תרגיל בית 2

ספי עזמי [saf.azmi@campus.technion.ac.il](mailto:saf.azmi@campus.technion.ac.il) 204511414

אופיר מנור [ofir.manor@campu.technion.ac.il](mailto:ofir.manor@campu.technion.ac.il) 316084623

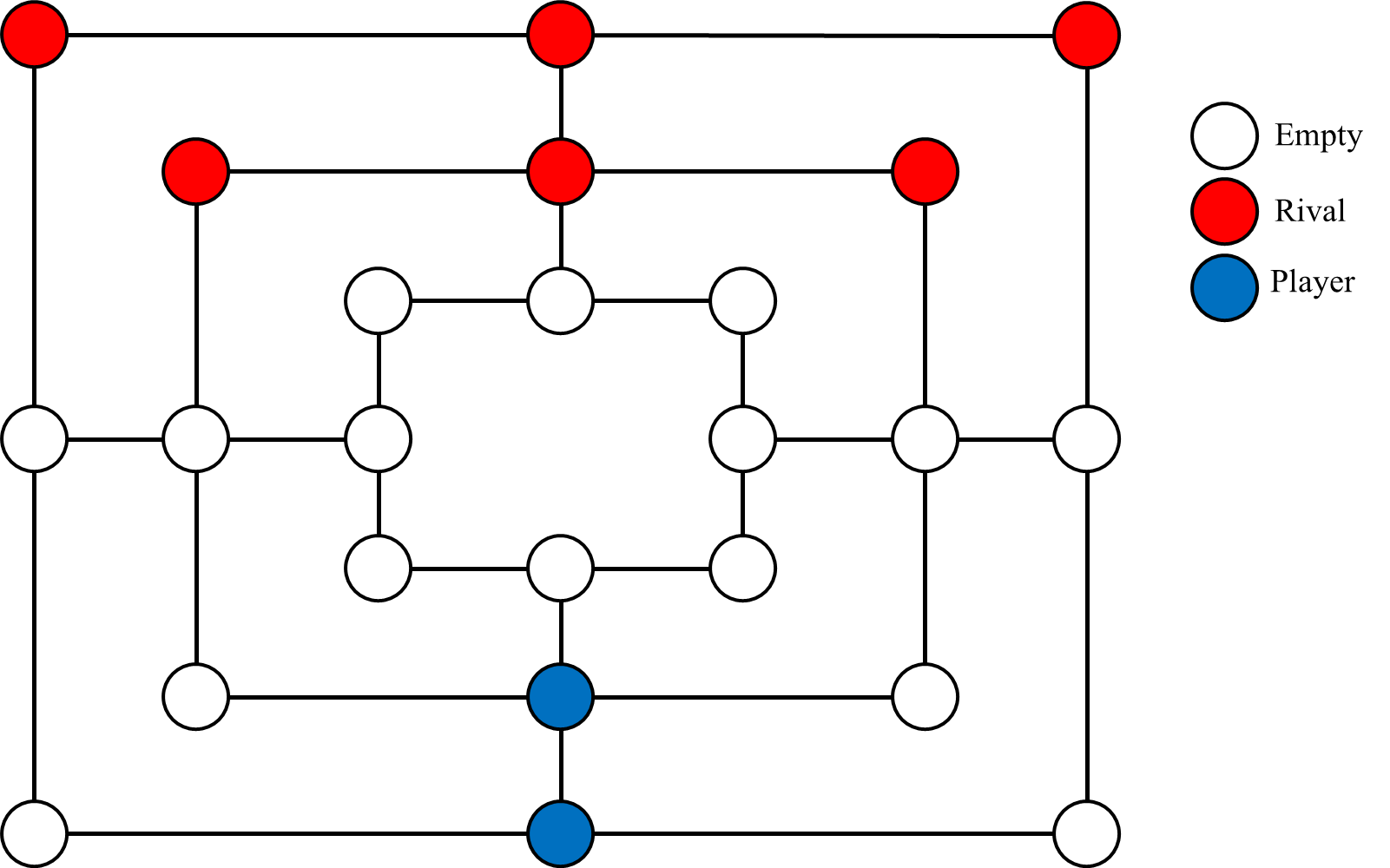
­שאלה 1)

יתרונות: ההיוריסטיקה עוזרת למנוע מצבים בהם היריב יוכל להשלים "טחנה" ולהוריד חייל של השחקן מהלוח. היא עושה את זה דרך כך שהיא מורידה מערכה בכל פעם שהיריב קרוב להשלים "טחנה". בשלב הראשון זה חזק במיוחד מכיוון שכל עוד היריב יכול להשלים תחנה בתור הבא ההיוריסטיקה תעלה אפשרות לבלום אותו.

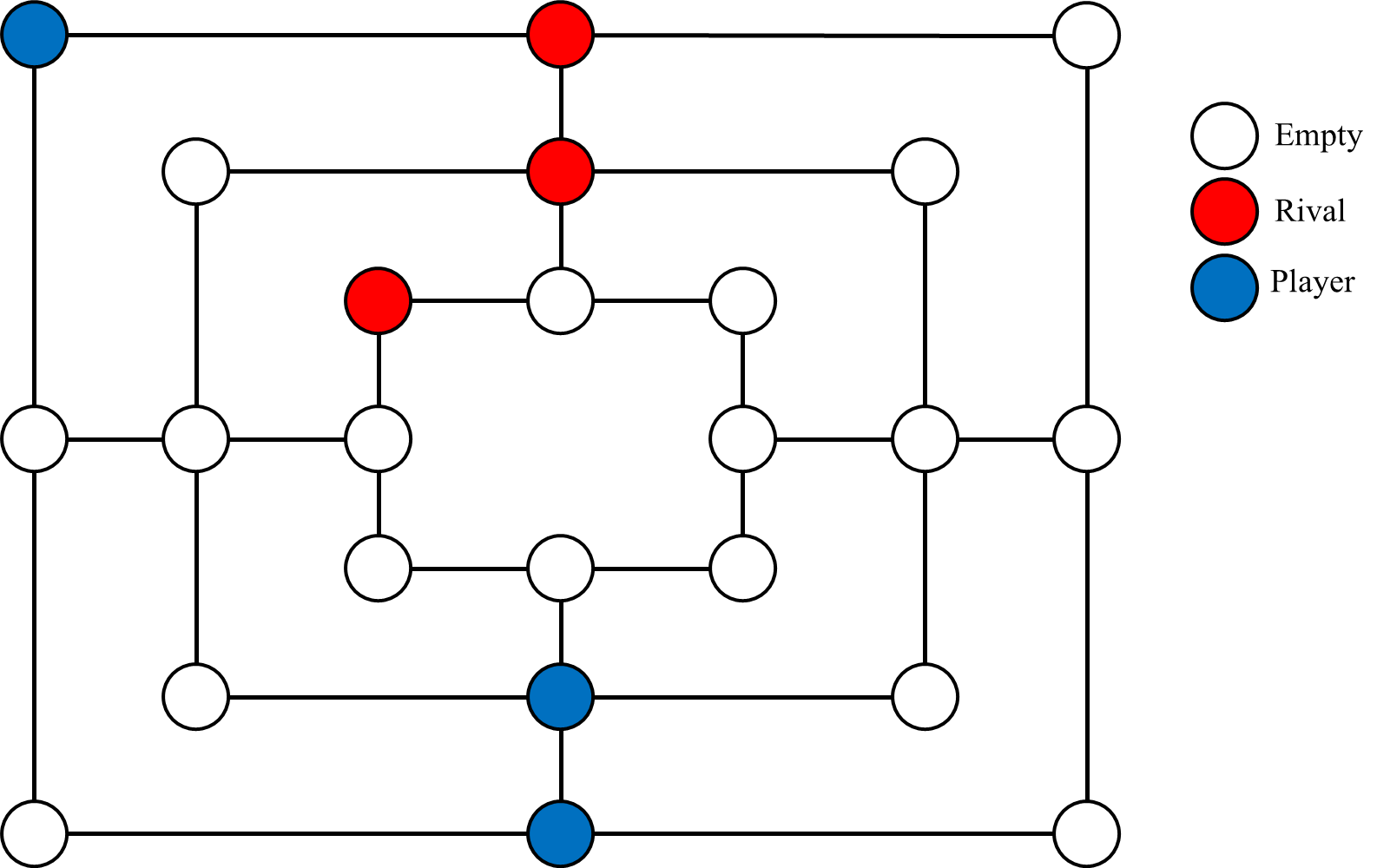
חסרונות:

1. ההיוריסטיקה אינה לוקחת בחשבון את כמות החיילים על הלוח. נציג שתי לוחות אשר בשניהם ההיוריסטיקה תחזיר אפס, אבל באחד כמות החיילים שנותרו ליריב הינה גדולה יותר ולכן יש לו יתרון.

Background pattern

Description automatically generated

1. ההיוריסטיקה אני לוקחת בחשבון את המרחק שאותו חייל יצטרך לעבור על מנת להשלים "טחנה." נציג דוגמה של לוח בה ההיוריסטיקה מחזירה 0 למרות שליריב חסר תור אחד מלנצח בזמן שלשחקן חסרים 5 תורות.



1. ההיוריסטיקה אינה מעודדת השלמת "טחנות" על מנת להוריד חיילים של היריב, למרות שזאת מטרת המשחק. זה נובע מחיסרון א.

שאלה 2)

נגדיר את הפרמטרים הבאים:

* חיילים שנותרו ליריב – number of rival soldiers
* חיילים שנותרו לשחקן – number of player soldiers
* מספר הקונפדרציות בהן לשחקן יש השלישיה 2 חיילים ותא ריק – number of player incomplete mills
* מספר הקונפדרציות בהן ליריב יש השלישיה 2 חיילים ותא ריק – number of rival incomplete mills

נגדיר את ההיוריסטיקה הבאה:

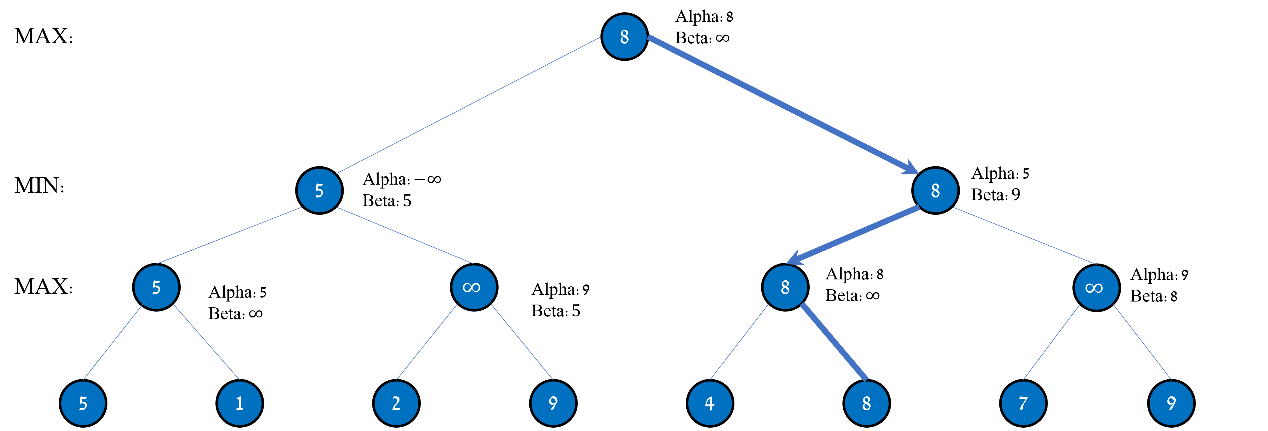
ההיוריסטיקה שלנו מחשבת את ההפרש בין כמות החיילים שיש לשחקן ליריב וגם את הפרש כמות ה"טחנות" הכמעט שלמות בין השחקן ליריב. בנוסף היא נותנת משקל כבד יותר להפרש החיילים מאשר הפרש ה"טחנות" הכמעט שלמות.

האינטואיציה מאחורי ההיוריסטיקה היא כזאת:

* מטרת המשחק היא להישאר עם לפחות 3 חיילים בזמן שהיריב יורד לפחות. ככל שההפרש יותר גדול ככה היריב צריך להוריד יותר חיילים של השחקן על מנת לנצח בזמן שלשחקן יש פחות חיילים של היריב להוריד.
* על מנת להוריד חייל ולהתקדם במשחק על השחקן להשלים "טחנה" כמעט שלמה, ולכן יש יתרון בלהגיע למצב שבה השחקן כמעט מוריד חייל של היריב.
* אם השחקן נמצא במצב בה הוא צריך לבחור בין להוריד חייל של היריב או ליצור "טחנה" כמעט שלמה, עדיף שהוא יוריד חייל וכך יתקדם במשחק. על זה נוסיף שאם לשחקן יש את האפשרות להוריד חייל של היריב ובנוסף לכך להוריד ליריב "טחנה" כמעת שלמה משמע שהשחקן גם התקדם וגם הפריע ליריב להתקדם.

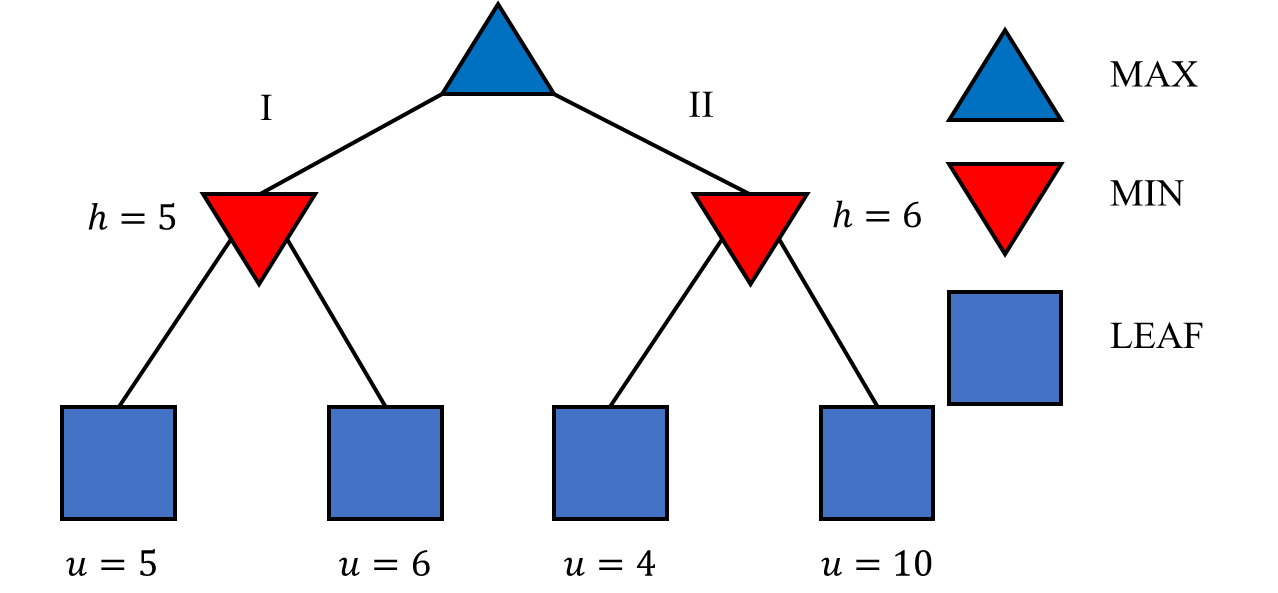
שאלה 3)

1. גיזום אלפא-בטא מאפשר לאלגוריתם מינימקס לא לעבור על צמתים ועלים שכבר ידוע לה שלא יניבו תוצאות טובות יותר מאשר הצמתים ועלים שהיא כבר עברה אליהם. זה נעשה על ידי כך שצמתים שומרים את אצלם את המשתנים אלפא ובטא. כל צומת אשר מחפש מקסימום משווא את הערכים של ילדיו לבטא. אם נמצא מקסימום שהוא גדול מהבטא אז אין טעם בלהמשיך לחפש מכיוון שהורה( או אב קדמון) של הצומת אשר מחפש מינימום כבר מתא תוצאה קטנה יותר ולכן לא תבצע את הפעולה אשר תביא אותה לצומת הנוכחית. כל צומת אשר מחפש מינימום ישווה את ערכי ילדיו לאלפא, ואם נמצא ערך אשר קטן מהאלפא אז אין צורך בלהמשיך לבדוק את שאר ילדים מכיוון שהורה(או אב קדמון) של הצומת הנוכחי, אשר מחפש מקסימום, כבר מצא ערך טוב יותר.
2. על מנת להשיג את היעילות האופטימלית מגיזום אלפא-בטא יש לסדר את העלים כך שעבור צמתים אשר מחפשים מקסימום נסדרם בסדר יורד, ועבור צמתים שמחפשים מינימום נסדרם בסדר עולה.
3. העץ לאחר ביצוע אלגוריתם מינימקס עם גיזום אלפא-בטא



שאלה 4)

לא, אין הבטחה שההיוריסטיקה היא זאת שתוביל אותך לפתרון האופטימלי, נראה דוגמה בה ההיוריסטיקה מובילה את השחקן, על הסיבוב הראשון לבחור אפשרות אשר אינה אופטימלית. נסמן ב את הערך ההיוריסטי של צומת וב את ערך התועלת של עלה. נניח שאנו מתחילים מתורו של max

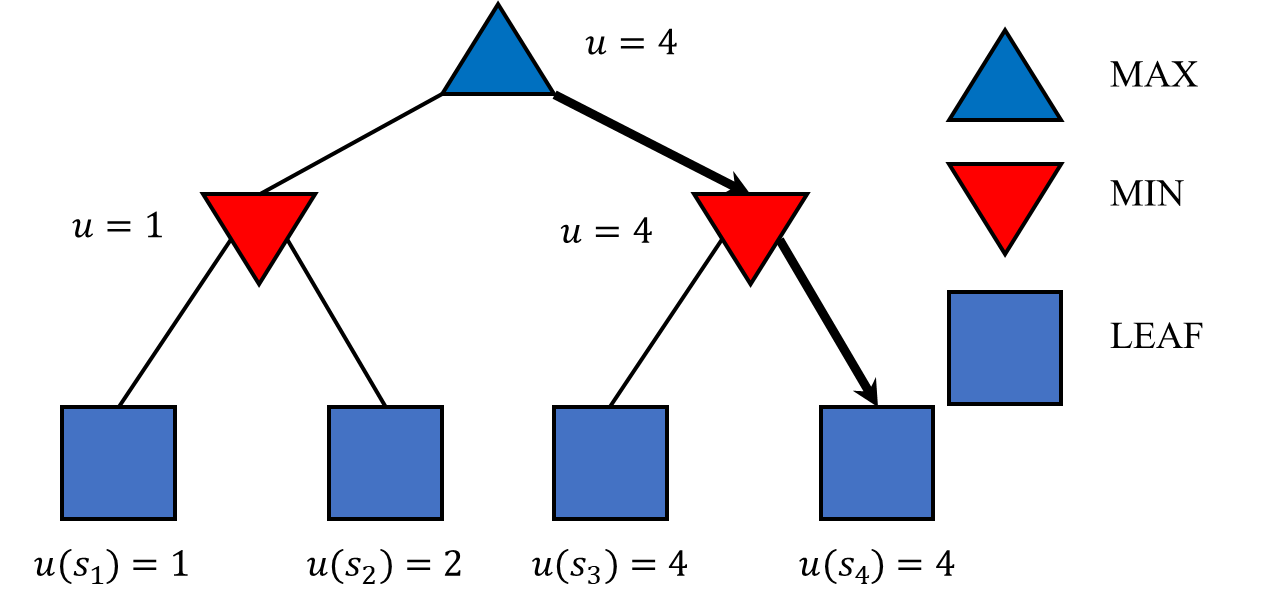


נשים לב שההיוריסטיקה תדרוש שהשחקן הנוכחי (max) יבחר את הצעד מסומן על ידי קשת II. אבל שימוש במינימקס מלא יגלה שביצע הצעד שמסומן על ידי קשר I מבטיח לפחות 5 איפה ששימוש בצעד המסומן על ידי קשת II יכול להטיח רק 4.

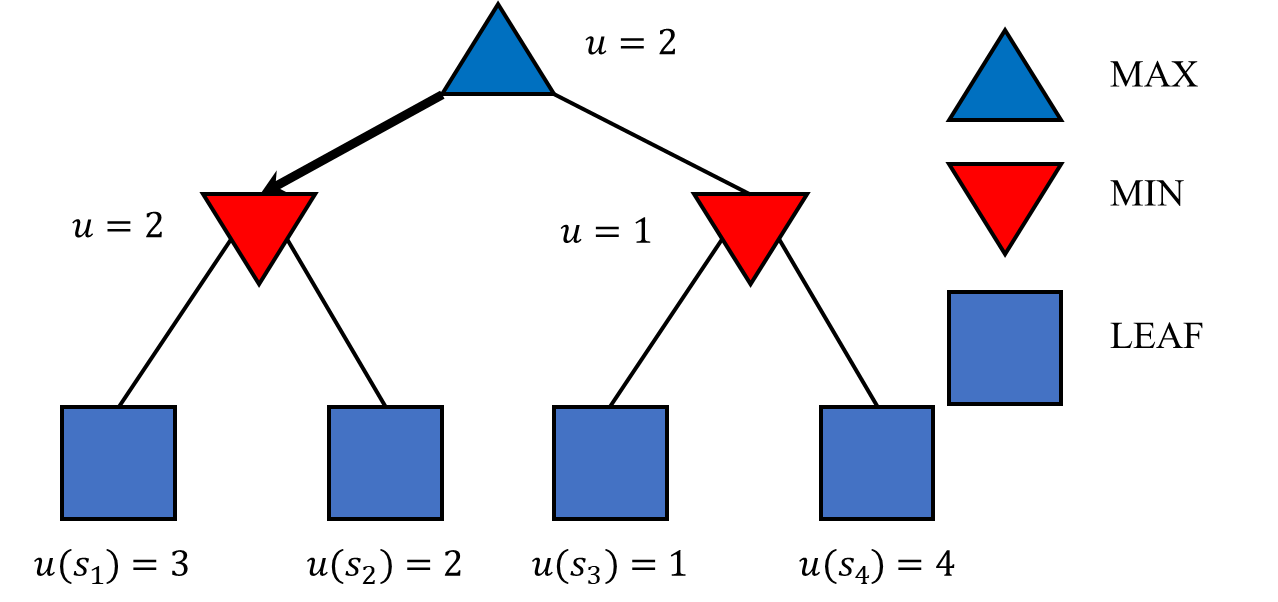
שאלה 5)

נניח משחק שהוא אינו משחק סכום אפס, ונגדיר (למען הדוגמה) שהוא משחק שיתופי לגמרי, משמעו שמטרת כל השחקנים (בדוגמאות שהיתן 2) להגיע למצב סופי בעל תועלת מקסימלית.

1. נראה דוגמה בה לפי אלגוריתם מינימקס מתקבל הפתרון האופטימלי. בדוגמה למטה מופיע משחק בה התועלת הטובה ביותר הינה 4 והיא מתקבלת לפי האלגוריתם:



1. נראה דוגמה בה לפי אלגוריתם מינימקס איננו מקבלים את הפתרון האופטימלי. בדוגמה למטה מופיע משחק בה התועלת הטובה ביותר הינה 4 אבל היא אינה מתקבלת:

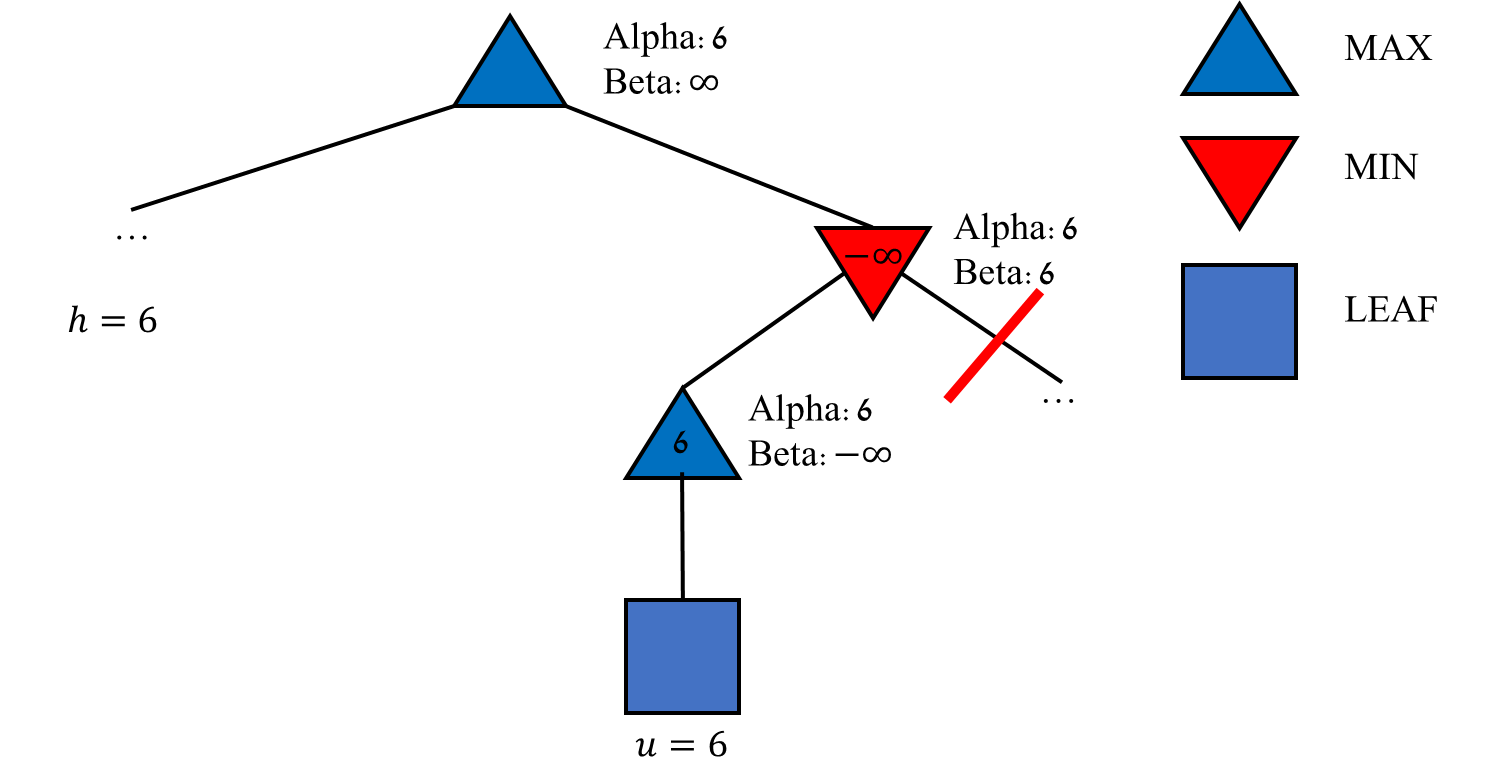


מסומן בגרף את התנועה אשר השחקן הראשון יבצע במשחק לפי תועלת העלים ואלגוריתם מינימקס. הפעולה של השחקן השני לא נרשמה מכיוון שהוא ינסה למקסם את התועלת למשחק לפי רעותו (לאו דווקא לפי החישוב מינימקס של השחקן הראשון) אך זה אינו משנה מכיוון שהתועלת המקסימלית אינה יסיגה לאחר הצעד של השחקן הראשון.

שאלה 6

1. מצב כזה ייתכן במקרה וישנו ערך היוריסטי שגדול או שווה לערך ניצחון אמיתי. כאשר המחשב מחשב את הפעולה האופטימלית דרך מינימקס, נניח כי דרך פעולה שאינה מובילה לניצחון בצעד הבה קיבל ערך היוריסטי x. כאשר יבדוק את הפעולה אשר מובילה לניצחון בצעד הבא יעבור דרך צומת של השחקן (צומת מינימום) ומשם יגיע לתור שלו (צומת מקסימום) וכניס את הערך של הניצחון שהינו y אשר קטן שווה ל x. כאשר יחזור לתור היריב עם x באלפא y בבטא האלגוריתם תכניס את הערך לתוך צומת השחקן. בגלל זה המחשב לא יבחר את הצעד המוביל לניצחון בצעד הבא.

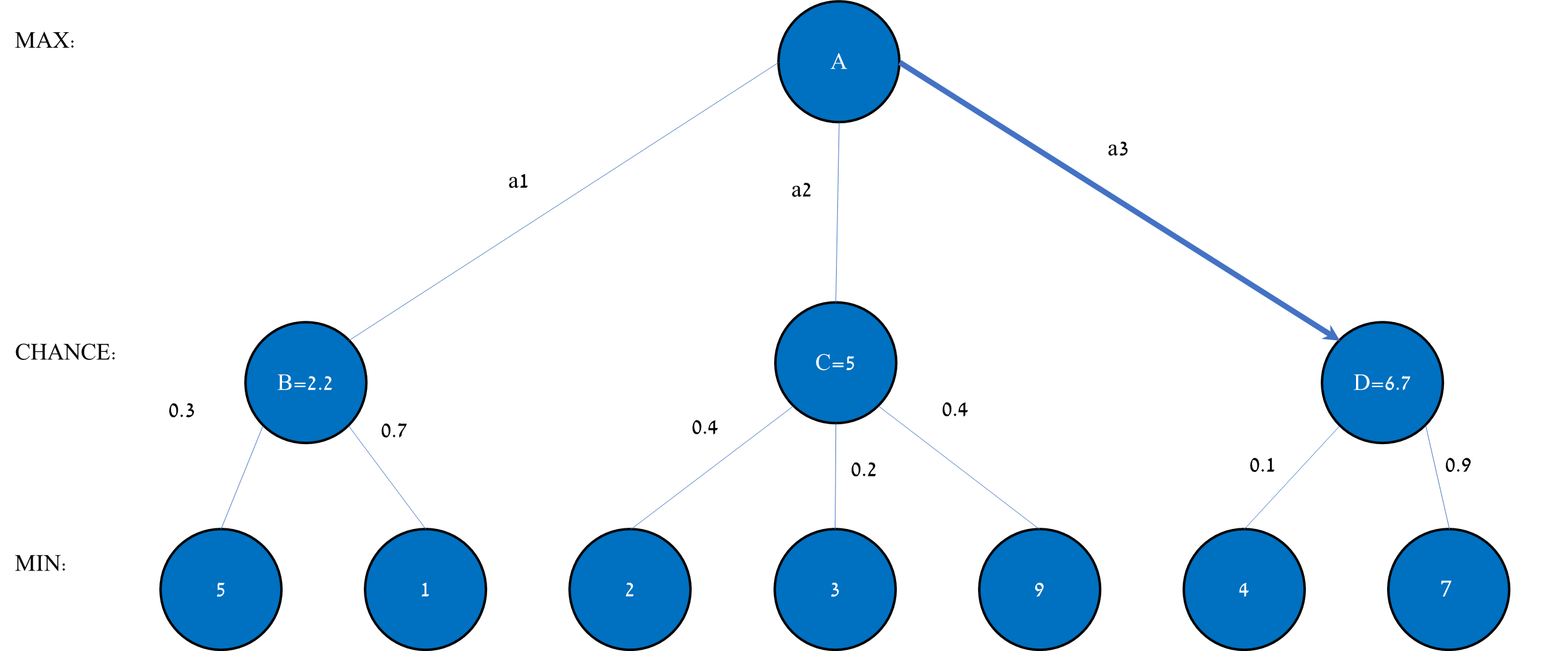
נראה דוגמה לזה בגרף למתה. המחשב מחפש את המקסימום והשקן את המינימום. הערך h מסמל את הערך היוריסטי של צומת מסוים והערך u מסמל את תועלת של מצב סופי מסוים.



1. על מנת למנוע את זה צריך לשים באלפא בטא דגש על ערכי תועלת ולעלות אותם מעל ערכי היוריסטים.

שאלה 7

1. לפי אלגוריתם Expectimax נקבל ש (ראו אילוסטרציה למטה)
2. הפעולה MAX תבחר את הקשת a3 מכיוון שהיא מובילה לצומת בעל ערך Expectimax הגבוה ביותר (ראו אילוסטרציה למתה)



ג. לא נוכל לגזום ב- expectimax וזה מכיוון שאין לנו מידע על ערכי התועלת אם הם אי שלילים או שלילים ולכן לא ניתן יהיה לחזות האם התוחלת תגדל או תקטן ובגלל זה לא נוכל לבצע את הגיזום.

באלפא ביטא הגיזום התבצע הודות לכך שיהיה לנו מידע על חסם עליון/תחתון לצמתים מקס/מיני אבל את זה אין לנו ב- expectimaxולא נוכל לתת חסם על התוחלת כי היא יכולה להמשיך לגדול או לקטון ולכן אי אפשר לבצע את הגיזום.

**שאלה 8**

1. נשנה את שורה 9:

ונשנה גם את שורה 19:

1. נניח כי

U=4

U=1

u=3

מינימקס יחזיר 3 והאלגוריתם החדש יחזיר 4 והסטייה שווה ל 1.

**שאלה 9**

1. בהנחה שמקדם הסיעוף הוא b ולמדנו בכיתה כי סיבוכיות זמן של מינימקס שמגיע עד עומק היא כלומר . כאשר משתמשים בפונקציית rival\_move אנחנו יודעים החלטת היריב ולא צריך להתייחס לכל המהלכים שהיריב יכול לבצע ולחשב את הטוב ביותר ביניהם, רק נשאר להחליט מה המהלך הכי טוב שהסוכן שלנו יכול לעשות בהינתן מה היריב עושה ולכן גודל העץ הוא כלומר ולכן נקבל

**שאלה 10**

1. הסטודנט אינו צודק, יכול להיות שהדרך היחידה להגיע לאופטימום הגלובלי היא מישור שאחריו יש עלייה אז SAHC לעולם לא יוכל להגיע לאופטימום כי הוא נתקע כשאין מצבים משפרים (כלומר במישור).
2. נשתמש ב SAHC Side Ways כדי להימנע מלהיתקע במישור.
3. נבחר מרחב חיפוש כך שיש בו מספר מאוד גדול של מסלולים שמגיעים לאופטימום ע"י עליה שאחריה מישור ואח"כ עוד עליה לאופטימום, לעומת מספר מאד קטן של מסלולים שמגיעים לאופטימום ע"י עליה בלי ירידות או מישור. במרחב המתואר SAHC יש לו הסתברות מאד גבוהה להיתקע במישור לעומת Side Ways שיכול להגיע לאופטימום דרך כל המסלולים שהזכרנו.

חלק ה'

1. עבור השחקן מינימקס קבענו את היוריסטיקה הבא:
   1. אם המצב הוא מצב סופי - משמע שלאחד השחקנים יש פחות משלושה חיילים נותרים אחרי ששמו את כלל החיילים או שאין להם מהלכים, אז ההיוריסטיקה (או יותר נכון תועלת) מחזירה 500 עם השחקן המצח או 500- אם היריב מנצח.
   2. אם המצב אינו מצב סופי, אז ההיוריסטיקה מחזירה את הפרש החיילים בין השחקן ליריב כפול 10 ועוד הפרש הטחנות הכמעט מלאות בין השחקן ליריב.

ההיוריסטיקה בתור פונקציה

1. *השחקן התחרותי שלנו עובד באותה צורה של שחקן ה GlobalTimeABPlayer שלנו. בכל סיבוב הוא מחשב את זמן סיבוב אישי הנובע מזמן המשחק הנותר (הסבר עמוק יותר בסעיף ג). במהלך הזמן הזה הוא מבצע חיפוש אלפא-בטא interative deepening. ההיוריסטיקה הינה זהה להיוריסטיקה הנמצאת בסעיף א' מלבד לכך שעבור מצב שאינו מצב סופי מתווסף גם הרפש בין התחנות המלאות של היריב לשחקן. אם במהלך החיפוש, בעומק מסויים (לאו דווקא האחרון), החיפוש מחזיר ערך 500 (ערך של ניצחון), אז השחקן יפסיק את החיפוש ויתקדם בצעד אשר הביא אותו לערך 500.*

*בכל רמה בעץ החיפוש, אלגוריתם החיפוש יכול לפתח את כל המהלכים הבאים האפשריים, משמע יכול לעבור על כל מיקום/הזזת חייל השחקן ועל כל אפשרות להסיר שחקן יריב עם התקבל טחנה. כמובן, כחלק מריצה אלגוריתם אלפא בטא, החיפוש אינו מפתח את כל המצבים האפשריים.*

1. *נסביר את שיטת ניהול זמן הריצה של כל תור*
   1. *עבור זמן מוגבל לתור נחלק לשתי מקרים, מקרה עבור מינימקס ומקרה עבור אלפא-בטא*
      1. *מינימקס: מכיוון שמינימקס מחשב בכל רמה את כלל המהלכים האפשריים מתקיים שרוב הגדול של הזמן ינוצל על חישוב הרמה האחרונה. לכן, על מנת לא לעבור את הזמן הנותר יש להגביל את זמן הריצה כך שהאלגוריתם יעצור לפני החישוב של הרמה התחתונה. לכן, עבור כל תור נותיר לפונקציה make\_move להמשיך לרדת ברמות דרך חיפוש מינימקס iterative deepening עד שהיא עוברת את זמן התור מחולק בbranching factor. נחשב את הbranching factor כמספר המהלכים האפשריים בתור כפול מספר החיילים שנותרו ליריב (מספר החיילים שיש אפשרות שנוציא מהמשחק) כפול פקטור של 1.5 על מנת להתחשב בכך שהbranching factor יכול לגדור בין מהלכים (כשיש יותר מהלכים אפשריים או יותר חיילים של היריב)*
      2. *אלפא-בטא: מכיוון שאלפא-בטא לא עובר על כלל האפשרויות, החלתנו להסתמך על המקרה הממוצע שהוצג השיעור ונתנו לחיפוש לרוץ עד שהוא עובר את הזמן שהוקצע לתור חלקי 20 (95% מהזמן ינוצל על הרמה האחרונה)*
   2. *עבור זמן גלובלי ניהלנו את הזמן בmake\_move על ידי החישבנו הגבלה לזמן התור הנוכחי ואז רצנו בצורה זהה לאלפא-בטא עבור זמן תור מוגבל על ההגבלה שחישבנו. את ההגבלה החדשה חישבנו בדרך הבא: רצינו לתת לשחקן יותר זמן לחשב בתורים הראשוניים על מנת לתכנן את מיקום החיילים בקפדנות, לכן לכל אחד מהסיבובים בשלב הראשון אנו מגדירים הגבלה של הזמן התור חלקי 12 פחות כמות החיילים שנותר לשחקן להשים (כך אנו מגיעים שעבור הסיבוב הראשון יש לשחקן שליש מזמן המשחק הנותר כהגבלה, ואז רבע, וכן הלאה). בשלב השני של המשחק הזמן מוגבל לזמן המשחק הנותר חלקי מספר המהלכים האפשריים.*
2. *נתחיל מלעשות הנחה מקדימה. אנו מניחים שעבור זמנים קצרים יותר יש לשחקן האלפא-בטא ומיניקס את אותו שיסוי לנצח. זה מכיוון שעומק העץ שיכול להתקבל עבור זמנים קצרים רדוד ולא תהיה השפעה של גיזום אלפא-בטא רצינית. עבור זמנים ארוכים יותר לאור גיזום רחב, השחקן אלפא-בטא יגיע לעומקים משמעותית גדולים יותר ולכן ינצח את המשחק.*

*נציג טבלה אשר מראה תוצאות של משחקים בזמני תור שונים, ושחקן מתחיל שונה. תקו מוגדר כמשחק שבה שתי השחקנים נתקעו בלולאה שאף אחד לא מתקדם בה.*



*נראה שצדקנו בהנחה שלנו. עבור זמנים קצרים אין הבדל בין אלפא-בטא ומינימקס. עבור זמנים ארוכים אלפא-בטא מנצח באופן קבוע.*

**חלק ו :**

**Chart, scatter chart

Description automatically generated5-**

הסבר לגרף : נתנו ערך אחד לכך אם השחקן Heavy Player ניצח עבור ואפס אחרת .

עבור שני הניסויים התקבל אותו הגרף . ההסבר לכך הוא שלא משנה כל כך העומק שאנחנו מחפשים בו כל עוד האלגוריתם שלנו משתמש ביוריסטיקה פחות טובה מאשר השחקן השני ולכן ניסוים אלה באים להעיד על החשיבות שיש ליוריסטיקה טובה אשר יכולה להעריך טוב יותר את המצב שאנחנו נמצאים בו ובכך לעזור לנו לקבל החלטה יותר טובה איזה צעד לעשות למרות שהאלגוריתם לא הגיע למצב סופי.