

*הערה: הוספתי את שם המאמר היום - ראשון 12.8, אך ההגשה היתה ביום שישי 10.8

Language to Action: Towards Interactive Task Learning with Physical Agents

סיכום המאמר:

מה הבעיה שהמאמר בא לפתור? ומדוע היא מעניינת וחשובה?

תקשורת באמצעות שפה משחקת תפקיד חשוב בלמידה האנושית וברכישת ידע. עם הופעתו של דור חדש של רובוטים קוגניטיביים, העצמת הרובוטים הללו ללמוד ישירות מפרטנרים אנושיים הופכת חשובה יותר ויותר. מאמר זה נותן מבוא קצר ללמידת משימות אינטראקטיבית שבה בני אדם יכולים ללמד סוכנים פיזיים משימות חדשות באמצעות תקשורת בשפה טבעית והדגמת פעולות. המאמר דן באתגרים מחקריים והזדמנויות בתחום של למידת שפה באמצעות תקשורת, שהם קריטיים בתהליך זה. עוד מודגשת כאן החשיבות של ידע משותף, וביסוס שפה, תפיסה ופעולה.

כותבי המאמר מתמקדים בפיתוח רעיון עתידי שבו אדם יוכל לתקשר עם סוכן. לדוגמא אדם יוכל לרכוש או לשכור עוזר רובוט לביתו. רובוט זה מגיע עם ידע מתוכנת מראש ומיומנויות מוכנות מראש. עם זאת הרובוט לא יודע שום דבר על בית הלקוח, ואין כמות גדולה של נתונים זמינים לגבי הצרכים הספציפיים של הלקוח. ולא ניתן לחכות שהרובוט יחקור את הבית בעצמו (ובוודאי לא נרצה להסתכן בבלגן או בהרס שאולי יביא לבית..). אז הפתרון האידיאלי הוא ללמד את הרובוט את הסביבה החדשה, ואת המשימות כאילו אנו מלמדים עוזר אנושי.

ככל שבינה מלאכותית מתחילה להיכנס לחיי היומיום שלנו, חשוב עבור משתמשי קצה שאינם מומחים בטכנולוגיה, להיות מסוגלים ללמד סוכנים מלאכותיים ידע חדש ומיומנויות. כיצד ניתן לאפשר תקשורת טבעית בין בני אדם לסוכנים מלאכותיים ולעודד את הסוכנים לרכוש ידע חדש באמצעות תקשורת עם בני אדם?

מה הפתרון שהמאמר מציע?

בשנים האחרונות ישנה כמות הולכת וגדלה של עבודה אודות לימוד רובוטים משימות חדשות באמצעות הדגמה והדרכה. עבודות אחרונות בחנו גם את השימוש בשפה טבעית ודיאלוג כדי ללמד רובוטים פעולות חדשות.

בנוסף בוצעה תקשורת באמצעות שפה טבעית והדגמת פעולות על מנת ללמד רובוטים משימות חדשות. מאמר זה נותן הקדמה קצרה למאמץ מחקרי זה ודן באתגרי המחקר ובהזדמנויות שהוא נותן.

המאמר דן בתחום מחקר חדש על למידת משימות אינטראקטיבית (ITL). 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 הסוכן A, העולם של A, וסוכנים אחרים בעולם". במאמר זה, אנו דנים בצורה ספציפית של ITL - לימוד משימות תקשורת, שבה בני אדם יכולים ללמד סוכנים מובנים (למשל, רובוטים) בעולם פיזי משותף באמצעות תקשורת שפה והדגמת פעולה. בתקשורת שפה עם סוכנים פיזיים, יש שני סוגים של בסיסים חיוניים:

- **בסיס סמנטי** מתייחס לתהליך שבו סמנטיקה של השפה מעוגנת בייצוגים הפנימיים של הסוכן בתפיסתו את העולם ובפעולתו על העולם. הבסיס הסמנטי מתייחס לכך שמשמעותם של סמלים צריכה להיות קשורה לחווית החישה המוטורית של העולם הפיזי. לרעיון זה יש משמעות מיוחדת בתקשורת 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).

- **בסיס תקשורתי** הוא תהליך שבו שותפים לתקשורת יכולים להגיע לבסיס משותף - ידע מוסכם הדדית, אמונות והנחות. בסיס תקשורתי הוא חיוני כדי להשיג מטרות תקשורת משותפות. בתקשורת בין אנשים, מה שמאפשר לנו להבין זה את זה תלוי בבסיס משותף ובכוונה משותפת. ידוע היטב 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, מסכנים באופן משמעותי את הבסיס התקשורתי המשותף בין בני אדם לסוכנים, מה שהופך את התקשורת בשפה לקשה. כאשר הבסיס המשותף חסר, המוטיבציה המשותפת תאפשר לשותפים לשתף פעולה ולחתור ליצירת בסיס משותף.

מחקרים בבלשנות הראו שניתן לחלק פעלים קונקרטיים של פעולות לשתי קטגוריות של פעלים: **פעלים של אופן הביצוע** (למשל: צחוק, ריצה, שחייה), ו**פעלים של תוצאה** (למשל: ריק, קוצצים, לפתוח, להיכנס). בעוד פעלים של אופן ביצוע ממלאים תפקיד חשוב בלמידה של משימות תקשורתיות, העבודה הנוכחית שלנו התמקדה בפעלים של תוצאה, במיוחד מידול סיבתיות - השפעות על העולם בהנתן פעולות מתאימות.

הידע הסיבתי הפיזי מיוצג על ידי מיפוי בין פעולה לתוצאה. באופן סמלי, פעולה מוגדרת כצמד "פועל - שם עצם" שבו פועל - הוא פועל תוצאה קונקרטי ושם - הוא שם עצם קונקרטי המשמש כמושא פעולה ישיר של הפועל. תוצאה יכולה להיות מיוצגת בדרכים שונות, למשל, היא יכולה להיות פשוטה כמו שינוי המצב הנגרם על ידי פעולה ישירה על אובייקט. ניתן גם לתאר תוצאה ע"י תיאורי שפה, ביטויים, או חישוב פרידקטים המפרט את ההיבטים של העולם שהשתנה. הצגת תוצאות שונות ניתנת לשימוש במשימות שונות.

"פעולה-השפעה"

בהינתן צמד של "פועל-שם עצם" בהוראה שמגיעה משפה, הציפייה לשינוי פוטנציאלי בעולם הפיזי תאפשר לסוכן להבין טוב יותר את הסביבה. לדוגמה, כאשר מלמדים רובוט, מורה אנושי יכול שלא לתאר בצורה מפורשת את כל הצעדים הנדרשים. בעוד ההוראה בשפה היא "להוסיף את התותים לתוך הבלנדר", אבל האדם מדגים זאת קודם על-ידי פתיחת מכסה הבלנדר ואז שם את התותים לתוך הבלנדר. כאשר מתבוננים בהדגמה כזו, הרובוט צריך באופן אידיאלי להיות מסוגל להסיק כי "להוסיף את התותים" מגיע אחרי השלב של "לפתוח את הבלנדר", למרות ששלב זה לא נאמר בצורה מפורשת על ידי האדם. כמו שלמידה חברתית משחקת תפקיד מרכזי ברכישת שפה של ילד, החוקרים פיתחו מסגרת למידה אינטראקטיבית שבה הסוכן יכול לרכוש סמנטיקה של פועל ע"י עקיבה אחר ההוראות של המורה האנושי צעד אחר צעד. בסיום ההוראה, לאחר שחווה רצף של שינויים בסביבה, הרובוט יחבר את שינויי המצבים עם הפועל החדש. למשל החיבור של הפועל "מילוי" עם שמות העצם "כוס, מים" לכדי הצמד "מילוי - כוס, מים".

שיפורים מעבודות קודמות:

העבודות הקודמות הראו כי, עבור קבוצה של פעלים נפוצים, תפקיד המכשיר כמעט אף פעם לא צוין במפורש בשפה (לדוגמה, תפקיד הסכין לחתוך), אבל ניתן להסיק זאת מן התפיסה. עבור פעלים כמו "לקחת", המקור (שממנו נלקחים הדברים) סביר שלא יצוין והיעד (שהדברים נלקחים אליו) כמעט אף פעם לא נאמר במפורש. אף על פי כן, תפקידים סמויים אלה הם מרכיבים חשובים של פעולה. לכן, היכולת לבסס לא רק תפקידים מפורשים, אלא גם תפקידים שמשתמעים מן הנאמר היא חיונית על מנת שהרובוט יבין לגמרי את ההרכב של הפעולה ויוכל לבצע אותה. בנוסף, העבודות האחרונות יישמו מודלים של למידה עמוקה כדי למפות באופן ישיר הוראות בשפה ותצפיות חזותיות לפעולות או לייצוג פעולה. גישות אלה דורשות כמות גדולה של training data אשר עשויים שלא

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

קישור בין פעלים למערכת המתוכננת ועם היכולת להסביר את הייצוגים הפנימיים של הרובוט ואת קבלת ההחלטות שלו, הופכות להיות חשובות. עבודות אחרונות חקרו את המבנה של הלמידה אודות העולם מתוך קטעי וידאו וסימולציות. עם זאת, למעט כמה עבודות שמסתכלות על התכונות המבניות של פעלים, כמעט ולא נחקר הנושא של איך פעלים והפעולות המתבצעות בהתאם משפיעות על מצב העולם הפיזי.

מה העבודה שנשארה לעתיד?

ישנם אתגרים מחקרניים רבים נוספים בתחום זה, החל בחשיבה השכלתית, רכישת ידע ושיתוף, אינטלגנציה מלאכותית שניתנת להסבר, לשיתוף פעולה בין אדם לסוכן. ועוד הרבה בעיות עדיין לא התגלו. בהינתן ההתקדמות האחרונה בשפה, בראיה, ברובוטיקה, במודלים קוגניטיביים, בלמידת מכונה, ובדיסציפלינות רבות אחרות, מעולם לא היה זה זמן טוב יותר לחקור את השטח המרגש, הרב-תחומי ושעדיין לא נחקר לעומק.

דעתי על המאמר:

המאמר דן בנושא מאוד עכשווי ומעניין, אך עם זאת הרגשתי שהוא מכיל המון הקדמות ותיאורים שונים של הבעיה ואין דיון מעמיק מספיק בנוגע לפתרון.