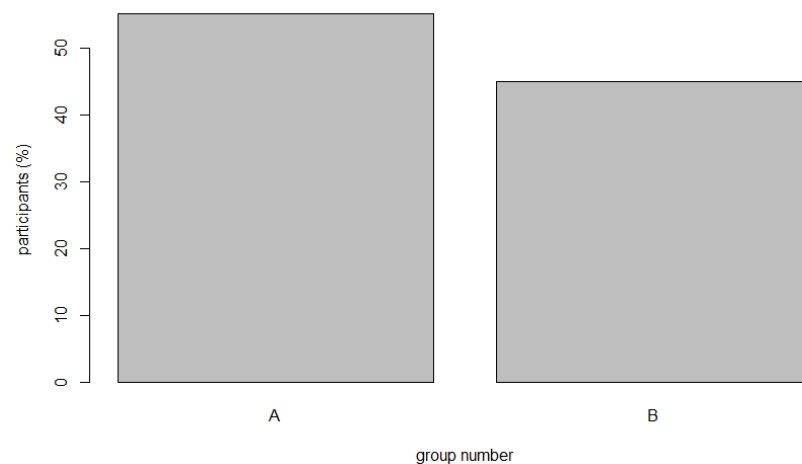
תרשים 16 התפלגות פקודות גופניות מתמשכות על פי משימה

ניתן לראות כי הנבדקים במשימה הראשונה ביצעו כ- 20% יותר פקודות גופניות מתמשכות לעומת הנבדקים במשימה השנייה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים לא ניתן זמן קצוב לביצוע המשימה (משימה שניה), כלומר היו יכולים לתכנן את פקודת ההכוונה לזרוע – הם פחות העדיפו לבצע את הפקודה כגופנית מתמשכת. משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.0048$).

התפלגות פקודות גופניות מתמשכות על פי קבוצה (בעלי/חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים):

A – קבוצה ראשונה (חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים)

B – קבוצה שניה (בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים)



תרשים 17 התפלגות פקודות גופניות מתמשכות על פי קבוצה

ניתן לראות כי הנבדקים בקבוצה השנייה ביצעו כ- 10% פחות פקודות גופניות מתמשכות לעומת הנבדקים בקבוצה הראשונה. הבדל זה ממחיש כי כאשר לנבדקים אין ניסיון בעבודה עם רובוטים הם יעדיפו לבצע את הפקודה כגופנית מתמשכת. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 6.89E-12$).

לתוצאות עבור משתנים נוספים במחוות גופניות מתמשכות ראה [נספח 17](#).

6. מסקנות

בפרויקט נבחנה מהי הדרך הטבעית והאינטואיטיבית ביותר להכוונת זרוע רובוטית. המחוות סווגו לארבע קטגוריות: מחוות קוליות חד פעמיות, גופניות חד פעמיות, קוליות מתמשכות וגופניות מתמשכות.

כפי שניתן ללמוד מתוצאות הניסוי:

- במצב בו אין תכנון מוקדם יש נטייה לבצע יותר פקודות קול מתמשכות לעומת מצב בו יש תכנון מוקדם.
- בעת ביצוע פעולות פשוטות (לקחת, לשים ו- עצור) יש נטייה לבצע יותר פקודות חד פעמיות (גופניות וקוליות) לעומת בעת ביצוע פעולות ניווט במרחב (ימינה, שמאלה, למעלה, למטה, קדימה, אחורה).
- עבור נבדקים בעלי ניסיון בעבודה עם רובוטים התקבל ציון דמיון (Agreement Score) גבוה יותר.
- שימוש במדדים נוספים, המשפיעים על אדם המכוון זרוע רובוטית, במחקר המשך.
- נמצא כי אין קשר חד משמעי בין מין הנבדק, מוחצנות וזיקה לטכנולוגיה לבין אופן ואפנות המחוה.
- במצב עם תכנון מוקדם יש נטייה לבצע יותר פקודות חד פעמיות (גופניות וקוליות) לעומת מצב בו אין תכנון מוקדם.
- בעת ביצוע פעולות ניווט במרחב (ימינה, שמאלה, למעלה, למטה, קדימה, אחורה) יש נטייה לבצע יותר פקודות מתמשכות (גופניות וקוליות) לעומת בעת ביצוע פעולות פשוטות (לקחת, לשים ו- עצור).

המלצות להמשך:

- ביצוע הניסוי על קהלים מגוונים נוספים כמו: אוכלוסיית ילדים, קשישים (בטווחי הגיל השלישי +65).
- הוספת מלל לתמונות 'לפני' - 'אחרי' במשימה השניה כדי שהפעולה הנדרשת לביצוע תהיה ברורה יותר.

ביבליוגרפיה

- Acredolo, L., & Goodwyn, S. (1996). Baby signs: How to talk with your baby before your baby can talk, Contemporary Books, Chicago, IL.
- Anders Green, Norman, H. H. M., & Severinson, L. O. K. (2000). User Centered Design for Intelligent Service Robots. IPLab Royal Institute of Technology (KTH) 100 44 Stockholm, Sweden.
- Arnold P.O.S. Vermeeren , Effie Lai-Chong Law , Virpi Roto , Marianna Obrist , Jettie Hoonhout , Kaisa Väänänen-Vainio-Mattila. User Experience Evaluation Methods: Current State and Development Needs. Proceedings: NordiCHI 2010, October 16–20, 2010.
- Bauer, A., Wollherr, D., & Buss, M. (2007). Human-Robot Collaboration: A Survey. Institute of Automatic Control Engineering (LSR) Technische University M"unchen 80290 Munich Germany
- Broekens, J., Heerink, M., & Rosendal, H. (2009). Assistive social robots in elderly care: a review. Gerontechnology, 8(2), 94–103.
- Barclay, K., Wei, D., Lutteroth, C., & Sheehan, R. (2011). A quantitative quality model for gesture based user interfaces. In Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference on - OzCHI '11.
- Dadhichi Shukla, Özgür Erkent, Justus Piater, 2016, A multi-view hand gesture RGB-D dataset for human-robot interaction scenarios, Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) August 26-31, 2016. Columbia University, NY, USA.
- García, D., Barber, R., & Salichs, M. A. (2014). Design and Development of a Wireless Emergency Start and Stop System for Robots, 223–230
- Graetz, Georg and Michaels, Guy, Robots at Work (March 2015). CEPR (Centre for Economic Policy Research) Discussion Paper No. DP10477
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 29(7), 1645–1660.

- Grandhi, S. A., Joue, G., & Mittelberg, I. (2011). Understanding Naturalness and Intuitiveness in Gesture Production : Insights for Touchless Gestural Interfaces, 821–824.
- Haitham Badi, (2016). A Survey on Recent Vision-Based Gesture Recognition, *Intell Ind Syst* 2:179–191
- Harold Andres Vasquez , Hector Simon Vargas , and L. Enrique Sucar, (2015) Using Gestures to Interact with a Service Robot using Kinect 2
Popular Autonomous University of Puebla, Puebla, Pue., Mexico
National Institute of Astrophysics, Optics and Electronics
- J. Fleck (1984), The adoption of robots in industry. *Physics in Technology* 15 4
- L Sciavicco; Bruno Siciliano, Springer London, 2000. Modelling and Control of Robot Manipulators
- Mahisorn Wongphati, Hirotaka Osawa & Michita Imai, User-defined gestures for controlling primitive motions of an end effector
Pages 225-238 | Published online: 17 Feb 2015.
- Marc Hassenzahl & Noam Tractinsky (2006) User experience - a research agenda, *Behaviour & Information Technology*, 91-97.
- M. Edwards , (1984) Robots in industry: An overview
Department of Engineering Production, PO Box 363, University of Birmingham, Birmingham B15 2TT, U Applied Ergonomics 1984, 15.1, 45-53
- Motti, V. G, Caine, K. (2014). Human Factors Considerations in the Design of Wearable Devices. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.
- Mukhopadhyay, S. C. (2014). Wearable sensors for human activity monitoring: A review. *IEEE Sensors Journal*, 15(3), 1321–1330.
- Meier, E. (2011). Wizard-of-Oz Studies. KTH, School of Computer Science and Communication (CSC).
- Nieuwenhuisen, M., Stuckler, J., & Behnke, S. (2010). Intuitive Multimodal Interaction for Service Robots, 177–178
- Nehaniv, C. L., Dautenhahn, K., Kubacki, J., Haegele, M., Parlitz, C., & Alami, R. (2005). A methodological approach relating the classification of gesture to identification of human intent in the context of human-robot interaction.

Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2005, 371–377.

- Nicolas Oros, Jeffrey L. Krichmar, 2013, Smartphone Based Robotics: Powerful, Flexible and Inexpensive Robots for Hobbyists, Educators, Students and Researchers. Center for Embedded Computer Systems University of California, Irvine, CECS Technical Report 13-16
- Pavlovic, V., Sharma, R., & Huang, T. (1997). Visual interpretation of hand gestures for human–computer interaction: a review. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine* , 19(7), 677-695.
- Ratchford, M., & Barnhart, M. (2012). Development and validation of the technology adoption propensity (TAP) index. *Journal of Business Research*, 65(8), 1209–1215.
- Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less : A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German, 203–212.
- Rautaray, S., & Agrawal, A. (2015). Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey. *Artificial Intelligence Review*, 43(1), 1-54.
- R. K. Miller, *Industrial Robot Handbook* © Springer Science+Business Media New York 1989
- Sarne-Fleischmann V., Honig S., Oron-Gilad, T., Edan Y.(2016), Multimodal communication for guiding a person following robot. *Industrial Engineering and Management*, Ben-Gurion University of the Negev, Israel.
- Saurabh A. Khajone, Prof. Dr. S. W. Mohod, Prof. V. M. Harne, 2015, Implementation of a Wireless Gesture Controlled Robotic Arm, *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering IJARECE* pages 4 (5)
- Stoerring, M. (2003). A Procedure for Developing Intuitive and Ergonomic Gesture Interfaces for HCI, (January). Aalborg University, Laboratory of Computer Vision and Media Technology, Niels Jernes Vej 14, DK-9220 Aalborg, Denmark.
- Syed Mohsin Abbas¹ , Syed Hassan, and Jongwon Yun. Augmented Reality Based Teaching Pendant for Industrial Robot. 2012 12th International Conference on Control, Automation and Systems Oct. 17-21, 2012 in ICC, Jeju Island, Korea.

- Tomasz Grzejszczak, Adrian Łęgowski and Michał Niezabitowski, 2015, Robot manipulator teaching techniques with use of hand gestures, 20th International Conference on Control Systems and Science.
- Teodorescu, R. M., Cioc, I. B., Vochin, B. A., & Lita, A. I. (2017). LabVIEW application used for remote control of a mobile robot with XBee communication. In Proceedings of the 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2016.
- Taylor, P., Katz, J. E., & Halpern, D. (2013). Behaviour & Information Technology Attitudes towards robots suitability for various jobs as affected robot appearance, (July 2014), 37–41.
- Talmor, S. (2013). Interfaces for hand gesture browsing systems. MSc Thesis, Ben Gurion University of the Negev.
- T. Vu *et al.*, "Capacitive Touch Communication: A Technique to Input Data through Devices' Touch Screen," in *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 13, no. 1, pp. 4-19, Jan. 2014.
- Vatavu, R. D. (2013). A comparative study of user-defined handheld vs. freehand gestures for home entertainment environments. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 5, 187-211.
- Wachs, J., Stern, H. I., Edan, Y., Gillam, M., Handler, J., Feied, C., & Smith, M. (2008). A Gesture-based Tool for Sterile Browsing of Radiology Images. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 15(3), 321–323.
- Wachs, J., K'Isch, M., Stern, H., & Edan, Y. (2011). Vision-based hand-gesture applications: Challenges and Innovations. *Communications of the ACM*, 54(2), 60.
- Wu, Y., & Huang, T. (1999). Vision-based gesture recognition: a review. In: *Gesture-based communications in HCI, Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin.
- Wu, Y., & Huang, T. (2000). View-independent recognition of hand postures. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 88-94.
- Yang, H. D., Park, A. Y., & Lee, S. W. (2007). Gesture spotting and recognition for human-robot interaction. *IEEE Transactions on Robotics*, 23, 256-270.

- Y. Rabhi, M. Mrabet, F. Fnaiech and P. Gorce, "Intelligent joystick for controlling power wheelchair navigation," *3rd International Conference on Systems and Control*, Algiers, 2013, pp. 1020-1025.

נספחים

נספח 1- טופס הסבר לנבדק

נושא המחקר: הכוונת זרוע רובוטית

*גוף השאלון מנוסח בלשון זכר מטעמי נוחות והינו מכון לשני המינים.

מטרת העל בפרויקט הינה מציאת הדרך הטבעית והאינטואיטיבית ביותר להכוונת זרוע רובוטית אשר תסייע בביצוע משימות במרחב ותהפוך את הזרוע לאמצעי קל יותר לתפעול עבור אנשים.

השלב הנוכחי של המחקר והניסוי שיתבצע נערך בבניין 16 במתחם אוניברסיטת בן גוריון בבאר שבע. המחקר עוסק באפיון הכוונת זרוע רובוטית. משך המחקר כ-שעה. תינתן נקודת בונס אחת בקורס אוטומציה.

במסגרת המחקר תידרש לבצע אינטראקציה עם זרוע רובוטית על ידי שימוש במחוות יד ומחוות קוליות תוך ביצוע משימות שונות. האינטראקציה עם הזרוע הרובוטית אותה אתה מתבקש לבצע תהיה טבעית ורגילה כפי שאתה נוהג לתקשר עם אדם אחר בחיי היומיום. בנוסף, חשוב לנו להדגיש כי הזרוע מגיבה למחוות יד ומחוות קוליות שונות ולכן אין צורך לחשוש ועליך להתנהג כרגיל.

הניסוי הנוכחי מתחלק לשלושה חלקים. החלק הראשון מורכב ממספר שאלונים אישיותיים, החלק השני מורכב ממשימה אחת אשר יש לסיימה תוך 5 דקות. המשימה הינה להכווין את הזרוע הרובוטית בהרמת פריט הממוקם על השולחן והעברתו לנקודה אחרת בשולחן לתוך סלסלה. בחלק השלישי תתבצע משימה השנייה הינה החזרת הזרוע הרובוטית אל נקודת המוצא. בסיום ביצוע שתי המשימות יש לענות על שאלון קצר בנוגע לאינטראקציה עם הרובוט.

בסוף המחקר תידרשו לענות על שאלון מסכם.

לא מתבצעת שמירה של הפרטים המזהים של הנבדקים. כל נבדק מקבל מספר נבדק אשר מופרד מפרטי הנבדק. כל השאלונים יימסרו בתום המחקר לחוקרת הראשית הממונה על המחקר וישמרו באחריותה.

אם מכל סיבה שהיא הנך חש שלא בנוח, בבקשה עצור את הניסוי ועורך הניסויים יגיש אליך באופן מיידי. בכל עת ובכל שלב תוכל, אם תרצה, להפסיק את השתתפותך במחקר. במידה ורצונך כי הניסוי ייפסק, תשוחרר מהניסוי ללא התחייבות.

נספח 2- טופס הסכמת הנבדק להשתתפות בניסוי

נושא המחקר: הכוונת זרוע רובוטית

נבדק יקר,

בבקשה קרא את דף ההסבר באשר לניסוי. במידה ויש שאלות, נשמח לענות.

בבקשה וודא כי הנך מבין היטב את שלבי המחקר.

להזכירך, המחקר עוסק באפיון הכוונת זרוע רובוטית. במהלך הניסוי תדרש לבצע מספר משימות אשר דורשות אינטראקציה עם הרובוט שבמהלכן הרובוט יגיב לפקודות שתעביר לו. משך הניסוי לכל היותר שעה. הניסוי מתקיים בבניין 16 באוניברסיטת בן גוריון בבאר שבע.

אני החתום מטה*:

שם פרטי ומשפחה:	ת.ז.

חתימה:	טלפון:
--------	--------

- א מצהיר/ה בזאת כי אני מסכים/ה להשתתף בניסוי, כמפורט במסמך המפרט את חלקי הניסוי.
- ב מצהיר שהוסבר לי בפירוט כל חלקי הניסוי והסכמתי ליטול בו חלק לאחר שנענו כל שאלותיי לגבי כל אחד מחלקי הניסוי.
- ג מצהיר בזאת כי הוסבר לי על-ידי החוקרת: _____
- (1) כי אני חופשי לבחור שלא להשתתף בניסוי וכי אני חופשי להפסיק בכל עת את השתתפותי בניסוי מכל סיבה שהיא.
- (2) במידה ואני חש ברע או באי נוחות במהלך הניסוי חובה עלי לדווח לנסיין על מנת להפסיק את הניסוי.
- (3) מובטח שזהותי האישית תשמר סודית על-ידי כל העוסקים והמעורבים במחקר ולא תפורסם בכל פרסום כולל בפרסומים מדעיים.
- (4) מובטחת לי נכונות לענות לשאלות שיועלו על-ידי.
- (5) יתכן ובמהלך הניסוי החוקרים יצלמו תמונות וסרטונים לצורכי מחקר בלבד. במידה ואתה מאשר/ת זאת, חתום כאן: _____

במידה ואת/ה מסכימים שתמונתכם תופיע בפרסומים שונים שיוצגו לציבור אנא ציינו.

☐ אני מסכים שתמונתי תופיע בפרסומים שונים

☐ איני מעוניין שתמונתי תופיע

*הצהרה זו הנה סודית ואינה ניתנת להעברה או שימוש לצורך שום דבר או גורם אחר פרט לצורכי מחקר זה.

תאריך _____ חתימת מעביר הניסוי _____

אנו מודים לך על השתתפותך במחקר.

נספח 3- שאלון דמוגרפי

גיל _____

מגדר	זכר	נקבה
השכלה	יסודית	תיכונית
	הנדסאי	תואר ראשון
	תואר שני	תואר שלישי
	אחר	

נספח 4- שאלון שימוש בטכנולוגיה

אנא ציין באיזו תדירות אתה משתמש/ עושה כל אחד מהדברים הבאים:

אף פעם	פעם בחצי שנה - שנה	פעם בחודש	1-3 פעמים בשבוע	כמעט כל יום	
					1. שימוש במערכת GPS.
					2. שימוש במערכת תשלום חשבון עצמאי בקופה בחנויות.

					3. הפקדת צ'קים בכספומט.
					4. ביצוע שיחות וידיאו (כמו למשל סקייפ).
					5. שימוש בשירותי גיבוי נתונים מקוונים.
					6. קניית פריטים במכונות אוטומטיות או תשלום על חנייה באמצעות הטלפון הסלולרי שלך.

נספח 5-TAP שאלון זיקה טכנולוגית

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "מאוד לא מסכים" ו-5 "מסכים מאוד".

1	2	3	4	5	1. טכנולוגיה נותנת לי יותר שליטה בחיי היומיום שלי.
1	2	3	4	5	2. טכנולוגיה עוזרת לי ליישם שינויים נדרשים בחיי.
1	2	3	4	5	3. טכנולוגיה מאפשר לי לעשות בקלות רבה יותר את הדברים שאני רוצה לעשות בזמנים שבהם אני רוצה לעשות אותם.
1	2	3	4	5	4. טכנולוגיות חדשות הופכות את החיים שלי לקלים יותר.
1	2	3	4	5	5. אני יכול ללמוד להשתמש במוצרי ושירותי היי-טק חדשים ללא עזרה מאחרים.
1	2	3	4	5	6. נדמה לי שאני נתקל בפחות בעיות בהפעלת טכנולוגיה מאשר אנשים אחרים.
1	2	3	4	5	7. אנשים אחרים באים אליי לקבלת ייעוץ על טכנולוגיות חדשות.
1	2	3	4	5	8. אני נהנה ללמוד להשתמש בטכנולוגיות חדשות.
1	2	3	4	5	9. טכנולוגיה שולטת בחיי יותר ממה שאני שולט בטכנולוגיה.
1	2	3	4	5	10. אני מרגיש שאני תלוי מידי בטכנולוגיה.
1	2	3	4	5	11. ככל שאני משתמש יותר בטכנולוגיות חדשות, כך אני יותר משתעבד לטכנולוגיה.
1	2	3	4	5	12. אני חייב להיות זהיר בעת שימוש בטכנולוגיות כי פושעים יכולים להשתמש בה נגדי.
1	2	3	4	5	13. טכנולוגיה חדשה מאפשרת לחברות ולאנשים אחרים לחדור לפרטיותי בקלות רבה מידי.
1	2	3	4	5	14. אני חושב שחברות היי-טק משכנעות אותנו שאנחנו צריכים דברים שאנחנו לא באמת צריכים.

Table 1
EFA pattern matrix.

Item	Component			
	1	2	3	4
1. Technology gives me more control over my daily life.	.85			
2. Technology helps me make necessary changes in my life.	.85			
3. Technology allows me to more easily do the things I want to do at times when I want to do them.	.84			
4. New technologies make my life easier.	.81			
5. I can figure out new high-tech products and services without help from others.		.94		
6. I seem to have fewer problems than other people in making technology work.		.84		
7. Other people come to me for advice on new technologies.		.79		
8. I enjoy figuring out how to use new technologies.		.77		
9. Technology controls my life more than I control technology.			.85	
10. I feel like I am overly dependent on technology.			.84	
11. The more I use a new technology, the more I become a slave to it.			.78	
12. I must be careful when using technologies because criminals may use the technology to target me.				.86
13. New technology makes it too easy for companies and other people to invade my privacy.				.83
14. I think high-tech companies convince us that we need things that we don't really need.				.69
Cronbach's α	.87	.87	.78	.73

Note: all loadings less than .30 are not shown.

נספח 6-NARS

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "מאוד לא מסכים" ו-5 "מסכים מאוד".

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "מאוד לא מסכים" ו-5 "מסכים מאוד".

1	2	3	4	5	1. הייתי מרגיש לא בנוח אם לרובוטים באמת היו רגשות
1	2	3	4	5	2. משהו רע עלול לקרות אם רובוטים יתפתחו לכדי יצורים חיים
1	2	3	4	5	3. הייתי מרגיש נינוח לדבר עם רובוטים
1	2	3	4	5	4. הייתי מרגיש לא בנוח אם היה ניתן לי תפקיד בו הייתי צריך להשתמש ברובוטים
1	2	3	4	5	5. אם לרובוטים היו רגשות הייתי יכול להתיידד איתם
1	2	3	4	5	6. אני מרגיש מעודד (סביל) עם רובוטים שיש להם רגשות
1	2	3	4	5	7. למילה "רובוט" אין משמעות עבורי
1	2	3	4	5	8. הייתי מרגיש בלחץ להפעיל את הרובוט ליד אנשים אחרים
1	2	3	4	5	9. הייתי שונא את הרעיון שרובוטים או אינטליגנציות מלאכותיות היו מפעילים שיקול דעת לגבי דברים
1	2	3	4	5	10. הייתי מרגיש מאוד במתח רק מלעמוד לפני רובוט
1	2	3	4	5	11. אני מרגיש שאם אהיה תלוי ברובוטים יותר מידי, משהו רע עלול לקרות
1	2	3	4	5	12. הייתי מרגיש פראנואיד לדבר עם רובוט
1	2	3	4	5	13. אני מודאג מכך שרובוטים יהוו השפעה רעה כל ילדים
1	2	3	4	5	14. אני מרגיש שבעתיד החברה תישלט ע"י רובוטים

חלוקת השאלות לקבוצות

Negative Attitudes toward Robots Scale (NARS)

Subscale	Item
S1: Negative Attitude toward Situations of Interaction with Robots	I would feel uneasy if I was given a job where I had to use robots. The word "robot" means nothing to me. I would feel nervous operating a robot in front of other people. I would hate the idea that robots or artificial intelligences were making judgments about things. I would feel very nervous just standing in front of a robot. I would feel paranoid talking with a robot.
S2: Negative Attitude toward Social Influence of Robots	I would feel uneasy if robots really had emotions. Something bad might happen if robots developed into living beings. I feel that if I depend on robots too much, something bad might happen. I am concerned that robots would be a bad influence on children. I feel that in the future society will be dominated by robots.
S3: Negative Attitude toward Emotions in Interaction with Robots	I would feel relaxed talking with robots.* If robots had emotions, I would be able to make friends with them.* I feel comforted being with robots that have emotions.*

(*Reverse Item)

נספח 7- Big Five Inventory

אני רואה את עצמי כ: (ציין את מידת הסכמתך)
כאשר 1 מציין "מאוד לא מסכים" ו-5 "מסכים מאוד".

1	2	3	4	5	1. מאופק ומסוגל
1	2	3	4	5	2. מאוד אנרגטי
1	2	3	4	5	3. מעורר התלהבות
1	2	3	4	5	4. נוטה להיות בשקט
1	2	3	4	5	5. בעל אישיות אסרטיבית והחלטית
1	2	3	4	5	6. עצור ומבושש לפעמים
1	2	3	4	5	7. אדם חברותי ופתוח

נספח 8- שאלון סיום משימת הכוונה ראשונה (ללא תכנון)

1	2	3	4	5	1. הצורה בה בחרתי לנווט את הזרוע הייתה לי פשוטה
1	2	3	4	5	2. צורת התקשורת עם הזרוע דרשה ממני מחשבה רבה

1	2	3	4	5	3. אופן התקשורת עם הזרוע גרם לי לעייפות פיזית
---	---	---	---	---	---

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "מאוד לא מסכים" ו-5 "מסכים מאוד".

נספח 9- שאלון סיכום

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "לא נוח כלל" ו-5 "נוח מאוד".

1	2	3	4	5	1. עד כמה הרגשת בנוח בסביבת הזרוע?
1	2	3	4	5	2. עד כמה היה לך קל/ קשה להנחות את הזרוע בעת ביצוע המטלות?
3. מה היה הדבר שהיה לך הכי קשה לבצע במשימה? _____					

נספח 10- שאלון סיום משימת הכוונה שניה (עם תכנון)

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "מאוד לא מסכים" ו-5 "מסכים מאוד".

1	2	3	4	5	1. הצורה בה בחרתי לנווט את הזרוע הייתה לי פשוטה
1	2	3	4	5	2. צורת התקשורת עם הזרוע דרשה ממני מחשבה רבה
1	2	3	4	5	3. אופן התקשורת עם הזרוע גרם לי לעייפות פיזית

נספח 11- שאלון סיכום

אנא ציין את מידת הסכמתך עם האמרות הבאות
כאשר 1 מציין "לא נוח כלל" ו-5 "נוח מאוד".

1	2	3	4	5	1. עד כמה הרגשת בנוח בסביבת הזרוע?
1	2	3	4	5	2. עד כמה היה לך קל/ קשה להנחות את הזרוע בעת ביצוע המטלות?
3. מה היה הדבר שהיה לך הכי קשה לבצע במשימה? _____					

נספח 12 – Agreement Score tables

טבלה 1 ציון דמיון קבוצה ללא נסיון משימה ראשונה

Agreement-Gesture (%)	Agreement-Voice (%)	פקודה
100	52.362	ימינה
80.246	54.631	שמאלה
75.510	55.555	למעלה
100	50.094	למטה
60.330	65.625	תפוס
59.183	42.708	שחרר
58.333	87.36	עצור
100	43.84	אחורה
80.246	40.264	קדימה

טבלה 2 ציון דמיון קבוצה ללא נסיון משימה שנייה

Agreement-Gesture (%)	Agreement-Voice (%)	פקודה
80.246	34.615	ימינה
75.510	46.745	שמאלה
72.222	47.928	למעלה
100	66.72	למטה
43.209	80	תפוס
40.625	73.076	שחרר
35.802	95.243	עצור
55.102	55.5	אחורה
75.510	60.763	קדימה

טבלה 3 ציון דמיון קבוצה עם נסיון משימה ראשונה

Agreement-Gesture (%)	Agreement-Voice (%)	פקודה
-----------------------	---------------------	-------

51.020	55.448	ימינה
38.888	52.32	שמאלה
50	68.893	למעלה
53.125	54.861	למטה
72.222	48.372	תפוס
68	63.888	שחרר
37.5	77.430	עצור
50	82.312	אחורה
52	47.826	קדימה

טבלה 4 ציון דמיון קבוצה עם נסיון משימה שנייה

Agreement-Gesture (%)	Agreement-Voice (%)	פקודה
57.812	62.869	ימינה
50	78.550	שמאלה
50	86.094	למעלה
60	78.623	למטה
63.265	92.710	תפוס
27.777	92.603	שחרר
55.555	59.570	עצור
59.183	79.733	אחורה
55.555	65.76	קדימה

נספח 13 – מודל רגרסיה לוגיסטית – R-Studio

מודל רגרסיה לוגיסטית עבור פקודות קוליות חד פעמיות:

```

> summary(model.aic.forward)

Call:
glm(formula = basisoncevoice$oncevoice ~ basisoncevoice$command +
  basisoncevoice$snars1 + basisoncevoice$snars3 + basisoncevoice$taskNum +
  basisoncevoice$extroversion + basisoncevoice$groupNum + basisoncevoice$snars2 +
  basisoncevoice$stap + basisoncevoice$extroversion:basisoncevoice$groupNum +
  basisoncevoice$groupNum:basisoncevoice$snars2 + basisoncevoice$taskNum:basisoncevoice$snars2 +
  basisoncevoice$command:basisoncevoice$snars2 + basisoncevoice$taskNum:basisoncevoice$stap,
  family = "binomial", data = basisoncevoice)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.6097   0.1134   0.4645   0.7511   1.6887

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -2.7774309    1.9705615   -1.409 0.158699
basisoncevoice$commandcatch    -1.0110116    1.3530893   -0.747 0.454950
basisoncevoice$commanddown     0.1528836    1.2022541    0.127 0.898810
basisoncevoice$commandforward  1.3258840    1.2415569    1.068 0.285556
basisoncevoice$commandleft    -0.1294434    1.2095162   -0.107 0.914772
basisoncevoice$commandrelease  -1.7996646    1.3559647   -1.327 0.184436
basisoncevoice$commandright    0.6107861    1.2182767    0.501 0.616123
basisoncevoice$commandstop     0.4134710    1.5541653    0.266 0.790208
basisoncevoice$commandup       0.6479111    1.2336220    0.525 0.599437
basisoncevoice$snars1          0.2153681    0.0313952    6.860 6.89e-12 ***
basisoncevoice$snars3         -0.2733689    0.0475510   -5.749 8.98e-09 ***
basisoncevoice$taskNumB       -3.4127927    1.9724401   -1.730 0.083588 .
basisoncevoice$extroversion    0.2573951    0.2136112    1.205 0.228215
basisoncevoice$groupNumB      0.4924126    1.4530842    0.339 0.734705
basisoncevoice$snars2         0.0691664    0.0605988    1.141 0.253711
basisoncevoice$stap           0.0757340    0.0912945    0.830 0.406789
basisoncevoice$extroversion:basisoncevoice$groupNumB 0.6803906    0.3342440    2.036 0.041789 *
basisoncevoice$groupNumB:basisoncevoice$snars2    -0.1585835    0.0409921   -3.869 0.000109 ***
basisoncevoice$taskNumB:basisoncevoice$snars2     0.1124587    0.0405123    2.776 0.005505 **
basisoncevoice$commandcatch:basisoncevoice$snars2 0.1334672    0.0888612    1.502 0.133104
basisoncevoice$commanddown:basisoncevoice$snars2 -0.0297413    0.0741383   -0.401 0.688302
basisoncevoice$commandforward:basisoncevoice$snars2 -0.0946714    0.0758452   -1.248 0.211951
basisoncevoice$commandleft:basisoncevoice$snars2 -0.0001585    0.0749294   -0.002 0.998312
basisoncevoice$commandrelease:basisoncevoice$snars2 0.1902971    0.0912041    2.086 0.036934 *
basisoncevoice$commandright:basisoncevoice$snars2 -0.0529256    0.0748797   -0.707 0.479686
basisoncevoice$commandstop:basisoncevoice$snars2 0.0808054    0.1015696    0.796 0.426284
basisoncevoice$commandup:basisoncevoice$snars2    -0.0434647    0.0758820   -0.573 0.566785
basisoncevoice$taskNumB:basisoncevoice$stap       0.1878685    0.1295418    1.450 0.146988
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 1191.2  on 1069  degrees of freedom
Residual deviance:  986.5  on 1042  degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)
AIC: 1042.5

Number of Fisher Scoring iterations: 5

```

מודל רגרסיה לוגיסטית עבור פקודות גופניות חד פעמיות:

```

> summary(model.aic.forward)

Call:
glm(formula = basisOnceGesture$onceGesture ~ basisOnceGesture$command +
    basisOnceGesture$groupNum + basisOnceGesture$nars2, family = "binomial",
    data = basisOnceGesture)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.0747  -0.5511  -0.4133  -0.2869   2.6941

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -0.71411    0.50462  -1.415  0.157022
basisOnceGesture$commandcatch  1.33267    0.39702   3.357  0.000789 ***
basisOnceGesture$commanddown  -0.24912    0.49682  -0.501  0.616075
basisOnceGesture$commandforward -0.24912    0.49682  -0.501  0.616075
basisOnceGesture$commandleft   0.20019    0.45332   0.442  0.658770
basisOnceGesture$commandrelease 0.97883    0.40843   2.397  0.016550 *
basisOnceGesture$commandright  0.37678    0.44021   0.856  0.392049
basisOnceGesture$commandstop    1.13850    0.40272   2.827  0.004698 **
basisOnceGesture$commandup     -0.98483    0.60954  -1.616  0.106160
basisOnceGesture$groupNumB     -0.78516    0.20530  -3.824  0.000131 ***
basisOnceGesture$nars2         -0.08651    0.02341  -3.696  0.000219 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 811.14  on 1069  degrees of freedom
Residual deviance: 737.95  on 1059  degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)

```

מודל רגרסיה לוגיסטית
עבור פקודות קוליות
מתמשכות:

```

> summary(model.aic.forward)

Call:
glm(formula = basisContinuousVoice$continuousVoice ~ basisContinuousVoice$command +
    basisContinuousVoice$taskNum + basisContinuousVoice$nars2 +
    basisContinuousVoice$nars3 + basisContinuousVoice$nars1 +
    basisContinuousVoice$taskNum:basisContinuousVoice$nars2,
    family = "binomial", data = basisContinuousVoice)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.36900  -0.53438  -0.35510  -0.00006   2.26843

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -4.69049    0.77717  -6.035 1.59e-09 ***
basisContinuousVoice$commandcatch -17.89314   939.87572  -0.019  0.98481
basisContinuousVoice$commanddown   0.42359    0.35833   1.182  0.23715
basisContinuousVoice$commandforward 0.30754    0.36295   0.847  0.39680
basisContinuousVoice$commandleft   0.11906    0.37163   0.320  0.74869
basisContinuousVoice$commandrelease -17.89314   939.87572  -0.019  0.98481
basisContinuousVoice$commandright  0.11906    0.37163   0.320  0.74869
basisContinuousVoice$commandstop  -17.89314   939.87572  -0.019  0.98481
basisContinuousVoice$commandup     0.05158    0.37512   0.138  0.89062
basisContinuousVoice$taskNumB      0.59412    0.84546   0.703  0.48223
basisContinuousVoice$nars2         0.14722    0.03380   4.356 1.32e-05 ***
basisContinuousVoice$nars3         0.22625    0.05649   4.005 6.19e-05 ***
basisContinuousVoice$nars1        -0.10037    0.03577  -2.806  0.00502 **
basisContinuousVoice$taskNumB:basisContinuousVoice$nars2 -0.09216    0.04912  -1.876  0.06064 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 771.57  on 1069  degrees of freedom
Residual deviance: 599.72  on 1056  degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)
AIC: 627.72

Number of Fisher Scoring iterations: 18

```

מודל רגרסיה לוגיסטית עבור פקודות גופניות מתמשכות:

```
Call:
glm(formula = basisContinuousGesture$continuousGesture ~ basisContinuousGesture$command +
  basisContinuousGesture$extroversion + basisContinuousGesture$nars2 +
  basisContinuousGesture$nars1 + basisContinuousGesture$tap +
  basisContinuousGesture$taskNum + basisContinuousGesture$gender +
  basisContinuousGesture$groupNum + basisContinuousGesture$nars3 +
  basisContinuousGesture$extroversion:basisContinuousGesture$gender +
  basisContinuousGesture$nars2:basisContinuousGesture$gender +
  basisContinuousGesture$tap:basisContinuousGesture$gender +
  basisContinuousGesture$extroversion:basisContinuousGesture$groupNum +
  basisContinuousGesture$tap:basisContinuousGesture$groupNum +
  basisContinuousGesture$groupNum:basisContinuousGesture$nars3 +
  basisContinuousGesture$gender:basisContinuousGesture$nars3 +
  basisContinuousGesture$nars1:basisContinuousGesture$gender +
  basisContinuousGesture$nars1:basisContinuousGesture$groupNum,
  family = "binomial", data = basisContinuousGesture)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6115  -0.3311  -0.1142  -0.0226   3.5838

Coefficients:
(Intercept)                22.844872    6.162758    3.707 0.000210 ***
basisContinuousGesture$commandcatch -2.367351    0.687109   -3.445 0.000570 ***
basisContinuousGesture$commanddown    0.349517    0.423650    0.825 0.409364
basisContinuousGesture$commandforward -0.006613    0.433953   -0.015 0.987841
basisContinuousGesture$commandleft    -0.200836    0.441545   -0.455 0.649218
basisContinuousGesture$commandrelease -2.811689    0.800190   -3.514 0.000442 ***
basisContinuousGesture$commandright    0.085963    0.430843    0.200 0.841854
basisContinuousGesture$commandstop    -3.544061    1.068684   -3.316 0.000912 ***
basisContinuousGesture$commandup       0.085963    0.430843    0.200 0.841854
basisContinuousGesture$extroversion    -1.756478    0.544683   -3.225 0.001261 **
basisContinuousGesture$nars2          -0.513517    0.080740   -6.360 2.02e-10 ***
basisContinuousGesture$nars1          -0.535306    0.114727   -4.666 3.07e-06 ***
basisContinuousGesture$tap            -0.866196    0.286885   -3.019 0.002533 **
basisContinuousGesture$taskNumB       -0.681237    0.241992   -2.815 0.004876 **
basisContinuousGesture$genderB        -48.078334    7.891077   -6.093 1.11e-09 ***
basisContinuousGesture$groupNumB      47.542369    6.930363    6.860 6.89e-12 ***
basisContinuousGesture$nars3          0.734647    0.169427    4.336 1.45e-05 ***
basisContinuousGesture$extroversion:basisContinuousGesture$genderB  8.404434    1.266585    6.636 3.23e-11 ***
basisContinuousGesture$nars2:basisContinuousGesture$genderB  0.422178    0.092137    4.582 4.60e-06 ***
basisContinuousGesture$tap:basisContinuousGesture$genderB  1.190203    0.304807    3.905 9.43e-05 ***
basisContinuousGesture$extroversion:basisContinuousGesture$groupNumB -6.195245    0.930905   -6.655 2.83e-11 ***
basisContinuousGesture$tap:basisContinuousGesture$groupNumB -1.899383    0.341589   -5.560 2.69e-08 ***
basisContinuousGesture$groupNumB:basisContinuousGesture$nars3 -0.814482    0.193906   -4.200 2.66e-05 ***
basisContinuousGesture$genderB:basisContinuousGesture$nars3 -0.564140    0.177355   -3.181 0.001468 **
basisContinuousGesture$nars1:basisContinuousGesture$genderB  0.324948    0.118538    2.741 0.006120 **
basisContinuousGesture$nars1:basisContinuousGesture$groupNumB  0.295464    0.127468    2.318 0.020452 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

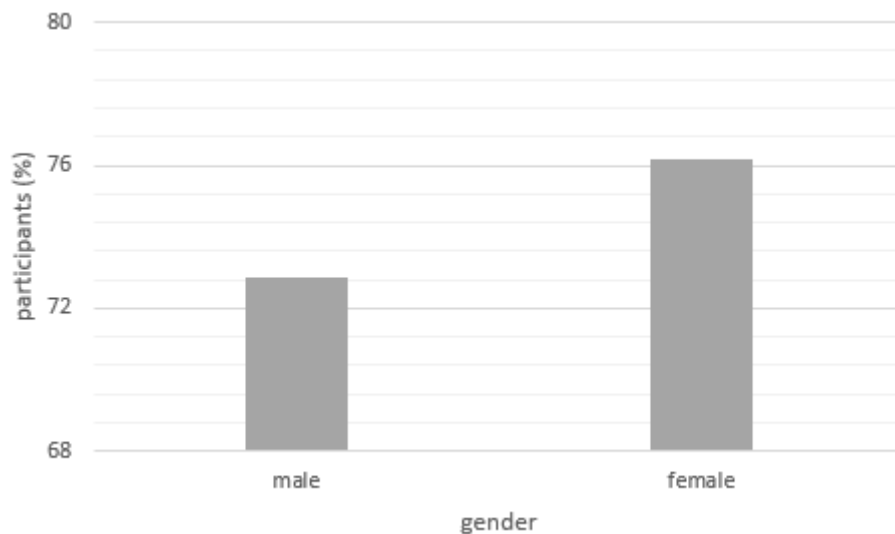
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 742.8  on 1069  degrees of freedom
Residual deviance: 451.1  on 1044  degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)
AIC: 503.1

Number of Fisher Scoring iterations: 8
```


נספח 14- ניתוח מחוות קוליות חד פעמיות

התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי מין:



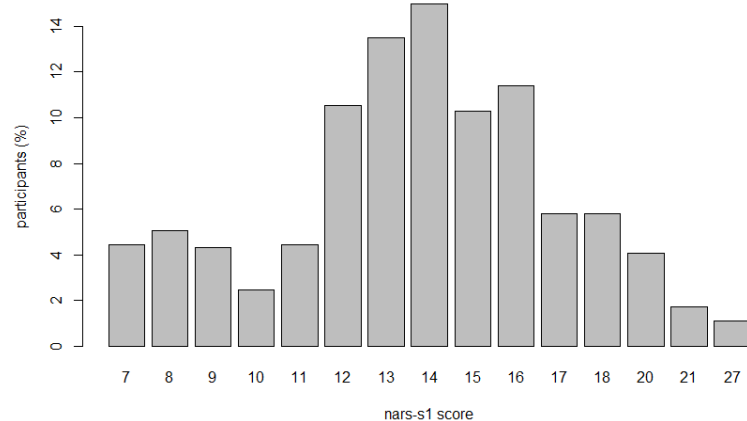
תרשים 18 התפלגות פקודות קוליות חד פעמיות על פי מין

ניתן לראות כי הנשים ביצעו כ-4.5% יותר פקודות קוליות חד פעמיות לעומת הגברים.

במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

* בגרף זה - אחוזי הנשים הינם מתוך כלל הנשים שנבדקו במחקר ואחוזי הגברים הינם מתוך כלל הגברים שנבדקו במחקר.

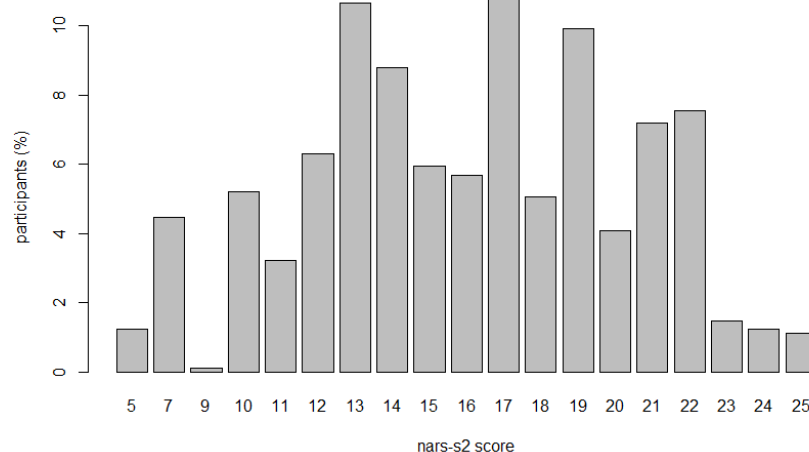
התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות קוליות חד פעמיות:



תרשים 19 התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות קוליות חד פעמיות

ניתן לראות כי לרוב הנבדקים היה ציון NARS S1 בטווח 12-16, כלומר מאופיינים ברגשות ניטרליים כלפי סיטואציות בהם נמצאים באינטראקציה עם רובוט. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 6.89E-12$).

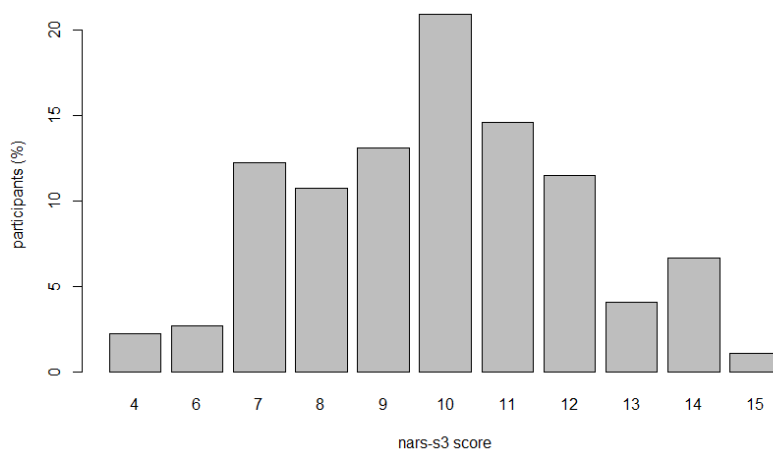
התפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות קוליות חד פעמיות:



תרשים 20 התפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות קוליות חד פעמיות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות קוליות חד פעמיות כי אין התאמה חד משמעית בין הציון (גבוה או נמוך) לבין ביצוע פקודה מסוג זה (קולית חד פעמית). כמו כן, במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

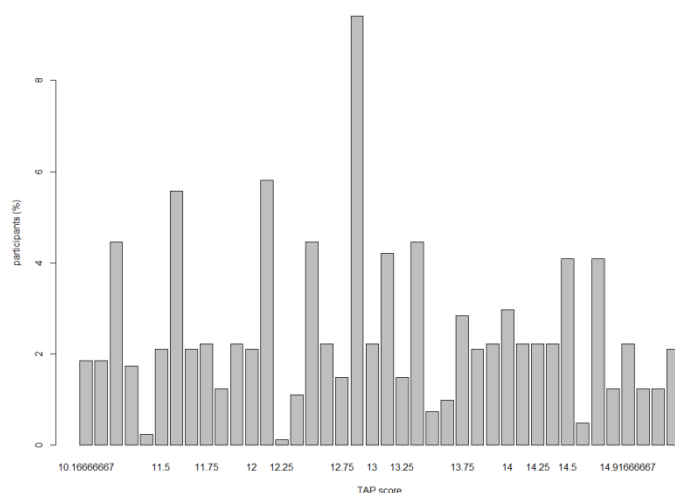
התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות קוליות חד פעמיות:



תרשים 21 התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות קוליות חד פעמיות

ניתן לראות כי לרוב הנבדקים ציון NARS S3 הממוצע היה בטווח 7-12. כלומר, מאופיינים ברגשות ניטרליים כלפי רגשות באינטראקציה עם רובוט. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 8.98E-09$).

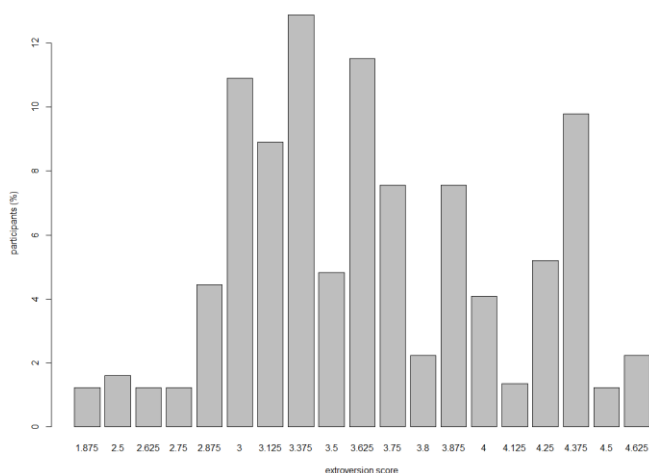
התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות חד פעמיות:



תרשים 22 התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות חד פעמיות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני ה-TAP עבור פקודות קוליות חד פעמיות כי אין התאמה חד משמעית בין ציון שאלון ה-TAP לביצוע פקודה מסוג זה (קולית חד פעמית). עם זאת נראה כי כ-10% מהנבדקים בעלי ציון 13 בשאלון TAP, כלומר שיעור גבוה של נבדקים לעומת שאר הציונים. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי אם כי אינו מובהק.

התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות קוליות חד פעמיות:



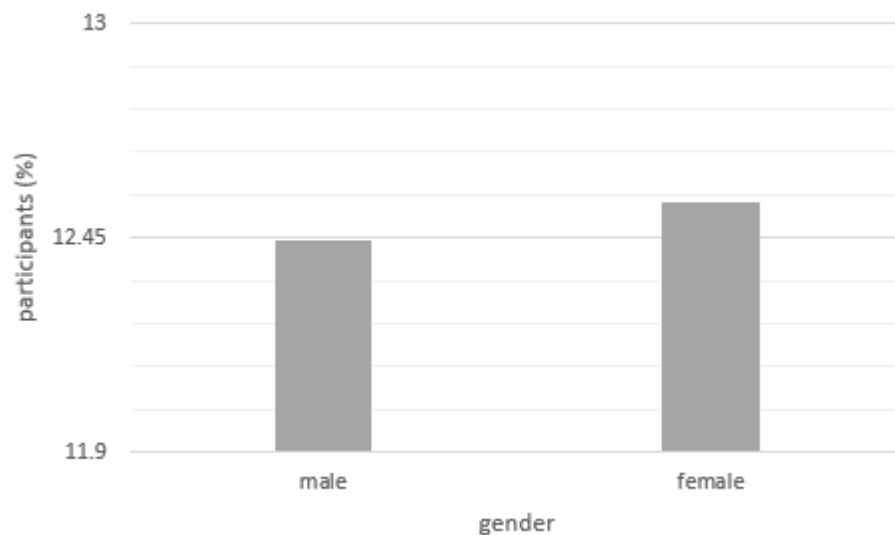
תרשים 23 התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות קוליות חד פעמיות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני שאלון המוחצנות עבור פקודות קוליות חד פעמיות כי אין התאמה חד משמעית בין ציון שאלון המוחצנות - לביצוע פקודה מסוג זה (קולית חד פעמית). במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי אם כי אינו מובהק.

עם זאת, נמצא שבאינטראקציה שבין מוחצנות לבין מספר הקבוצה (בעלי/חסרי ניסיון בעבודה עם רובוטים), הנטייה של נבדק מוחצן לעשות מחווה קולית חד פעמית שונה. משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.0417$).

נספח 15 – ניתוח מחוות גופניות חד פעמיות

התפלגות מחוות גופניות חד פעמיות על פי מין:

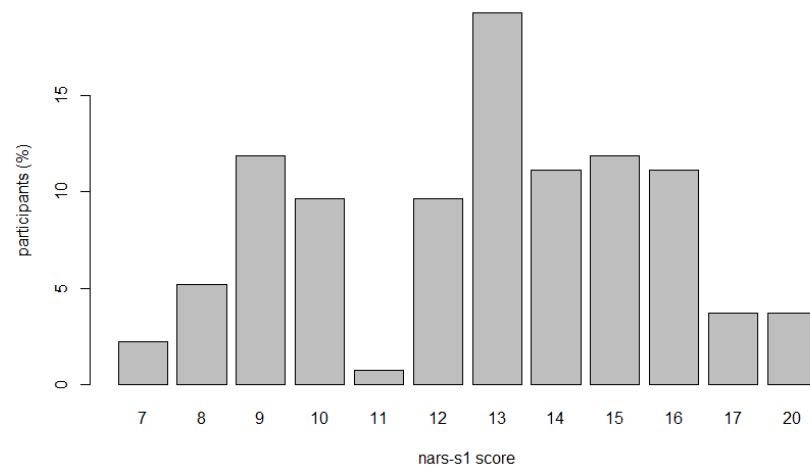


תרשים 24 התפלגות מחוות גופניות חד פעמיות על פי מין

ניתן לראות כי הנשים ביצעו כ- 0.1% יותר פקודות גופניות חד פעמיות לעומת הגברים. כלומר מין הנבדק אינו משפיע על ביצוע פקודות גופניות חד פעמיות. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

* בגרף זה - אחוזי הנשים הינם מתוך כלל הנשים שנבדקו במחקר ואחוזי הגברים הינם מתוך כלל הגברים שנבדקו במחקר.

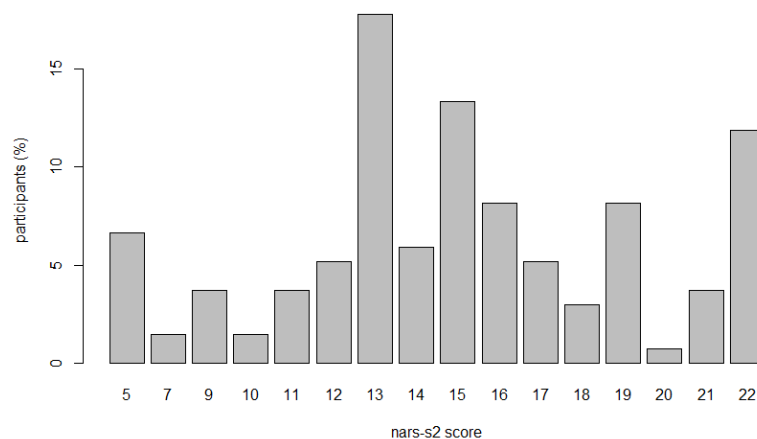
התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות גופניות חד פעמיות:



תרשים 25 התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות גופניות חד פעמיות

ניתן לראות כי לרוב הנבדקים היה ציון NARS S1 בטווח 9-16, כלומר מאופיינים ברגשות ניטרליים כלפי סיטואציות בהם נמצאים באינטראקציה עם רובוט. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

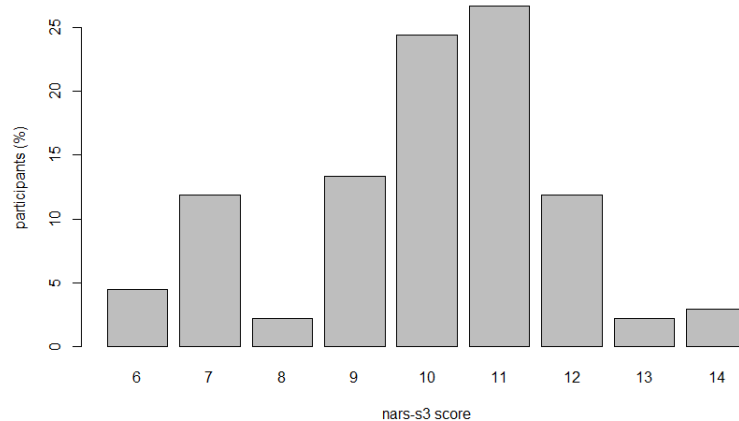
התפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות גופניות חד פעמיות:



תרשים 26 התפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות גופניות חד פעמיות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני NARS-S2 עבור פקודות גופניות חד פעמיות כי לרוב הנבדקים היה ציון בטווח 13-22. כלומר, רוב הנבדקים נטו לרגשות שליליים כלפי ההשפעה החברתית שיכולה להיות לרובוטים. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.0002$).

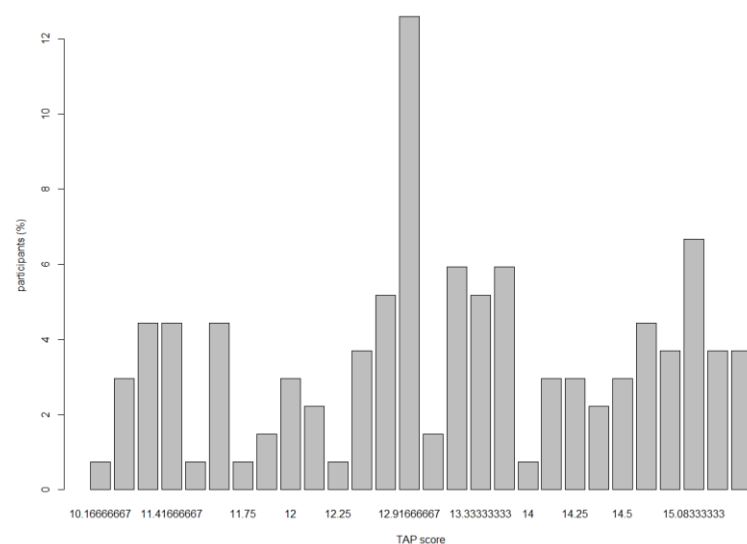
התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות גופניות חד פעמיות:



תרשים 27 התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות גופניות חד פעמיות

ניתן לראות כי לרוב הנבדקים (כ- 80%) ציון NARS S3 הממוצע היה בטווח 9-12. כלומר, מאופיינים ברגשות ניטרליים כלפי רגשות באינטראקציות אדם – רובוט. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות גופניות חד פעמיות:

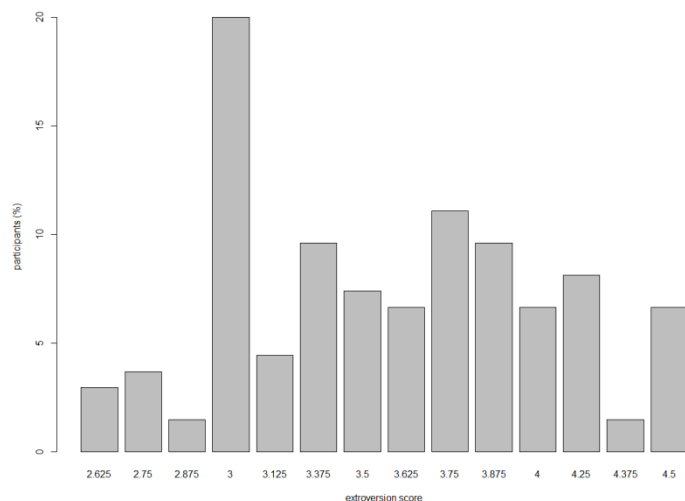


תרשים 28 התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות גופניות חד פעמיות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני ה- TAP עבור פקודות גופניות חד פעמיות כי אין התאמה חד משמעית בין ציון שאלון ה- TAP לביצוע פקודה מסוג זה (גופנית חד פעמית). עם זאת, נראה כי כ- 15%

מהנבדקים בעלי ציון 13 בשאלון TAP, כלומר שיעור גבוה של נבדקים לעומת שאר הציונים. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות גופניות חד פעמיות:

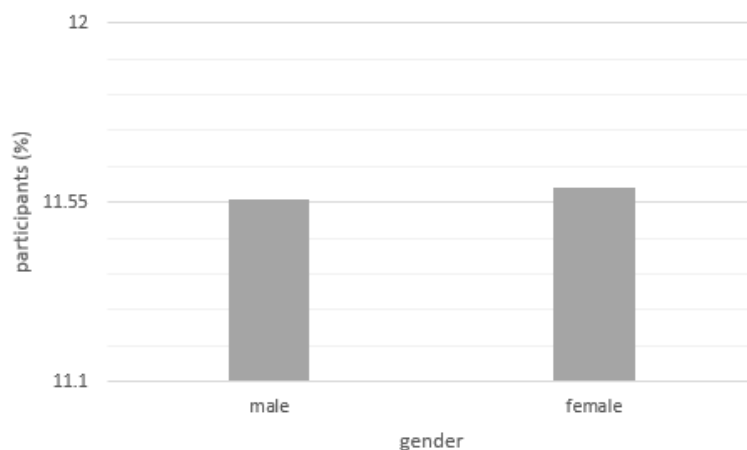


תרשים 29 התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות גופניות חד פעמיות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני שאלון המוחצנות עבור פקודות גופניות חד פעמיות כי אין התאמה חד משמעית בין ציון שאלון המוחצנות - לביצוע פקודה מסוג זה (קולית חד פעמית). עם זאת נראה כי כ- 20% מהנבדקים בעלי ציון 3 (מוחצנות נמוכה יחסית) בשאלון זה, כלומר שיעור גבוה של נבדקים לעומת שאר הציונים. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

נספח 16 - ניתוח מחוות קוליות מתמשכות

התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי מין:

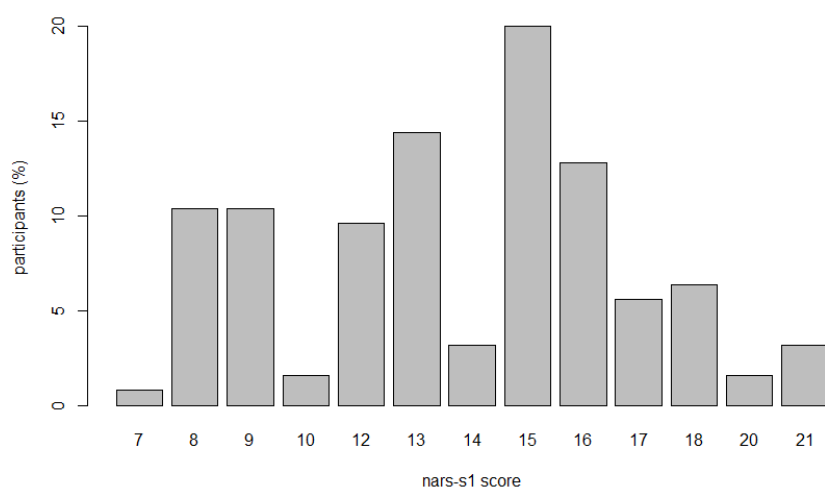


תרשים 30 התפלגות פקודות קוליות מתמשכות על פי מין

ניתן לראות כי הנשים ביצעו כ- 03%.0 יותר פקודות קוליות מתמשכות לעומת הגברים. כלומר מין הנבדק אינו משפיע על ביצוע פקודות קוליות מתמשכות. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

* בגרף זה - אחוזי הנשים הינם מתוך כלל הנשים שנבדקו במחקר ואחוזי הגברים הינם מתוך כלל הגברים שנבדקו במחקר.

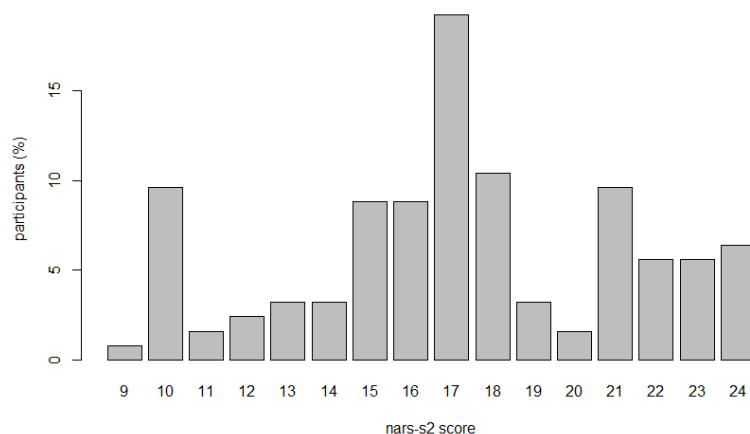
התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות קוליות מתמשכות:



תרשים 31 התפלגות ציוני NARS-S1 עבור פקודות קוליות מתמשכות

ניתן לראות כי למחצית מהנבדקים היה ציון NARS S1 בטווח 13-16, כלומר מאופיינים ברגשות ניטרליים כלפי סיטואציות בהם נמצאים באינטראקציה עם רובוט. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 0.005$).

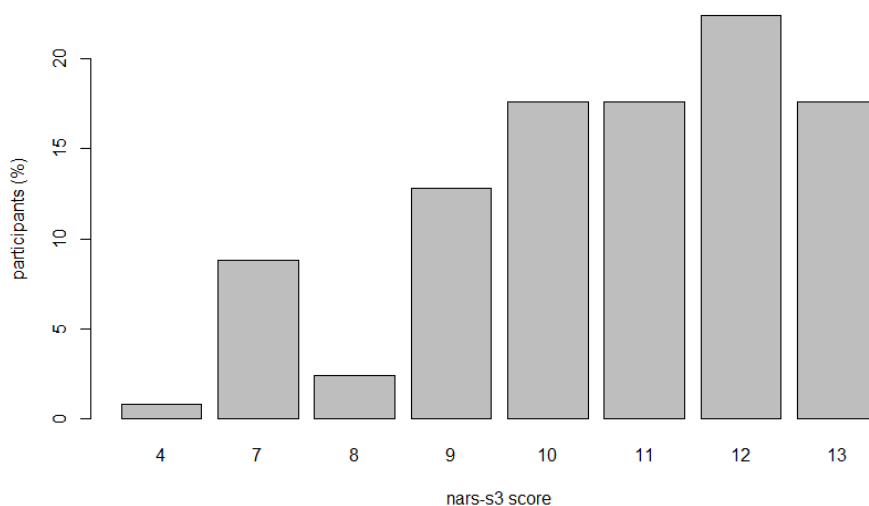
התפלגות ציוני NARS S2 עבור פקודות קוליות מתמשכות:



תרשים 32 התפלגות ציוני NARS S2 עבור פקודות קוליות מתמשכות

ניתן לראות כי לרוב הנבדקים היה ציון NARS S2 בטווח 15-24, כלומר רוב הנבדקים נטו לרגשות שליליים כלפי ההשפעה החברתית שיכולה להיות לרובוטים. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 1.32E-05$).

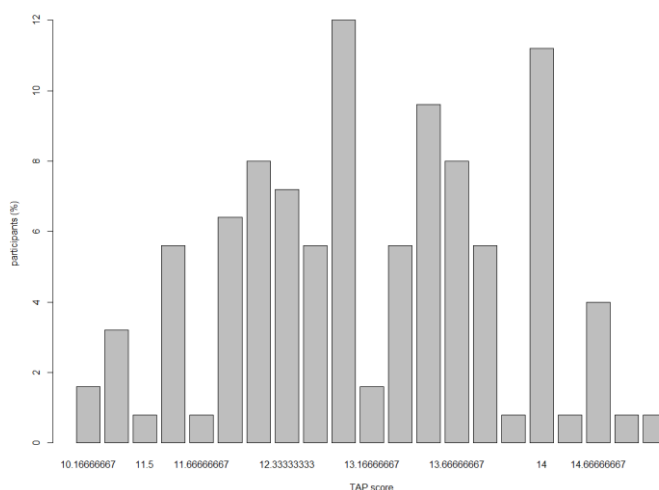
התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות קוליות מתמשכות:



תרשים 33 התפלגות ציוני NARS-S3 עבור פקודות קוליות מתמשכות

ניתן לראות כי לרוב הנבדקים (כ- 85%) ציון NARS S3 הממוצע היה בטווח 9-13. כלומר, מאופיינים ברגשות שליליים כלפי רגשות באינטראקציות אדם – רובוט. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי והינו מובהק ($p\text{-value} = 6.19E-05$).

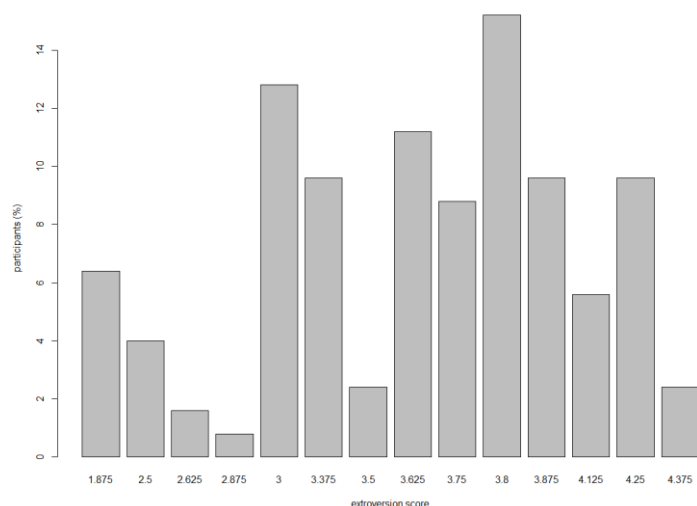
התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות מתמשכות:



תרשים 34 התפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות מתמשכות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני שאלון TAP עבור פקודות קוליות מתמשכות כי אין התאמה חד משמעית בין ציון שאלון TAP - לביצוע פקודה קולית מתמשכת. עם זאת, נראה כי לרוב הנבדקים שביצעו פקודות קוליות מתמשכות היה ציון TAP בטווח 12-14, כלומר לרובם יש נטייה טכנולוגית בינונית ומעלה. במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות קוליות מתמשכות:

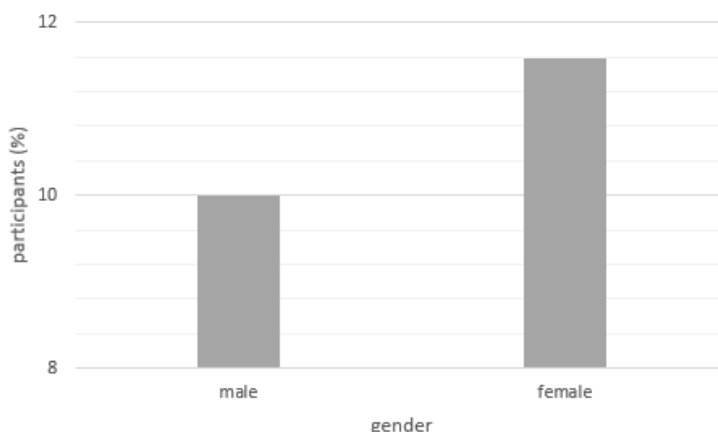


תרשים 35 התפלגות ציוני שאלון מוחצנות עבור פקודות קוליות מתמשכות

ניתן לראות מהתפלגות ציוני שאלון המוחצנות עבור פקודות קוליות מתמשכות כי אין התאמה חד משמעית בין ציון שאלון המוחצנות - לביצוע פקודה מסוג זה (קולית חד פעמית). במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה לא הוכנס למודל הסופי.

נספח 17 - ניתוח מחוות גופניות מתמשכות

התפלגות מחוות גופניות מתמשכות על פי מין:



תרשים 36 התפלגות מחוות גופניות מתמשכות על פי מין

ניתן לראות כי הנשים ביצעו כ- 58%.1 יותר פקודות גופניות מתמשכות לעומת הגברים.
במודל הרגרסיה שבוצע, משתנה זה הוכנס למודל הסופי במובהקות $p\text{-value} = 1.10\text{E-}08$.
* בגרף זה - אחוזי הנשים הינם מתוך כלל הנשים שנבדקו במחקר ואחוזי הגברים הינם מתוך כלל
הגברים שנבדקו במחקר.