



משפה לפעולה -

למידה אינטראקטיבית עם סוכנים פיזיים

מגישה: איילת ירושלמי



הקדמה

תקשורת שפה משחקת תפקיד חשוב בלמידה אנושית וברכישת ידע. עם הופעתו של דור חדש של רובוטים קוגניטיביים - בעלי הכרה, תחושה ומחשבה, העצמת הרובוטים הללו ללמוד ישירות מפרטנרים אנושיים הופכת חשובה יותר ויותר.

מטרת מאמר זה היא לתת מבוא קצר ל**למידת משימות אינטראקטיבית** שבה בני אדם יכולים ללמד סוכנים פיזיים משימות חדשות באמצעות תקשורת שפה טבעית והדגמת פעולות.

המאמר בא להדגיש את החשיבות של ידע משותף, וביסוס שפה, תפיסה ופעולה.

מדוע זה נוגע אלינו?

ככל שבינה מלאכותית מתחילה להיכנס לחיי היומיום שלנו, חשוב עבור משתמשי קצה שאינם מומחים בטכנולוגיה, להיות מסוגלים ללמד סוכנים מלאכותיים ידע חדש ומיומנויות.

תארו לעצמכם עתיד, בו ניתן לרכוש או לשכור לביתנו עוזר רובוט. רובוט זה מגיע עם ידע מתוכנת מראש ומיומנויות מוכנות מראש. עם זאת הרובוט לא יודע שום דבר על הבית שלנו ואין כמות גדולה של נתונים זמינים לגבי הצרכים הספציפיים שלנו. אנחנו גם לא יכולים לחכות שהרובוט יחקור את הבית שלנו בעצמו (ובוודאי לא נרצה להסתכן בבלגן או בהרס שאולי יביא למטבח שלנו..)

אז הפתרון האידיאלי עבורנו הוא:

ללמד את הרובוט את הסביבה החדשה, ואת המשימות
כאילו אנו מלמדים עוזר אנושי.

כיצד?

כדי לטפל בסוגיה זו, התעורר תחום מחקר חדש הקרוי:

Interactive Task Learning - ITL

"למידת משימות אינטראקטיבית"

ITL מוגדר באופן כללי כ -

"כל תהליך שבו סוכן (A) משפר את ביצועיו (P) במשימה כלשהי (T) באמצעות

נסיון (E), כאשר E מורכב מסדרה של אינטראקציות חישה, ותקשורת בין A,

העולם של A, וסוכנים אחרים בעולם"

במאמר זה, דנים בצורה ספציפית של ITL שנקראת **לימוד משימות תקשורת**,

שבה בני אדם יכולים ללמד סוכנים מובנים (למשל, רובוטים) בעולם פיזי משותף

באמצעות תקשורת שפה והדגמת פעולה.

ביסוס השפה בתהליך הלמידה באמצעות תקשורת

השפה יכולה לשמש ככלי ללמד רובוטים משימות חדשות בדרכים שונות. לדוגמה, אדם יכול ללמד רובוט איך להכין תה על ידי כך ש "יאמר" ו"יראה" והרובוט ילמד באמצעות **תצפית**, או באמצעות **פעולות משלו** - על ידי ביצוע הוראה אנושית.

במהלך הלמידה, הרובוט מתבונן איך העולם השתנה על ידי פעולות שבוצעו על ידי האדם או על ידי הרובוט עצמו.



הרובוט יכול לתקשר עם האדם בצורה
אינטראקטיבית כדי לרכוש משימות וידע הקשור
למשימות.

האיור הבא מציג דוגמה של דיאלוג שבו האדם
מלמד את הרובוט איך להכין פרישייק:

H1: I'm going to teach you how to make smoothie. First cut a few strawberries.

R1: How do you do that?

H2: You put the strawberries on the cutting board and slice them into pieces.

R2: I don't see a cutting board.

H3: This is the cutting board on my hand (*pick it up to show the robot*).

R3: Okay.

H4: Next you add the strawberries into the blender.

R4: Did you open the blender first?

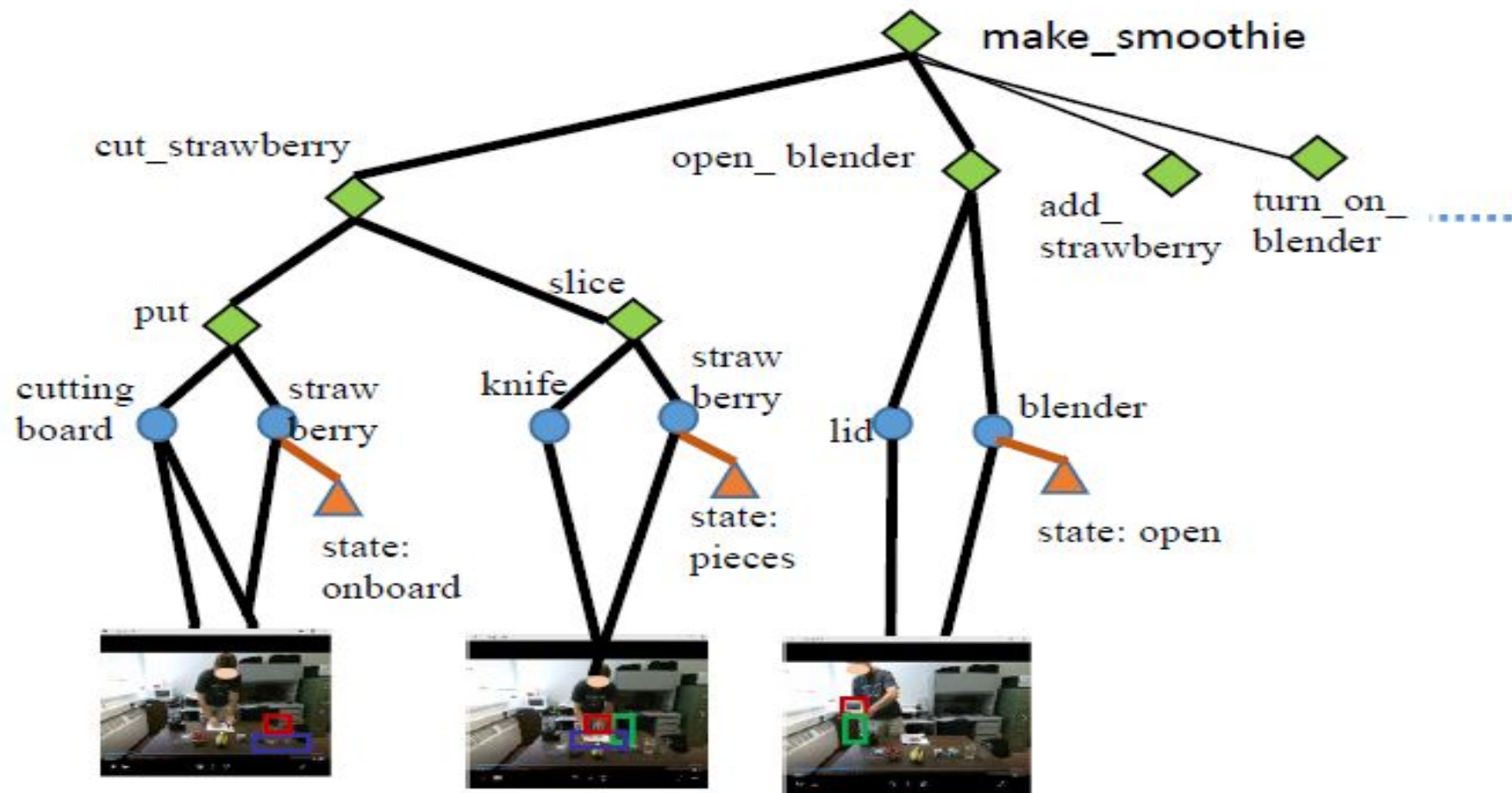
H5:

יצירת מבנה היררכי המתאר את המשימה

בסוף תהליך התקשורת, הרובוט מייצר מבנה היררכי המתאר את המשימה ומייצג את הבנתו לגבי משימה זו, (כפי שמוצג באיור בשקופית הבאה) המשימות ניתנות לתיאור באמצעות דקדוק, או שפת תכנות פנימית וכדומה.

ניתן לפצל משימה כוללת לתתי-משימות וכל תת משימה ניתן לפרק לפעולות אטומיות בעולם הפיזי שבו יכול הסוכן לחוש או לפעול.

אם לרובוט יש את היכולת לבצע פעולה בסיסית (למשל, הוא מסוגל לבצע את הפעולה של חיתוך), מבנה המשימה של הרובוט יאפשר לו לתכנן ולבצע את המשימה הנלמדת.



time →

תפיסת המשימה של הרובוט ושל האדם שונה

על מנת לאפשר לימוד משימות שכזה, באמצעות תקשורת, עלינו להתמודד עם אתגרים רבים.

בני אדם ורובוטים נמצאים בסביבה משותפת. שניהם תופסים את הסביבה ויכולים לפעול לשינוי הסביבה.

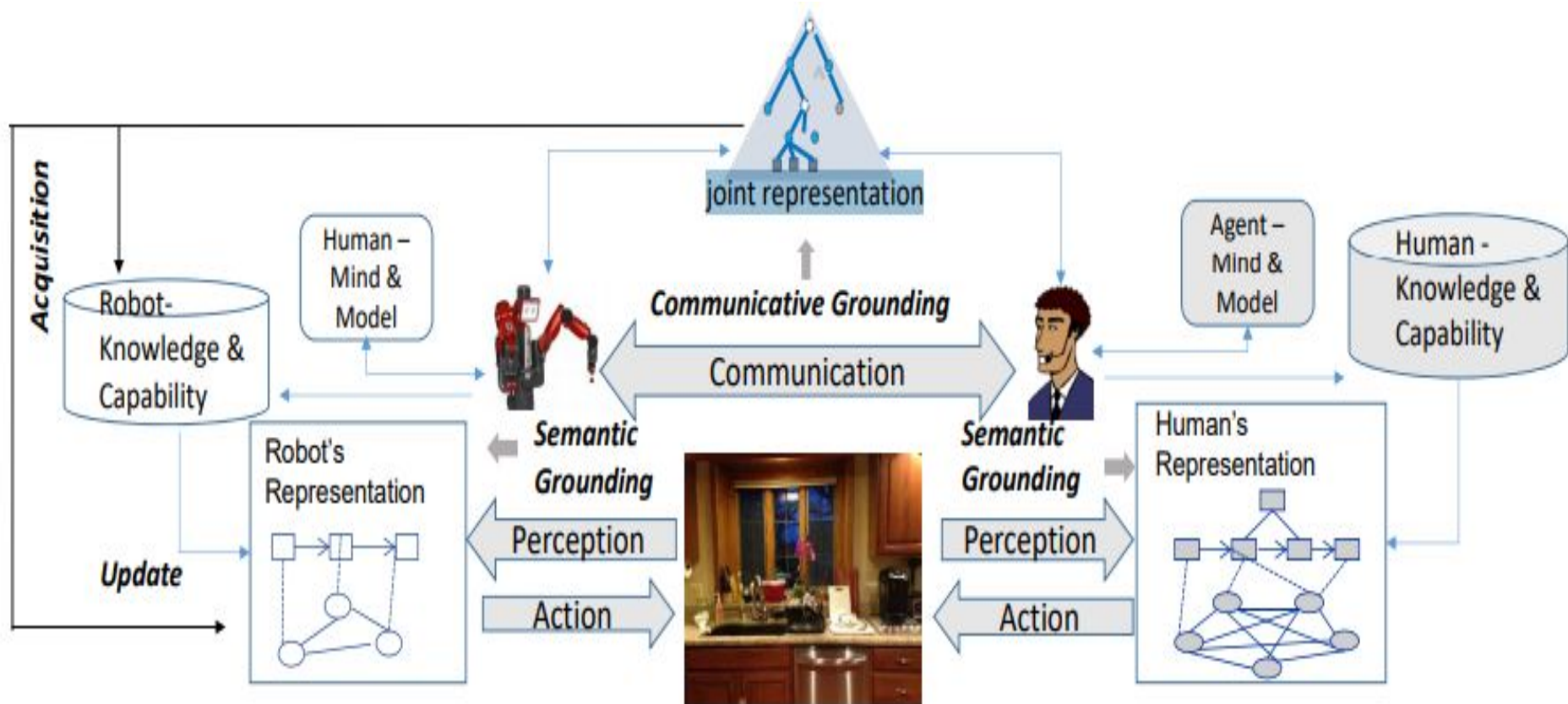
עם זאת, יש להם יכולות שונות באופן משמעותי **בתפיסה, בפעולה ובחשיבה**. גם **הידע שלהם על העולם** הוא שונה במידה רבה.

כל אלה מובילים להבדלים בייצוג שלהם את העולם המשותף והתפיסה שלהם את המשימה.

העדר קרקע משותפת הופך את התקשורת בשפה ביניהם לקשה.

לכן, בני אדם וסוכנים יצטרכו לעשות מאמץ משותף נוסף כדי להגיע לייצוג משותף של מבנה המשימה.

בתהליך התקשורת, הרובוט רוכש ידע הקשור למשימה ומעשיר את בסיס הידע שלו, וכן מעדכן באופן שוטף את ייצוגו של העולם המשותף בהינתן הידע החדש. לפיכך, למידת משימות באמצעות תקשורת היא יותר מאשר רק תהליך של יצירת מבנה משימות מבוסס, למידה זו משלבת בנוסף למידת שפה ורכישת ידע אינטראקטיבי (הידע האינטראקטיבי הינו ידע הקשור למשימה אשר נרכש במהלך האינטראקציה בין האדם לרובוט. חלק מהידע האינטראקטיבי שנרכש במהלך האינטראקציה יהווה עבור הרובוט ידע כללי אשר יוכל לשמש אותו גם במשימות אחרות).



במרכזו של תהליך זה עומדת סוגיית יצירת הבסיס

בתקשורת שפה עם סוכנים פיזיים, שני סוגים חיוניים של בסיס:

• **בסיס סמנטי** מתייחס לתהליך שבו סמנטיקה- המשמעות של השפה, מעוגנת בייצוגים הפנימיים של הסוכן - **בתפיסתו** את העולם **ובפעולתו** על העולם.

• **בסיס תקשורתי** הוא תהליך שבו שותפים לתקשורת יכולים להגיע לקרקע משותפת - הדדית. ידע מוסכם, אמונות והנחות.
בסיס תקשורתי הוא חיוני כדי לשמור על שותפים לשפה,
וכדי להשיג מטרות תקשורת משותפות.

יצירת בסיס סמנטי מתחלק ל2 חלקים :

לרעיון זה יש משמעות מיוחדת בתקשורת באמצעות שפה עם רובוטים.

על מנת שהרובוט יבין את שפת האדם ויפעל על פיה, יש לבסס את משמעויות השפה, כגון מילים, משפטים והצהרות על חיישני הרובוט אשר תופסים את הסביבה ועל החיישנים אשר פועלים על הסביבה (האקטואטורים).

ביסוס השפה על חיישני התפיסה של הרובוט:

ביסוס שפה בחיישני התפיסה של הרובוט כרוך בחיבור משמעויות של מילים לתפיסת הרובוט, ובקישור בין ביטויים בשפה לאובייקטים חזותיים, לציוני דרך פיזיים, ולפעולות או לפעילויות.

בהקשר של למידה דרך שפה, פעולות והקישור שלהן לעולם הנתפס הם חיוניים.

סמנטיקה של הפועל נתפסת לעתים קרובות על ידי תפקידים סמנטיים המפרטים את החלקים המשתתפים בפעולה כגון: מי מבצע את הפעולה (**סוכן**), אובייקט שאליו הפעולה מכוונת (**מושא הפעולה**), המכשיר המשמש בפעולה וכן הלאה.

הרובוט יצטרך לזהות תחילה תפקידים שונים מתוך המילים הלשוניות, ולאחר מכן לטעת אותם לסביבה הפיזית הנתפסת על ידו.

חלק מהתפקידים האלה, כגון מושא הפעולה, מפורטים במפורש בשפה (כלומר, תפקידים מפורשים),

אך תפקידים אחרים, למשל, המכשיר סכין הקשור לחיתוך פרוסה, לא צוין במפורש (כלומר, תפקיד משתמע).

היכולת לבסס לא רק תפקידים מפורשים, אלא גם תפקידים שמשמעם מן הנאמר היא חיונית על מנת שהרובוט יבין לגמרי את ההרכב של הפעולה ויוכל לנסות לבצע אותה.

ביסוס השפה על חיושני הפעולה של הרובוט:

קישור של חלקי הפועל לסביבה הפיזית אינו מספיק כדי שהסוכן יבצע פעולות מתאימות.

השליטה בפעולות הרובוט בדרך כלל מורכבת מתכנון של צעדים בדידים אשר כוללים לכידה של מרחב פעולות אפשריות ומצבים הקשורים אליהם, ותכנון מתמשך של המחשב את מסלול התנועה.

זרוע רובוטית, כוללת בדר"כ שלוש פעולות פרימיטיביות, כגון **פתיחת-תופסן**, **סגירת-תופסן**, ו- **זוז-אל**.

כל פעולה ברמה גבוהה יותר (למשל, כזו שמציינים על ידי פועל הפעולה) יהיה צורך לתרגם אותה לרצף של פעולות פרימיטיביות שעל הסוכן לבצע.

יצירת בסיס תקשורת

בתקשורת בין אנשים, מה שמאפשר לנו להבין זה את זה תלוי בבסיס משותף ובכוונה משותפת. ידוע כי תקשורת היא תהליך שיתופי שבו שני הצדדים משתפים פעולה זה עם זה כדי להשיג מטרות תקשורת משותפות.

ממצאים אלה מן התקשורת האנושית לא רק מספקים בסיס, אלא גם משליכים על התקשורת בין האדם לרובוט.

ייצוגים לא תואמים של העולם הפיזי מסכנים באופן משמעותי את הבסיס התקשורתי המשותף בין בני אדם לסוכנים, מה שהופך את התקשורת באמצעות שפה למשימה קשה.

כאשר הבסיס המשותף חסר, המוטיבציה המשותפת תאפשר לשותפים לתקשורת לשתף פעולה ולחתור ליצירת בסיס משותף. זהו תהליך של יצירת בסיס תקשורתי. עיקרון זה מביא אתגרים והזדמנויות בתקשורת בין רובוטים לאנשים.

לדוגמה, כדי לתווך בין ההבדלים בייצוג של העולם המשותף, הדובר (האדם) לעתים קרובות מייצר שפה באופן הדרגתי כדי לוודא שהמאזין (הרובוט) מצליח לעקוב. המאזין מספק משוב מיידי אשר עשוי להניע את הדובר לשנות את הפקת השפה באמצע התכנון.

לכן, **מנקודת המבט של הרובוט**, אלגוריתמים לפרשנות שפה יצטרכו להתחשב בהתנהגויות של האדם שנצפות ע"י הרובוט, ואלגוריתמים ליצירת שפה יצטרכו גם לייצר התנהגויות תואמות מהרובוט.

בנוסף, כדי לחתור למישור משותף ב-ITL, חשוב שהסוכן יוכל להסביר לאדם את החלטתו ולקבל משוב אנושי רלוונטי לעדכון המודל שלו (במיוחד כאשר פעולה נכשלת).

ביצירת בסיס תקשורתי, מנגנונים שונים, כגון שימוש באישור מרומז או מפורש, יכולים להיות מופעלים על ידי בני אדם ורובוטים. אם הרובוט יודע לתאר את הייצוגים הפנימיים שלו (את ההחלטות שהוא מקבל) זה יכול לחשוף אי הבנות בתקשורת ולשפר באופן משמעותי את הבסיס התקשורתי המשותף.

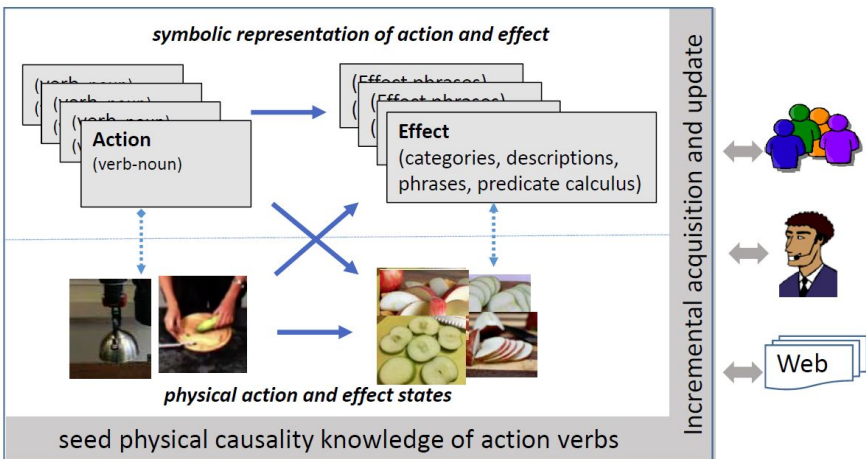
יתר על כן, שיטות לא מילוליות כגון מבט ומחוות דידקטיות מספק ערוצים נוספים לבסיס תקשורתי.

אחד האתגרים המרכזיים ביצירת בסיס תקשורתי הוא הנחה מוקדמת. בתקשורת בין אנשים, שני הצדדים מניחים שהייצוג שלהם את העולם תואם. השותפים מאמינים שהם חולקים את אותו סוג של רקע לידע שלהם ולכן אין צורך לציין זאת במפורש בתקשורת שלהם.

עם זאת לסוכנים מלאכותיים אין את אותו סוג של ידע לגבי העולם כמו לאנשים. לכן, כדי לשפר את בסיס התקשורת, אחד הפתרונות החשובים הוא לצייד את הסוכן ביכולת לרכוש ידע בסיסי.

קישור בין פעולה לתוצאה פיזית

**ידע סיבתי הפיזי מיוצג על ידי מיפוי בין
פעולה לתוצאה**



פעולה מוגדרת כצמד "פועל - שם עצם" שבו פועל - הוא פועל קונקרטי (לדוגמא,

"חיתוך") ושם העצם - הוא שם עצם קונקרטי המשמש כמושא פעולה ישיר של הפועל

(לדוגמא, "תפוח"). ומכאן נקבל את הצמד "חיתוך - תפוח"

תוצאה יכולה להיות מיוצגת בדרכים שונות, למשל, היא יכולה להיות שינוי המצב הנגרם

על ידי פעולה ישירה על אובייקט.

בדוגמא שלנו, השפעה על הסביבה יכולה להיות - "תפוח פרוס לחתיכות".

רכישת ידע לגבי פעולות ותוצאות פיזיות (ידע סיבתי)

ידע סיבתי ניתן לרכוש באמצעות **שלושה ערוצים עיקריים**.
אינטליגנציה קולקטיבית (שיתוף בין רובוטים), נתוני אינטרנט (למשל, מתמונות),
ושותפים אנושיים שהרובוט מתקשר איתם.

לאחר שהסוכנים נפרסים, סביר להניח שהם יתקלו בפעלים חדשים או בפעולות חדשות
אשר אין לגביהם ידע על התוצאה. לכן חשוב ליצור תהליך שבו הרובוט יכול לרכוש
באופן מתמיד ורציף ידע סיבתי פיזי.

רכישת ידע לגבי פעולות ותוצאות פיזיות

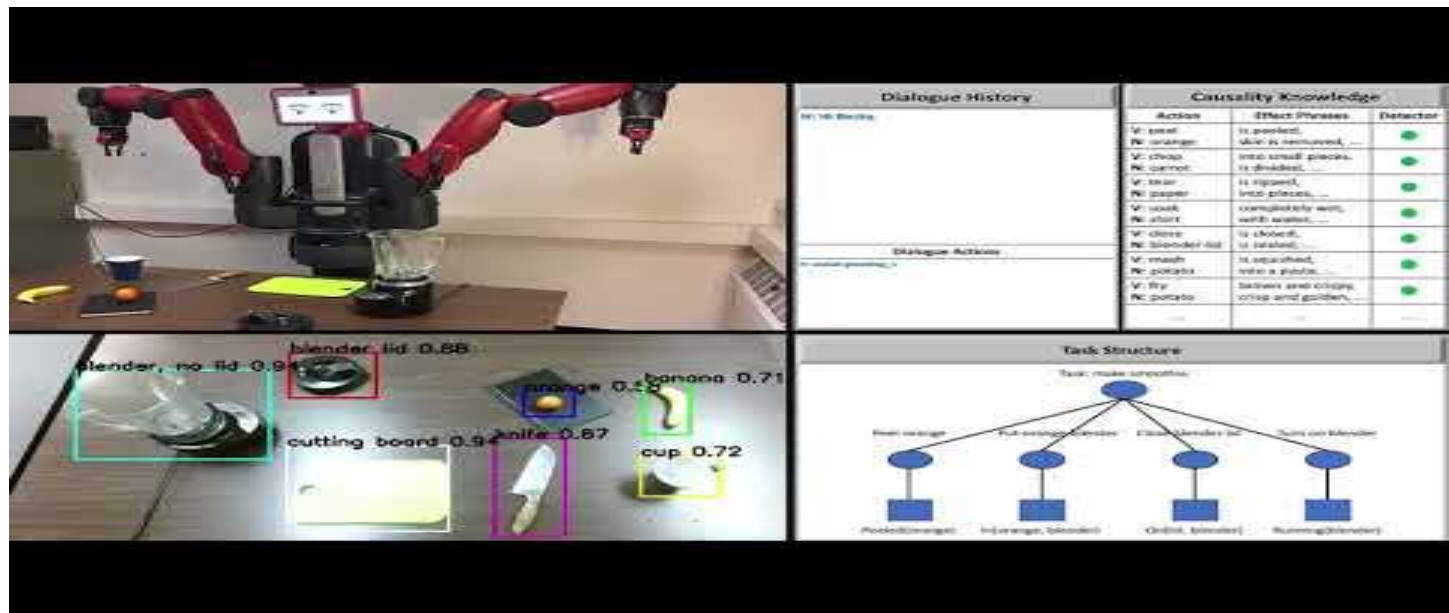
במחקר שביצעו, בסיטואציה של "מטבח", נאסף תחילה מערך נתונים של זוגות של **שמות עצם ופעלים נפוצים ו- תיאורי התוצאה שלהם** (למשל, "חיתוך-תפוח" -> "תפוח חתוך").

על סמך נתונים אלו, **בהינתן פועל**, הסוכן יכול לצפות את המימד (גודל, צורה, צבע, מרקם, נראות, קשיחות, וכו') של השינויים הפיזיים שיכולים להתרחש בעולם. **ובהינתן שם עצם**, הסוכן יכול לאמת את הימצאות העצם בעולם הפיזי.

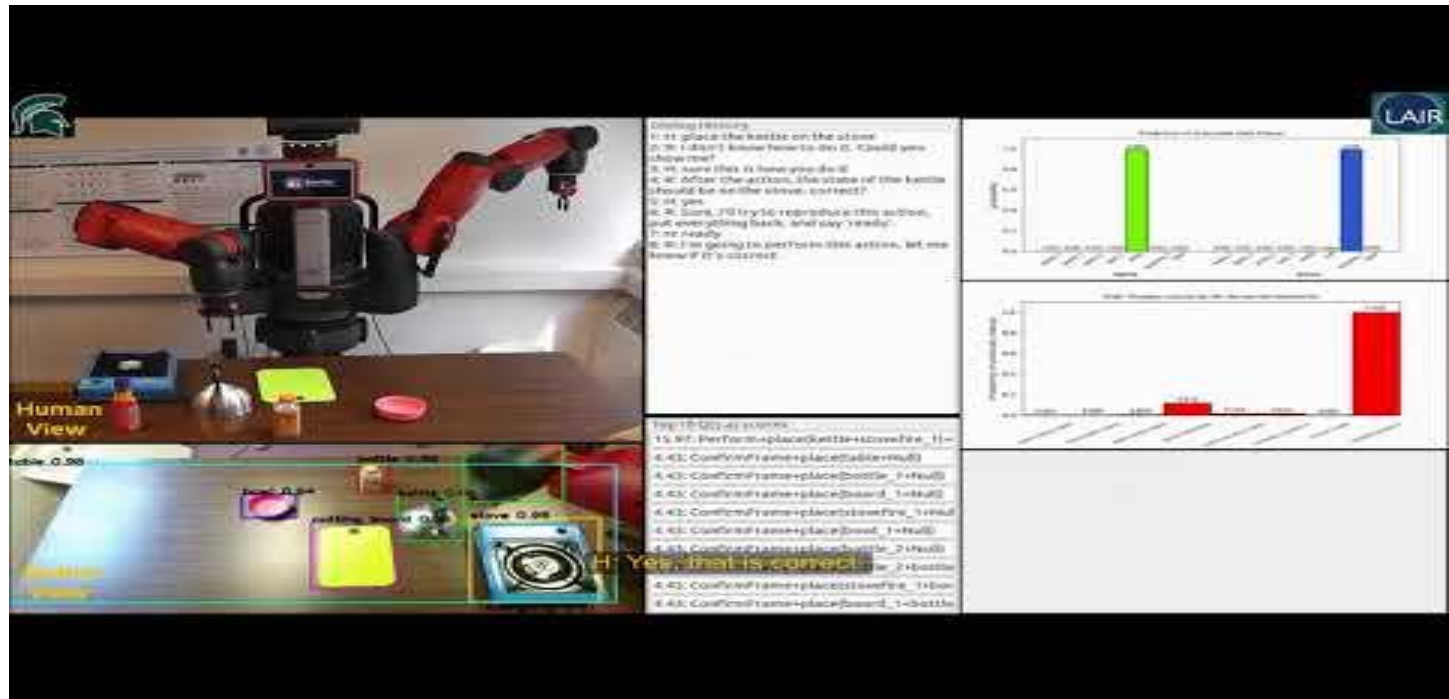
כאשר אנו בני האדם שומעים משפט בנוסח: "להרים / לקחת / לשים **משהו**",
אנו צופים שהמיקום של אותו **משהו** ישתנה;
כאשר אנו שומעים "לפרוס **משהו**", אנו צופים כי **משהו** ישתנה לחתיכות קטנות יותר.

ציפייה כזו מונעת מההיכרות שלנו עם התוצאות הקשורות לפעלים אלה, ידע זה מגיע
מתהליך רכישת השפה של האנשים.

אם לסוכנים מלאכותיים יש סוג דומה של "ידע סיבתי" זאת אומרת הם מסוגלים לחזות
מה יכול היה לקרות או מה צפוי לקרות לסביבה הפיזית, אז הם יכולים לתפוס טוב יותר
את הסביבה ולתכנן פעולות ברמה נמוכה יותר.



<https://www.youtube.com/watch?v=FJ0Af5Ngk6E>



https://www.youtube.com/watch?v=C6R7_iTsqqk

סיכום ומסקנות

תקשורת באמצעות שפה מספקת אמצעי יעיל וטבעי עבור סוכנים מלאכותיים לרכוש משימות חדשות, וידע הקשור במשימות, ישירות מבני אדם.

מאמר זה מספק מבוא קצר אודות האתגרים המרכזיים בשפה, בביסוס תקשורת ולמידת משימות באמצעות שפה.

מה שמוצג כאן הוא רק קצה הקרחון. ישנם אתגרים מחקרניים רבים בתחום חדשני זה, ועוד הרבה בעיות עדיין לא התגלו.

בהינתן ההתקדמות האחרונה בשפה, בראיה, ברובוטיקה, במודלים קוגניטיביים, בלמידת מכונה, ובתחומים רבים אחרים, מעולם לא היה זה זמן טוב יותר לחקור את השטח המרגש והרב-תחומי הזה שעדיין לא נחקר לעומק.