

**0**

**AI-MONG US**

**פרויקט סיום - קורס בינה מלאכותית (67842)**

**תוכן עניינים**

שער.............................................................................................1

תוכן עניינים...................................................................................2

מטרת הפרויקט + הקדמה..............................................................3

הצגת המשחק................................................................................4

תיאור הבעיה..................................................................................5

דרכי פיתרון...................................................................................8

דרכי מימוש....................................................................................13

תוצאות.........................................................................................14

מסקנות ודיון...................................................................................19

השלכות ויעדים לעתיד........................................................................21

סיכום חווית העבודה על הפרויקט....................................................23

הרצת התוכנית...............................................................................24

ביבליוגרפיה וחומרי עזר..................................................................26

נספחים.........................................................................................27

**מטרת הפרויקט + הקדמה**

* **הכי חשוב- במהלך התיק העבודה השתמשנו בשמות השונים של crew\crewmate\חבר צוות הם כולם שקולים, כנ"ל לגבי "מתחזה"\"שקרן"\"רוצח"\impostor שגם מייצגים אותו דבר, ושניהם מייצגים את 2 התפקידים האפשריים במשחק.**
* **מטרת הפרויקט הינה לגלות האם ניתן לפתור משחקים בעלי אלמנטים פסיכולוגיים\סוציולוגיים באמצעות כלי AI.**
* **בפרוייקט נתמקד בדרכי פיתרון של imperfect information games \incomplete information games** [**(1)**](https://web.stanford.edu/~jdlevin/Econ%20203/Bayesian.pdf) **(** מפה והלאה נשלב היפר לינקים להרחבת המידע **), זהו מצב משחק שבו לא לכל השחקנים יש אותו ידע על המשחק, ולכן הם פועלים בתנאי אי וודאות ולכן שיטות קלאסיות עבור משחקים כנגד יריב כמו alpha beta agent או nash equilibrium שלמדנו בקורס פחות רלוונטיות בקורס, מכיוון שהמידע שאנחנו מחזיקים עבור המשחק הוא שונה מהמידע שהיריב שלנו מחזיק עבור המשחק, ואלו בעיות שיותר קרובות לפתרון בעיות מהחיים האמיתיים.**
* **דוג' מאוד מוכרת למשחק כזה הוא פוקר, שהייתה בעיה קשה לפתרון במשך הרבה שנים, ורק בשנים האחרונות הצליחו למצוא לה פיתרון** [**(2)**](https://www.nature.com/articles/d41586-019-02156-9)**, פתרון שמנצח באחוזים גבוהים מאוד שחקנים מן הטופ העולמי, אך גם הוא אינו מושלם ולא מנצח ב100%.**
* **המשחק שאותו נבחר לשחק יהיה מסוג של Social deduction game** [**(3)**](https://en.wikipedia.org/wiki/Social_deduction_game)**, זהו משחק שבו השחקנים מנסים לגלות את ה"תפקיד החבוי" של השחקנים האחרים ולשם כך הם משתמשים בהסקה לוגית ובנתונים שצברו לאורך המשחק.**
* **מצאנו ניסיון למימוש סוג כזה של משחקים של חוקים מMIT** [**(4)**](https://news.mit.edu/2019/deeprole-ai-beat-humans-role-games-1120)**, שפתרו את המשחק "** **“The Resistance: Avalon.”, ונעזרנו בעקרונותיו לפתור את המשחק שלנו.**
* **אנחנו במהלך הפרוייקט ננסה לפתור את המשחק AMONG US ובאמצעותו נסיק את התובנות הכלליות שלנו להאם ניתן לפתור משחקים בעלי אלמנטים פסיכולוגיים\סוציולוגיים באמצעות כלי AI.**

**הצגת המשחק**

**AMONG US הוא Social deduction game מקוון בו יכולים לשחק במקביל בין 5 שחקנים ל-12 שחקנים, המשמשים כחברי צוות(CREW), ומתוכם בין 1 לבין 3 שחקנים מסומנים כ"רוצחים"\"מתחזים"(IMPOSTORS). שחקנים אלו נבחרים באופן אקראי בתחילת כל משחק. על חברי הצוות להשלים משימות ברחבי המפה בצורה של "משחקונים" פשוטים הנמשכים מס' שניות. המתחזים יודעים גם הם את רשימת המשימות, והם רוצים לזייף את ביצוען, אם שחקן נהרג או מודח מהמשחק, הוא אינו יכול לזוז או להצביע יותר. ה"רוצחים" בניגוד ל"חברי הצוות" יש**[**שדה ראייה**](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A9%D7%93%D7%94_%D7%A8%D7%90%D7%99%D7%99%D7%94)**משופר שמאפשר להם לראות יותר טוב מחברי הצוות את מצב המשחק.**

**חברי הצוות יכולים לנצח אם הם מסיימים את כל המשימות לפני שנרצחו מספיק חברי צוות, או על ידי איתור והוצאת המתחזים מהמפה דרך הצבעות.**

**מטרתם של הרוצחים היא לרצוח את חברי הצוות כשהרוצחים נמצאים בקרבה מסוימת לחבר צוות ("טווח רציחה") הם יכולים להרוג אותו.**

**כדי שהמתחזים יזכו, עליהם להרוג מספיק חברי צוות כך שמספר המתחזים ישווה למספר חברי הצוות, או כאשר מסתיימת הספירה לאחור של משימת החבלה.**

**אם שחקן מוצא גופה של אדם שנרצח, הוא יכול לדווח על כך, דבר שיוביל למפגש קבוצתי שבו כל שאר המשחקים נעצרים והשחקנים מנסים לזהות את המתחזים, בהתבסס על ראיות ועל ה**[**אליבי**](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%9C%D7%99%D7%91%D7%99)**של כל שחקן, ולעיתים גם על ידי בחינת**[**זירת הרצח**](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%96%D7%99%D7%A8%D7%AA_%D7%A2%D7%91%D7%99%D7%A8%D7%94)**. אם מגיעים להצבעה בה מתגבש רוב נגד אחד השחקנים, השחקן הנבחר מודח מהמפה ושחקנים רשאים גם ליזום "פגישת חירום" על ידי לחיצה על**[**כפתור**](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9B%D7%A4%D7%AA%D7%95%D7%A8)**בחדר שנמצא במקום מסוים במפת המשחק בכל עת.**

**תיאור הבעיה**

* **הבעיה אותה אנו מנסים לפתור במהלך הפרויקט היא ניצחון במשחק AMONG US תוך כדי בחירת הפעולות הנכונות ולבצע את המסקנות הנכונות על אף החוסר הוודאות ובכך שלא תמיד קיימת ה"החלטה הנכונה" בכל משחק מכיוון שהרבה מידע לא תמיד ידוע לאותו שחקן מסוים והוא נע רבות בחוסר וודאות.**

**קלט הבעיה הגדולה**

* **כמות crew וimpostor בתחילת המשחק.**
* **מפת המשחק עם מיקומי החומות ומיקומי המשימות של המפה (תתקבל כJSON להרצת התוכנית).**

**-----**

* **במהלך המשחק נלמד גם את הIMPOSTORים\"המתחזים" לנצח וגם את הCREW("חברי צוות"), כל צד לנצח את השני.**
* **למעשה יש לנו בעיה גדולה של ניצחון במשחק ונפרק אותה לתתי-בעיות כך שמטרת האלגוריתם שנבנה תהיה כל צעד במהלך המשחק לדעת לבחור את הצעד הנכון, בין אם זה הצעד הפיזי לעשות, בחירת המהלך הנכון(לעשות משימות, לרצוח וכד') ולבסוף לבצע את הסקת המסקנות המתאימה ולהצביע בהתאם.**
* **המטרה היא לבצע את ההחלטות הנכונות כל פעם, בראייה לבחירה במהלכים שיובילו אותנו לניצחון במשחק.**

**קלט תתי הבעיות**

**הסוכן שלנו יבחר את המהלך הנכון בעזרת הobservations כלומר התצפיות והמידע שהוא צובר לאורך המשחק(דבר שמימשנו כחלק ממימוש המשחק) וישתמש באמצעי בינה מלאכותית ולמידה של מקרי עבר כדי לבחור את הצעד הנכון בהתאם למה שהוא יודע באותו רגע(הסבר על כיצד הוא יעשה זאת יפורט בהמשך תיק העבודה).**

**להלן הפרמטרים אשר יחזיק הסוכן ובעזרתם יקבל את ההחלטה:**

**עבור CREW**

* **מיקום השחקן(קואורדינטה)**
* **צבע השחקן**
* **כמה זמן עבר מתחילת המשחק**
* **כמה משימות נשאר לבצע**
* **אילו משימות נשארו**
* **מס' הסיבוב הנוכחי**
* **המספר של סוכנים שאני רואה כרגע**
* **הזמן שנשאר עד שניתן לקרוא לשולחן(ניתן לבצע call meeting מתוך השולחן רק כעבור פרק זמן מסוים)**
* **מס' הקריאות לשולחן שאני עוד יכול לבצע(מס' הקריאות לcall meeting באמצעות קרבה לשולחן הוא מוגבל)**
* **כמה זמן עבר מתחילת הסיבוב.**
* **עבור כל סוכן את המיקום האחרון שראיתי אותו(קואורדינטה)**
* **עבור כל סוכן את הזמן האחרון שראיתי אותו**
* **עבור כל סוכן כמה משימות שונות ראיתי אותו עושה**
* **עבור כל סוכן אילו משימות ראיתי אותו עושה**
* **עבור כל סוכן האם ראיתי אותו רוצח**
* **עבור כל סוכן האם הוא מת**
* **עבור כל סיבוב מי מת בסיבוב הזה**
* **עבור כל סיבוב מי הודח בסיבוב הזה(מי שקיבל הכי הרבה הצבעות)**
* **עבור כל סיבוב איזו גופה דווחה באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי השתמש בשולחן באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב איזו גופה דווחה באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב מיקום הגופה שדווחה באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי רצח (לפי המדווח) באותו סיבוב**

**סה"כ 23 פרמטרים.**

**עבור IMPOSTOR**

* **מיקום השחקן(קואורדינטה)**
* **צבע השחקן**
* **כמה זמן עבר מתחילת המשחק**
* **מס' הסיבוב הנוכחי**
* **המספר של סוכנים שאני רואה כרגע**
* **הזמן שנשאר עד שניתן לקרוא לשולחן(ניתן לבצע call meeting מתוך השולחן רק כעבור פרק זמן מסוים)**
* **מס' הקריאות לשולחן שאני עוד יכול לבצע(מס' הקריאות לcall meeting באמצעות קרבה לשולחן הוא מוגבל)**
* **מה הkill\_cool\_down שלי(עוד כמה זמן אני יכול לרצוח שוב)**
* **זמן שזייפתי ביצוע משימות**
* **המשימות שזייפתי ביצוע שלהן.**
* **כמה זמן עבר מתחילת הסיבוב.**
* **עבור כל סוכן את המיקום האחרון שראיתי אותו(קואורדינטה)**
* **עבור כל סוכן את הזמן האחרון שראיתי אותו**
* **עבור כל סוכן כמה משימות שונות ראיתי אותו עושה**
* **עבור כל סוכן אילו משימות ראיתי אותו עושה**
* **עבור כל סוכן על ידי מי הוא נראה נרצח**
* **עבור כל סוכן האם הוא מת**
* **עבור כל סוכן האם הוא impostor**
* **עבור כל סיבוב מי מת בסיבוב הזה**
* **עבור כל סיבוב מי הודח בסיבוב הזה(מי שקיבל הכי הרבה הצבעות)**
* **עבור כל סיבוב איזו גופה דווחה באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי השתמש בשולחן באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב איזו גופה דווחה באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב מיקום הגופה שדווחה באותו סיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי רצח (לפי המדווח) באותו סיבוב**

**סה"כ 25 פרמטרים.**

*בנספח א' (*[*היפר-קישור*](#כמותמצביםאפשרים)*) מפורט הדרך לחישוב של כמות הקומבינציות האפשריות, זהו מס' עצום של 10 בחזקת 274 כבערך, וזה כמות מצבים אפשרית שלא ניתן לתת לבן אדם להתייחס לכל אחת מהם ולצורך כך נצטרך להחזיק רשת שלמה שתדע לתת מענה לכל הצבת פרמטרים אפשרית.*

**דרכי הפיתרון**

הקדמה

* **AMONG US הוא אחד מן המשחקים הכי פופולריים בשנה האחרונה, עם זאת לאחר חיפוש מעמיק לא מצאנו לו פיתרון באמצעות AI שמתיימר לנסות לפתור את המשחק, ככל הנראה בשל המורכבות שבכך, ולכן המשימה שלנו הייתה ראשונית ולא היה ברור אם בכלל היה ניתן לפתור זאת.**
* **מה שהיה ידוע לנו הוא בעיקר השראה מפרויקטים דומים שנעשו בנושא של social deduction games (הסבר בהקדמה) , ידענו שעלינו להשתמש באלגוריתם למידה כלשהו שילמד את הסוכן תוך כדי שימוש במבנה מידע מוקדם, כך שלסוכן יהיה גורם התחלתי ללמוד ממנו.**
* **עם זאת לא ידענו מהי הדרך הלמידה הנכונה מתוך דרכי הלמידה הרבות שלמדנו בקורס, כמו supervise learning , Q-learning ועוד..**
* **ולכן השאלה עבורנו בפרוייקט הייתה האם בכלל ניתן לפתור את הבעיה ואם כן אז כיצד.**
* **בחרנו ללכת על שימוש ב probabilistic graphical model מכיוון שpgm חוזה על סמך חישוב של הסתברות מותנית( נוסחת "בייס") ומפני שamong US הוא משחק דדוקציה אז הדרך הנכונה ביותר לכתיבת ערך לפעולה הוא על ידי חיזוי השלכותיה בעזרת חישוב ההסתברות המותנית בהינתן הידע הנוכחי של הסוכן. תוך השראה ממחקרי עבר אחרים בנושאי דומים(שהרחבנו עליהם בהקדמה) שראינו שגם בהם הלוגיקה של המשחק נבנה ע"י עץ הסתברויות. בחרנו לממש את הpgm באמצעות Bayesian network**
* **זוהי גישה שברוב המקרים אמורה לתת חישוב מדויק ואמין יותר, עם זאת היא גישה שלא משתמשים בה הרבה לפתרון משחקים עם הרבה מידע, מה שהופך את השימוש או יותר נכון להאם נוכל להשתמש בה לפתרון בה זו למעניין יותר.**
* **עם זאת ישנם מס' חסרונות לרשת הבייזאנית, בעיקר בשל העובדה שלא קיימות ספריות רבות למימושה, ובנוסף מדובר ברשת שמבצעת חישובים רבים הרבה יותר והיא כבדה יותר להרצה.(הרחבה על רשתות בייזיאניות נמצאת בהמשך התיק עבודה כחלק מ"חומרים מומלצים לקריאה").**
* **בנוסף על מנת לייעל את תהליך הלמידה של הסוכנים, וגם פה בעקבות השראה ממחקרי עבר בנושאים דומים(ובנוסף הדרכה מיוני המתרגל להשתמש בfuzzy logic) , היינו צריכים להשתמש בעץ החלטה ראשוני המבוסס על ידע מוקדם (באינטרנט מצאנו מס' שמות לדברים דומים לכך כגון expert knowledge או deduction reasoning) ואנחנו בפרויקט נשתמש בסגנון עץ שלנו שאנו פיתחנו שמבוסס על חלוקה למקרים ונתינת הסתברויות לבחירת פעולה לכל מצב.**
* **העצים יהוו סוכני "למידה" עבור הpgm, מכיוון שהם יהיו שחקנים "חכמים" במידה מסוימת, בעלי הבנה בסיסית(לפחות) של המשחק, שבעזרתם הpgm ילמד לשחק מול רמה גבוהה יותר והוא עצמו אמור להתעלות עליהם ולהוות שחקן "חכם" יותר.**
* **חשוב להדגיש כי כלים אלו ברובם הם לא כלים שלמדנו בקורס, הם אכן כלים שמבוססים הנושאים בחיפוש, ייצוג ידע ,למידה ותיאוריית המשחקים שלמדנו בקורס, אך מכיוון שהכלים שלמדנו בקורס בלבד אינם מספיקים לפתור את הבעיה שלנו, את השיטות המצוינות למעלה למדנו בעצמנו בעזרת מחקר באינטרנט.**
* **בנוסף מימשנו בדרך יותר סטנדרטית של למידה רשת נוירונים כפי שכבר למדנו בקורס על מנת להשוות את יעילותה וביצועיה מול הרשת בייזיאנית (הpgm), תוך הערכה שרשת נוירונים תהיה פשוטה יותר למימוש אך פחות תתאים לבעיה הנ"ל ותביא תוצאות פחות מספקות.**
* **(מדובר בנושא שהוספנו לפי הבנתנו ללא התייעצות בסגל הקורס ולכן נשמח אם זה ייקח כעירבון מוגבל),תהליך הלמידה העיקרי של הסוכנים אמורים להתבצע כאשר לאחר למידה מול עצי ההחלטה, הם ישחקו אחד כנגד השני , וכך ישתפרו ביצועיו גם של הסוכן של הcrew וגם של הסוכן של impostor . לפי מה שקראנו באינטרנט זהו למעשה תהליך של multi agent system , שבו לא נגענו בקורס, והוא למעשה מתאר כיצד סוכנים יכולים ללמוד אחד באמצעות השני, לדוג' במשחק הנ"ל הimpostor יכולים ללמוד לתת דיווחים מסוימים בעקבות הבנה של מה גורם לcrew להצביע בצורה מסוימת ובעקבות כך הcrew יכולים ללמוד לדעת להתייחס בצורה שונה לדיווחים שמתבצעים במהלך ההצבעה.**
* **החזון המרכזי לכך וההבנה ביתרון המשמעותי שהדבר יכול לתרום ללמידה של הסוכנים שלנו ,מבוסס על הסרטון** [**הנ"ל**](https://www.youtube.com/watch?v=kopoLzvh5jY&t=18s) **, שגם מפורט ב"חומרים מומלצים לקריאה" ומתאר שילוב בסביבה מרובת סוכנים במשחק אחר, ממליצים מאוד לצפות בסרטון, לדעתנו הוא נותן אינטואיציה מאוד חזקה למה שניסינו לעשות.**
* **Among us הוא משחק שמכיל המון פרטים, יש המון פרמטרים לשקלל ולהתייחס אליהם במשחק על מנת לקבל תוצאות מקסימליות, בפיתרון שלנו התעמקנו מאוד בפרטים הקטנים של התרגיל, מה שדרש זמן, התעסקות והחזקת כמות מידע גדולה מאוד על המשחק(כפי שכבר פירטנו מקודם), אז זו לדעתנו הדרך הכי טובה לקבל תוצאות מיטביות שבאמת ידמו חשיבה של אדם אמיתי במשחק ויתנו מקום לכל אספקטי המשחק בצורה מרבית. לדוג' ירידה להתייחסות של לא רק האם מצאנו גופה, אלא איפה מצאנו, מי הגופה, וקרבת כל אדם אליה או לדוג' התייחסות ממש להיכן ומה עושה כל שחקן במהלך הסיבוב, היכן הוא נמצא, מתי הוא נמצא וכד'.**
* **לסיכום, נשתמש בעצי החלטה על מנת לתת אימון ראשוני לסוכנים הלומדים שניצור אשר אמורים ללמוד באמצעות חישוב הסתברויות למאורעות בהתאם למצבים לבחור במצב הנכון ובהמשך יילמדו באמצעות משחק אחד נגד השני.**

הסוכן הרנדומלי והתאמתו לבעיה

* **לצורך בדיקה ראשונית של המשחק, ובעיקר בשביל לקבל פרספקטיבה חזקה לכמה הסוכנים שמבוססים על עצי החלטה והסוכנים הלומדים הם אכן מספיק "חכמים" ומבצעים החלטות נכונות שיותר טוב מההחלטות הרנדומליות.**
* **הסוכן הוא רנדומלי לחלוטין ומבצע בחירה מתוך רשימת המהלכים שלו באופן אקראי לחלוטין.**

עץ ההחלטה עם הידע המוקדם והתאמתו לבעיה

* **לצורך ייעול ושיפור תהליך הלמידה כדי שהסוכנים ילמדו מול שחקנים מורכבים יותר ולא רנדומליים לחלוטין, וגם על מנת שיהיה לנו גורם שיהווה שחקן ברמה מתקדמת יותר שנוכל לבדוק את מולו את רמתו ויכולותיו של הסוכן הלומד שלנו, יצרנו עצי החלטה מובנים מראש שמבוססים על ידע מוקדם של המשחק. השחקנים האלו יודעים מה לעשות בכל מקרה, ולמעשה הם מהווים באופן די מרשים התנהגות מלאכותית שמייצגת את הידע האנושי במשחק ובכך תיתן בהמשך יתרון לסוכנים הלומדים שאמורים להתעלות ביכולותיהם על יכולותיהם של שחקנים אמיתיים.**
* **בחירת הפעולה בכל מצב מיוצגת למעשה ע"י התפלגות מסוימת שנותנת לנו הסתברות כלשהי לביצוע כל משימה אפשרית(ומומלצת) במצב זה, ובאופן רנדומלי השחקן בוחר מה אכן לעשות במצב זה. אנחנו מייצגים כך את אפשריות הבחירה למצבים על מנת קודם כל ליצור שחקן שהוא אינו צפוי בתגובותיו(בדיוק כמו שחקן אמיתי), ובעיקר על מנת לפעול כמו stochastic hill climbing שלמדנו עליו בקורס, שלעיתים בוחר בפעולות הלא נראות הכי "יעילות" או "חכמות" וזאת על מנת לפתוח את עצמו לדרכי פיתרון נוספות ולהכיר מצבים נוספים על הלוח. עשינו זאת במטרה שהסוכנים שלנו לא יהיו מקובעים ויפעלו כל פעם באותו דרך, אלא ילמדו מצבים חדשים ואולי יבינו שאלו דווקא הדרכים היותר טובות לבחור בהן.(לדוג' נתנו 94% "בלבד" לבחירה של מי שהואשם ברצח עבור כאלו שלא ראו אותו רצח, וזאת על מנת לא ליצור מצב מוחלט שבו שאר הcrew מצביעים על "עיוור" יחד עם כל דיווח אלא בוחנים את האופציה גם לא להאמין לזה).**
* **ההחלטה תתקבל על בסיס כך שבכל מצב, כלומר כל סיבוב של המשחק שבו הסוכן נמצא במקום כלשהו ועליו לבצע החלטה כיצד לזוז\מה לעשות כעת, הסוכן מחזיק את כל המידע הדרוש (פרמטרי המשחק-הobservations), ולפיו "ינווט" בהחלטתו להתפלגות המתאימה על בסיס התנאים המדויקים שבה היא עומדת, למשל לפי כמות ה"המתחזים" ו"חברי הצוות" שבטווח ראייה באותו זמן והוא יפעל בהתאם, הפעולה תיוצג באמצעות בחירה תזוזה(ימינה, שמאלה, למעלה, למטה) או באמצעות בחירה מעשה (רצח, קריאה לגופה, קריאת פגישה, ביצוע משימה).**
* **המידע שהכנסנו לתוך עץ ההחלטה מבוסס על ההיכרות והניסיון שלנו מהמשחק, שיחקנו בעבר כמות רבה של משחקים וכמה שיחקנו עוד במיוחד לצורך הפרויקט ולמעשה צברנו "מוסכמות" ודרכי פעולה למצבי המשחק, דרכים שברובן הן די טריוויאליות, אבל חלקן אינן טריוויאליות( כמו לא תמיד להאמין לדיווחי בעת הצבעה או לדעת כיצד להצביע בתור impostor) ולדעתנו מדובר למעשה בשחקנים מספיק טובים ומנוסים, שעצם המשחק נגדם ולנצח אותם הוא קשה ודורש הבנה גבוהה של המשחק, ניתן לומר למעשה שמכיוון שהעצים האלו מייצגים את דרכי ההחלטה שלנו השחקנים, שמבוסס על הניסיון שלנו ומוסכמות משחק וטיפים שקראנו באינטרנט, ניצחון כנגדם שקול לנצח שחקנים אמיתיים ומנוסים.**
* **העצים יצרנו יודעים לתת מענה לכל מצב במשחק וידעו לתת החלטה (שברוב המקרים תהיה רציונלית והמיטבית לאותו מקרה) לכל מצב במשחק, וכמו שתיארנו כבר קודם בתיק, מדובר בכמות גדולה מאוד של מצבים וזאת ע"י איחוד מקרים ובנייה מתוכננת בקפידה של העץ.**
* **מכיוון שהדבר דרש מאיתנו חלוקה לתתי עצים רבים, ורצון לא לעשות חלוקה "גסה" מידי למקרים אלה לתת משמעות לכל הפרש קטן בפרמטרים(לדוג' שיהיה הבדל האם ראיתי מישהו לפני 2 ש' או לפני 3 ש'\4ש' - מה שבמשחק יכול להיות הבדל משמעותי בהחלטה האם לחשוד במישהו או לא), לשם כך השתמשנו רבות ב"פונקציות שקלול" שלמעשה מתייחסות למס' פרמטרים רבים, משקללות אותן על בסיס נוסחאות שחשבנו שעל בסיס הידע שלנו אמורות להתאים ובכך מביאה התפלגויות מתאימות למקרים רבים הרבה יותר ומצמצמת משמעותית את העץ עצמו. לדוג' השתמשנו בפונקציה: 5\*כמות המשימות שעשיתי + כמות הזמן שעבר מתחילת הסיבוב, שמתארת מה המהלך העדיף לבחור- לעשות משימות או להסתובב בחדרים בזמן משחק רגיל עבור חבר צוות, כך שלא משנה מה יהיה הערך עבור כל פרמטר, תמיד תתבצע הבחירה ה"נכונה". פונקציות כאלה מייצגות בצורה יותר טובה את המחשבה האנושית, מכיוון שלרוב בראש שחקן עושה שקלול בין פרמטרים ופחות פועל על בסיס החלטות עם בחירה מוגבלת.**
* **לחברי הצוות יש עץ עבורם ולמתחזים יש עץ עבורם, ועצים אלו מחולקים לעצים עיקריים של מצב הצבעה(דיווח מידע ובחירת הצבעה) או מצב משחק רגיל (תזוזה וביצוע פעולות),בחרנו שלא להיכנס לתוכן המדויק של העצים על מנת שלא להלאות בפרטים שקשורים ללוגיקה של המשחק והמחשבה העומדת אחרי כל אחד ואחד מהם, מכיוון שהמטרה של הפרויקט היא לא התעסקות במשחק "אמונג אס" אלא בהאם בעיות דומות הם אפשריות לפתרון באמצעי בינה מלאכותית, בנספח ב' (**[היפר קישור](#עץלוגיקה)**) מתוארים העצים הנ"ל במפורט וגם הסבר לוגי שעומד מאחוריהם.**

PGM- הרשת הבייזאנית והתאמתה לבעיה

* **Pgm זה מודל הסתברותי שמבטא יחס של תלות בין משתנים רנדומליים המשומש בעיקר תיאוריות סטטיסטיות והסתברותיות ובמיוחד להסתברויות בייזיאניות ולמערכות לומדות.**
* **הסיבות לשימוש במודל מפורטות בהקדמה(**[**היפר לינק**](#הסברלPGM)**).**
* **רשת בייזיאנית זהו pgm שמייצג אוסף של משתנים-במקרה שלנו משתנים מקרים בדידים(ולא רציפים) ואת יחסי התלות ביניהם באמצעות גרף לא מעגלי מכוון, מה שבעצם הרשת עושה זה לקחת כל מאורע ולחשב את ההסתברות שלו בהינתן גורמים שונים.**
* **המימוש שלנו של הרשת התבצע ע"י הספריה pgmpy(מה שיתברר בתוצאות כטעות).**
* **סקיצה של הרשת הבייזיאנית שיצרנו מצורפת בנספח ג'(**[**היפר קישור**](#סקיצתרשת)**).**
* **השימוש ברשת מתבצע ע"י הזנת קודקודים של מידע שהשחקן מחזיק במהלך המשחק(הobesrvations) והם מפורטים כ23-25 הפרמטרים ב"תיאור הבעיה", הרשת תחשב באמצעות את סיכוי החדשות עבור כל מתחזה(הרשת של הcrew) ותשקלל את ההסתברויות כדי לקבל הסתברויות למקרי החיזוי הרצויים(שהם ניצחון, לשרוד סיבוב עבור כל סיבוב, להצביע למתחזה עבור כל משימה, לסיים את המשימות -פרמטרים חשובים במשחק שהם סוג של "מטרות ביניים" של השחקן).**
* **את ההסתברות לכל "פרמטר חיזוי" נמשקל (כמו שעשינו במהלך הקורס ליוריסטיקות למיניהן) תוך כדי מחשבה כמה כל פרמטר חשוב ועוזר במטרת העל שהיא ניצחון במשחק ובעזרתם נקבל "ציון" לכל מהלך שיתאר כמה עדיף לנו לעשות אותו.**
* **עבור כל מהלך אפשרי של השחקן בכל צעד נחשב את ה"ציון" הנ"ל ונבחר ללכת במהלך עם ה"ציון" המקסימלי.**
* **את בחירת המשקלים עשינו על בסיס בחירה של מס' אנשים בעלי הבנה המשחק, אנחנו נריץ כל אחד מהם כמות מספקת של סיבובים ולבסוף נבחר את השקלול שמביא את התוצאות הכי טובות ובו נשתמש על מנת להמשיך ללמד את הסוכן.**
* **הרשת הבייזיאנית על אף יתרונותיה שציינו מקודם, היא מאוד כבדה חישובית, ואנחנו ננסה להבין במהלך ההרצה אם בכלל היא אפשרית לכמות המידע שאנו מתעסקים איתו.**
* **בנוסף היתרון נוסף וחשוב של הרשת הבייזיאנית זה שהיא אינטרפטבילית ומניחה אי וודאות ומקלה על החישובים.**

רשת הנוירונים והתאמתה לבעיה

* **רשת נוירונים זהו מודל מתמטי חישובי, ומשמש במסגרת ML.רשת מסוג זה מכילה בדרך כלל מס' רב של יחידות מידע -קלט ופלט המקושרות זו לזו קשרים שעוברים דרך "שכבות חבויות" ומכילה מידע על החוזק והקשר ביניהן.**
* **בקורס למדנו על רשתות נוירונים ככלי חשוב לאלגוריתמי למידה.**
* **למימוש רשת הנוירונים נשתמש בספריה scikit-learn.neural\_network.MLpRegressor**
* **רשת הנוירונים תראה דומה לסקיצת של הרשת בייזיאנית עם התייחסות לכל הפרמטרים שאנחנו מכניסים, אך תכליל פחות קשרים ולדוג' לא תחשב את פרמטרי החיזור עבור "מתחזים"(אלו שמהווים את החשד עבור של הסוכן עבור כל "מתחזה").**
* **השימוש ברשת מתבצע ע"י הזנת קודקודים של מידע שהשחקן מחזיק במהלך המשחק(הobesrvations) והם מפורטים כ23-25 הפרמטרים ב"תיאור הבעיה" ותשקלל את ההסתברויות כדי לקבל ניבוי למקרי החיזוי הרצויים(שהם ניצחון, לשרוד סיבוב עבור כל סיבוב, להצביע למתחזה עבור כל משימה, לסיים את המשימות -פרמטרים חשובים במשחק שהם סוג של "מטרות ביניים" של השחקן).**
* **את ערך הניבוי לכל "פרמטר חיזוי" נמשקל (כמו שעשינו במהלך הקורס ליוריסטיקות למיניהן) תוך כדי מחשבה כמה כל פרמטר חשוב ועוזר במטרת העל שהיא ניצחון במשחק ובעזרתם נקבל "ציון" לכל מהלך שיתאר כמה עדיף לנו לעשות אותו.**
* **עבור כל מהלך אפשרי של השחקן בכל צעד נחשב את ה"ציון" הנ"ל ונבחר ללכת במהלך עם ה"ציון" המקסימלי.**
* **את בחירת המשקלים עשינו על בסיס בחירה של מס' אנשים בעלי הבנה המשחק, אנחנו נריץ כל אחד מהם כמות מספקת של סיבובים ולבסוף נבחר את השקלול שמביא את התוצאות הכי טובות ובו נשתמש על מנת להמשיך ללמד את הסוכן.**
* **בנוסף על מנת להתאים את הערכים שלנו לערכים שהרשת נוירונים יכולה לעבוד איתם, נפעיל על הערכים את הפונקציה SoftMax שתנרמל לנו ערכים כנדרש.**
* **כפי שמפורט בהקדמה, היתרון של הרשת שהיא הרבה יותר מהירה ונגישה חישובית מאשר הרשת הבייזאנית אבל החיסרון הוא שאנו מצפים שיהיה לה תוצאות פחות טובות בשל אופי החישוב שלה שלא מתבסס על הסתברות מותנית כמו שהיינו רוצים.**

**דרכי המימוש**

* **מכיוון שamong us הוא לא משחק עם open source, לא הייתה לנו אפשרות להתממשק עם המשחק בעצמנו ולכן יצרנו בעצמה גרסה של המשחק בפייתון בעצמנו ובנוסף יצרנו לו GUI חזותי באמצעות tkinter.**
* **מימשנו את הפרויקט באמצעות מימוש מחלקות עבור הלוח, הסוכנים, עבור הסוגים השונים של הסוכני AI שלנו, ומחלקה ראשית שמריצה את המשחק.**
* **לצורך הרצת הgpm השתמשנו במחלקה pgmpy ובאמצעותה מימשנו רשת בייזיאנית של המידע ואותה הרצנו על מנת לקבל החלטות.-החלטה שבדיעבד התגלתה כטעות.**
* **אחת הבעיות הגדולות שעלו במימוש הdecision tree הייתה: כיצד נלמד את הסוכנים -גם הcrew וגם הimpostor לנוע על המפה בצורה הגיונית וחכמה בין משימות וחדרים?**

לשם כך השתמשנו בכלי של בינה מלאכותית שלמדנו בקורס והוא A-STAR SEARCH,**מימשנו את המחלקה search שמממשת את אלגוריתם החיפוש a-star על בסיס יוריסטיקה שהיא המרחק "מנהטן" של הנקודה מנקודת היעד, והשתמשנו זאת על מנת למצוא את המסלול היעיל היותר מכל נקודה לנקודה במפה.**

* **מהמסלול הכי קצר הוצאנו כל פעם את הצעד הראשון הנדרש על מנת להגיע לנקודה הראשון במסלול אליו(ע"י פונקציית עזר) ושמרנו את המידע הנ"ל במילוני עזר.**
* **הייעוד של נקודות ישמשו אותנו ללמד את הסוכנים ללכת בין משימות או בין חדרים בצורה יעילה והגיונית שמהווה דמיון לאיך ששחקנים אמיתיים זזים על המשחק(הבחירה של לאן ללכת הוא עדיין תלוי החלטה של הסוכן, הכלי שאנחנו הוספנו מיועד להראות לו כיצד להגיע לנקודה זו).**
* **השימוש בחיפוש a-star הוא אינו מטרת הפרויקט ולא משנה את התוצאות הרלוונטיות מבחינת איזה צעד הסוכן בוחר לקחת, עם זאת מדובר בכלי נוסף שלמדנו בקורס של AI שעוזר לנו להגיע לפיתרון בצורה יעילה וחכמה.**
* **את הרשת נוירונים מימשנו באמצעות הספרייה sklearn.neuralnetwork.mlp\_regerssor**
* **מימשנו את הקוד בצורה מודולרית כך שיהיה ניתן להריץ אותו על עד 15 שחקנים ובנוסף שניתן יהיה לעבוד מול סוגים שונים של מפות שמתקבלות בJSON.**
* **את מפת המשחק אנו מימשנו במיוחד בקובץ JSON והיא מבוססת על מפת המשחק הקלאסית.**

**תוצאות**

הרצת הרשת הבייזיאנית ואי-ההצלחה החישובית

* **לאורך כתיבת הפרויקט מימשנו את pgm באמצעות הספריה pgmpy, אך במהלך ריצות ההרצה גילינו למעשה שהספריה מוגבלת למעשה לעד 32 קודקודים בשל אופן המימוש שלה, מה שהפך את השימוש בה ללא רלוונטי לאור כמות הקודקודים הרמה הרבה יותר שתיכננו להשתמש בו. את המימוש שלו כן צירפנו לzip על מנת שניתן יהיה לראות מה ניסינו להריץ בו.**
* **ניסינו להשתמש בספריה אחרת לרשת בייזיאנית בשם pomegranate , פה ניסינו להריץ עם דאטה של 3 קודקודים וכמה מאות דגימות, דבר שלקח מעל לחצי שעה עבור כמות קודקודים שאפילו לא קרובה לכמות הרצויה, וגם שניסינו עם כמות דאטה שיותר קרובה למה שהיינו רוצים בבעיה שלנו, קיבלנו בעיות out of memory וכדומה.**
* **ציפינו כבר מראש שהרצת רשת בייזיאנית תהיה כבדה מאוד חישובית, עם זאת העובדה שלא היה ניתן בכלל להריץ או שזה לקח המון המון זמן(ברמה שהרצה מינימלית של אלפי דגימות כלומר משחקים היה לוקחת הרבה מעבר לזמן הנתון לכל הפרויקט) הייתה אכן מפתיעה ודרשה מאיתנו היערכות מחדש מבחינת המשך הפרויקט.**
* **לאחר מכן גילינו ששימוש ברשת בייזיאנית יכול להיות אפשרי אם עושים התאמה מיוחדת רק בין קודקודים מסוימים בחישוב הרשת, ולא "מחברים" בין כל הקודקודים האפשרית מה שמביא לנו כמות מאוד גבוהה של חיבורים אפשריים בין קודקודים, כלומר קודקודי "משנה".**

**תוצאות לפני הלמידה**

* **הסוכן הרנדומלי והסוכן של עץ ההחלטות הלוגי עם המידע הידוע מראש קבועים.**
* **ולכן קודם נבצע הרצה של משחקים שלהם אחד נגד השני, 100 משחקים לכל סוג משחק (לפי הסוגי סוכנים), בכך נקבל פרספקטיבה של כמה טוב כל סוכן וגם נוכל לקבל סטטיסטיקה כללית של המשחק של אחוזי הניצחונות הכלליים של המתחזים מול חברי הצוות, דבר שיעזור לנו בהמשך בניתוח התוצאות.**
* **להלן התוצאות:**

**כמו שניתן לראות הlogic משמעותית יותר טוב מהrandom ויש נטייה טבעית למתחזים לנצח.**

**תוצאות לאחר למידה**

* **כדי ללמד את רשת הנוירונים התחלנו בלבצע training (אימון\למידה) באמצעות fit ל2 סוגי הסוכנים של רשת הנוירונים(החבר צוות והמתחזה) על רשת הנוירונים בהכנסת מידע של נתונים על משחקי עבר(כמשחקי דוגמה נגד הלוגיקה), תחילת הכנסנו 500 משחקים שמהווים למעשה 500,000 דגימות עבור הסוכן של crewmate ו120,000 עבור הimpostor, עבור כל משחק הרשת קיבלה את כל הפרמטרים והobservations עבור אותו מצחק ולבסוף את הקבוצה שניצחה במהלכו. למידה זו מהווה שלב ראשון של המשחק.**
* **לאחר מכן על מנת לקבל פרספקטיבה טובה של מדד ההצלחה של הסוכנים, הרצנו 100 משחקי ניסיון כדי לבדוק את אחוזי ההצלחה של כל אחד.**
* **בשלב השני ביצעו הכנסה של עוד 500 משחקים, כך שנקבל סך הכל כ1,000,000(!) דגימות עבור הסוכן של crewmate ו240,000 עבור הסוכן של impostor. מה שיהווה לנו כבר כמות די גבוהה של ערכים ובנוסף יתן לנו אינדקציה טובה לגבי תהליך הלמידה של הרשת ולראות כיצד והאם היא משתפרת.**
* **בשלב השני ביצעו הכנסה של עוד 500 משחקים, כך שנקבל סך הכל כ1,000,000(!) דגימות עבור הסוכן של crewmate ו240,000 עבור הסוכן של impostor. מה שיהווה לנו כבר כמות די גבוהה של ערכים ובנוסף יתן לנו אינדקציה טובה לגבי תהליך הלמידה של הרשת ולראות כיצד והאם היא משתפרת.**
* **ולבסוף בשלב השלישי הרצנו עוד 500 משחקים-סך הכל 1500 משחקים, 1,500,000 דגימות עבור crewmate ו360000 עבור הimpostor וכמו בשלב השני נקבל אינדקציה**
* **להלן התוצאות עבור ריצות רק של רשת הנוירונים, והצגת האחוזי הניצחונות שלהם בכל שלב:**
* **בנוסף על מנת לקבל השוואה על כיצד כמות הסוכנים בתוך הcrew משפיעה על התוצאות, שיחקתי משחק של 2 מתחזים רנדומליים נגד 1-7 סוכני crew של רשת הנוירונים והשאר יהיו crew רנדומליים (גם פה 100 משחקים לכל מקרה, החישוב יהיה לאחר השלב השני של הלמידה):**

**ניתן לראות באופן כי סוכן הNeural Network הוא מעט טוב יותר מהסוכן הרנדומלי עם למידה בכמות של השלב השני, ויש השפעה ישירה לכך שככל שיש יותר סוכני NN בcrew ככה הם מנסים בסבירות גבוהה יותר, עם זאת אין הבדל משמעותי במקרים.**

**סיכום התוצאות**

* **קודם כל על מנת לקבל פרספקטיבה יחסית טובה להצלחה של הסוכנים עלינו להתייחס לעובדה כי המשחק עצמו לא שקול ויש יתרון יחסי לאחד הצדדים במשחק, לשם כך ביצענו בדיקה של אותו סוכן לשחק נגד עצמו בתפקידי השונים וגם הכללתי את הסטטיסטיקה הכללית של המשחק עצמו ברשת שמצאתי** [**(7)**](https://gamingonphone.com/news/among-us-stats-show-imposters-having-higher-win-rate-than-crewmates/)**.**

**יש הבדל קל בין המשחק שלנו למשחק הכללי ברשת, אך כנקודת ייחוס להצלחה של סוכן מול סוכן, אשאף ליחס טוב יותר מ70%-30% לטובת הimpostor.**

* **מתקיים כי הlogic מצליח מעבר למצופה והוא משמעותית מנצח את רף ה70-30 נגד הסוכן הרנדומלי מה שהופך אותו באמת לסוכן השוואה טוב עבור רשת הנוירונים.(ניצח ב88%).**
* **גילינו שרשת הנוירונים צריכה כמות גבוהה של דגימות וגם המאות אלפים והמיליונים דגימות(פרמטרים אפשריים) והייתה נראית לנו גבוהה, היא לא באמת כזו גבוהה וצריך עוד יותר דגימות.**
* **אחד הדברים הכי מעניינים ולא צפויים במהלך התוצאות היו עם הלמידה של רשת הנוירונים במשחקי הtesting שלה מול הלוגיקה, שתחילה דווקא יש ירידה מסוימת (8% בלבד בתור crew בשלב השני אחרי שבשלב הראשון היו 20%, אבל אחרי שלב הלמידה השלישי הוא 37%), דבר שלדעתנו נובע מאופי הלמידה של הרשת, שעם הזמן לומדת להיות פחות רנדומלית(שזו נק' המוצא של רשת נוירונים), מה שהופך אותה ליותר צפויה ודומה לסוכן עץ ההחלטות הלוגי יותר ויותר, רק שבהתחלה היא תהיה ברמה הכי נמוכה של משחק לוגי והגיוני, מה שייצור לנו ירידה מסוימת בהתחלה ואז עלייה ברמה בשל העובדה שהוא ילמד להתמודד מול העץ הלוגי(עם הידע המוקדם) כאשר הוא משחק בצורה הגיונית יותר ולאט לאט לומד כך איך לשחק ומשתפר וזה אכן מה שהתחלנו לראות בתוצאות.**
* **התוצאות עצמן לדעתנו הן אכן מכובדות ומצליחות לפצח את המשחק וללמוד אותו בהרצות לא כאלה גדולות של למידה וכמובן שכמו שלמדנו עם עוד מידע יהיה ניתן להגיע לתוצאות אפילו יותר טובות.**

**מסקנות ודיון**

**כעת נענה על בעיית הפרויקט-האם המשחק ניתן לפיתרון באמצעות AI?**

תמונה שמכילה טקסט, אדם, איש, מקורה

התיאור נוצר באופן אוטומטי

* התוצאות של הריצות מעודדות שמסמנות שהמשחק כן ניתן לפיתרון והצלחנו לייצר סוכן לומד שטוב יותר משמעותית מהעץ הרנדומלי וטוב מעץ ההחלטה(שמבוסס על ידע מוקדם) שנתנו לו, גם בתור crew וגם בתור impostor.אלו תוצאות מעודדות שמראות שהמשימה אכן אפשרי ועם זמן משמעותי רב יותר לתת לסוכנים שלנו (הן אלו של הנוירונים והן אלו של הpgm)
* אבל , בכלים החישוביים שיש לנו כרגע לא ניתן לפתור את הפרויקט עם רשת בייזיאנית כמו שרצינו בתחילת הפרויקט.
* כדאי לאמן את רשת הנוירונים גם נגד עץ הלוגיקה(עם הידע המוקדם) וגם נגד העץ הרנדומלי ובהמשך גם נגד הסוכן עצמו(כחלק מניסיון ליצור "סביבה מרובת סוכנים").
* רשת הנוירונים היא יעילה והיא כלי טוב למימוש הבעיה, אבל היא גם דורשת המון מידע וגם עדיין לא מבינה תוצאות אולטימטיביות(ניצחון משמעותי על הlogic) כפי שציפינו מהרשת הבייזיאנית.
* **אז האם היה עדיף רשת בייזיאנית או רשת נוירונים?** הרשת הבייזיאנית היא אכן זו שמתאימה לבעיה, אך לצערנו היא לא התאפשרה חישובית במסגרת מגבלות הפרויקט, הרשת נוירונים פחות מתאימה למקרה הזה אך עם זאת היא מתפקדת בצורה מספקת בזמני ריצה טובים מאוד(תוך שעות סך הכל).

**השלכות ויעדים לעתיד**

* קודם כל לעתיד היינו מייעלים את הקשרים בין הקודקודים ברשת הבייזיאנית(כמו שהוסבר גם ב"דרכי פיתרון") ומנסים למצוא כלים נוספים שבהם כן אפשר להריץ את הרשת הבייזיאנית ובכך להביא(ככל הנראה) תוצאות טובות יותר.
* בשל העובדה שמדובר שמשוחק כנגד שחקנים אמיתיים ולכל אחד יש סגנון משחק שונה, היינו רוצים לנסות ללמד את הסוכן ללמוד לשחק בצורה אופטימלית כנגד כל שחקן מסוים(אנושי) שהוא משחק נגדו תוך התחשבות בפרמטרים הכלליים עבור כל השחקנים אבל גם לפעול באופן שמאופיין כנגד השחקן האנושי וחולשותיו\נטיות המשחק שלו.
* אם היה לנו יותר זמן, היינו רוצים להוסיף את כל הפונקציונליות האפשרית עבור המשחק, ובנוסף מפות משחק שונות ושהסוכן ילמד לפעול גם במצבים הללו מה שישפר את אמינות המשחק ויהפוך אותו לדומה אף יותר למשחק המקורי.
* היינו רוצים באופן כללי להריץ יותר איטרציות במהלך הפרויקט וספציפית בזמן הלמידה "המרובת סוכנים" שבמהלכה הסוכנים לומד אחד כנגד השני, לדעתנו במקרים כאלה יש פוטנציאל שיפור גדול לאלגוריתם.
* בנוסף לאתגר לעתיד, היינו רוצים לנסות להעלות את הגרסה של המשחק לרשת ולתת לאנשים אמיתיים לשחק בה ובעזרתה ללמד עוד את הסוכנים עם דגימות מגוונות ורבות במיוחד שגם יאמנו אותו למשחק מול שחקנים אמיתיים.
* כמו שכבר דיברנו בהקדמה, קיים פיתרון למשחק מאותה קבוצה, הפיתרון ההוא משתמש לפי ([4](https://news.mit.edu/2019/deeprole-ai-beat-humans-role-games-1120)) המאמר בשיטה של counterfactual regret minimization, זוהי שיטה שלומדת לשחק ע"י לשחק כנגד עצמה שוב ושוב , ומשולבת בה תיאוריית הסקה. זו שיטת מעניינת שגם ראינו בפתרון של דברים נוספים כמו סוכן חכם עבור פוקר , והיינו רוצה להשוות את זמני הריצה והביצועים שלה לעומת אלו שלנו.
* אחד הדברים החשובים שהבנו בפרויקט זה החשיבות והביצועים המרשימים של הlogic decision tree שיצרנו שמבוסס ממידע מוקדם, ולדעתנו זה כלי חשוב למימוש בעיות דומות.
* מתוצאות הניסוי שעשינו, פיתרון בעיות כמו among us, עם זאת לא פשוטות חישוביות ויש לזה משמעויות שלפחות עבורנו די מעניינות. אנו חושבים שבינה מלאכותית מסוגלת לנתח ולהתמודד לא רק עם נתונים יבשים ומידע קבוע, אלא גם עם אלמנטים יותר פסיכולוגיים ותלויי בחירה אישית של בני אדם ונטיות שונות שלהם במהלך המשחק או אפילו במהלך המציאות.
* אפילו כאיזה שאלה לעתיד, נתייחס לעובדה שבמהלך המשחק מה שעשינו הוא כל פעם ניתוח חשדות והכרעה של אנשים "חשודים" כלומר בעלי מאפיינים מוסתרים\שביצעו "רצח" במשחק בהתבסס על מידע חלקי\השערות\מידע לא אמין בוודאות ע"י גורמים אחרים ושקלול כלל הגורמים על מנת לקבל החלטה על מה קרה בפועל גם אם הוא לא ידוע לנו באופי סופי(בניגוד לכלי הבינה מלאכותית הקלאסית שיותר עסוקים בשאלה "מה יהיה" או "איך כדאי לפעול כדי שיהיה משהו מסוים"), ואנו משערים והיינו רוצים אף לגלות האם ניתן להשתמש בכלים קודמים כדי לפענח פשעים\חקירות משטרה אחרות.

**סיכום חווית העבודה על הפרויקט**

* מתחילת העבודה שאפנו וחיפשנו רעיון מאתגר שלא רק נוגע בנושאי הקורס או פותר רק משחק סטנדרטי ופשוט, אלא משהו עם משמעויות מעניינות יותר.
* הרעיון של המשחק among us הגיע מכיוון ששיחקנו בו לא מעט בחופשת קיץ בשנה שעברה וגם בעיקר בגלל שמדובר במשחק מורכב שיש בו הרבה אלמנטים לא רק "איך לפעול" אלא מה נחשב טוב ואיך מכמתים בהצלחה בו.
* העבודה על הפרויקט הייתה לא קלה, היינו צריכים ליצור את המשחק מבחינת לוגיקה ומבחינת GUI מאפס, תוך למידה של הכלים הנדרשים לשם כך(tkinter) וגם דרש מאיתנו ללמוד הרבה נושאים חדשים בAI כמו pgm וfuzzy logic על מנת לפתור את המשחק. תהליך יצירת הבסיס למשחק דרש מאיתנו כמות גבוהה של זמן מה שדרש מאיתנו לאורך כל הפרויקט לעבוד במשך השבועות האחרונים מהבוקר עד ערב ביחד בבניין בית הספר על מנת ליצור משחק ולאחר מכן סוכני למידה שיתחשבו לכל הפרטים האפשריים של המשחק על מנת לקבל תוצאות ברורות וחותכות לגבי שאלה הפרויקט(האם ניתן לפתור משחקים עם אלמנטים פסיכולוגיים באמצעות בינה מלאכותית).
* מבחינה אישית הפרויקט הייתה חוויה מאתגרת עם זאת מרתקת ומהנה, זו הייתה התנסות ראשונה לעבוד יחד בפרויקט כקבוצה ולא רק כיחידים או כזוג , יצא לנו לממש בעצמנו עוד מנושאי הקורס ולהתנסות בנושאים חדשים שקשורים לבינה מלאכותית ע"י חקר באינטרנט וגם בזכות עזרה של סגל הקורס והיה סיכום של החוויה המעניינת והמלמדת שלנו לאורך כל הסמסטר בקורס.

**הרצת התוכנית**

*איך מריצים את התוכנית?*

*יש להתקין pip install requirements.txt.*

*הכנו לשם ההרצה קובץ JSON שמכיל מפה קלאסית של המשחק וריצה עם 2 "מתחזים" ו8 "חברי צוות", הרצת המשחק יחסית יש להריץ את הקובץ boardGui.py בלבד.*

*על מנת לבחור איזה סוג סוכן יהיו הcrew(רנדומלי\עץ לוגיקה\רשת נוירונים) ואיזה הimpostorים(רנדומלי\עץ לוגיקה\רשת נוירונים), יש לשנות את הקובץ example.json שנמצא בתיקייה בהתאם, לבחור אם לשים את ה8 crew בnum\_crewmate\_tree או num\_crewmate\_pgm או num\_crewmate\_random ואת 2 המתחזים בnum\_impostors\_tree או num\_ impostors \_pgm או num\_ impostors \_random , זה ייראה באופן הבא:*

תמונה שמכילה טקסט

התיאור נוצר באופן אוטומטי

*אנו ממליצים להריץ עם סוכן מסוג אחד נגד סוכן מסוג שני על מנת לראות את ההבדלים מביניהם.*

*על מנת להריץ דרך מחשבי האוניברסיטה יש להריץ את הפקודה באופן הבא:*

*-"python3 main.py "*

*בנוסף בתוך הקובץ GameRunner.py הוספנו הערות על פרמטר האתחול train של רשת הנוירונים.*

*אם יש בעיה כלשהי, נשמח אם תפנו אלינו.*

*מה רץ ויוצג על הלוח?*

**

*מה שנראה על הלוח יהיה תצוגת GUI של המשחק שרץ, לוח בגודל 25X25 שמייצג את כל תכונות הלוח של המשחק, ריבוע שחור ייצג קיר(שלא ניתן לעבור\לראות דרכו), ריבוע חום ייצג שולחן, ריבוע ירוק בהיר ייצג משימה(כשהשחקנים על המשימה לא יראו אותם), ריבוע לבן ייצג מיקום ריק ושאר הצבעים ייצגו את צבע השחקן שנמצא עליהם, בעת הצבעה לרגע קצר השחקנים חוזרים להיות ליד השולחן.*

*במהלך המשחק יודפס מה קורה בו ולבסוף תודפס סטטיסטיקה של אחוז הנצחנות לכל קבוצה במהלך ההרצה.*

**ביבליוגרפיה וחומרי עזר**

1. ." Games of Incomplete Information" של Jonathan Levin מאוניברסיטת סטנפורד מפברואר 2002.
2. "No limit: AI poker bot is first to bear professionals at multiplayer game", כתבה מ"NATURE" מיולי 2019.
3. הערך בויקיפדיה על " Social deduction game".
4. מאמר מ MIT News מנובמבר 2019.

7. https://gamingonphone.com/news/among-us-stats-show-imposters-having-higher-win-rate-than-crewmates/ מדצמבר 2020

**חומרי עזר מומלצים לקריאה:**

1. <http://www.cim.mcgill.ca/~scott/RIT/researchPaper.html>, Probabilistic Reasoning and Bayesian Networks מאמר של Scott McCloskey משנת 2000.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=kopoLzvh5jY&t=18s> סרטון על multi agent במשחק hide and seek בערוץ היו טיוב של OpenAI.

**נספחים**

נספח א'- כמות פרמטרים אפשרית עבור בחירת צעד

*בכל צעד של שחקן אנחנו קוראים לסוכן שלנו עם כמות של 25 פרמטרים מהobservations ,והוא מבצע שקלול שלהם על מנת לבצע את המהלך הידוע. אצרף פה חישוב משוער של כמות האופציות האפשרית לפרמטרים שמתקבלים, אצרף רשימה של הפרמטרים עבור impostor (עבור crew מדובר בקצת פחות אבל זהה מבחינה אסימפטוטית) ולצד כל אחד מהם את כמות הערכים האפשרות לכל אחד.*

* **מיקום השחקן(קואורדינטה)-400 קואורדינטות פנויות.**
* **צבע השחקן-12 שחקנים.**
* **כמה זמן עבר מתחילת המשחק-מוגבל ל80,000,אין הגבלה על הזמן.**
* **מס' הסיבוב הנוכחי יש עד 10 סיבובים.**
* **המספר של סוכנים שאני רואה כרגע- מקסימום 12.**
* **הזמן שנשאר עד שניתן לקרוא לשולחן(ניתן לבצע call meeting מתוך השולחן רק כעבור פרק זמן מסוים)- 20.**
* **מס' הקריאות לשולחן שאני עוד יכול לבצע(מס' הקריאות לcall meeting באמצעות קרבה לשולחן הוא מוגבל)-עד 5.**
* **מה הkill\_cool\_down שלי(עוד כמה זמן אני יכול לרצוח שוב)-עד 30.**
* **זמן שזייפתי ביצוע משימות-מוגבל ל80,000.**
* **המשימות שזייפתי ביצוע שלהן. מוגבל ל10 משימות.**
* **כמה זמן עבר מתחילת הסיבוב. מוגבל ל80,000.**
* **עבור כל סוכן את המיקום האחרון שראיתי אותו(קואורדינטה) 400 לסוכן.**
* **עבור כל סוכן את הזמן האחרון שראיתי אותו 80,000 לסוכן.**
* **עבור כל סוכן כמה משימות שונות ראיתי אותו עושה , 10 לסוכן**
* **עבור כל סוכן אילו משימות ראיתי אותו עושה 10 לסוכן.**
* **עבור כל סוכן על ידי מי הוא נראה נרצח 12 לסוכן**
* **עבור כל סוכן האם הוא מת . אינדיקטור של 2 לסוכן**
* **עבור כל סוכן האם הוא impostor אינדיקטור של 2 לסוכן.**
* **עבור כל סיבוב מי מת בסיבוב הזה מוגבל ל12 סוכנים לסיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי הודח בסיבוב הזה(מי שקיבל הכי הרבה הצבעות) , מוגבל ל12 לסיבוב**
* **עבור כל סיבוב איזו גופה דווחה באותו סיבוב, מוגבל ל12 לסיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי השתמש בשולחן באותו סיבוב מוגבל ל12 לסיבוב**
* **עבור כל סיבוב איזו גופה דווחה באותו סיבוב מוגבל ל12 לסיבוב**
* **עבור כל סיבוב מיקום הגופה שדווחה באותו סיבוב, מוגבל ל400 לסיבוב**
* **עבור כל סיבוב מי רצח (לפי המדווח) באותו סיבוב מוגבל ל12 לסיבוב**

**סה"כ 25 פרמטרים.**

**וכפי שלמדנו בהסתברות, אחשב את גודל הקבוצה ע"י הכפלה של כל הפרמטרים כדי לקבל את גודל קבוצת כל האפשריות:**

תמונה שמכילה טקסט

התיאור נוצר באופן אוטומטי

*זוהי כמות ענקית , כפרספקטיבה מס' האטומים ביקום הינו 10 בחזקת 80, פה אנחנו מדברים על 10 בחזקת 274 כבערך.*

נספח ב'- עץ ההחלטות המלא

עץ החלטה עבור הצבעה-crew

100% אדווח לשאר על הרצח

100% אצביע למי שראיתי רוצח

לאא

כן

94% אצביע למי שדווח כרוצח

6% להצבעה אחרונה

4% למי שדיווח

כן

70% למי שחשוד כ"חשוד חזק"

15% לפי "טבלת חשדות"

15% לפי הצבעה אחרונה

100% לפי טבלת חשדות

לאא

כן ויש לי חשוד חזק

כן

75% לפי טבלת חשדות

25% לפי הצבעה אחרונה

60% למי שחשוד כ"חשוד חזק"

20% לפי "טבלת חשדות"

20% לפי הצבעה אחרונה

כן ויש לי חשוד חזק

לאא

כן

לאא

20% למי שזימן את הפגישה

65% לפי "טבלת חשדות"

15% לפי הצבעה אחרונה

טבלת חשדות

**הפרמטרים: מרחק מן הגופה(המרחק שדווח על הגופה מהמיקום שראיתי אותו פעם אחרונה), זמן שעבר(כמה לפני ראיתי אותו), כמה זמן ראיתי אותו לא בזמן הkill\_cool\_down הראשוני שבו אף שחקן לא יכול להרוג, כמה משימות ראיתי אותו עושה, כמה הצביע לי(אלו פרמטרים שאמורים לסמן על כך שהבן אדם "חשוד"). החישוב הוא:**

החשיבה מאחורי כך היא שברוב המקרים חבר הצוות יאמין לדיווחים על רצח או על מציאת גופה ויצביע לפיהם, ואם לא קיים חשד רציני כלפי אחד מן האנשים הוא יחשב זאת בעצמו על פי שילוב של כמה אמינות יצר כל שחקן אחר במהלך הסיבוב.החישוב נועד לתת משקל חיובי אם המרחק היה קרוב לגופה ושלילי אם לא, ובמקביל נותן חשיבות לזמן שעבר וכך מגדיל את "אמינות הדיווח"

עץ החלטה עבור משחק-crew

100% לקרוא לפגישה\לדווח

לאא

כן

90% לדווח על גופה

10% לזוז רנדומלית

כן

100% לעשות משימות

לאא

כן

225% לקרוא לפגישה

75% שקלול כללי

2

לאא

כן

לאא

עאאם אין משימות – רק להסתובב בין חדרים.

נחשב את ה"שקלול עדיפות" שהוא 5\*כמות המשימות שעשית י+ כמות הזמן שעבר מתחילת הסיבוב.

אם ה"שקלול" עדיפות הוא מעל 50 אז הפעולה עדיפה תהיה לחפש בחדרים אחרת אז היא תהיה לעשות משימות.

נבחר לבצע ב80% את הפעולה העדיפה וב20% את הפעולה הלא עדיפה.

(החשיבה מאחורי כך היא שככל שהמשחק מתקדם יש יותר מידע שניתן לאסוף\גופות שאפשר למצוא ולכן עם הזמן השחקן ייטה לעזוב את המשימות ולהתחיל לעבור בין החדרים ולחפש מידע על מנת למצוא את הרוצח).

שחקן טוב הוא שחקן שיודע לשלב בין ביצוע משימות לבין איסוף מידע ומציאת רוצח והעץ מיועד להדריך אותו כיצד לעשות זאת.

עץ החלטה עבור הצבעה-impostor

25% להאשים ולהצביע crew רנדומלי

75% לא להאשים אף אחד ולהצביע לפי שיקלול

90% לרוצח

10% ל"שקלול כללי"

לאא

כן

כן אבל לא אותי

כן

אותי

90% למי שהאשים אותי

10% הצבעה לפי "שקלול כללי"

70% מצביע אליו

20% הצבעה לפי "שקלול כללי"

70% למואשם

30% שקלול כללי

לאא

כן ומאשים אותי

כן

50% למתחזה המואשם

40% למדווח

10% שקלול כללי

כן ומאשים את המתחזה האחר

לאא

100% "שקלול כללי"

השקלול הכללי-

**4\*מס' ההצבעות נגדי + מס' ההצבעות נגד המתחזים האחרים.**

**ואז הצבעה ב15% למתחזה השותף\המתחזים השותפים, 55% למקום הראשון בשקלול וב30% למקום השני בשקלול.**

(החשיבה מאחורי כך היא שבשלב ההצבעות מטרת ה"מתחזה" היא "לצמצם נזקים", אם יהיה צורך הוא יצביע כנגד המתחזה השותף כדי לא לסכן את עצמו אך לא בכל מקרה וינסה להימנע מזה, בכל אופן מטרתו תהיה "להנמיך פרופיל" ולא לסכן את עצמו בשלב זה).

עץ החלטה עבור משחק- impostor

כן

100% משימות

95% לדווח על הגופה

5% לזוז רנדומלית

כן

20% לדווח על הגופה

80% לזוז רנדומלית

Crew 1

2+ impostor

2 crew

2 impostor

1 crew

1 impostor

55% לרצוח

45% לעשות משימות

85% לרצוח

15% לעשות משימות

70% לרצוח

30% לעשות משימות

לא

כן

15% לעשות משימות

85% להסתובב בין החדרים

65% לעשות משימות

35% להסתובב בין החדרים

(החשיבה מאחורי כך היא שהמתחזה במהלך המשחק ינסה קודם להתנהג כמו חבר צוות ולא להיתפס ליד גופה לא מדווח ואם הוא לא במצב כזה, הוא יבחר מבין להסתובב בין חדרים למצוא את ההזדמנות הטובה לרצח-על פי העץ החלטה שקובע לו באיזו הסתברות לרצוח במצבים שונים לבין לעשות משימות ולהגביר את האמינות שלו).

נספח ג'- סקיצת רשת בייזיאנית

**פרמטרי חיזוי רצויים-הסתברות ניצחון, לשרוד סיבוב, הצבעה למתחזה, לשרוד את הסיבוב ועוד..**

**פרמטרי חיזוי של המתחזים-החשד בכל אחד**

פרמטר פעולה נוכחי

**פרמטרים מהobservations(מפורטים ב"תיאור הבעיה")**