

רובוטים ניידים – תשפ"ו

תרגיל 2 (מיפוי וניווט באמצעות רובוט נייד)

בתרגיל זה תתבססו על הרובוט והתוכנה של תרגיל 1 ותפתחו אותם לביצוע משימות נוספות. משימה ראשונה היא מיפוי היקף הזירה בעזרת חיישן מרחק ואודומטריה. משימה שניה היא ניווט בעזרת מפה וחיישנים אל נקודות בזירה.

כל משימה מחולקת לשני חלקים. א. ביצוע שייבדק במעבדה. ב. דו"ח כתוב בו תציגו את תהליך הפיתוח ואת עיבוד הנתונים.

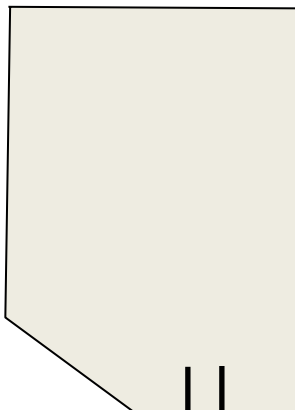
משימת מיפוי היקף הזירה

1. השתמשו בחיישן מרחק (חיישן על קול - ultrasonic) ובבקר PID למעקב אחר הקירות. השתמשו באודומטריה ובקריאות החיישן להכנת המפה בה מתוארים קירות הזירה.

הנחות והנחיות:

הזירה היא מצולע קמור וסגור, המורכב ממספר קטן של קירות ישרים ($\#walls < 8$). זוויות הפניות עולות על 70 מעלות וקטנות מ 170 מעלות.

נקודת ההתחלה תסומן בשני פסים כהים על הרצפה בסמוך לקיר (ראו שרטוט). הרובוט יונח מימין לנקודת ההתחלה, במרחק הרצוי מן הקיר ובכיוון הנכון, ויתחיל לנוע עם כיוון השעון.



הרובוט צריך לעקוב אחר הקירות, להתגבר על הפניות ובעזרת אודומטריה לחשב את מסלולו. הרובוט צריך להשלים הקפה סביב הזירה, עד לזיהוי נקודת ההתחלה.

המפה

המסלול (הניתן ע"י אודומטריה) יחד עם קריאת חיישן המרחק לאורך המסלול, יניבו מידע מספיק (אם גם רועש) להערכת מיקומי הקירות והפינות.

תוכנית מחשב (Java / Python / MATLAB) תקרא את המידע הגולמי (אודומטריה וקריאת חיישן המרחק כפונקציה של זמן) ותיצור את המפה. התוכנית תציג (ויזואלית) את המסלול והקירות וכן תיצור קובץ מפה. הקובץ יהיה בפורמט נגיש לרובוט.

עליכם להשתמש בהתאמת קווים ישרים כך שבמפה הקירות ייוצגו ע"י מקטעים ישרים בלבד. חישוב כיצד לזהות (בתוך המידע הרועש) היכן מתחילים ונגמרים הקירות וכיצד להעריך את זוויות הפינות.

שימו לב שהרובוט נוסע במרחק מן הקירות והזירה שבמפה צריכה להיות דומה לזירה שבמציאות ככל האפשר, על כן צריך להעריך את מיקום הקירות מתוך המסלול שהחזיר הרובוט.

בעיה נוספת שתדרשו לפתור היא סגירת הזירה שבמפה. הרעש הקיים בשיטת האודומטריה יגרום לכך שהמסלול שיחושב יכיל אי דיוקים. אחד הביטויים לכך יהיה מרחק מחושב גדול מאפס בין נקודת ההתחלה ונקודת הסיום. יתכן גם שהרובוט לא יעצור פיזית באותה נקודה שבה התחיל ואז יהיה קיים מרחק אמיתי בין הנקודות, עליו יתווספו אי דיוקים. עליכם לבחור האם לבצע את הסגירה לפני או אחרי התאמת הקווים הישרים ולממש שיטה לסגירת הזירה.

תוכלו להשתמש בשיטת הריבועים הפחותים - Least squares (פונקציות MATLAB \ Python שניתנות עם התרגיל) להתאמת קו לנקודות. יתכן שתזדקקו גם להערכה עמידה, למשל שיטת RANSAC¹, כדי להתעלם מנקודות לא רצויות בחישוב הקו המתאים ביותר. שיטה נוספת שעשויה לעזור היא Hough transform המיועדת למציאת קווים ישרים בתמונות. שיטה זו ממומשת ב MATLAB או בספריות Python מתאימות.

נקודות למחשבה ובדיקה בתהליך בניית הרובוט

הדגש צריך להיות על דיוק מדידת המיקומים והמרחקים ולא על מהירות. מה היא צורת הרובוט האופטימלית למשימה זו? כיצד משתמשים בחיישן המרחק? מה הוא מחזיר? מה הדיוק של החיישן ובמה הוא תלוי? מה צריך להיות מיקומו של החיישן על הרובוט? לאיזה כיוון עליו לפנות? האם עליו להיות קבוע או נייד? האם להשתמש בחיישן המגע? כיצד?

(קיראו על כך, למשל בוויקיפדיה) RANASC – Random Sample Consensus¹

הבדיקה במעבדה של שלב המיפוי

א. הרובוט יונח בנקודת התחלה, ולאחר הפעלתו ינוע עם כיוון השעון סביב הזירה בסמוך לקירות. הרובוט ישלים הקפה מלאה ויזהה את נקודת הסיום. הרובוט רשאי לבצע עד 2 הקפות נוספות להגברת האמינות והדיוק של השיטה, אך זו אינה חובה.

ב. קובץ הנתונים (אודומטריה וקריאת חיישן המרחק) יועבר למחשב (בכל דרך שתמצאו). מותר להעביר את הנתונים אל המחשב תוך כדי הפעולה ולא לשמור קובץ על הרובוט.

ג. תוכנת מחשב תקרא את קובץ הנתונים, תציג אותם, תחשב ותציג את המפה של היקף הזירה. ההיקף חייב להיות מצולע קמור וסגור ובו מספר צלעות קטן מ 8, הדומה ככל האפשר לצורת היקף הזירה האמיתית, ובעל קנה מידה נכון. יש להציג כותרת וכיתוב מתאימים לצירים של ה figure.

ד. נא להעריך לצילום וידאו של הבדיקה וצילום סטילס של המפה המוצגת.

הגשת דוח של שלב המיפוי

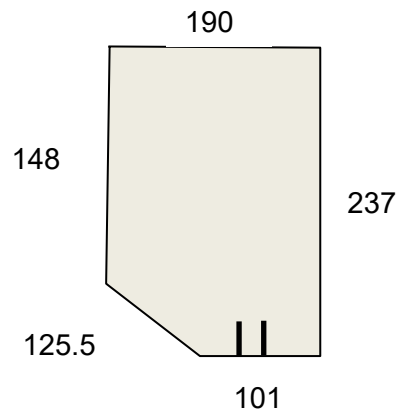
יש להגיש:

א. הסבר על תהליך הפיתוח של הרובוט למשימה זו וצילום של הגרסה הסופית (וגרסאות קודמות על פי רצונכם). **אותו** הרובוט צריך לבצע גם את השלב הבא – משימת הניווט. בשלב זה של ההסבר יש להתמקד רק בשלבי הפיתוח היחודיים למשימת המיפוי.

ב. הסבר על שיטת הפעולה והמימוש של המערכת שלכם: האודומטריה, העקיבה אחר הקיר, וחישוב המפה תוך שמירה על האילוצים של מבנה הזירה.

ג. המפה המחושבת כתמונה מודבקת לדוח (השתמשו ב copy figure של Matlab).

ד. הערכת הדיוק של התוצאות: מדידת מרחקי הצלעות של המפה והזוויות שביניהן. גודל הזירה בס"מ מתואר בשרטוט:



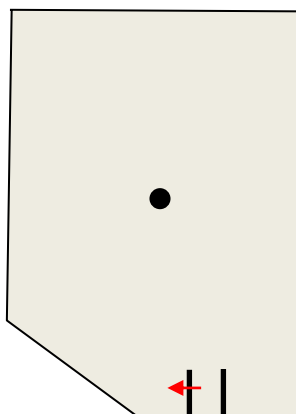
ה. קוד מלא ומתועד של שלב התנועה והמיפוי (robot & computer code).

משימת ניווט

הבדיקה במעבדה של שלב הניווט

המפה מן השלב הקודם תעובד ותועבר אל הרובוט. הרובוט יונח במקום כלשהו סמוך להיקף. המיקום והכיוון לא נתונים לכם מראש.

על הרובוט לבצע את השלבים הבאים **בפחות מ 7 דקות**:



1. לנוע עד לנקודת ההתחלה (מיקום החץ) ולהתמקם בכיוון החץ. לעצור ולהודיע הודעה קולית על הגעה לנקודת ההתחלה. להמתין חצי דקה לצילום מיקומו המדויק, לחכות לפקודה קולית ולהמשיך.

2. לנוע עד לנקודת אמצע הזירה, לעצור, להודיע הודעה קולית על הגעה לנקודת הביניים, להמתין חצי דקה לצילום מיקומו המדויק, לחכות לפקודה קולית ולהמשיך.

3. לנוע עד לנקודת הסיום (מיקום החץ) ולהתמקם בכיוון החץ. לעצור ולהודיע הודעה קולית על הגעה לנקודת הסיום.

הנחיות נוספות

א. נא להעריך לצילום וידאו של הבדיקה, וצילום סטילס של מיקומי הרובוט בנקודות הבדיקה השונות: צילום אחד המראה את כל הזירה וצילום שני מקרוב, מעל הרובוט, המראה את מיקומו ביחס לנקודה הרצויה. נקודת היחוס למיקום על הרובוט היא בדיוק מתחת לחיישן האור. מרחקה של נקודה זו מנקודות היעד צריך להיות מינימלי.

ב. משך כל הודעה קולית של הרובוט לא יעלה על 3 שניות.

ג. ההמתנה של חצי דקה אחרי הגעה לכל נקודת בדיקה תשמש לצילום מיקום הרובוט. במשך 15 השניות הראשונות של מחצית הדקה הזו הרובוט לא יגיב לפקודה קולית. אם במשך 15 השניות שלאחר מכן לא תזוהה פקודה קולית, על הרובוט להמשיך לשלב הבא.

נקודות למחשבה ובדיקה

כיצד כדאי להכין את המפה שתועבר אל הרובוט? הפורמט הנבחר צריך לאפשר את ביצוע משימת הניווט בקלות וביעילות.

ביצוע המשימה בהצלחה דורש דיוק וגם מהירות. על כן יש להקדיש מחשבה וזמן לשיפור הביצועים במהלך הפיתוח. משימה שלא תסתיים ב 7 דקות לא תוכתר בהצלחה, אך אין תוספת ניקוד על זמן קצר יותר.

כיצד לבצע את הניווט? כיצד להעזר במפה? האם לשלב אודומטריה וחיישן מרחק בביצוע הניווט? כיצד לעשות זאת?

השמעת קובץ קול היא משימה פשוטה. כאן אפשר להיות יצירתיים (תוכן הקובץ) אך חשוב לא להעמיס על זכרון הרובוט.

תגובה לפקודה קולית תתבצע בעזרת חיישן הקול. כדאי לבחור בקול ברור וחזק (למשל מחיאת כף).

יש להתאמן על הביצוע כולו, כולל מדידת הזמן, הצילומים השונים והפקודות הקוליות. רצוי להעזר בצוותים אחרים לצורך כך.

הגשת דוח של שלב הניווט

יש להגיש:

א. הסבר על תהליך הפיתוח של הרובוט למשימה זו. זה אותו הרובוט שביצע את שלב המיפוי, כאן יש להתמקד רק בשלבי הפיתוח היחודיים למשימת הניווט.

ב. הסבר על שיטת הפעולה והמימוש של המערכת שלכם: בחירת הפורמט למפה ועיבודה לצורך העברתה לרובוט; הניווט וההתמצאות בעזרת מפה, אודומטריה וחיישנים אחרים; חלוקת המשימה לשלבים; טיפול בפלט וקלט של קול.

ג. צילומי מיקום הרובוט משלב ביצוע המשימה.

ד. קוד מלא ומתועד של שלב עיבוד המפה, ושלב הניווט (robot & computer code).

הנחיות אחרונות והוראות הגשה:

1. הבדיקות במעבדה יערכו ביום שישי, ה' 26.12.25. יש להכין גיבוי של כל הקבצים כדי להתגבר במהירות על מקרי תקלה ביום הבדיקה.
2. הגשה (על ידי אחד מחברי הצוות) בתיבת ההגשה באתר הקורס עד יום שלישי 30.12.25 לפני חצות.
3. מותר להשתמש במקורות חיצוניים (תיעוד, מאמרים, הדגמות, קוד, כלי AI). **חובה לציין כל מקור.**
4. **יש לרשום שם ות"ז של כל חברי הצוות בראשית כל קובץ או מסמך.**
5. הקפידו על סטנדרטים של כתיבת קוד: ארגון, שמות משמעותיים, תיעוד.
6. הדו"ח הכתוב יוגש כקובץ Word. אם יש בעיה להעלות קבצים עם סיומות מסוימות, קבצו אותם בתוך קובץ zip אותו תעלו.
7. הגישו גם את קבצי הווידאו של הבדיקות במעבדה או (אם הם גדולים מדי) קישור לתיקיית שיתוף בה נמצאים קבצי הווידאו.

בהצלחה!