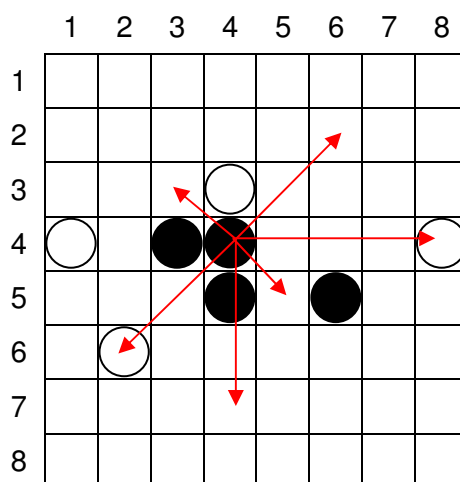


# מבוא לבינה מלאכותית, 236501

אביב 2010-2011

## עבודת מחקר שנייה: משחקים



### פרטי הגשה

1. תאריך הגשה: 1/6/11.
2. הגשה מודפסת של המסמך לתא הקורס, הגשה אלקטרונית של המסמך וקוד הבדיקות, הגשה אלקטרונית נפרדת של הקוד לטורניר.
3. שאלות בנוגע לתרגיל יש להפנות לחגי טולידנו: [haggai@cs.technion.ac.il](mailto:haggai@cs.technion.ac.il).
4. נא לציין בשורת הכותרת בדוא"ל: AI HW2.
4. הבהרות ועדכונים יופיעו בחלק ה-FAQ באתר הקורס.

## תיאור התרגיל

בתרגיל זה תממשו שחקן לוריאציה של המשחק "קווי פעולה" (Lines of Action). חוקי המשחק מפורטים בחלק "חוקי המשחק" בהמשך.

המשחק הומצא ע"י Claude Soucie במחצית השניה של המאה ה-20 וחוקיו נערכו ע"י Sid Sackson. המשחק צבר קהל רב בשנים האחרונות, ונערכים טורנירים בהם משתתפים שחקנים בשר ודם וכן תוכנות מחשב שונות. בינתיים, נראה כי תוכנות המחשב מנצחות את טובי השחקנים האנושיים.

הערכת הפתרון שלכם תתבצע לפי תכן השחקן וניתוח של ביצועי שתציגו במסמך, וכן לפי טורניר שיערך בין כל השחקנים.

ציון גבוה במיוחד יינתן לתרגילים יצירתיים ומקוריים.

שחקנים מצטיינים בטורניר יקבלו בונוס לציון הקורס.

## תכן השחקן

קווי פעולה הוא משחק אינפורמציה מלאה ללא אלמנט של מזל. לכן תוכלו להשתמש באלגוריתם  $\alpha\beta$  כפי שנלמד בכיתה.

עליכם לתכנן ולממש פונקציה היוריסטית עם ערכים למצבים לא סופיים (כלומר לא רק נצחון/הפסד/תיקו) על מנת להתמודד עם מגבלת הזמן שתתואר בהמשך.<sup>1</sup>

בנוסף, עליכם לממש לפחות הרחבה אחת מבין ארבע ההרחבות הבאות:

- סידור מחדש של הבנים בעץ המשחק (node reordering): בחירה מושכלת של סדר המעבר על מהלכים תחת צומת בעץ המשחק
- חיפוש מקומי לעומק עד רגיעה (quiescence search): קביעת סיום חיפוש לעומק תחת צומת מסויים בעץ המשחק באופן דינאמי - חיפוש עד למצב הנחשב רגוע
- טבלאות מצבים (transposition tables): שמירת ערכי מצבים שנסרקו בחיפושים קודמים ושימוש בהם במקרה שנתקלים בהם שנית על מנת לחסוך חיפוש נוסף בהם
- חיפוש סלקטיבי (selective search): גיזום צמתים בעץ המשחק לפני שנסרקו, לא בהכרח לפי חסמים כלשהם על הערך ההיוריסטי של עץ החיפוש

על השחקן לעמוד במגבלת זמן לכל מהלך (בנפרד) – עליו להחזיר מהלך חוקי תוך פרק זמן מוגדר שהוא מקבל באתחול המשחק. מגבלת הזמן יכולה להיות כל ערך בין 0.1 שנייה לבין 20 שניות. זמן שנותר בסיום מהלך אינו נצבר למהלכים הבאים. בנוסף קיימת מגבלת זמן לאתחול השחקן. לביאור תהליך בניית השחקן ואתחולו ראו חלק "דרישות מימוש".

באפשרותכם לצבור מידע ממהלכים קודמים באותו משחק, אך השחקן יאותחל מחדש בתחילת כל משחק.

לפירוט הדרישות התכנותיות, ראו חלק "דרישות מימוש".

<sup>1</sup> בתכנון ההיוריסטיקה שלכם תוכלו להסתייע בהיוריסטיקה ידועה למשחק זה הנקראת Quad Heuristic. פרטים תמצאו

ב- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.3549&rep=rep1&type=pdf>

### ניתוח ביצועי השחקן

עליכם להציג את הפונקציה ההיוריסטית שבחרתם ואת שיקוליכם בתכנונה, לדון ביתרונותיה ובחסרונותיה ולהציג את התנהגותה במצבים שונים של הלוח.

עליכם להסביר את שיטת המימוש של ההרחבות ל- $\alpha\beta$  שבחרתם ולדון ביתרונות ובחסרונות של בחירותיכם.

בצעו מחקר פרמטרי על ההרחבות שבחרתם. באפשרותכם לבחור כל פרמטר שנראה לכם מעניין, בפרט פרמטרים ספציפיים להרחבות (בנוסף לפרמטרים כלליים כמו גודל הלוח או מגבלת זמן למהלך), למשל:

- הפונקציה ההיוריסטית לסידור מחדש של הבנים בעץ המשחק (אינה חייבת להיות זהה לפונקציה ההיוריסטית המשמשת להערכת מצב הלוח)
- ערך הסף הקובע מהי תנודתיות בחיפוש לעומק עד לרגיעה
- שיטת הבחירה לנתיב החיפוש בחיפוש סלקטיבי
- גודל טבלת המצבים

אם תרצו לבצע מחקר פרמטרי על נושא אחר (כלומר לא על ההרחבות), בקשו אישור לכך מחגי.

הסבירו את מדיניות ניהול הזמן שבחרתם על מנת לעמוד במגבלת הזמן למהלך.

הסבירו את שיטת אתחול השחקן שלכם.

שימו לב: עליכם להסביר כל נושא במימוש שלכם שאינו טריוויאלי.

## טורניר

בין כל השחקנים שיוגשו ייערך טורניר.

ייערכו מספר סיבובים שיהיו שונים זה מזה בגודל הלוח (וכתוצאה מכך במספר הכלים ההתחלתי לכל שחקן), במספר המהלכים המירבי במשחק ובמגבלת הזמן למהלך.

בכל סיבוב יתמודד כל שחקן עם כל שאר השחקנים עם אותם פרמטרים בכל המשחקים באותו סיבוב. התמודדות שני שחקנים תיערך בשני משחקים כך שכל שחקן יזכה לפתוח באחד המשחקים בכל התמודדות.

## הפסד טכני

שחקן המבצע מהלך לא חוקי (מסיע כלי שלא לפי הכללים) – מפסיד, ויריבו מנצח.

שחקן שאינו עומד במגבלת הזמן שהוצבה למהלך (כולל לולאה אינסופית) – מפסיד, ויריבו מנצח.

## ניקוד

בסיום הטורניר יחושב הניקוד המצטבר של כל שחקן. הניקוד שינתן לשחקנים בהתאם לתוצאת המשחק מפורט להלן:

נצחון רגיל (לא טכני) מקנה למנצח שלוש נקודות ואינו מקנה נקודות למפסיד.

נצחון טכני מקנה למנצח שתי נקודות ומקנה שתי נקודות שליליות למפסיד.

תיקו מקנה נקודה אחת לכל שחקן.

תוצאות הטורניר יפורסמו באתר הקורס.

שימו לב: תוצאות הטורניר אינן משפיעות על ניקוד התרגיל! עליכם לוודא שהחלק היבש של התרגיל עומד בדרישות המפורטות בתרגיל.

## חוקי המשחק

### מידע מקוון

תוכלו לקרוא על קווי פעולה ועל משחקים דומים באתרים שונים באינטרנט (למשל בויקיפדיה: [http://en.wikipedia.org/wiki/Lines\\_of\\_Action](http://en.wikipedia.org/wiki/Lines_of_Action)).

שימו לב: חוקי המשחק אינם קבועים ויש להם מספר גרסאות. חוקי המשחק שנבחרו לצורך תרגיל זה אינם בהכרח החוקים שתמצאו באינטרנט. למרות זאת יתכן שתמצאו ערך לאסטרטגיות למשחקים בגרסאות אחרות של המשחק ולמשחק נגד שחקנים מקוונים בעלי בינה מלאכותית.<sup>2</sup>

### שחקנים

במשחק משחקים שני שחקנים, לבן ושחור. השחקן הלבן פותח במשחק.

### פרמטרים למשחק ולוח המשחק

בתחילת המשחק מוגדרים שלושה פרמטרים (בסוגריים – ערכי ברירת המחדל, עליכם לבדוק את ביצועי השחקן שלכם גם עבורם):

- $M$  (100) – מספר התורות המותרים לכל שחקן במהלך המשחק. הניחו כי  $100 \geq M \geq 10$
- $T$  (5) – משך הזמן בשניות המותר למהלך. הניחו כי  $20 \geq T \geq 0.1$
- $N$  (8) – מספר המשבצות על צלע לוח המשחק. הניחו כי  $30 \geq N \geq 5$

לוח המשחק (נסמנו  $B$ ) הינו ריבועי. גודלו  $N \times N$  משבצות. לצורך ההסבר נסמן את התא השמאלי העליון ב- $B[0,0]$  ואת התא הימני התחתון ב- $B[N-1,N-1]$ . הסימון  $B[x, y .. z]$  מסמן רצף תאים בשורה  $x$  בעמודות  $y$  עד  $z$ . הסימון  $B[x .. y, z]$  מסמן רצף תאים בעמודה  $z$  בשורות  $x$  עד  $y$ . בכל תא יכול להיות כלי אחד לכל היותר, שחור או לבן.

### כלי המשחק

כלי המשחק הם משני צבעים: הכלים הלבנים שייכים לשחקן הלבן והשחורים לשחור. הכלים יכולים להיות מוצבים בכל תא בלוח.

### מטרת המשחק

השחקן הראשון שמקבץ את כל כליו לגוש יחיד הוא המנצח. (הגדרות והסברים בחלק "סיום המשחק" בהמשך)

<sup>2</sup> ניתן לשחק מול בינה מלאכותית למשל כאן:

<http://www.personeel.unimaas.nl/m-winands/loa/game/applet.html>  
או כאן: <http://www.geometricgames.com/index.php?page=lines-of-action>

## מהלך המשחק

בפתיחת המשחק כלי השחקנים מסודרים על צלעות הלוח באופן הבא:

- $N-2$  כלים שחורים נמצאים בתאים  $B[0, 2 \dots N-2]$ , כלי אחד בכל תא
- $N-2$  כלים שחורים נמצאים בתאים  $B[N-1, 2 \dots N-2]$ , כלי אחד בכל תא
- $N-2$  כלים לבנים נמצאים בתאים  $B[1 \dots N-2, 0]$ , כלי אחד בכל תא
- $N-2$  כלים לבנים נמצאים בתאים  $B[1 \dots N-2, N-1]$ , כלי אחד בכל תא

השחקן השחור מבצע את המהלך הראשון במשחק.

כל שחקן, בתורו, חייב לבצע מהלך.

השחקן שזה תורו יכול לקדם את אחד מכליו ב- $H$  משבצות בדיוק לאורך שורה, עמודה או אלכסון, החל ממיקומו הנוכחי, אם מתקיימים כל הכללים הבאים:

- $H$  הוא מספר הכלים הכולל (של שני השחקנים) על ציר התנועה הנבחר.
- הכלי המוסע אינו נוחת במשבצת שבה קיים כלי של השחקן הנוכחי.
- הכלי המוסע אינו מדלג מעל כלי של השחקן היריב.

נניח שניתן להסיע כלי כלשהו, אז בסיום מסעו:

- אם נחת על משבצת ריקה – יישאר שם.
- אם נחת על משבצת שבה קיים כלי של השחקן היריב – כלי היריב עובר מוצא מן הלוח ואינו חוזר למשחק.

מהלך מותר אחר הוא סיבוב ריבוע  $2 \times 2$  של תאים ב- $90$  מעלות בכיוון השעון. מהלך זה מוגדר עפ"י התא השמאלי-עליון של הריבוע המסובב. כל כלי בריבוע הנבחר עובר לתא הבא בסדר הסיבוב: אם נבחר הריבוע  $B[x, y]$ , יעברו הכלים באופן הבא:  $B[x, y] \rightarrow B[x, y+1] \rightarrow B[x+1, y+1] \rightarrow B[x+1, y] \rightarrow B[x, y]$ .

שחקן יכול לסובב ריבוע רק אם אותו ריבוע מכיל לפחות כלי אחד של אותו שחקן, בתא כלשהו בריבוע.

בסיום ביצוע התור, התור עובר ליריב.

## סיום המשחק

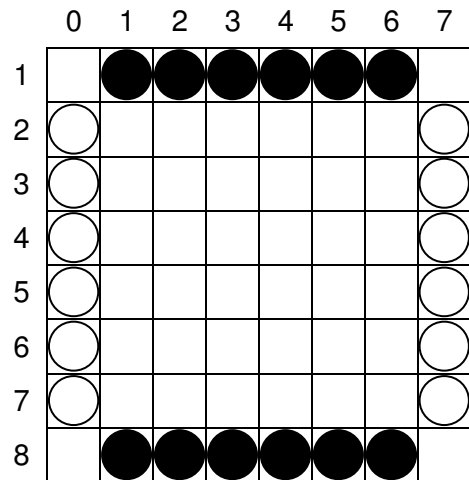
למשחק מספר אפשרויות סיום עם מהלכים חוקיים:

- אם בסיום מהלך שחקן יחיד כלשהו נותר כשכל כליו מרוכזים בגוש יחיד (הגדרה בהמשך) – שחקן זה הוא המנצח ויריבו מפסיד
- אם בסיום מהלך שני השחקנים נותרים כשכל כליהם מרוכזים בגושים יחידים (גוש שחור יחיד וגוש לבן יחיד) – מוכרז תיקו
- אם בסיום  $M$  תורות לכל שחקן אין לאף שחקן גוש נצחון, מוכרז תיקו בין השחקנים

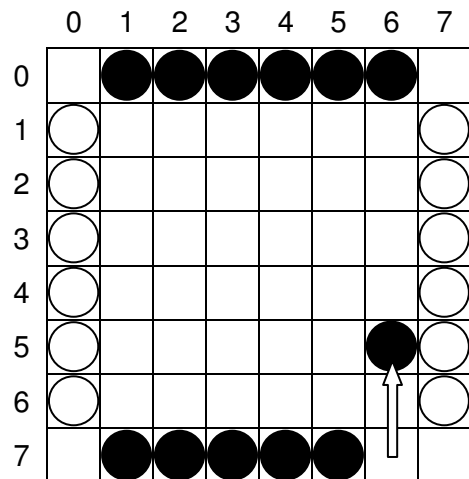
הגדרה: גוש כלים יחיד: לשחקן גוש כלים יחיד אם יש לו כלי משחק אחד בלבד על הלוח, או אם כל כליו מסודרים על הלוח באופן שבו לכל כלי קיים כלי אחר מאותו צבע שנמצא במשבצת סמוכה באותה שורה, עמודה או אלכסון (כלומר כליו מהווים גרף קשיר על הלוח בקשירות 8).

## מהלכים לדוגמא

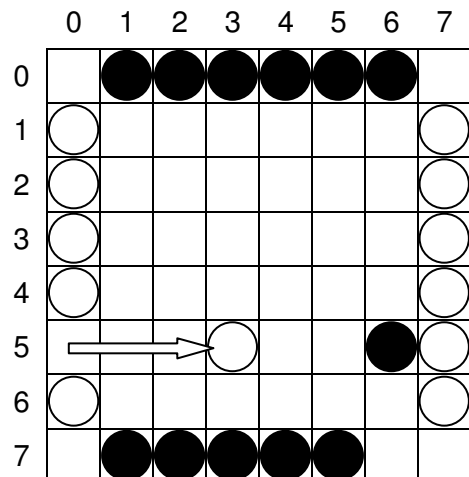
תחילת המשחק. הלוח במצב ההתחלתי בהגדרות ברירת המחדל: גודל  $N=8$ .



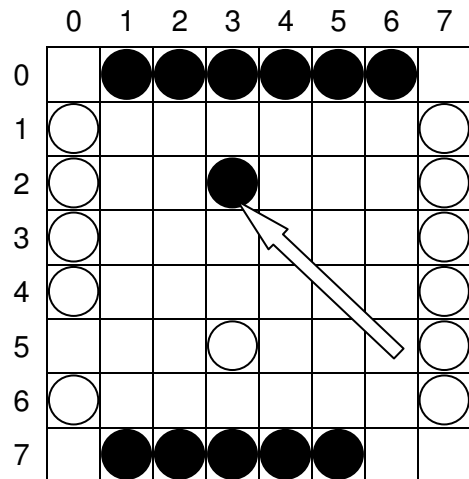
השחור פותח במשחק ומסיע את  $B[7,6]$  שני צעדים בעמודה 6, כיוון שיש שם שני כלים:



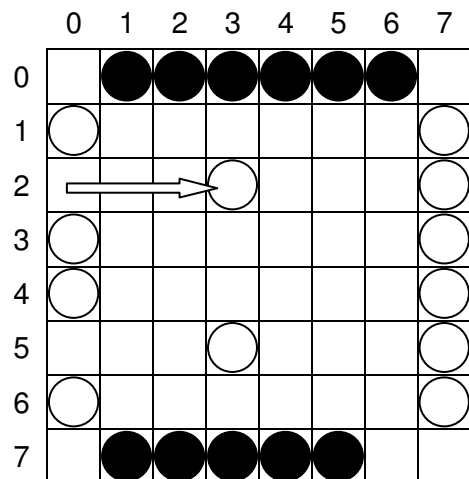
תור הלבן: מסיע את  $B[5,0]$  שלושה צעדים בשורה 5 המכילה שלושה כלים



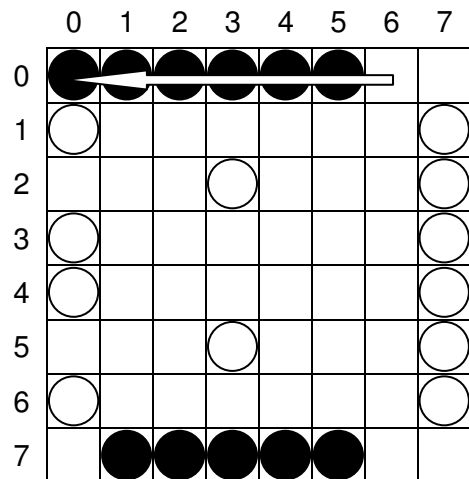
תור השחור: מסיע את B[5,6] על אלכסון המכיל שלושה כלים



תור הלבן: מסיע את B[2,0] שלושה צעדים בשורה 2, ומסיר מהלוח את הכלי השחור B[2,3]

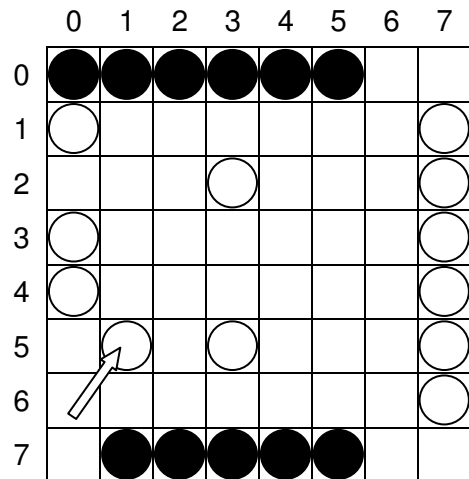


תור השחור: מסיע את B[0,6] ומדלג על כליו

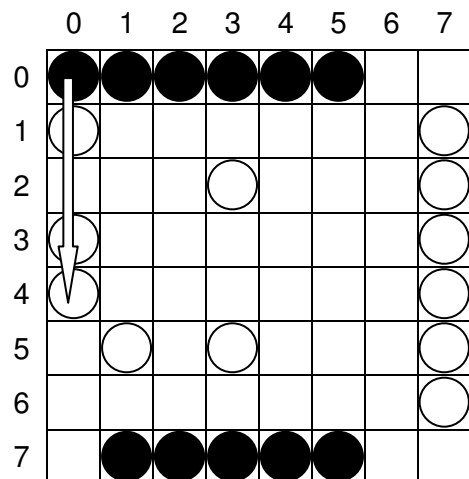




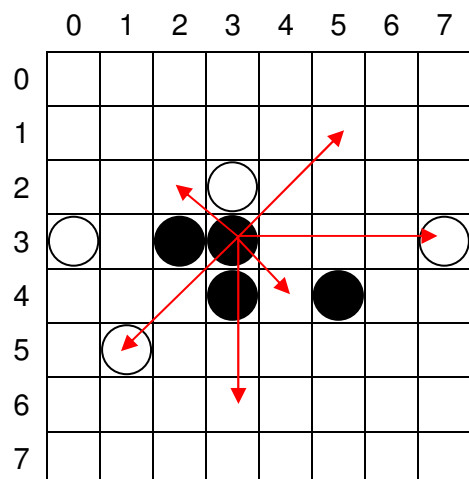
תור הלבן: מסייע את  $B[6,0]$  על האלכסון המכיל אותו בלבד



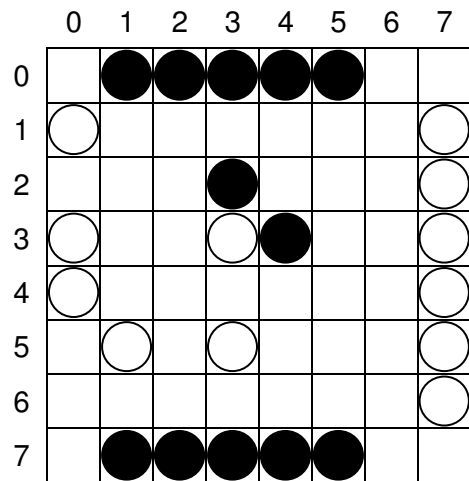
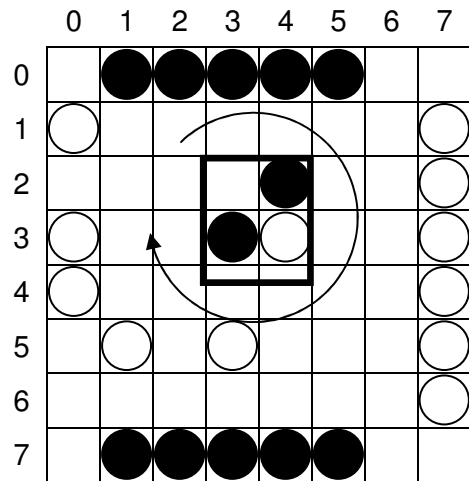
תור השחור: רוצה להסיע את  $B[0,0]$  אל  $B[4,0]$  ולהסיר את הכלי הלבן ששם, אך אינו יכול לעשות כן היות שעליו לדלג מעל  $B[1,0]$  ו- $B[3,0]$  הלבנים



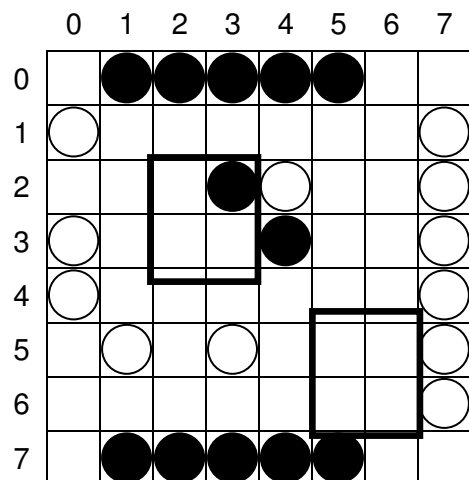
באיור הבא מתוארים כל המהלכים האפשריים של השחור B[3,3]



הלבן יכול לסובב את הריבוע B[2,3] במצב הבא:

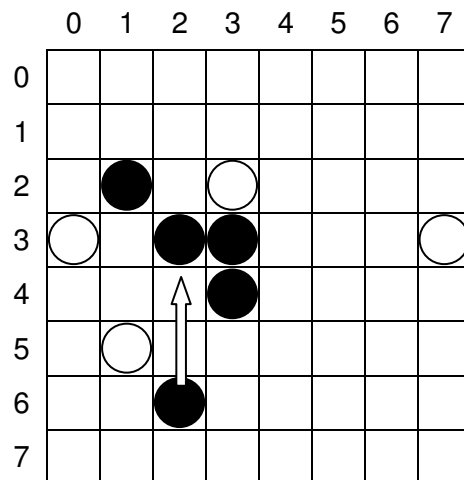


את הריבועים הבאים הלבן אינו יכול לסובב כיוון שאין בהם כלי שלו:

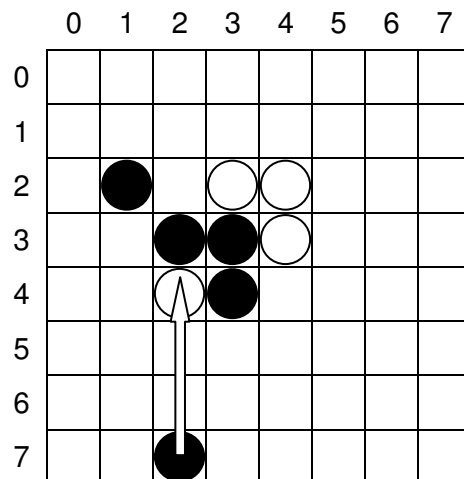


## סיום משחק

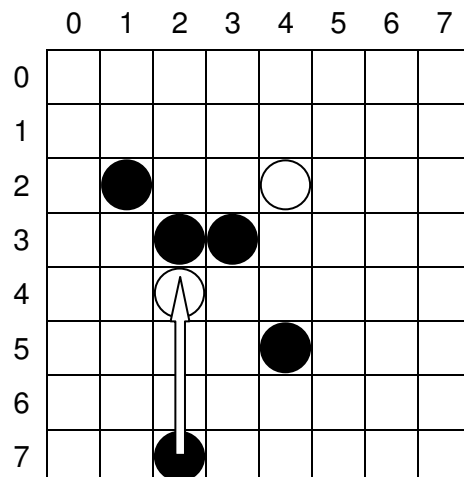
תור השחור: בהסעת B[6,2] אל B[4,2] נוצר גוש יחיד לשחור והוא מנצח



תור השחור: בהסעת B[7,2] אל B[4,2] נוצר גוש יחיד לשחור וגוש ללבן ולכן מוכרז תיקו



תור השחור: בהסעת B[7,2] אל B[4,2] מוסר B[4,2] הלבן מהלוח, ללבן נוצר גוש יחיד ולשחור שני גושים ולכן הלבן מנצח



## דרישות מימוש

כאמור לעיל, עליכם לממש שחקן קווי פעולה המשתמש באלגוריתם  $\alpha\beta$ .

עליכם לממשו ב-python בלבד, ולוודא כי תוכניתכם עובדת כראוי עם מערכת המשחק המסופקת באתר הקורס, כמפורט להלן. זיכרו כי תוכניתכם לא תורץ מחשבונכם ולכן עליכם לוודא כי אתם מגישים את כל הקבצים בהם אתם משתמשים (לבד ממערכת המשחק המסופקת לכם).

לרשותכם מסופקת מערכת תוכנה המאפשרת להריץ משחק בין שני שחקנים (נתונה כקובץ ZIP בחלק התרגילים באתר הקורס). בנוסף מסופק שחקן המשחק מהלכים אקראיים ושחקן אינטראקטיבי (כלומר כזה המבקש את המהלך הבא מקלט המשתמש) על מנת שתוכלו להתנסות במערכת.

באפשרותכם להשתמש בפונקציות שירות שונות מהמחלקות או לממש פונקציות דומות בעצמכם. שימו לב שהפונקציות המסופקות אינן בהכרח יעילות.

הניחו שבמהלך הרצת הטורניר מערכת המשחק כפי שסופקה לכם לא תהיה זמינה לכם, לכן אין לבצע import לשום חלק שבה, וכל פונקציונליות שדרושה לכם עליכם לממש בעצמכם (ניתן להשתמש בקוד המסופק) או להשתמש בפונקציות מערכת של python.

הניחו שכל הקבצים שתגישו ימצאו באותה ספרייה (לצרכי import).

## **מחלקת השחקן**

השחקן שלכם חייב לרשת מהמחלקה GameAgent. אין לממש constructor.

## **אתחול**

בתחילת כל משחק מאותחל השחקן ע"י הפונקציה setup עם צבעו ועם נתון גודל הלוח N (נתון כחלק מפרמטר game\_state) וכן עם מגבלת הזמן למהלך T ומספר המהלכים המותר במשחק M. כמו כן ניתן פרמטר המגדיר את הזמן המותר לאתחול עצמו.

## **מהלך**

בתחילת כל מהלך ניתן לשחקן העתק של לוח המשחק הנוכחי ועל השחקן להחזיר מהלך חוקי לאותו לוח. היות שזהות השחקן הנוכחי ידועה, יש לדווח כמהלך את סוג המהלך (הזזת כלי או סיבוב ריבוע) וכן את הפרמטר למהלך (קואורדינטות התא המגדיר את הריבוע או קואורדינטות המוצא והיעד של הכלי המוזז).

מהלך מתחיל עם הפעלת הפונקציה move של השחקן שלכם. סמוך ככל האפשר לרגע הפעלתה עליכם להפעיל טיימר פנימי המונה את הזמן לסוף המהלך, בדומה למה שעשיתם בתרגיל הראשון.

## **הגשה**

עליכם להגדיר את מחלקת השחקן בקובץ בשם agent.py. באפשרותכם להשתמש בקבצי קוד נוספים כרצונכם.

אין להגיש קבצי נתונים כלשהם לשחקן בטורניר (למשל אסור שימוש ב"ספר פתיחות").

אין להגיש אף קובץ שנכלל בתוכנה המסופקת – השחקן שלכם יורץ תחת המערכת המסופקת לכם או תחת מערכת אחרת ובכל מקרה קבצים אלה לא יישמשו את התוכנה הבודקת.

## פסילה מהטורניר

שחקן יפסל מהשתתפות בטורניר אם הוא מקיים לפחות אחד מהתנאים הבאים:

- מוציא פלט למסך בזמן ריצה
- משתמש ביותר מ-1GB זיכרון בעת ובעונה אחת
- משתמש בפסיקות
- משתמש ביותר מ-thread אחד
- ניגש לרשת
- מבצע פעולות בסגנון hacking: כתיבה למחסנית הקריאות של המערכת, כתיבה לאזורי הזיכרון של היריב או קריאה מהם, כתיבה לאזורי הזיכרון של מערכת המשחק או קריאה מהם וכד'

## טיפול בבעיות מיוחדות בתרגיל

מלבד הפחתת ניקוד עבור שגיאות ואי עמידה בהוראות התרגיל, יטופלו הבעיות הבאות באופן המתואר:

- השחקן המוגש לא כולל הרחבה ל- $\alpha\beta$  שנבדקה ונמצאה מועילה: הפחתה של עד 10 נקודות מציון התרגיל
- המסמך המוגש אינו מאורגן, מסודר, נעים לעין, חף משגיאות כתיב ודקדוק במידה סבירה: הפחתה של עד 10 נקודות מציון התרגיל
- אם הקוד אינו עובד, שחקנכם לא ישתתף בטורניר
- ביצוע פעולות hacking (ראו לעיל בחלק "פסילה מהטורניר") יטופל בחומרה

## **הגשה**

את המסמך המתעד את השחקן שלכם ומכיל את ניתוחי הביצועים הנדרשים יש להגיש הן כקובץ PDF<sup>3</sup> והן בגירסה מודפסת, וכן יש להגיש את הקוד ששימש אתכם לבחינת ביצועי השחקן. צרו קובץ ZIP יחיד שיכיל את ה-PDF ואת קוד הבדיקה והגישו אותו בהגשה האלקטרונית לתרגיל היבש בחלק התרגילים באתר הקורס. את המסמך המודפס הגישו בתא הקורס.

השתדלו לכתוב את מסמך התיעוד בעברית.

הגבילו את מספר העמודים במסמך ל-10, כולל נספחים. לא יתקבלו נספחים מעבר לרשום במסמך.

את קבצי הקוד שכתבתם יש להגיש דרך אתר הקורס, בקובץ ZIP יחיד, בספריית השורש של אותו ZIP ללא תתי-ספריות. הגישו את הקובץ הזה בהגשה האלקטרונית לתרגיל הרטוב בחלק התרגילים באתר הקורס. אין להגיש אף קובץ שאינו הכרחי לצורך בניית השחקן שלכם. אין להגיש קבצים שניתנו לכם מתוך מערכת המשחק.

בשתי ההגשות האלקטרוניות עליכם לכלול קובץ בשם submissions.txt המכיל שורה עבור כל מגיש, בפורמט הבא (בין הסוגריים המשולשים, לא כולל אותם): <name,id#,email>. שימו לב לאיות נכון של שם הקובץ, ולפורמט הנתון (הפרדה ע"י פסיק בלבד).

מומלץ להתחיל לעבוד על התרגיל בהקדם האפשרי.

שחקנים שיוגשו באיחור עלולים לא להשתתף בטורניר, אם יוגשו לאחר שהרצת הטורניר כבר החלה.

## **בהצלחה!**

<sup>3</sup> ב-Windows ניתן להשתמש במדפסת PDF כגון CutePDF Writer הניתנת להורדה בכתובת  
<http://www.cutepdf.com/products/cutepdf/writer.asp>