

מכונית אוטונומית

מסמך אפיון פרויקט

יונתן בזוק

תוכן עניינים

3	הקדמה
3	מטרה
3	תיאור
3	הגדרות
3	רשת נוירונים (Neural Network)
3	מסוג Haar Cascade
4	תיאור כללי
4	פונקציונליות
4	חומרה
4	תוכנה
4	קהל היעד
4	אילוצים עיקריים
5	סיקור מצב השוק
6	דרישות מפורטות
6	פונקציונליות
6	איסוף מידע
6	אימון
6	יישום
7	דרישות ממשקים חיצוניים
7	טכנולוגיות
7	שפת התכנות פייתון (Python)
7	TensorFlow
7	OpenCV
7	אלגוריתם ראשי
8	תיאור המערכת

הקדמה

מטרה

מטרת מסמך האפיון היא תיאור הארכיטקטורה של המערכת ושל האלגוריתם הכללי. במסמך זה יתוארו כלל רכיבי החומרה והתוכנה של המערכת ואיך הם מתחברים יחד, בנוסף, תיאור קצר על הטכנולוגיות שנעשה בהם שימוש בפיתוח פרויקט זה.

תיאור

מכונת אוטונומית המסוגלת להישאר בנתיב, לזהות תמרורי עצור, לזהות רמזורים, לזהות התנגשות קדמית ולפעול בהתאם. המכונת נשלטת באמצעות רספברי פיי ונעזרת בחיישנים ומצלמה.

המכונת תדע לנווט במסלול הכולל נתיב, רמזורים, תמרורים ומכשולים אחרים. החלטות ההיגוי יתבצעו בעזרת רשת נוירונים (Neural Network) התחליט על זווית הפנייה במצב נתון שיתקבל בפורמט של תמונה. זיהוי התמרורים והרמזורים יתבצע באמצעות Haar Cascade Classifier. זיהוי ההתנגשות הקדמית יעשה על ידי שימוש בחיישן אולטרה סוניק (Ultrasonic).

הגדרות

רשת נוירונים (Neural Network)

מודל מתמטי חישובי שפותח בהשראת תהליכים מוחיים או קוגניטיביים המתרחשים ברשת עצבית טבעית ומשמש במסגרת למידת מכונה.

מסווג Haar Cascade

אלגוריתם למידת מכונה המשמש לזיהוי אובייקטים בתמונה או סרטון באמצעות פיצ'רים.

תיאור כללי

פונקציונליות

חומרה

רספברי פאי – מחשב קטן המשמש כיחידת העיבוד המרכזית של המערכת.

בקר מנוע I298n – רכיב שמטרתו לדחוף זרם למנועים.

מנועים – מנועים (DC Gear Motors) המשמשים להנעת הגלגלים של המכונות.

חיישן אולטרה סוניק – חיישן המשמש למדידת מרחק.

מצלמה – מצלמה (Pi Camera) המשמשת לזיהוי האובייקטים הנדרשים.

סוללה – מספקת כוח לכל רכיבי החומרה במערכת.

תוכנה

מודול איסוף מידע – מודול המכיל פונקציות לאיסוף המידע (Dataset) הנדרש לאימון המערכת.

מודול אימון רשת נוירונים – מודול לאימון רשת הנוירונים להחלטות ההיגוי.

מודול אימון Haar Cascade Classifier – מודול לאימון מודל זיהוי התמרורים והרמזורים.

מודול מנועים – מודול המכיל פונקציות לשליטה במנועים.

מודול ג'ויסטיק – מודול המכיל פונקציות לקבלת קלט מג'ויסטיק.

מודול מצלמה – מודול המשמש ממשק למצלמה.

מודול חיישן אולטרה סוניק – מודול המשמש ממשק לחיישן.

מודול מכונת אוטונומית – מודול המחבר את כל רכיבי התוכנה של המערכת ביחד.

קהל היעד

הסיבה העיקרית לפיתוח פרויקט זה היא למטרות לימודיות, לכן אין קהל יעד ספציפי. סיבה נוספת לפרויקט זה היא ניסוי לשימוש בטכנולוגיות מסוימות (רשת נוירונים לחיזוי פקודות היגוי ומסווגי Haar Cascade לזיהוי אובייקטים נוספים) למטרות יכולות אוטונומיה ברכבים ושימוש מינימלי של חיישנים מתקדמים ויקרים.

אילוצים עיקריים

המערכת זקוקה לאיסוף מידע (תמונות של הנתבי, התמרורים והרמזורים שעלולים להופיע במסלול בו המכונת תיסע).

סיקור מצב השוק

חברות רבות כגון: גוגל, Yandex ו-Zoox מציעות מערכות לרכבים אוטונומיים אך מערכות אלו נעזרות בכמות רבה בחיישנים כמו לידאר (LiDAR) ורדאר (Radar) ויכולות לפעול בצורה אוטונומית רק באזורים ממופים מראש. המערכת שלי לא נעזרת בחיישנים אלו אלא רק במצלמה וחיישן מרחק פשוט ובאמצעות אלגוריתמים ללמידת מכונה.

דרישות מפורטות

פונקציונליות

איסוף מידע

בשלב זה נשתמש במודול איסוף המידע כדי לאסוף את מערך הנתונים הנדרש לאימון המערכת.

איסוף המידע מתחלק לשני שלבים: איסוף מידע ההיגוי לרשת הניורונים ואיסוף התמונות למודלים של זיהוי התמרורים והרמזורים.

איסוף נתוני ההיגוי נעשה באמצעות הסעת המכונית בנתיב עליו נרצה ללמוד. הסעת המכונית נעשית באמצעות ג'ויסטיק. במהלך הנסיעה ניקח כל תמונה (פריים) שהמצלמה מצלמת ונקשר אותה לערך הג'ויסטיק בזמן בו התמונה נלקחה. בסיום אספת הנתונים נשמור את כל התמונות בתיקייה ובנוסף קובץ בפורמט CSV ובו שם כל תמונה וערך הג'ויסטיק המתאים לה.

איסוף הנתונים למודלי ה Haar Cascade (זיהוי התמרורים והרמזורים) יעשה באמצעות צילום של תמונות רבות של האובייקט אותו נרצה לסווג (האובייקט אותו נרצה לזהות, לדוגמה: תמרורים או רמזורים), לתמונות אלה נקרא תמונות חיוביות, ותמונות שבהן לא נמצא האובייקט (עדיף תמונות של אזור כללי בו עלול להימצא האובייקט אך הוא לא נמצא), ולתמונות אלה נקרא תמונות שליליות. לאחר איסוף התמונות נחתוך את התמונות החיוביות כך שהאובייקט שאותו נרצה לסווג יהיה הדבר היחיד הנראה בתמונה. שני סוגי התמונות ישמרו בתיקיות נפרדות.

אימון

בשלב זה נשתמש במידע שאספנו בשלב איסוף המידע ובמודול אימון רשת הניורונים ואימון מסוגי Haar Cascade כדי לאמן את המודלים.

באימון רשת הניורונים נשתמש בנתוני ההיגוי שאספנו. הקלט לרשת הניורונים יהיה התמונה (פריים) של הנתבי) והפלט יהיה ערך הג'ויסטיק שלפיו המכונית תצטרך לפנות (ימינה או שמאלה). הערך יהיה בין 1- ל 1 וינסה להתאים לערך הג'ויסטיק שאותו סיפקנו בתהליך איסוף המידע (ערך הג'ויסטיק שהשתמשנו בו כשהסענו את המכונית במסלול באותו פריים). אימון רשת הניורונים ייעשה באמצעות ספריית TensorFlow. בסוף האימון נקבל את קובץ המודל.

באימון מסוגי Haar Cascade נספק ל OpenCV (ספריית Computer Vision בה נשתמש) את התמונות החיוביות והשליליות שאספנו. OpenCV יעשה אוגמנטציה על התמונות החיוביות כדי לשפר את עקביות המודל. בסוף האימון נקבל קובץ XML המייצג את המודל.

יישום

בשלב זה נחבר את כל רכיבי התוכנה במערכת.

נשתמש במודול המנועים לשליטה במנועים, במודול החיישן כדי לקבל את המידע מהחיישן ובמודול המצלמה כדי לקבל קלט מהמצלמה. את הקלט שקיבלנו מהמצלמה נשלח למודל ההיגוי ולמודלים האחראים על זיהוי התמרורים והרמזורים. באמצעות הפלט של מודל ההיגוי נקבל את החלטות ההיגוי שנשלח למנועים באמצעות מודול המנועים ובמקרי זיהוי אובייקטים אחרים (תמרורים, רמזורים באמצעות מסווגי Haar Cascade) נשלח פקודות בהתאם למנועים (לדוגמה במקרה של זיהוי רמזור אדום נעצור את המנועים). בנוסף, באמצעות המידע מחיישן המרחק נשלח פקודות למנועים בהתאם (לדוגמה אם המכונית קרובה מידי למשהו נעצור).

דרישות ממשקים חיצוניים

המערכת משתמשת בממשק חומרה שהוא המכונית עצמה. בנוסף, בג'ויסטיק פיזי או וירטואלי לשלב אספת המידע.

טכנולוגיות

שפת התכנות פייתון (Python)

כל רכיבי התוכנה במערכת כתובים בשפת התכנות פייתון (Python), מכיוון שהספריות הנעשות בהן שימוש במערכת כתובות לפייתון.

TensorFlow

ספריית קוד פתוח ללמידת מכונה המפותחת על ידי גוגל. נעשה שימוש בספרייה זו במערכת לאימון רשת הניורונים.

OpenCV

ספריית קוד פתוח המיועדת לראייה ממוחשבת (Computer Vision). נעשה שימוש בספרייה זו במערכת לאימון מסווגי Haar Cascade, קבלת ועיבוד קלט מהמצלמה.

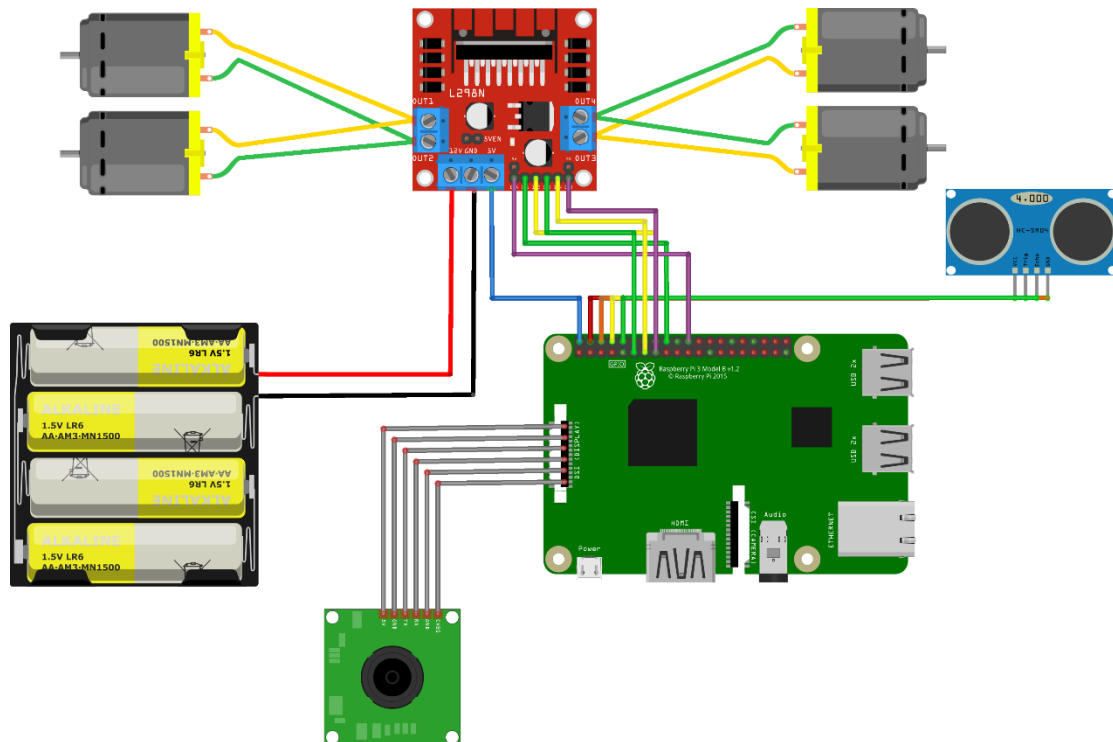
אלגוריתם ראשי

במהלך הרצת התוכנית הראשית ישנם שלבים לקבלת החלטות המכונית:

- קבלת קלט מחיישן המרחק
- אם המכונית קרובה מידי למשהו, עצירת המנועים
- אחרת, קבלת קלט מהמצלמה
- קבלת פלט ממודל זיהוי התמרורים והרמזורים ומודל ההיגוי
- אם לא זוהה תמרור או רמזור המורה על עצירה, שליחת פקודה למנועים לפי פלט מודל ההיגוי
- חזרה

תיאור המערכת

תרשים רכיבי החומרה של המערכת



תרשים רכיבי התוכנה של המערכת

