**בינה מלאכותית תרגיל 2**

דוד וייצמן, 204734461

עידן שפר, 308342807

**חלק א':**

3. השחקן הבסיסי מייצר את כל מצבי המשחק הבאים ובוחר את המצב שימקסם את כמות הנקודות. אם יש מספר מצבים כאלו, השחקן בוחר אחד מהם בצורה רנדומלית.

**חלק ב':**

1. נוסחת היוריסטיקה היא:

If(lose) : h= -10000

If(win) : h= 1000000

Else:

h = 3\*score -20\*food\_left+ -2 \*min(food\_dists)) + min\_ghost\_disk

1. המוטיבציה לפרמטרים:

* הפסד וניצחון-פרמטרים שמשפיעים מאוד על הניקוד שלנו.
* Score-הפרמטר שרוצים למקסם בפועל. בתוכו מובלע גם אכילת רוחות(וכחלק מזה ניסיון לרדוף אחרי רוחות כאשר is scared).
* Food left-ככל שיש פחות אוכל אנו מתקדמים לכיוון סיום המשחק
* min(food\_dists)- אנו מעוניינים להתקרב לנקודות, כי המטרה היא לאכול את כולן.
* Min\_ghost\_dist- עלינו להתרחק מהרוחות כי מגע בהן יוביל להפסד.

**חלק ג':**

1. שתי הנחות:
2. הסוכנים מקבלים החלטות אחד אחרי השני(ולא בו זמנית)
3. תור הרוחות הוא אחרי התור שלנו, והן משחקות אחת אחרי השנייה ורק אז תורנו.

ההנחות הן לא בהכרח נכונות וייתכן שהרוחות מקבלות את ההחלטות באותו הזמן או בזמן שלנו, אבל זה גורם לאסטרטגיה שלהן להיות פחות מיודעת ולכן אנחנו יכולים להניח את המקרה הגרוע.

3.נסתכל על כל הרוחות כשחקן יחיד, וכל קומבינציית פעולות של הרוחות נגדיר כצעד חוקי. היתרון הוא הקטנת עומק החיפוש ופישוט הקוד. החיסרון הוא הגדלה מהותית של מקדם הסיעוף.

**חלק ד':**

1. מבנה העץ לא ישפיע על פעולת הגיזום!

הסבר: אין השפעה על יעילות הגיזום כי בשום מקום בפעולת האלגוריתם לא מוגדר או נעשה שימוש בכך שהמשחק הוא תור מתחלף. דבר נוסף: מכיוון שהאלגוריתם רקורסיבי ופעולת גיזום יכולה לנבוע מצאצא שאינו ישיר, אז גם במקרה הזה המינימום "הרחוק" יכול להוביל לגיזום באותה המידה.

גם יעילות הגיזום לא משתנה כי גם בעץ כזה וגם במשחק תור מתחלף ייתכן גיזום בכל עומק של העץ ומקדם הסיעוף זהה.

3.:

א. כן! תיאורטית, במקרה הממוצע זה אמור לעבוד יותר מהר כפי שלמדנו משום שהגיזום מפחית ממספר הפיתוחים. בממוצע נקבל פיתוחים במקום כפי שלמדנו בהרצאה.

ב. לא! לפי משפט/כלל ההבטחה שלמדנו, ערכי המינימקס יהיו זהים לחלוטין לפי אופן פעולת הגיזום.

**חלק ה':**

1. השינוי ביחס לשני הסוכנים הקודמים היא שהסוכן שלנו לא מניח את התרחיש הגרוע ביותר בכל פעם אלא מתחשב בתרחישים השונים בהסתברות שהם יקרו. הציפייה שלנו היא להגיע לתוצאות עם יותר נקודות אבל פחות אחוזי הצלחה (משחק יותר הרפתקני).

דוגמה למקרה שיתמוך בציפיות: המצב שבו יש לנו ב"מטריצת הלוח" המצב הבא:

אוכל

פאקמן, אוכל, רוח.

ואלו הם שני פריטי האוכל האחרונים שנשארו.

האלגוריתם הלא הסתברותי אמור ללכת הצידה כדי להתרחק מהרוח כי במקרה הרע היא תנצח אותנו בהליכה שלה ימינה, אבל האלגוריתם ההסתברותי יכול ללכת שמאלה לאוכל ואז למעלה כי הסיכוי שהרוח תפגע בו נמוך ביחס לסיכוי לנצח במשחק.

**חלק ו':**

1. האסטרטגיה היא: בודקים האם הרוח היא במצב scared או לא.

אם כן אז בודקים את המיקום הבא של הרוח לכל פעולה אפשרית.

זיהוי הפעולות הטובות הוא באופן הבא:

אם is scared: המרחק המקסימלי מפקמן.

אם לא: המרחק המינימלי מפקמן.

יוצרים רשימה של פעולות שמביאות למרחק המינימלי/מקסימלי בהתאם למצב scared.

לאחר מכן ממשקלים את הפעולות בצורה הבאה:

בהסתברות מסוימת(דפולטי 0.8) נבחר בפעולות הטובות ביותר-ובאופן אחיד נבחר פעולה מתוך הפעולות הטובות ביותר.

בהסתברות המשלימה (0.2) נבחר בפעולה רנדומלית באופן יוניפורמי.

1. האקראי מחזיר את ממוצע התוצאות בהתעלמות מההתפלגות-מניח הסתברות יוניפורמית. ה"מכוון" לעומת זאת מתחשב בהתפלגות האסטרטגיה של הלוח ומחזיר ממוצע ממושקל לפי פעולות הרוח האפשריות.
2. רעיונות שיפור:
3. התחשבות בסכום מרחקי הרוחות במקום רק ברוח הנוכחית-נמזער את סכום המרחקים ממנו כדי ללכוד אותו במצב שהוא לא יכול לצאת. הסיבה היא שזאת למעשה הדרך היחידה להבטיח שפאקמן יפסיד-הוא במהירות שלהם לכן הם לא באמת יכולים להשיג אותו.
4. נתחשב בערך הטיימר של is\_scraed ולא רק אם הוא גדול מ-0. במידה ונשארו מעט שניות כך שבהתחשב במהירות היחסית בין הרוח ופאקמן והמרחק אין סיכוי שהוא יגיע, עדיף להתקרב אליו במקום להתרחק. הסיבה היא שכרגע הרוח תתרחק גם במקרים שפקמן לא מהווה לה איום.

**חלק ז':**

השערת האפס: הסוכן שלנו לא יגיע לתוצאות עדיפות מול רוח אקראית לעומת רוח החכמה.

השערת חלופית: הסוכן שלנו(אלפא-ביטא) יגיע לתוצאות עדיפות מול רוח אקראית מאשר מול הרוח החכמה.

מבחן אפשרי: הרצת מספר רב של הרצות עם הסוכן אלפא-ביטא וחישוב התוצאה הממוצעת בכל מקרה. נניח שהתפלגות התוצאות הינה התפלגות נורמלית בכל אחד מהמקרים. אם נקבל הפרש משמעותי בין הממוצעים, נוכל לחשב את ה-p value, (ההסתברות לקבל את התוצאה במידה והשערת האפס מתקיימת). בהתאם לערך ה- p value נדחה או נקבל את השערת האפס.

**חלק ח':**

1. :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | BetterAgent | ReflexAgent | AlphaBetaAgent | RandomExpectimaxAgent | MinimaxAgent |
| 1 | 5064.43 | 417.143 |  |  |  |
| 2 |  |  | 9331.57 | 9061.29 | 9497.71 |
| 3 |  |  | 10793.9 | 10593.4 | 11184 |
| 4 |  |  | 10381 | 11953 | 11102.2 |

1. כאשר מסתכלים על עומק של 1 ניתן לראות שהיוריסטיקה שלנו שיפרה משמעותית את התוצאה לעומת הreflex המובנה.

לגבי האלגוריתמים האחרים-המגמה היא שיפור בתוצאה הממוצעת במעבר בין עומק 2 לעומק 3, אבל לא כך בעומק 4. רק האלגוריתם האקראי שמר על שיפור גם בעומק 4 ביחס לעומק 3.

אלפא-בטא ומינימקס הציגו הרעה בעומק 4 ביחס לעומק 3.

בנוסף האלגוריתם האקראי היה קצת פחות טוב מהאחרים בעומק 2-3 אבל טוב מהם משמעותית בעומק 4. לעומת זאת אלפא-ביטא שהיה דומה למינימקס בעומקים 2-3 הראה ירידה בניקוד הממוצע בעומק 4.

המסקנות תואמות חלקית את הציפיות: ציפינו שהאלגוריתם האקראי יצליח יותר טוב מאלפא-ביטא ומינימקס בגלל שהוא משחק פחות שמרני(במיוחד שהרוחות לא משחקות בצורה חכמה אלא אקראית), וציפינו שהיוריסטיקה שלנו תהיה עדיפה מהמקורית ושיש מגמת שיפור בהגדלת העומק.

עם זאת ציפינו שאלפא-ביטא יראה ביצועים דומים מאוד למינימקס בכל העומקים מה שלא קרה בעומק 4, ולא ציפינו לירידה בביצועי האלגוריתמים בעומק 4 לעומת עומק 3.

אין לנו הסבר להבדלים בעומק 4 שכנראה נובעים ממספר הרצות קטן וסטייה סטטיסטית.

1. :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | BetterAgent | ReflexAgent | AlphaBetaAgent | RandomExpectimaxAgent | MinimaxAgent |
| 1 | 0.00049718 | 0.00017455 |  |  |  |
| 2 |  |  | 0.00509287 | 0.00692603 | 0.00679532 |
| 3 |  |  | 0.0204225 | 0.0476254 | 0.0492073 |
| 4 |  |  | 0.0910387 | 0.407729 | 0.411384 |

1. המסקנות שניתן להסיק הן שהיוריסטיקה שלנו אכן לוקחת טיפה יותר זמן מאשר הרלפקס, אבל ההפרשים זניחים. מינימקס הרגיל והרנדומי לוקחים אותה כמות זמן כי שניהם מפתחים את כל עץ המשחק עד לעומק 4.

בנוסף ניתן לראות שאלפא-בטא רץ בזמן טוב בהרבה בעיקר בעומק 4, זאת כנראה בגלל הגיזום שמפחית חלק ניכר מכמות הצמתים שצריך לפתח.

התוצאות עומדות בציפיות.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| agent | ghost | depth | layout | avg\_score | avg\_time |
| RandomExpectimaxAgent | RandomGhost | 4 | trickyClassic | 1536.2 | 0.893463485 |
| RandomExpectimaxAgent | DirectionalGhost | 4 | trickyClassic | 1699.8 | 0.915385075 |
| DirectionalExpectimaxAgent | RandomGhost | 4 | trickyClassic | 2019.2 | 1.284792292 |
| DirectionalExpectimaxAgent | DirectionalGhost | 4 | trickyClassic | 1965.6 | 1.168883519 |

התוצאות תואמות חלקית את ציפיותנו. ציפינו שכל סוכן יתפקד טוב יותר עם הרוח התואמת לו, אך בפועל הסוכן הכיווני הגיע לתוצאה טובה יותר בכל המקרים. הסבר אפשרי לכך הוא שהסוכן הכיווני מניח שישנה התנהגות יותר מיודעת מצד הרוחות, ולכן יעדיף להימנע ממצבים מסוכנים כמו היצמדות לרוח.

1. ביצענו מאה הרצות לכל סוכן:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| agent | depth | layout | avg\_score | avg\_time |
| MinimaxAgent | 4 | minimaxClassic | 359.94 | 0.014496 |
| AlphaBetaAgent | 4 | minimaxClassic | 400.35 | 0.007703 |
| RandomExpectimaxAgent | 4 | minimaxClassic | 394.38 | 0.016113 |

ה-minimax agent שיחק פחות טוב מאשר השחקנים האחרים, וכרגיל אלפא-ביטא עבד הכי מהר. הלוח מאופיין בהיותו קטן וצפוף מאוד ללא אפשרויות רבות וברוב המקרים עומק של 4 יספיק לכיסוי כל אפשרויות המשחק(למעשה יהיה מצב סופי).

1. ביצענו מאה הרצות לכל סוכן:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| agent | depth | layout | avg\_score | avg\_time |
| MinimaxAgent | 4 | trappedClassic | -226.46 | 0.001286 |
| AlphaBetaAgent | 4 | trappedClassic | -213.039 | 0.000779 |
| RandomExpectimaxAgent | 4 | trappedClassic | 17.068 | 0.000971 |

שחקן הminimax שיחק משמעותית פחות טוב ונטה להפסיד, לעומת האקראי שלרוב ניצח.

הלוח מאופיין בגודל קטן מאוד והיעדר אפשרויות התחמקות, והרוחות מקיפות את פאקמן ואחת מהן עומדת בינו לבין האוכל היחיד שיש. הסבר לתופעה-בחלק 9.

1. היוריסטיקה שלנו מנצחת את הרפלקס תמיד, כי הוא מתחשב רק בפרמטר אחד ושלנו מתחשב בשלושה-שלנו יותר מיודעת.

ביצועים לפי לוח:

* בלוח capsule הצליח הכי טוב השחקן האקראי בעומק 3, ובאופן כללי עומק 3 הצליחו טוב יותר בדרך כלל מאשר עומק 4(חוץ מהמינימקס). זהו לוח קטן-בינוני ללא הרבה אפשרויות תמרון.
* בלוח contest classic הצליח הכי טוב השחקן האקראי, ויש שיפור עם העלייה בעומק. למעשה האקראי טוב יותר משני האחרים רק בעומק 4 ובעומק 2-3 הם מנצחים אותו.
* בלוח medium classic הצליח הכי טוב המינימקס אבל הביצועים דומים מאוד בין כל השחקנים, ויש שיפור בביצועים לפי העומק. עם זאת מעניין שהאקראי הצליח טוב יותר משני האחרים בעומק 2, אבל לא בעומקים גדולים יותר. לוח בינוני בגודלו עם מרחב תמרון גדול.
* בלוח minimax, המינימקס הצליח הכי טוב והאלפא-בטא הכי פחות טוב, למעשה הצליחו הכי טוב דווקא היוריסטיקות הטיפשות ביותר. יש גם הידרדרות בביצועים בעלייה בעומק! לוח קטן מאוד וצפוף ללא אפשרויות תמרון.
* בלוח open classic הצליחו הכי טוב הbetter agent ואלפא-בטא בעומק 2, אבל התוצאות דומות מאוד לכל הסוכנים(למעט הרפלקס) וכל העומקים. הזמנים בלוח זה היו איטיים בפרט בגודל 4 ובפרט בסוכנים שאינם אלפא-ביטא וזאת בגלל מקדם סיעוף גדול(כמעט בכל מצב יש את כל אפשרויות לתנועה). הלוח מאופיין ברוח אויב אחת בלבד, קפסולה אחת, ואפשרויות תמרון רבות.
* בלוח original classic שלושת הסוכנים בעלי העומק הצליחו באופן דומה עם עליה בהתאם לעומק, כאשר המינימקס היה קצת פחות טוב בעומק 4 מאשר האחרים. והאלפא-ביטא קצת יותר טוב בעומק 2, ושומר על מהירות גבוהה בהרבה.

הלוח מאופיין בגודלו העצום, מספר אפשרויות תמרון קטן, מספר קפסולות סטנדרטי ביחס לגודל.

* בלוח small classic הצליח הכי טוב המינימקס, ויש עליה בנקודות בהתאם לעומק. הלוח מתאפיין בגודל קטן עד בינוני ומספר אפשרויות תמרון סטנדרטי.
* בלוח test classic כל הסוכנים הצליחו באופן מאוד דומה כולל הטפשים, ללא תלות בעומק. הלוח מאופיין בגודלו הקטן, היעדר כמעט מוחלט של מכשולים והרבה אפשרויות תמרון "לוח פתוח", לא קפסולות.
* בלוח trapped classic התוצאות נראות אקראיות כמעט לחלוטין ולכן לא ניתן להסיק מסקנות ממספר הרצות קטן כל כך. עם זאת ראינו בסעיף 8 שהאקראי מצליח פה הכי טוב.
* בלוח tricky classic הצליח הכי טוב האקראי, יש שיפור בתוצאה עם העומק. הלוח מאופיין באזור פתוח ליד אזור סגור ומוגבל וגודל די גדול.

הלוחות משפיעים על השחקנים השונים בכך שבאופן כללי ככל שהלוח פתוח יותר אז זמן הריצה גדול יותר באלגוריתמים בעלי העומק, בפרט בעומק 4(למעט האלפא-ביטא שאיכשהו יותר סביר), בגלל העלייה במקדם הסיעוף.

מבחינת ביצועים ניתן להסיק שבלוחות גדולים עם רמת פתיחות בינונית אכן היה שיפור בהתאם לעומק.

כצפוי, בלוחות מאוד סגורים עם אפשרויות תמרון נמוכות אין שיפור משמעותי(או בכלל) עם הסוכנים החכמים יותר זאת כי אין מהלכי משחק אפשריים. במפתיע(אותנו), גם בלוחות פתוחים מאוד אין שיפור וזאת כי אין הרבה אפשרויות למקרים "מעניינים" ולכן אין הרבה תועלת בלראות מהלכים רבים קדימה.

אם היו מגבלות זמן אז אלפא-ביטא היה מגיע לביצועים הטובים ביותר כי הוא היה יכול לראות הרבה יותר צעדים קדימה מאשר האחרים, באותה כמות זמן. הוא מפתח פחות צמתים עבור אותו עומק וניתן להגיע איתו לעומק גדול יותר.

ניתוח בין זוגות השחקנים: באופן כללי better מצליח יותר טוב מאשר reflex, הסוכנים עם העומק מצליחים יותר טוב מאשר הסוכנים ללא העומק, אלפא-ביטא מגיע לביצועים דומים(טיפה פחות טובים-ברמות לא משמעותיות) מאשר מינימקס אבל בזמן קצר בהרבה.

האלגוריתם האקראי מצליח בדומה למינימקס אבל במקרה הפתולוגי של trapped הוא הצליח טוב בהרבה. הסיבה לכך היא שהיוריסטיקה שלנו מסתכלת על המרחק המינימלי מרוח. מבחינת מינימקס תמיד יש אפשרות שהרוח שבין פאקמן לאוכל תתקרב אליו ולכן הוא לא ינסה לנוע לכיוון זה. לעומת זאת האקראי לוקח בחשבון שיש סיכוי סביר שהרוח תפנה את הדרך ותאפשר לו להגיע לאוכל ולנצח ולכן הוא מתקדם במשחק טוב בהרבה. הוא גם מסיים מהר יותר מסיבה זו-הוא מתקדם בניגוד לאלפא-ביטא ומינימקס אשר "נתקעים".

**חלק ט:**

בחרנו להשתמש באלפא-ביטא עם עומק 3(hard coded). הסיבה שבחרנו אותו היא שהוא מגיע לתוצאות טובות (דומות מאוד למינימקס או האקראי) תוך זמן קצר בהרבה. בעוד שבעומק 4 הוא לא עומד בזמנים בחלק מהלוחות ובעומק 2 מגיע לתוצאות פחות טובות(בהרצות שעשינו בחלק הקודם נראה שבחלק מהלוחות עומק 3 מנצח משום מה את עומק 4). אנחנו משתמשים בדיוק באלפא-ביטא מהסעיפים הקודמים כולל אותה יוריסטיקה.