**תרגיל בית 2:**

**חיפוש רב סוכני – Can't Go Back**

**מגישים**

**טל רוזנצוויג 307965806**

**שני אופיר 204512396**

**חלק א':**

שאלה 1:

תשובה:

אסטרטגיית השחקן היא לבחור בצעד בו מספר הצעדים העתידיים הוא המינימלי, וזאת בתנאי שהצעד שנבחר לא גורם להפסד השחקן. מטרת האסטרטגיה היא בכך שבכל צעד השחקן מנסה להישאר כמה שיותר קרוב לאיזור בו הוא היה בצעדיו הקודמים ובכך הוא מנסה לא להשאיר אזורים פתוחים(לבנים) שהוא יכול להגיע אליהם בעתיד.

יתרונות האסטרטגיה:

* צריכת משאבים נמוכה – באסטרטגיה זו זמן החישוב הוא מידי מאחר והאלגוריתם הוא חמדני ומסתכל רק צעד אחד קדימה. בנוסף, היא אינה צורכת זיכרון נוסף מאחר ואין שמירה של מצבים קודמים.
* אסטרטגיה זו היא הטובה ביותר על מנת למקסם ולנצל את השטח הקרוב בו נמצא השחקן ובכך גם להגדיל את סיכויו לצבור כמה שיותר נקודות על ידי ביקור בכמה שיותר משבצות(סיכוי גדול יותר לבקר במשבצת עם פרי). נשים לב כי כל אסטרטגיה אחרת הייתה מתרחקת מהאזור בו נמצא השחקן ובכך משאירה משבצות פתוחות(לבנות) שלא היה בהן עדיין ביקור, כאשר הסיכוי לנצל אותם בעתיד קטן ככל שהמשחק מתקדם בעקבות צעדיו של היריב.

חסרונות האסטרטגיה:

* אין התייחסות למיקום היריב – לפי אסטרטגיה זו, היריב עלול לחשב אסטרטגיה שתחסום את השחקן מאחר והוא לא "רואה אותו", עד למצבים בהם 2 השחקנים מצאים במרחק של שני צעדים ומטה. במילים אחרות, היריב עלול לנסות לעשות לשחקן קיר חסימה והוא לא ינסה להתמודד מול זה. בנוסף, לא קיין צעד שמחשב את היכול לבצע חסימה ליריב.
* חוסר שליטה בלוח – מאחר והשחקן ממקסם את השטח הקרוב אליו ולא מתרחק מהאזור שלו יותר מידי, הדבר מביא לחוסר שליטה בשטחי הלוח. כך למשל, היריב יכול לחשוב על אסטרטגיה שתסגור לשחקן הרבה שטחים ובכך היא גורמת לו למקסם ולצעוד בשטחים קטנים יותר.
* אסטרטגיה חמדנית – במהלך חישוב הצעד הבא, השחקן מתחשב רק בצעדים הקרובים אליו ולא מסתכל על מצב הלוח במלואו. דרך זו עלולה לגרום לשחקן לבחור בצעד שאולי טוב בעתיד הקרוב, אך גרוע בעתיד הרחוק.
* אחת המטרות במשחק היא לא רק למקסם שטחים קרובים, אלא גם לשלוט על כמה שיותר אזורים בלוח שיאפשרו לשחקן לבצע כמה שיותר צעדים בעתיד וכמה שפחות צעדים אפשריים ליריב. כמו כן, חשוב כי שטחים אלו יהיו בעל ערך גבוה ככל הניתן – כלומר שהשטחים בהם השחקן יבחר לעבור יהיו עם כמה שיותר פירות וכך השחקן יגדיל את הניקוד שלו(באסטרטגיה זו אין כלל התחשבות לניקוד/הערך של המשבצות בהן השחקן עובר).

שאלה 2:

תשובה:

הסבר הדוגמא:

סימון:

* - פרי בעל ערך השווה ל-100 נקודות.
* - פרי בעל ערך השווה ל-50 נקודות.

הסידור של מיקומי הפירות בהתאם לסוגם עבור שני השחקנים זהה. הפירות בעלי הערך הגבוה ביותר מסודרים כך שהם במסלול של simple player כאשר סידור זה זהה עבור שני השחקנים.

הצבת הקיר החוסם ביטלה את חיסרון אסטרטגיית simplePlayer אשר לא מתחשבת בצעדי היריב. במצב המתואר, ליריב אין כל השפעה על השחקן וגם להיפך ולכן הדרך היחידה לניצחון תהיה לעבור על כמה שיותר משבצות בעלות ערך גבוה כך שייתכן וליריב הצעדים ייגמרו מהר יותר והוא יעבור על כמה שיותר משבצות בעלות ערך נמוך.

לכן, האסטרטגיה הטובה ביותר בדוגמא זו היא שימוש באסטרטגית simplePlayer הממקסמת את השטח בו נמצא השחקן, ומאופן צורת המעבר שלה על המשבצות הפנויות, תגרום להשגת הניקוד הגבוה ביותר האפשרי. בדרך זו, תהיה עדיפות לעבור קודם על המשבצות הצמודות למסגרת הלוח אשר מכילות את הפירות בעלות הניקוד הגבוה ביותר. לעומת זאת, מספיק שהשחקן היריב יבצע צעד אחד בכיוון אמצע המסלול(עמודה 2 משמאל עבור השחקן האדום), הוא יקבל ניקוד נמוך יותר מהשחקן הכחול, וזאת בהסתמך על ההנחה לפיה לאחר 7 תורות, אורך הצלע הקצרה בלוח, הפירות ייעלמו.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

שאלה 3:

תשובה:

נתונה היוריסטיקה , כאשר הערך היוריסטי של מצב הוא 1 חלקי מרחק מנהטן המינימלי לפרי בלוח.

חסרונות היוריסטיקה:

* סיבוכיות זמן גבוהה – היוריסטיקה זו מבצעת חישובים רבים הכוללים:
* חישוב מרחק מנהטן המינימלי לכל פרי הנמצא בלוח.
* חישוב כבד של היוריסטיקה על כל אחד מהעלים כאשר מגיעים בהרצת חיפוש באלגוריתמי לעומק אפס.
* במידה וקיימות הגבלות על זמן הריצה(זמן מהלך או זמן ריצה כולל של שחקן), הדבר עלול לפגוע בהערכת מצבו של השחקן, מאחר והיוריסטיקה תיקח הרבה נתח מזמן התור של השחקן ולכן יישאר מעט זמן לאלגוריתם החיפוש להעמיק בעומק. כך למשל, תחת מגבלת זמן של שניות, היוריסטיקה בעלת סיבוכיות מורכבת תגיע לעומק באלגוריתם החיפוש, בעוד שהיוריסטיקה פשוטה תגיע לעומק כך שמתקיים .
* אין התייחסות לערך הפרי.
* אין התייחסות לזמן הישארות על הלוח של פרי מסוים – כלומר ייתכן כי המסלול המינימלי לפרי ארוך יותר ממספר התורות שהפרי יישאר על הלוח.
* ישנו סיכוי להיתקע לאחר לקיחת פרי, כך למשל כאשר ישנו פרי בודד על הלוח והוא מוביל למסלול שלא ניתן להמשיך ממנו, כאשר היוריסטיקה זו תוביל למסלול זה.
* אין התייחסות כלל ליריב ולמיקומו על הלוח, כך שייתכן והיריב ייקח פרי מסוים לפני שהשחקן יוכל בכלל להגיע אליו בזמן שהיוריסטיקה כיוונה אותו לכיוון פרי זה(הפרי כבר נאכל על ידי היריב והשחקן שלנו בזבז מספר צעדים במטרה להגיע לפרי).

יתרונות היוריסטיקה:

* שימוש במרחק מנהטן מקנה דיוק במרחק של השחקן לפרי תוך כדי כך שהוא מתחשב במגבלות הלוח, כדוגמת קירות או משבצות שאסור לדרוך עליהן. בכך, נקבל כי היוריסטיקה זו יותר מדויקת למשל ממרחק אווירי ובכך היא מספקת תמונת מצב נכונה יותר.

שאלה 4:

תשובה:

מרכיבי היוריסטיקה:

* – תוצאת המשחק היא ערך בתחום המייצג את ניקוד המשחק כך שהערך הטוב ביותר הוא אחד והערך הגרוע ביותר הוא 1-.
* – מייצג את הנגישות לפירות, כלומר בחינה מידתית של כמה השחקן קרוב לפרי בעל ערך גבוה לעומת כמה היריב קרוב לפרי בעל ערך גבוה זהה. הערך של Fruit score heuristic נמצא בתחום ומחושב באופן הבא:

לכל פרי במפה אנו מחשבים את מרחק מנהטן ממנו לשחקן ואז נבצע בדיקה האם ניתן להגיע לפרי במספר התורות שקיים לשחקן זה עד שהפרי אמור להיעלם. לצורך כך, נשתמש בנוסחאות הבאות:

כאשר מבטא את הפירות שניתן להגיע אליהם לפני שהם נעלמים מהלוח.

* - ההפרש בין מספר המיקומים הנגישים לשחקן 1 לבין מספר המיקומים הנגישים לשחקן 2, מנורמל לערך בתחום .
* – ההפרש בין מספר הצעדים האפשריים של שחקן 1 לבין מספר הצעדים האפשריים עבור שחקן 2, כאשר ערך זה מנורמל לערך בתחום .
* - ההפרש בין הדרך הארוכה ביותר האפשרית של שחקן 1 לבין הדרך הארוכה ביותר האפשרית של שחקן 2, כאשר ערך זה מנורמל לערך בתחום .

הנוסחא עבור היוריסטיקה:

כאשר המשקולות לעיל נבחרו לאחר ביצוע ניסויים רבים והסקת מסקנה כי ערכים אלו מספקים את הביצועים הטובים ביותר.

מוטיבציה:

באופן כללי, העקרונות שהנחו אותנו לבחירת הפרמטרים הם:

* - ככל שיש ניקוד גבוה יותר, יש לנו סיכוי גבוה יותר לנצח.
* - ככל שנוכל להגיע לפירות בעלי ניקוד גבוה יותר, כך נצבור ניקוד גבוה יותר והסיכוי לנצח יעלה.
* - ככל שיש יותר מיקומים בלוח שהם ברי השגה, הסבירות להיחסם נמוכה יותר וכך נימנע מהורדת נקודות בעקבות קבלת "קנס" בהתאם להגדרת המשחק(חסימה גוררת "קנס" במידה והשחקן השני לא חסום).
* – שמירה של כמה שיותר אופציות פתוחות, כלומר שיהיו לנו כמה שיותר אופציות אפשריות לביצוע מהלך.
* - מניעת מצב של היחסמות שעלולה להביא להפסד המשחק.

בשילוב של כל היתרונות שהצגנו, נצפה שהיוריסטיקה זו תשפר את ביצועי השחקן לעומת השחקן simplePlayer , מאחר ושילובם של פרמטרים אלו יגדילו את הסיכוי לכך שהשחקן שלנו ינצח. כמו כן, היוריסטיקה זו תשפר את ביצועי השחקן לעומת השחקן simplePlayer מפני ש- simplePlayer אינו מתייחס לניקוד המשחק או לפירות שעל הלוח שהם פרמטרים הכרחיים להשגת ניצחון.

שאלה 5:

תשובה:

ביצוע כל של מהלך על המהלכים של השחקן i ואז את החישובים של השחקן ה-I לשחקן ה-i+1 וכך הלאה, כלומר נגיע לחישובים אקספוננציאלית. לכן הדבר אפשרי אך לא יעיל.

פתרון אפשרי:

שאלה 6:

תשובה:

סעיף א':

מבחינת זמן הריצה, סוכן ה-  *יהיה מהיר יותר מסוכן ה- בזכות אופן פעולתו המבצע גיזום ענפים ובכך חוסך חישובים שלא נדרשים לחישוב הערך האופטימלי(המינימקס), לעומת סוכן ה- אשר מבצע חישובים אלו.*

סעיף ב':

תחת ההנחה שעומק החיפוש זהה בין שני הסוכנים, שניהם יחזירו את אותו ערך ה-מאחר והערכים שמקוצצים על ידי סוכן ה-אינם משפיעים על ערך המינימקס הסופי. ההבדל היחידי בין הסוכנים הוא קיצוץ הענפים אשר ישפיע על זמן הריצה, אך לא על התוצאה הסופית שכן ערכי העלים בעצי החיפוש הינם זהים עבור שני הסוכנים.

שאלה 7:

תשובה:

סעיף א':

מבחינת זמן הריצה, סוכן ה-  *עם סידור ילדים יהיה מהיר יותר מסוכן* מאחר והסדר שבו הילדים מסודרים מיטיב עם קיצוץ הענפים בניגוד לסוכן ה-שעובר על הילדים בסדר כלשהו, ולכן ייתכן מצב שבו סוכן ה-יגלה רק בשלב מאוחר כי הוא צריך לבצע גיזום, זאת לאחר שהוא כבר ביצע חישובים מיותרים.

סעיף ב':

תחת ההנחה כי עומק החיפוש זהה, שני הסוכנים ייבחרו את אותו המהלך וזאת מאחר שערך ה-

יהיה זהה בדומה להסבר של סעיף ב' של שאלה 6.

אחרת, תחת ההנחה כי עבור תור בודד קיים זמן קבוע לכל שחקן, סוכן עם סידור ילדים יעיל יותר מבחינת זמן ריצה ולכן ייתכן והוא יגיע לעומק עמוק יותר וכך יוכל לבצע בחירת צעד נבון יותר מאשר סוכן אשר ייתכן ויגיע לעומק קטן יותר וכך הוא עלול לבחור בצעד פחות טוב ממה שסוכן ה- עם סידור ילדים, ייבחר בו.

שאלה 8:

תשובה:

ווריאציית Anytime contract של אלגוריתם ה-Minimax מוחזר הפתרון הטוב ביותר שניתן להחזיר תוך זמן קבוע שנקבע מראש לאלגוריתם. הרעיון העיקר בווריאציה זו היא שברוב המקרים סוכנים מוגבלים במשאבים, בעיקר בזמן, לפני שהם נדרשים לפעול. בנוסף, ייתכן כי במקרים רבים בעקבות מקדם סיעוף גבוה מידי, לא ניתן לחשב תחת המגבלות הללו את המסלול האופטימלי לניצחון, לכן מנסים למצוא צעד שהוא מספיק טוב. כלומר, Anytime contract גם עבור Minimax באופן כללי מוגבל בזמן הנתון מראש, אך לא חייב להיות בהעמקה הדרגתית.

ההעמקה ההדרגתית בהקשר זה היא דרך התמודדות עם הזמן באלגוריתם ה-Minimax. בדרך זו, בכל איטרציה מחשבים עץ עם הגבלת עומק הולכת וגדלה בין איטרציה לאיטרציה, כאשר לאחר כל צעד נשמר הצעד הטוב ביותר שנבחר מהאיטרציה הקודמת. לבסוף, כאשר הזמן נגמר יוחזר הפתרון הכי טוב שחושב עד כה.

שאלה 9:

תשובה:

הבעיה הנוגעת להעמקה ההדרגתית המוצגת בהרצאה היא בעיית האיטרציה האחרונה, לפיה בכל איטרציה הזמן עולה בצורה אקספוננציאלית ולכן את רוב המשאבים אנו נשקיע בחישוב האיטרציה האחרונה אשר יכולה להיקטע באמצע ולכן עלול להיווצר מצב של בזבוז משאבים. באופן מפורט יותר, בכל איטרציה מגדילים את הגבלת העומק באחד כאשר זמן החישוב של האיטרציה עבור עומק d גדל פי b מזמן החישוב האיטרציה עם הגבלת עומק של d-1 כאשר b הוא מקדם הסיעוף. כלומר, זמני החישוב בין איטרציה לאיטרציה גדלים אקספוננציאלית ככל שמעמיקים, בעיקר עבור מקדם סיעוף גבוה. מכאן נקבל כי מאחר ואנו תמיד לא נספיק לחשב את האיטרציה האחרונה, אנו נבזבז זמן חישוב יקר מאד שלא יהיה שימושי.

הפתרון המוצע בהרצאה לבעיה זו, הוא שמירת ערך ה-Minimax של כל אחד מהבנים ברמה העליונה. בדרך זו, אם נניח כי בממוצע האלגוריתם מפסיק באמצע האיטרציה האחרונה, אזי נקבל כי בממוצע נספיק לחשב עבור חצי מהבנים לעומקd וחצי מהבנים יחושבו לעומק d-1. כלומר, אם האיטרציה האחרונה תיגמר באמצע ריצתה, עדיין חושב חצי מהעץ, כלומר חצי מהבנים, וכך נוכל להשתמש בערך שהם סיפקו במידה והוא ערך טוב יותר ובדרך זו ננצל את המשאבים בצורה טובה יותר(כך לפחות עבור חצי מהבנים ניצלנו את המשאבים כדי לראות עומק גדול יותר).

שאלה 11:

תשובה:

כפי שלמדנו בהרצאה, תופעת האופק היא תופעה בה אלגוריתם מוגבל משאבים בוחר צעדים "סתמיים" כדי לדחות "צרות" מעבר לאופק החיפוש. כלומר, במשחקים רבים, מספר המצבים או המיקומים האפשריים עבור שחקן כלשהוא הוא עצום והאלגוריתמים בנויים באופן שהם לא יכולים לחפש את כולם וכך למעשה הם מוגבלים לחיפוש עד עומק מסוים בעץ המשחק. לפיכך, עבור אלגוריתם המחפש רק עד עומק מסוים, קיימת אפשרות שהוא יעשה מהלך מזיק, אך ההשפעה לכך אינה נראית לעין מאחר והאלגוריתם אינו מחפש לעומק השגיאה, כלומר מעבר ל"אופק שלו".

הפתרון המוצג בהרצאה לבעיה זו הוא על ידי הרחבת אלגוריתם החיפוש באמצעות "חיפוש שקט"(העמקה סלקטיבית – חיפוש עד רגיעה). בדרך זו, פורשים עץ מלא עד עומק מסוים אך כאשר המצב בעלה אינו "שקט", מבצעים העמקה כאשר להעמקה זו ישנם קריטריונים שונים המשמשים להחלטה על העמקה. בדרך זו לאלגוריתם החיפוש יש יכולת לחפש מעבר לקו האופק שלו אחר סוג מסוים של מהלכים החשובים ביותר למצב המשחק, כמו לכידות בשחמט. כמו כן, שכתוב של פונקציית ההערכה עבור צמתי העלים וניתוח צמתים נוספים, עשוי לפתור בעיות רבות באפקט האופק.

במקרים הבאים שילוב של פתרון זה יוכל להועיל לסוכן שלנו:

"הציגו 2 מצבים ספציפיים בלוח כלשהו בהם יהיה כדאי להשתמש בפתרון זה"

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| light depth | delta depth | score |
| 3 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 0.4 |
| 5 | 2 | 0 |