



1. הצגת הבעיה

1.1. הצגת הבעיה ומגבלות

הצגת הבעיה:

כיום רוב מערכות ההנעה המורכבות על רובוטים הנשלטים מרחוק מסוגלות לפעול רק בתחום מסוים של קרקע ושיפוע מסלול ואינן מסוגלות להתאים את עצמן באופן דינמי לפני השטח. הבעיה היא, שכאשר המערכת מגיעה לסוג קרקע שונה מהסוג שתוכננה אליו, היא אינה פועלת לפי הדרישות הרצויות, דבר המגביל מאוד את טווח פעילותה. כגון, כאשר אנו מעוניינים לשלוח מערכת הנשלטת מרחוק למטרת סיור וצילום במנהרה לא מוכרת שתואי השטח בתוכה אינו ידוע. חשוב לציין שהמערכת במקרים קיצוניים עלולה להגיע למצב של עצירה מוחלטת, מצב שיכול להיות מאוד בעייתי במקומות שבהם אין גישה בכדי לחלצה.

הבעיה מופיעה בעיקר במערכות רב-תכליתיות אשר אמורות לעבוד בתנאי שטח משתנים, ללא שינויים במערכת ההנעה. ניתן לבנות מערכת עבור כל בעיה נתונה, אך הדבר אינו אפשרי מבחינה כלכלית ולכן קיים צורך בפתרון מקיף וכולל.

על מנת למקד את הבעיה, נחלק את מכשולי הקרקע לשתי קבוצות עיקריות:

א. שינוי פתאומי בטיב פני שטח הקרקע.

ב. שיפוע המחייב תוספת כוח משמעותית למנועים.

מכשולים אלה הינם המכשולים הנפוצים ביותר שמערכת בקרה מרחוק (או מערכת אוטונומית) תתקל בדרכה. המפעיל בד"כ לא יכול לזהות מכשולים מסוג זה, בניגוד לעצמים שחוסמים את הדרך, בגלל אפשרויות התצוגה המגבילות (כפי שפורט ברקע התיאורטי).

מטרת העבודה:

תכן מערכת חצי אוטונומית לנסיעה במרקמי שטח שונים הכולל תכן מכני של מערכת ההילוכים של הפלטפורמה, תכנון מערכת הבקרה ושילוב הכרטיסים האלקטרוניים הקיימים, הכוללת שליטת מפעיל בניהוג הפלטפורמה יחד עם שינויים בהילוכים בזמן אמת.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



הצגת המגבלות:

התפתחות תחום הרובוטיקה בשנים האחרונות מתקדמת לכיוון מערכות אוטונומיות או חצי אוטונומיות אשר יתפקדו בסביבה שלא בהכרח מוכרת או פשוטה מבחינה טופוגרפית. כאשר ניגשים לתכנן מערכות מסוג זה, יש לשים דגש על המגבלות השונות:

- משקל – יש צורך במערכת בעלת משקל נמוך על מנת שיהיה קל לשנע אותה ממקום אחד למשנהו.
 - גודל גיאומטרי – על מנת לקבל מערכת קומפקטית וקטנה יש לקבוע חסמים על הגדלים המאפיינים את המערכת, כגון אורך, רוחב וגובה. דוגמא אחת לכך היא מערכת אוטונומית או חצי אוטונומית נישאת אדם אשר גודלה צריך להיות מוגבל ליכולת הנשיאה של אדם ממוצע.
 - קלות הפעלה – ברוב המקרים האדם אשר יהיה אחרי על הפעלת המערכת לא יהיה האדם אשר פיתח אותה. מכאן נובע כי יש צורך שהמערכת תהיה כמה שיותר אינטואיטיבית ופשוטה להפעלה, כך שניתן לבצע הכשרה והפעלה מהירה של המערכת בזמן אמת.
 - מחיר – כמובן שמגבלה זו תמיד קיימת, שכן אחת ממטרות הלקוח היא לקבל מערכת זולה ואחת ממטרות המתכנן והמשווק היא למכור כמה שיותר מערכות. במידה והמערכת תהיה בעלת תמחור סביר, ישנה הסתברות גבוהה שהלקוח יצטייד ביותר ממערכת אחת.
- מגבלות טכניות נוספות עבור תכנן המערכת:
- מערכת קטנה – לא אפשר להרכיב עליה מנוע מכני חזק, אלא צריך בדי"כ להסתפק במנוע חשמלי פשוט וקטן יותר.
 - סביבת עבודה - קיימים מקרים אשר בהם אין אפשרות כלל לבחור מנוע שאינו חשמלי מכיוון שאין אוויר זמין באופן רציף, כדוגמת החלל או מתחת למים.
 - התמצאות במרחב - אפשרויות הראייה המרחבית של מערכת קטנה מוגבלות הרבה יותר שכן היא נמוכה באופן יחסי ולא תמיד ניתן לדעת את מלוא המידע על סביבתה.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר



דוגמא לניסיון של פתרון עבור חלק מהמגבלות שהוצגו

ניתן לבחור בכלי רכב בעל יכולת עבירות מעולה, כגון רכב "האמר", להרכיב עליו את מערכות בקרה והשליטה ולשלוח אותו למשימה. בעיה שעלולה לעלות היא כמובן גודלו, משקלו ומחירו של רכב כזה, פעמים רבות נעדיף שהמערכת תהיה קטנה ופשוטה בכדי שנוכל אפילו לשאת אותה איתנו כאשר אין אפשרות להגיע לשטח המשימה עם רכב. כלומר, שלוש מארבעת המגבלות הראשונות עדיין קיימות בפתרון זה. בנוגע לקלות הפעלה – במקרה שיוצג להלן, מתכנני הפלטפורמה עצמם הפעילו אותה, ולכן לא היתה להם כל בעיה.

אפשרות זו בוצעה בהצלחה בתחרות ה-DARPA Grand Challenge שנערכה במרץ 2004 בארה"ב.¹ הקבוצה הזוכה בנתה את מערכות הבקרה האוטונומית על רכב מסוג האמר, שהתאים מאוד למשימת ניווט זו.

המנוע, אם כן, היה מנוע רגיל של רכב וסביבת העבודה היתה סטנדרטית ביחס למנוע, שתוכנן מראש לעמוד בתנאים קיצוניים של מדבר וההתמצאות במרחב נעשתה ע"י GPS ולא ע"י שליטת אדם מרחוק.

במשימה זו לא הייתה הגבלה על גודל המערכת, אך ברור כי במידה והמשימה היתה צריכה להיעשות בתווך קטן יותר (כגון מנהרות או שטח בנוי בצפיפות) האפשרות שנבחרה אינה באה בחשבון.

אפשרות אחרת, אם כן, היא תכנון מערכת בעלת עבירות שטח גבוהה עם ממדים קטנים יותר באופן משמעותי, וזוהי מטרת הפרויקט.

¹ מטרת התחרות היא לעבור מרחק של מעל 200 ק"מ בזמן של עד 10 שעות מעיר בארסטו (Barstow) שבמדינת קליפורניה לעיר פרימ (Primm) שבמדינת נבאדה כאשר תוואי השטח הינו מדברי, באופן אוטונומי לחלוטין. המסלול המדויק נאמר למשתתפים כמה דקות לפני תחילת התחרות בכדי שנקודות הציון יוזנו למחשבי הניווט של הרובוטים. הפרס למקום הראשון עומד על מיליון דולר, אף קבוצה לא השלימה את המסלול.
בעלי אתר הרובוטיקה הישראלי לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שיגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה



מפרט דרישות:

1. הפלטפורמה תהיה מסוגלת לנוע בדרך עפר כבושה מישורית ללא מכשולים במהירות מינימלית של $0.5 \frac{m}{sec}$.
2. במידה וקיימים מכשולים – על המערכת להתאים את התנהגותה ביחס למכשול ולהוסיף כוח (על חשבון מהירות) בכדי לעבור את המכשול. שינוי זה יתבצע בעזרת מערכת הילוכים ובאופן עצמאי.
3. התקשורת בין המפעיל לפלטפורמה תעבור דרך כבל המחובר בין מערכת ההיגוי שבידי המפעיל לבין הפלטפורמה. לכן, על המערכת להיות מסוגלת לשאת כבל נתונים ולשלשל אותו אחריה. מערכת ההילוכים תתחשב בפרמטר זה כאילוץ נוסף אשר מפריע לתנועת הפלטפורמה (כוח חיכוך הכבל עם הקרקע יוסיף להתנגדות לתנועת המערכת). משקל הכבל הוא 10 ק"ג.
4. משקל הפלטפורמה לא יעלה על 30 ק"ג כולל כבל.
5. הפלטפורמה תהיה מסוגלת להציג באופן אוטונומי ביצועי נסיעה זהים בתנאי שטח שונים כגון: אדמה חולית, פני שטח מחוספסים חצץ, דרך עפר כביש וכו', על ידי ניתוח פני השטח ולשנות מצב ההילוכים באופן אוטונומי בהתאם לפני השטח ולשיפוע ללא התערבות המפעיל.
6. הפלטפורמה תהיה מסוגלת לנסיעה בשיפועים קדמיים ואחוריים ושיפועי צד של 20 מעלות.
7. הפלטפורמה תונהג בידי מפעיל מרחוק שיקבל תמונה ממצלמה שתמוקם על הפלטפורמה. אחד מתפקידיו של המפעיל הוא לדאוג שהמערכת לא תתנגש במכשולים המונעים מעבר (כגון עמוד), המערכת המתוכננת לא אמורה לדאוג לכך. המידע יעבור דרך כבל הנתונים.
8. מערכת החיישנים שעל הפלטפורמה, תספק למפעיל מידע על הנעשה סביבה, ע"י שימוש בחיישני מרחק להתראה על קרבת יתר לקיר או מכשול, גיירו ומצפן. מטרת דרישה זו הינה לתת למפעיל את מירב המידע על הנעשה סביב הפלטפורמה (שכן סביר להניח שלא יהיה קשר עין בין המפעיל לפלטפורמה). המידע יעבור דרך כבל הנתונים.
9. גודל הפלטפורמה לא יעלה על: אורך 1מ' רוחב 1מ' וגובה 1מ'.
10. המערכת תהיה מסוגלת להגיע לפחות עד לתאוצה של $0.5 \frac{m}{sec^2}$ ממצב נייח, עבור המקרה הקיצוני ביותר – שיפוע חיובי של 20 מעלות וכבל פתוח לחלוטין.

בעלי אתר הרובוטיקה הישראלית לא ישאו באחריות כלשהי לכל נזק, כספי או אחר שייגרם במישורין או בעקיפין משימוש במידע המצוי באתר זה

© כל הזכויות שמורות לאסף פוניס ולגיא יונה
אין להעתיק תכנים מאתר זה ללא רשות בכתב ממנהלי האתר