



Iby and Aladar Fleischman
Faculty of Engineering
Tel Aviv University

הפקולטה להנדסה
ע"ש איבי ואלדר פליישימן
אוניברסיטת תל-אביב

מעבדה ברובוטיקה ובקרה של מערכות
Robotics & systems control Laboratory
0542-4624

פרויקט מסכם : טורניר כדורגל רובוטי

קבוצה 1

מס'	שמות הסטודנטים ומספר ת"ז
1	ערן פיינגולד 311144570
2	אלון לרון 312386576
3	אלון מזרחי 312284706

תאריך ביצוע הטורניר : 08.06.22

תאריך הגשת הדו"ח : 18.06.22



תוכן עניינים:

3..... תקציר

3..... מטרות לביצוע

3..... מהלך הטורניר

4..... תכנון האלגוריתם

4..... סימולציות

7..... תרשים זרימה

8..... פונקציות מרכזיות בקוד

8..... מסקנות וסיכום

9..... נספחים



תקציר

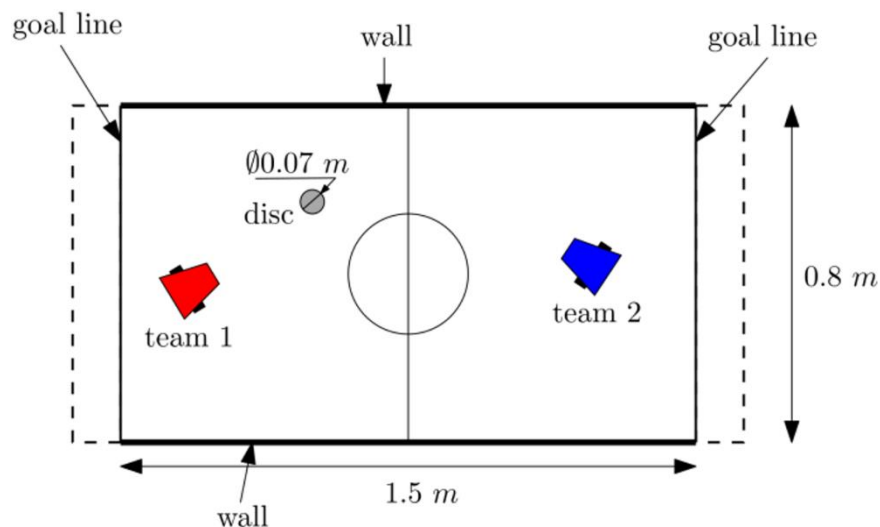
דוח מעבדה זה עוסק בפרויקט סוף בקורס מעבדה ברובוטיקה. מטרת הפרויקט הינה לנצח בטורניר כדורגל רובוטי על ידי יישום הכלים שנלמדו במהלך הקורס. במהלך הפרויקט נכתב אלגוריתם תכנון תנועה עבור רובוט מכונית אשר מטרתו היא דחיפת דסקית עד 'הבקעת שער'. קווים מנחים בכתיבת האלגוריתם בפרויקט זה, הינם הגעה על ידי המסלול המהיר ביותר והפשוט ביותר עד ל-'נקודת תקיפה', ודחיפת הדסקית בקו ישר עד לשער היריב. בנוסף נכתב אלגוריתם המאפשר הגנה על השער בעת חטיפת הדסקית על ידי היריב, אשר גורם לרובוט להתמקם בין השער שלנו לדסקית במהירות המרבית.

מטרות לביצוע

1. כתיבת קוד הכולל אלגוריתם תכנון תנועה של רובוט נייד, על מנת "להבקיע שער" במשחק כדורגל.
2. יישום של קטע הקוד במהלך הטורניר על מנת לנצח את כלל היריבים.
3. כתיבת דוח מסכם העונה על כלל הדרישות.

מהלך הטורניר

ראשית, הטורניר מתקיים באופן הבא, על גבי מגרש כדורגל, כמתואר באיור 1 נמצאים, שני רובוטים אשר מופעלים על ידי שתי קבוצות מתחרות כאשר המטרה היא להבקיע את הדסקית לשער של היריב. כל קבוצה מקבלת את המיקומים של הדסקית של הרובוט שלה ושל הרובוט היריב, המיקומים מתקבלים באמצעות קוד עיבוד תמונה אשר משתמש במצלמות מעל המגרש וקוד ארוקו שנמצא על גבי כל אחד מהם.



איור 1 : מגרש הכדורגל



Iby and Aladar Fleischman
Faculty of Engineering
Tel Aviv University

הפקולטה להנדסה
ע"ש איבי ואלדר פליישימן
אוניברסיטת תל-אביב

תכנון האלגוריתם

ראשית, נציין שעקרון מרכזי אשר לפיו בוצע תכנון האלגוריתם היא שמירה על פשטות וסיבוכיות נמוכה של אלגוריתם התנועה שלנו, זאת מתוך הבנה שהגעה מהירה לדסקית היא המפתח לניצחון. על כן קוד אשר יתכן את המסלול הקצר ביותר בזמן ריצה המהיר ביותר יהווה יתרון משמעותי ויגדיל את הסיכוי לנצח בכל משחק.

עקרון הפעולה לפיו בוצע הקוד הינו הגעה ל- 'נקודת תקיפה', נקודה הנמצאת כ-10 ס"מ לפני הדסקית, ולאחר מכן נסיעה במסלול דחיפה, מסלול ישר לכיוון שער היריב. הקוד שנכתב עבור הטורניר כולל כמה אלגוריתמים שונים של תכנון מסלול ובהם: תכנון בהתבסס על עקרונות RRT ו-RRT* בהתאם לקוד שפותח במעבדת הרכבים, תכנון מסלול המתבסס על פונקציית פוטנציאל שנכתבה ותוכננה באופן עצמאי, וכן תכנון מסלול אשר מתבסס על תנועה בקווים ישרים אל עבר נקודה רצויה על מנת להגיע בזמן המהיר ביותר שתוכנן גם הוא באופן עצמאי. בכלל האלגוריתמים הוגדר אזור 'סכנה' בוא אסור להיות על מנת להימנע מדחיפת הדסקית לעבר השער שלנו, בנוסף כלל האלגוריתמים נותנים מענה עבור כל נקודה במגרש. את סוג תכנון המסלול ניתן להגדיר בתחילת כל משחק.

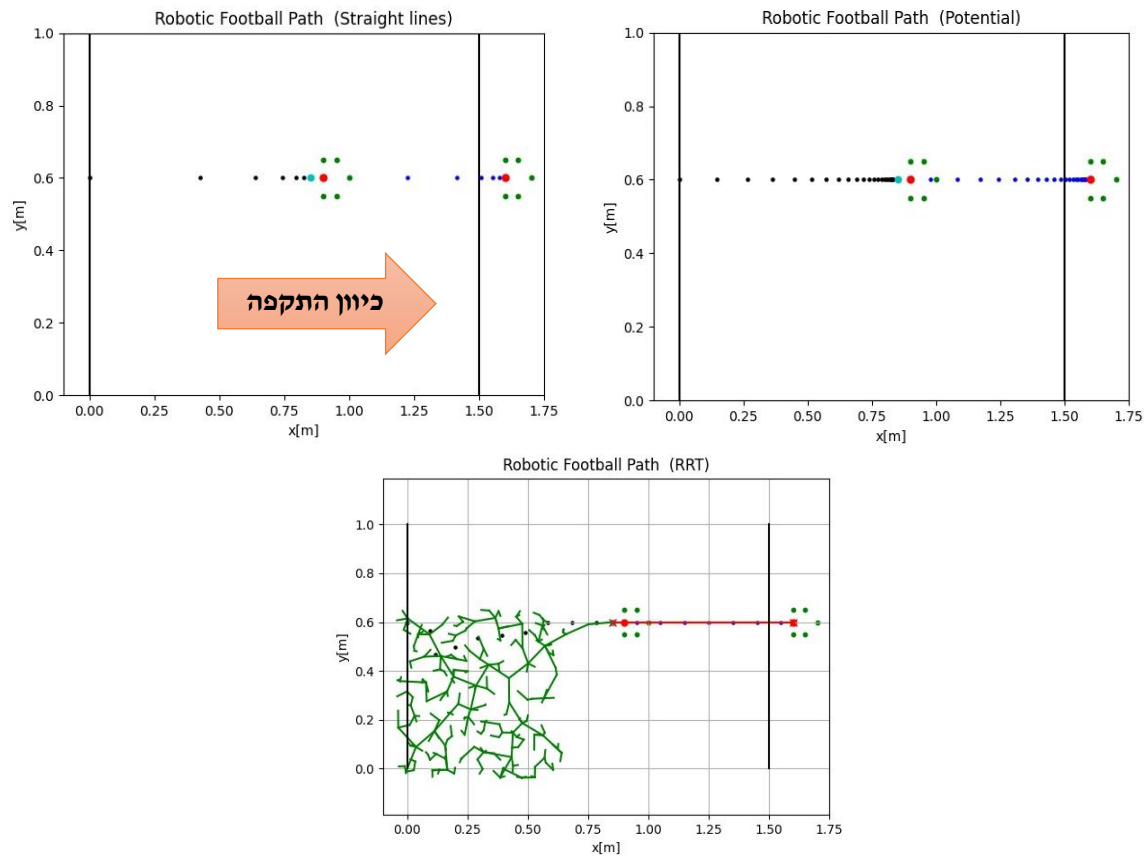
בקוד הוגדרו מספר מצבי משחק מרכזיים עליהם אנו נותנים מענה:

1. הרובוט שלנו והרובוט היריב אינם נמצאים בקרבת הדסקית – מענה: הגעה ל- 'נקודת תקיפה'.
2. הרובוט שלנו נמצא ב- 'נקודת תקיפה' – מענה: מסלול דחיפה.
3. הרובוט שלנו לא בקרבת הדסקית והרובוט היריב כן בקרבת הדסקית – מענה: הגנה על ידי המסלול המהיר ביותר להתמקמות בין הדסקית לבין השער שלנו.

סימולציות

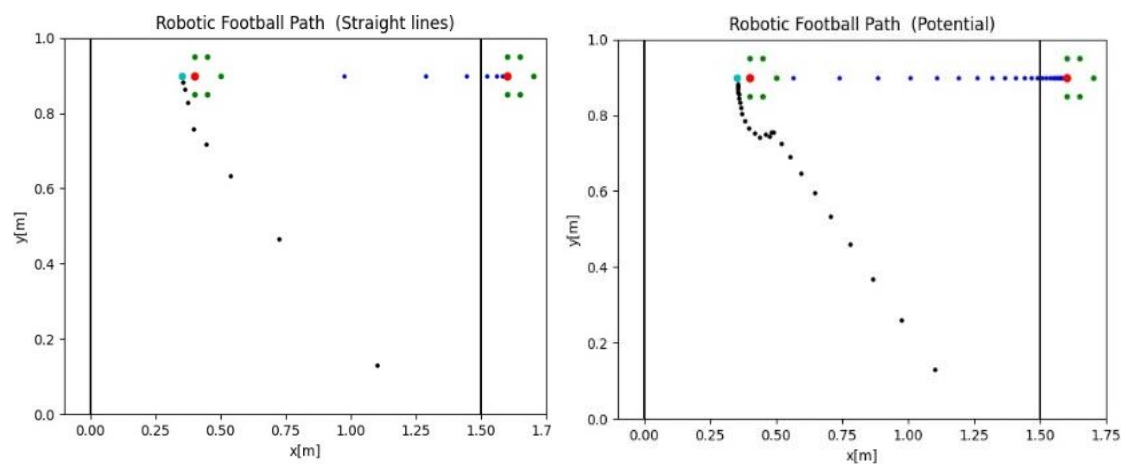
עבור המחשת פתרון הבעיה יוצגו מספר סימולציות אשר ממחישות את תכנוני המסלול עבור שלושה מסלולים שונים.

סימונים על גבי האיורים: כיוון ההתקפה הוא לצדו הימני של המסך, הנקודות השחורות מייצגות את הדרך עד הגעה ל- 'נקודת תקיפה', הנקודה בצבע טורקיז מייצגת את 'נקודת התקיפה', נקודות כחולות מייצגות את מסלול הדחיפה כאשר הרובוט דוחף את הדסקית לעבר השער. נקודה אדומה מייצגת את מיקומי הדסקית בראשית תנועתה (נקודה שמאלית) ובסיום תנועתה (נקודה ימנית מעבר לשער היריב), הנקודות הירוקות מייצגות את אזור ה- 'סכנה', הגבלה שאנו עשינו על הרובוט על מנת לוודא שבכל שלב לא נמצא באזור בוא נוכל לדחוף את הדסקית לכיוון השער שלנו. כאמור, בסימולציות ניתן לראות את תכנון התנועה הפשוט (שנועד להיות מהיר, ישיר ופשוט) אל עבר הדסקית ולעבר שער היריב בראשית כל משחק.



איור 2 : סימולציות עבור תכנון מסלול 1 על ידי שלושה תכנוני מסלול שונים.

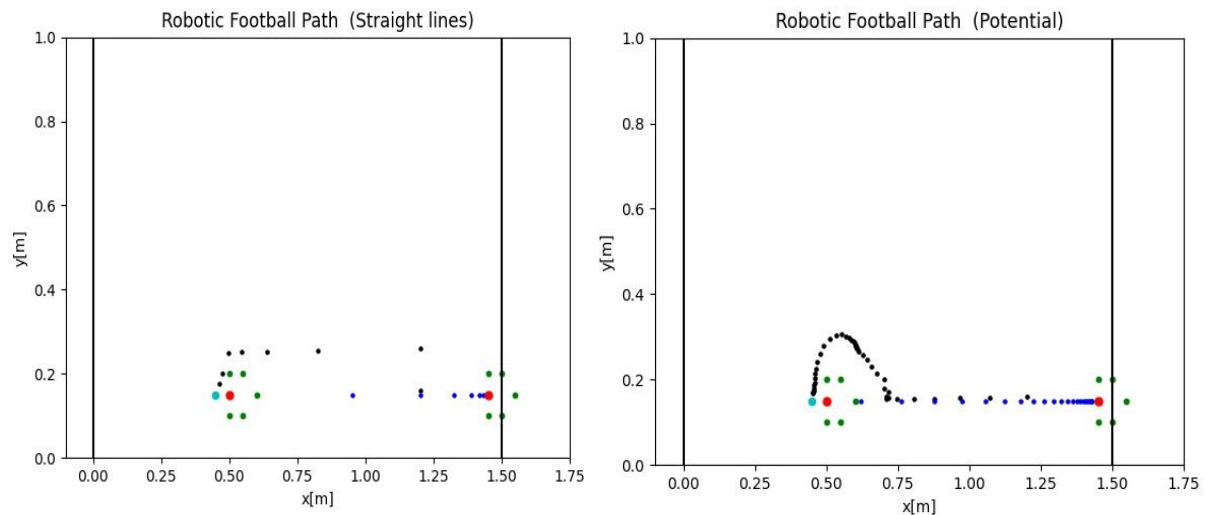
באיור 2 מוצגות סימולציות אשר מתארות תכנון מסלול ראשוני כאשר אנו נמצאים בנקודת תחילת המשחק והדסקית נמצאת באמצע. ניתן לראות שלוש דוגמאות שונות עבור תכנון מסלול, כאשר תכנון מסלול על ידי RRT הינו בעדיפות נמוכה כיוון שזמן הריצה שלו ארוך באופן משמעותי משער התכנונים.



איור 3 : סימולציות עבור תכנון מסלול 2 על ידי שני תכנוני מסלול שונים.



באיור 3 מוצגות סימולציות אשר מתארות תכנון מסלול כאשר אנו נמצאים בנקודה אקראית באמצע המשחק והדסקית נמצאת בנקודה אקראית גם היא. ניתן לראות שתי דוגמאות שונות עבור תכנון מסלול, כאשר בשני התכנונים אנו לא נמצאים באזור הסכנה ומגיעים במסלול כמעט ישיר אל 'נקודת התקיפה'.

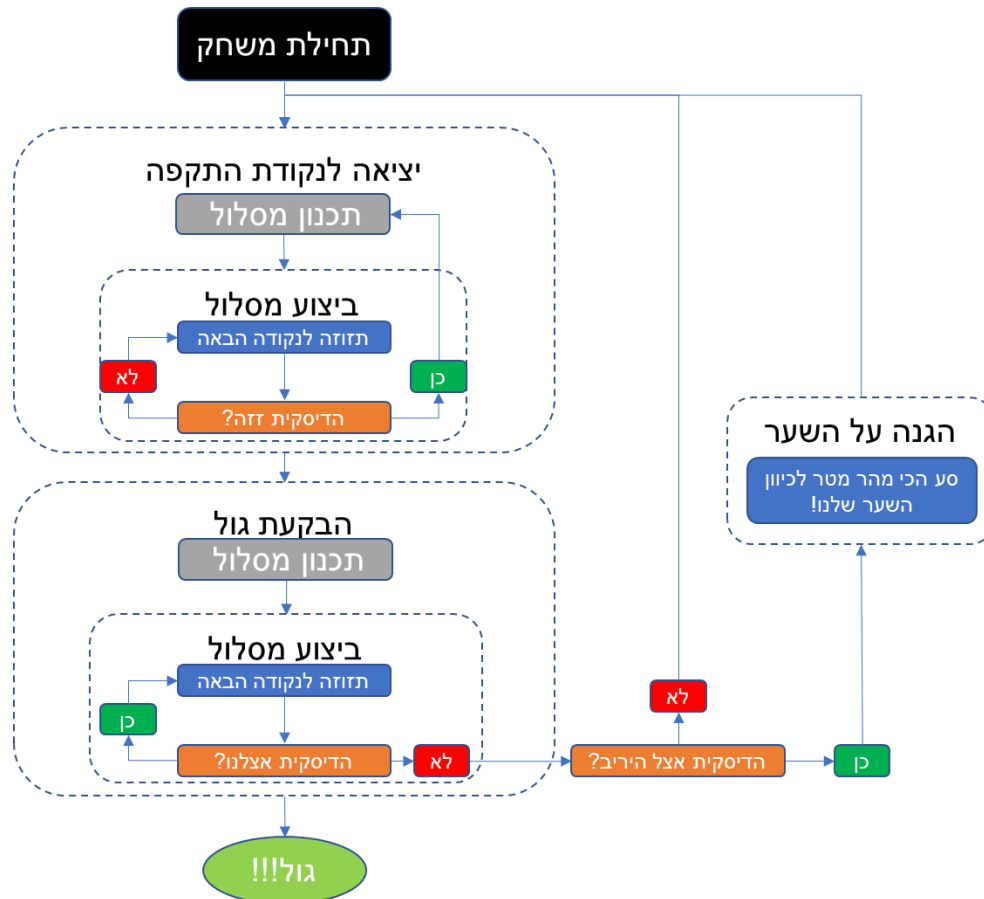


איור 4: סימולציות עבור תכנון מסלול 3 על ידי שני תכנוני מסלול שונים.

באיור 4 מוצגות סימולציות אשר מתארות תכנון מסלול כאשר אנו נמצאים בנקודה הנמצאת מאחורי הרובוט (בין הדסקית לשער היריב). ניתן לראות שתי דוגמאות שונות עבור תכנון מסלול, כאשר בשני התכנונים אנו מקיפים את הדסקית ומגיעים אל 'נקודת התקיפה'.



תרשים זרימה



ניתן לראות בתרשים הזרימה של מהלך המשחק כי תוכנו שלושה מצבי משחק: הגעה ל- 'נקודת תקיפה', הבקעת גול, (מסלול דחיפה) והגנה על השער. בכל אחד מהמצבים ניתן לראות כי האלגוריתם מבצע תכנון מסלול לנקודה מסוימת וכאשר הוא מבצע אותה לאחר כל קיטוע הוא בודק האם מצב הדסקית השתנה ובכך לא יבצע תנועות מיותרות. עיקרון נוסף שניתן לראות בתרשים הזרימה הוא הפיצול במקרה של אובדן הדסקית, כאשר הדסקית אבדה לטובת היריב נרצה לבצע תנועה מהירה יותר מהיריב ועל מנת לעשות זאת אנו מבצעים תנועה חדה לעבר השער שלנו ללא קיטועים על מנת לעקוף את היריב ולהתמקם אל מול הדסקית. לבסוף ניתן לראות כי לאחר כל ביצוע מסלול ללא הפרעה אנו ממשיכים למצב הבא עד שלבסוף אנו מבקיעים גול. מימוש האלגוריתם בצורה כזו מפשטת את כתיבת הקוד בכך שיצרנו פונקציות אשר משמשות כתנאי יציאה מכל "לולאת ביצוע מסלול" וכל מצב מומש ע"י לולאות while אשר גורמות לקוד להיות ברור יותר ונוח לתיקון, כך ניתן לבצע תיקון בין כל משחק למשחק בלולאה בה הביצועים היו פחות טובים.



פונקציות מרכזיות בקוד

מטרה	פונקציה מרכזית
פונקציית תכנון מסלול, המאפשרת תכנון מסלול בכמה אלגוריתמים שונים.	planner
חישוב נקודת תקיפה.	attack_point_calc
חישוב נקודת גול.	goal_point
בדיקה האם מיקום הדסקית השתנה.	static_target
בדיקה אם אנחנו או היריב קרובים לדסקית.	close_to_disk
פונקציה אשר שולחת פקודות למנועים של הרובוט ומבצעת לולאה עד אשר הרובוט מגיעה לנקודה הבאה בתכנון המסלול.	GoToNextPoint
חישוב פקודות למנוע.	calc_motor_command
קבלת מטריצות שלנו של היריב ושל הדסקית במערכת הבסיס.	field_status
חישוב מיקום (x,y) מהמטריצות שהתקבלו, במערכת הבסיס.	calc_xy_base_vector

סיכום ומסקנות

לסיכום, במהלך כלל הפרויקט מומשו העקרונות אותם למדנו במהלך הקורס. הן בתכנון האלגוריתם וכתיבת הקוד, והן בבדיקתו במגרש במעבדה. נציין כי הקוד עבד במעבדה אך דרש עבודת כיול נוספת.

את כלל תכנון האלגוריתם כתיבת הקוד וביצוע הדוח ביצענו שלושתנו יחד. במהלך הפרויקט כלל החלקים מומשו באופן בו ניתן לבצע שינויים בקלות, על מנת לאפשר שינויים בזמן אמת והתאמת הקוד כנגד הקוד של היריב. מסקנות מאופן ביצוע הפרויקט:

- תכנון מקדים הינו חשוב ביותר על מנת לייעל את העבודה וכתיבת הקוד.
- כלל הקבועים עבור תכנון המסלול והגדרת מרחקים, יוגדרו בתחילת הקוד על מנת לבצע כיול פשוט תוך כדאי הרצת הקוד במעבדה.
- כיול מהירות המכוניות (פקודות למנועים), קריטי על מנת לבצע את המסלול בקצב שיתאים למרחק בין נקודה לנקודה, ויאפשר את ביצוע המסלול במהירות מיטבית.
- מסלול דחיפת הדסקית חייב להיות ישר, על מנת להקטין את הסיכוי לאיבוד הדסקית תוך כדאי דחיפה.
- מכיוון שבקצוות המגרש השגיאות של המצלמה גדולות, המרחק בין הנקודות בתכנון המסלול בעדיפות יהיה גדול יותר.

מקורות

1. מעבדת רכבים - כלל הקודים שימשו אותנו בכתיבת הקוד שלנו.

2. [תכנון מסלול באמצעות אלגוריתם RRT](#)



Iby and Aladar Fleischman
Faculty of Engineering
Tel Aviv University

הפקולטה להנדסה
ע"ש איבי ואלדר פליישרמן
אוניברסיטת תל-אביב

נספחים

נספחים מצורפים בקבצים נפרדים.

3. תיקייה (Final_Project_A) ובה כלל הקודים עבור הרצת הפרויקט – קוד ראשי
main_final_proj_GR1.
4. תיקייה (Final_Project_sim) ובה כלל הקודים עבור הרצת הסימולציות – קוד ראשי
simulation_proj_GR1.
5. תיקייה המכילה פלוטים של סימולציות שונות.