دانشگاه فردوسی مشهد
**دانشکده کشاورزی**
**گروه ماشین‌های کشاورزی**

**پایان نامه کارشناسی ارشد**

# طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه هدایت از راه دور تراکتور

**محمد مزیدی**

**شهریور ۱۳۹۱**

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

# طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه هدایت از راه دور تراکتور

**محمد مزیدی**

**استاد راهنما**

**دکتر محمد حسین عباسپور فرد**

**استاد مشاور**

**دکتر محمد حسین آق خانی**

دانشکده کشاورزی، گروه ماشین های کشاورزی

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط محمد مزیدی دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی در تاریخ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد / نداد.

عنوان پایان نامه: طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه هدایت از راه دور تراکتور

| سمت در هیات داوران | نام و نام خانوادگی | مرتبه علمی | گروه | دانشگاه | امضاء |
|---|---|---|---|---|---|
| استاد راهنما | دکتر محمد حسین عباسپور فرد | دانشیار | ماشین های کشاورزی | فردوسی مشهد | |
| استاد مشاور | دکتر محمد حسین آق خانی | دانشیار | ماشین های کشاورزی | فردوسی مشهد | |
| نماینده تحصیلات تکمیلی | دکتر مهدی خجسته پور | استادیار | ماشین های کشاورزی | فردوسی مشهد | |
| داور | دکتر عبدالعلی فرزاد | دانشیار | ماشین های کشاورزی | فردوسی مشهد | |
| داور | دکتر حسن صدرنیا | استادیار | ماشین های کشاورزی | فردوسی مشهد | |

## تعهد نامه

### عنوان پایان نامه: طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه هدایت از راه دور تراکتور

اینجانب **محمد مزیدی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی** دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی **دکتر محمد حسین عباسپورفرد** متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad ) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

**تاریخ**

**محمد مزیدی**

### مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

## چکیده

کاربرد وسیع تراکتورها به عنوان نیروی محرکه در عملیات‌های مختلف کشاورزی از قبیل خاکورزی، کاشت و داشت، اتوماسیون این وسیله را مورد توجه محققین قرار داده است. بالا بردن آسایش راننده و راندمان کاری توسط هدایت بدون سرنشین تراکتور در همین راستا قرار می‌گیرد. در این پروژه اقدام به طراحی، ساخت و ارزیابی یک سامانه هدایت از راه دور تراکتور شده است. جهت مشاهده مسیر و چرخاندن میل فرمان، به ترتیب از یک عدد دوربین تحت شبکه (IP) و یک موتور پله ای استفاده شد. ارتباط مرکز کنترل و تراکتور توسط یک شبکه بی سیم تحت استاندارد ۸۰۲.۱۱n با محدوده پوشش m ۱۰±۲٤۰ فراهم شد. به منظور بررسی اثر سرعت پیشروی (۲ و ٦ $km.h^{-1}$)، سرعت چرخش میل فرمان (۱٦/۷ و ۵۰ rpm) و موقعیت دوربین (جلوی تراکتور و پشت صندلی راننده) بر روی سطوح آسفالت و خاک به صورت جداگانه در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. RMSE انحراف عرضی به عنوان صفت مورد بررسی انتخاب شد. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، پایداری سامانه بر روی سطح خاک نسبت به تغییر متغیرهای مستقل بیشتر بود. عملکرد سامانه هدایت از راه دور در سرعت ۲ $km.h^{-1}$ بر روی هر دو سطح بهتر از هدایت توسط راننده بود. بهترین عملکرد سامانه هدایت از راه دور بر روی سطوح آسفالت و خاک به ترتیب با RMSE برابر ۳ و ۱/٤ cm و بیشینه انحراف عرضی ۸ و ۵ cm در مقایسه با راننده با RMSE برابر ۳/۵ و ۲/۲ cm و بیشینه انحراف عرضی ۱۲/۵ و ۵ cm بدست آمد. با افزایش سرعت پیشروی تغییری در انحراف معیار مسیر طی شده توسط راننده مشاهده نشد در حالی که برای سامانه هدایت از راه دور در بهترین موقعیت نصب دوربین، برای سطوح آسفالت و خاک به ترتیب افزایش ۱ و ۲ cm به همراه داشت. علاوه بر این بهترین تنظیم جهت دور زدن تراکتور در انتهای مزرعه، بدون دخالت انسان بدست آمد.



**کلیدواژه‌ها:** ارتباط بی سیم، تراکتور بدون سرنشین، دوربین نظارتی، عملیات از راه دور

## سپاسگزاری

این پایان نامه را تقدیم می کنم به

***مشوق، راهنما، حامی، دلسوز، مهربان و عاشق من***

# پدر و مادر عزیزم

## خواهران فداکارم

کمال تشکر را از استاد راهنمای محترمم آقای دکتر عباسپور فرد، استاد مشاورم آقای دکتر آق‌خانی و کلیه افرادی که در اجرای این پروژه مرا یاری کردند بخصوص اعضای محترم کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد دارم.

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


فصل اول- مقدمه ..... ۱

۱-۱ بیان مسئله ..... ۱

۱-۱-۱ آسایش و ایمنی ..... ۲

۱-۱-۲ عملکرد بالا ..... ۳

۱-۲ هدف ..... ۳

۱-۳ فرضیات ..... ٤

۱-٤ چیدمان مطالب ..... ٥

فصل دوم- پیشینه پژوهش ..... ۷

۲-۱ سطوح مختلف اتوماسیون در تراکتور ..... ۷

۲-۲ اجزای سامانه هدایت بدون سرنشین ..... ۷

۲-۳ هدایت بدون سرنشین تراکتور ..... ۸

۲-٤ مرجع نسبی ..... ۱۰

۲-٥ مرجع مطلق ..... ۱۳

۲-٦ ترکیب مرجع نسبی و مطلق ..... ۱٤

۲-۷ هدایت نیمه خودکار و عملیات از راه دور ..... ۱٥

۲-۸ جمع بندی ..... ۱۹

فصل سوم- مواد و روش‌ها ..... ۲۱

۳-۱ واسط کاربری ..... ۲۲

۳-۱-۱ سخت افزار واسط کاربری ..... ۲۳

۳-۱-۲ نرم افزار واسط کاربری ..... ۲۳

۳-۱-۲-۱ تنظیمات موتور ..... ۲٤

۳-۱-۲-۲ تنظیمات دوربین ..... ۲٥

۳-۲ ارسال داده ..... ۲٦

۳-۲-۱ استاندارد های شبکه ۸۰۲.۱۱ ..... ۲۷

۳-۲-۲ طراحی و انتخاب سخت افزار ارسال و دریافت داده ..... ۲۷

۳-۳ مدار الکتریکی فرمان ..... ۲۸
۳-۳-۱ داده های ورودی ..... ۲۹
۳-۳-۱-۱ تأخیر پالس ..... ۲۹
۳-۳-۱-۲ نوع حساسیت ..... ۳۰
۳-۳-۱-۳ مقدار چرخش ..... ۳۱
۳-۳-۱-٤ زاویه لقی فرمان ..... ۳۱
۳-۳-۱-۵ جهت چرخش ..... ۳۲
۳-۳-۱-٦ چرخش ترکیبی ..... ۳۲
۳-۳-۲ پردازش و تصمیم گیری ..... ۳۲
۳-۳-۲-۱ پردازشگر FPGA ..... ۳۳
۳-۳-۳ خروجی پردازشگر ..... ۳٤
۳-٤ واحد عملیات ..... ۳٤
۳-٤-۱ انتخاب عملگر ..... ۳۵
۳-٤-۲ تعیین پارامترهای اصلی عملیات ..... ۳٦
۳-٤-۲-۱ نیرو-گشتاور ..... ۳٦
۳-٤-۲-۲ کورس کاری فرمان ..... ۳۷
۳-٤-۲-۳ لقی فرمان ..... ۳۷
۳-٤-۳ موتور الکتریکی ..... ۳۷
۳-٤-٤ انتخاب موتور پله‌ای ..... ۳۹
۳-٤-٤-۱ مشخصات موتور پله‌ای ..... ٤۰
۳-٤-٤-۲ انتخاب روش راه اندازی موتور پله‌ای ..... ٤۱
۳-٤-٤-۳ انتخاب راه انداز موتور پله‌ای ..... ٤۳
۳-٤-٤-٤ انتخاب نحوه ارتباط راه انداز و سیم پیچ های موتور پله‌ای ..... ٤٤
۳-٤-٤-۵ انتخاب حالت بهینه تنظیمات موتور ..... ٤۵
۳-٤-۵ طراحی مکانیزم انتقال قدرت ..... ٤۸
۳-۵ واحد درک ..... ۵۰
۳-۵-۱ مقایسه عمومی دوربین‌های آنالوگ و IP ..... ۵۱
۳-۵-۲ مقایسه دوربین‌های آنالوگ و IP در ارسال بی سیم ..... ۵۲
۳-۵-۳ تنظیمات یک دوربین تحت شبکه ..... ۵٤

۳-۵-۳-۱ حالت فشرده سازی تصویر ..... ٥٤
۳-۵-۳-۲ وضوح تصویر ..... ٥٤
۳-۵-۳-۳ فاصله ارسال فریم اصلی ..... ٥٥
۳-۵-۳-٤ بافر ..... ٥٥
۳-۵-۳-۵ انتخاب حالت بهینه ..... ٥٥
۳-۵-٤ دوربین IP ..... ٥٦
۳-۵-٤-۱ مرورگر اینترنتی ..... ٥٧
۳-۵-٤-۲ رابط برنامه نویسی نرم افزار ..... ٥٩
۳-٦ واحد تغذیه ..... ٦٠
۳-۷ ارزیابی سامانه هدایت از راه دور ..... ٦١
۳-۷-۱ ارزیابی شبکه بی سیم ..... ٦١
۳-۷-۱-۱ توان عملیاتی شبکه ..... ٦١
۳-۷-۱-۲ تأخیر ارسال اطلاعات ..... ٦٢
۳-۷-۱-۳ محدوده تحت پوشش ..... ٦٢
۳-۷-۲ ارزیابی دوربین ..... ٦٣
۳-۷-۳ ارزیابی هدایت از راه دور ..... ٦٥
۳-۷-۳-۱ ارزیابی هدایت در مسیر مستقیم ..... ٦٩
۳-۷-۳-۲ دور زدن انتهای مزرعه ..... ۷۰
۳-۷-۳-۳ ملاحضات آزمایش‌های هدایت ..... ۷۲
**فصل چهارم- نتایج و بحث ..... ۷۳**
٤-۱ نتایج ارزیابی شبکه بی سیم ..... ۷۳
٤-۱-۱ توان عملیاتی شبکه ..... ۷۳
٤-۱-۲ تأخیر ارسال اطلاعات ..... ۷۳
٤-۱-۳ محدوده تحت پوشش ..... ۷۳
٤-۲ نتایج ارزیابی دوربین IP ..... ۷٤
٤-۲-۱ مقایسه وقفه مرورگر و نرم افزار ..... ۷٤
٤-۲-۲ مقایسه وقفه در کیفیت های مختلف ..... ۷٤
٤-۳ نتایج ارزیابی هدایت از راه دور تراکتور بر روی آسفالت ..... ۷٦
٤-۳-۱ نتایج ارزیابی هدایت در مسیر مستقیم ..... ۷٦

٤-٣-١-١ ارزیابی تأثیر پارامترها ..... ٧٦
٤-٣-٢ نتایج ارزیابی دور زدن بر روی سطح آسفالت ..... ٧٩
٤-٤ نتایج ارزیابی هدایت از راه دور تراکتور بر روی خاک ..... ٨١
٤-٤-١ نتایج ارزیابی هدایت در مسیر مستقیم ..... ٨١
٤-٤-١-١ ارزیابی تأثیر پارامترها ..... ٨١
٤-٥ مقایسه نتایج روی سطح آسفالت و خاک ..... ٨٣
٤-٦ مقایسه نتایج راننده و سامانه هدایت از راه دور ..... ٨٤
٤-٧ مقایسه نتایج بدست آمده با دیگر محققین ..... ٨٥
٤-٨ چالش‌های این پروژه ..... ٨٧
**فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادات ..... ٨٩**
**منابع ..... ٩٣**
**فهرست اسامی لاتین ..... ١٠٠**

## فهرست شکل ها


| عنوان شکل | صفحه |
|---|---|
| شکل ۱-۱. نمایی از سامانه هدایت از راه دور تراکتور | ٤ |
| شکل ۲-۱. واحدهای انجام یک کار در اتوماسیون | ۸ |
| شکل ۲-۲. روند تقاضا و رو به رشد تکنولوژی هدایت بدون سرنشین وسایل نقلیه | ۱۰ |
| شکل ۲-۳. هدایت تراکتور توسط مارکر داخل شیار | ۱۱ |
| شکل۲-٤. هدایت بدون سرنشین تراکتور الف)مارکر داخل شیار ب)عملگر الکترومکانیکی | ۱۱ |
| شکل ۲-۵. ردیف چغندر قند کشف شده توسط پردازش تصویر | ۱۳ |
| شکل ۲-٦. آنتن همه جهته نصب شده بر روی کابین تراکتور | ۱٦ |
| شکل ۳-۱. نحوه ارتباط و تعامل واحدهای مختلف سامانه عملیات از راه دور | ۲۲ |
| شکل ۳-۲. نمای اولیه نرم افزار هدایت از راه دور تراکتور | ۲٤ |
| شکل ۳-۳. پنجره تنظیمات موتور پله‌ای | ۲٤ |
| شکل ۳-٤. پنجره تنظیمات دوربین در نرم افزار هدایت از راه دور تراکتور | ۲۵ |
| شکل ۳-۵. تصویر روتر بی سیم DIR-601 | ۲۸ |
| شکل ۳-٦. محل نصب روتر بی سیم بر روی ROPS تراکتور | ۲۸ |
| شکل ۳-۷. تصویر برد الکتریکی فرمان | ۲۹ |
| شکل ۳-۸. جریان اطلاعات در برد الکتریکی فرمان | ۲۹ |
| شکل ۳-۹. یک سلسله پالس های مربعی شکل | ۳۰ |
| شکل ۳-۱۰. ساختار کلی یک FPGA | ۳۳ |
| شکل ۳-۱۱. ارتباط پردازنده XC3S400 با دیگر اجزای مدار الکتریکی فرمان | ۳٤ |
| شکل ۳-۱۲. شکل سیگنال های خروجی پردازنده به سمت راه انداز موتور پله‌ای | ۳٤ |
| شکل ۳-۱۳. اجزای سامانه فرمان نیمه هیدرولیکی | ۳۵ |
| شکل ۳-۱٤. موتور پله ای هیبرید استفاده شده در سامانه هدایت از راه دور تراکتور | ٤۰ |
| شکل ۳-۱۵. ترتیب اعمال ولتاژ به فازها برای یک دور چرخش درحالت تمام پله. الف) تک فاز، ب) دو فاز | ٤۲ |

شکل ۳-۱۶. یک دور چرخش در حالت تمام پله، الف) ترتیب اعمال ولتاژ به فازها، ب)شیوه چرخش ..... ٤٢
شکل ۳-۱۷. راه انداز موتور پله‌ای انتخاب شده در سامانه هدایت از راه دور تراکتور. الف) نمای جلو ب) نمای جانبی ..... ٤٤
شکل ۳-۱۸. آرایش تک قطبی راه انداز و موتور پله‌ای ۸ سیم..... ٤٤
شکل ۳-۱۹. آرایش دو قطبی راه انداز و موتور پله‌ای ۸ سیم، الف)سری ب)موازی..... ٤٥
شکل ۳-۲۰. تغییرات گشتاور و سرعت موتور پله ای نسبت به هم ..... ٤٦
شکل ۳-۲۱. نمودار عوامل تأثیر گذار بر روی منحنی کارایی موتور پله‌ای ..... ٤٦
شکل ۳-۲۲. مقایسه منحنی کارایی ارتباط سری و موازی موتور و راه انداز..... ٤٨
شکل ۳-۲۳. مکانیزم محرک فرمان توسط پولی و تسمه دندانه دار..... ٤٩
شکل ۳-۲٤. ارتباط دو پولی با قطرهای مختلف توسط تسمه دندانه دار ..... ٤٩
شکل ۳-۲۵. زاویه دید افقی و عمودی چشم انسان ..... ٥١
شکل ۳-۲٦. مقایسه وضوح های مختلف برای یک اندازه مشخص تصویر ..... ٥٥
شکل ۳-۲۷. تصویر دوربین IP مدل (LEVEL-ONE) FCS-1030 از دو جهت مختلف ..... ٥٦
شکل ۳-۲۸. محفظه قرارگیری دوربین IP بر روی تراکتور ..... ٥٧
شکل ۳-۲۹. محیط نمایش و تنظیمات دوربین FCS-1030 ..... ٥٨
شکل ۳-۳۰. کلیه تنظیمات دوربین شامل صفحه تنظیمات ویدئو و صدا ..... ٥٨
شکل ۳-۳۱. تغذیه مصرف کننده های سامانه هدایت از راه دور ..... ٦١
شکل ۳-۳۲. تصویر نرم افزار DU METER..... ٦٢
شکل ۳-۳۳. اندازه گیری وقفه دوربین IP با استفاده از فیلمبرداری از صفحه نمایش کامپیوتر ..... ٦٣
شکل ۳-۳٤. الگوهای مرسوم طرح مزرعه ..... ٦٥
شکل ۳-۳۵ محل قرار گیری دوربین و شاخص ها بر روی تراکتور ..... ٦٦
شکل ۳-۳٦. محوطه آسفالت اداره نقلیه بعد از میدان دانش..... ٦٧
شکل ۳-۳۷. مزرعه جنب سالن ورزشی ۲۲ بهمن..... ٦٨
شکل ۳-۳۸. تعیین مسیر طی شده از طریق ریزش محلول آب و رنگ برای آسفالت و آب برای خاک..... ٧٠
شکل ۳-۳۹. زاویه چرخ جلو و حداقل شعاع دور زدن..... ٧١

شکل ۳-٤٠. محل قطع شعاع دید راننده از طریق دوربین با شاخص زمین در لحظه شروع دور زدن ..... ۷۱

شکل ٤-۱. تقسیم صفحه نمایش رایانه قابل حمل بین مرورگر اینترنتی و نرم افزار. ..... ۷٤

شکل ٤-۲. تغییراتRMSE نسبت‌به تغییرسرعت‌چرخش‌میل فرمان‌در سرعت‌پیشروی ۲ و $KM.H^{-1}$ ٦ ..... ۷۷

شکل ٤-۳. مقایسه میانگین RMSE سرعت‌های چرخش میل فرمان در سرعت‌های پیشروی بر روی سطح آسفالت۷۸

شکل ٤-٤. مقایسه چند تکرار از مسیرهای طی شده سامانه هدایت از راه دور و راننده بر روی سطح آسفالت. الف)$KM.H^{-1}$ ۲، ب)$KM.H^{-1}$ ٦ ..... ۷۹

شکل ٤-۵. مقایسه مسیر های طی شده در دو تکرار. الف) $KM.H^{-1}$ ۱، ب) $KM.H^{-1}$ ۲ ..... ۸۰

شکل ٤-٦. مقایسه میانگین RMSE سرعت‌های چرخش میل فرمان و موقعیت‌های دوربین در سرعت‌های پیشروی بر روی سطح خاک..... ۸۲

شکل ٤-۷. مقایسه مسیرهای طی شده سامانه هدایت از راه دور و راننده بر روی سطح خاک. الف)$KM.H^{-1}$ ۲، ب)$KM.H^{-1}$ ٦ ..... ۸۳

شکل ٤-۸. مقایسه انحراف معیار راننده و سامانه هدایت از راه دور. الف) آسفالت، ب)خاک ..... ۸۵

شکل ٤-۹. چند تکرار از مسیر های طی شده در سرعت $KM.H^{-1}$ ۲. الف)(آق‌خانی و عباسپور فرد، ۲۰۰۹) ب)سامانه هدایت از راه دور ..... ۸٦

شکل ٤-۱۰. مسیر طی شده ایده آل و موجود با استفاده از تطبیق شاخص تراکتور و مزرعه ..... ۸۷

## فهرست جدول ها

عنوان جدول | صفحه


جدول ۲-۱. ترکیب سنسورهای مرجع مطلق و نسبی جهت هدایت خودکار و نیمه خودکار وسایل نقلیه کشاورزی ..... ۱۵

جدول ۳-۱. طبقه بندی برخی از باندهای مخابراتی ..... ۲۶

جدول ۳-۲. انواع شبکه‌های بی سیم ..... ۲۶

جدول ۳-۳. استاندارد های شبکه ۸۰۲.۱۱ ..... ۲۷

جدول ۳-٤. مشخصات موتور پله‌ای هیبرید استفاده شده در سامانه هدایت از راه دور تراکتور ..... ٤۱

جدول ۳-۵. مقایسه دوربین‌های آنالوگ و IP ..... ۵۲

جدول ۳-٦. مشخصات دوربین مورد استفاده در سامانه هدایت از راه دور تراکتور ..... ۵٦

جدول ۳-۷. تنظیمات دوربین FCS-1030 ..... ۵۹

جدول ۳-۸. مصرف کننده های سامانه های هدایت از راه دور ..... ٦۰

جدول ۳-۹. تنظیمات مقایسه بین مرورگر و نرم افزار طراحی شده ..... ٦٤

جدول ۳-۱۰. سطوح مختلف تنظیمات دوربین جهت اندازه گیری وقفه ..... ٦٤

جدول ۳-۱۱. تیمارهای مورد بررسی در آزمایش‌ها ..... ٦۸

جدول ٤-۱. مقایسه وقفه نمایش تصویر در مرورگر و نرم افزار ..... ۷٤

جدول ٤-۲. گزارش وقفه نمایش تصویر برای مرورگر اینترنتی در تنظیمات مختلف ..... ۷۵

جدول ٤-۳. نتایج آزمایش هدایت در مسیر مستقیم بر روی سطح آسفالت ..... ۷٦

جدول ٤-٤. تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی تراکتور، سرعت چرخش میل فرمان و موقعیت دوربین بر RMSE در هدایت بر روی سطح آسفالت ..... ۷۷

جدول ٤-۵. نتایج دور زدن بر روی سطح آسفالت ..... ۷۹

جدول ٤-٦. توالی چرخش موتور برای دور زدن در سرعت $KM.H^{-1}$ ۱ (تکرار ۲) ..... ۸۰

جدول ٤-۷. نتایج آزمایش هدایت در مسیر مستقیم بر روی سطح خاک ..... ۸۱

جدول ٤-۸. تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی تراکتور، سرعت چرخش میل فرمان و موقعیت دوربین بر

RMSE در هدایت بر روی سطح خاک ..... ۸۲

جدول ٤-۹. مقایسه میانگین RMSE بین سطح آسفالت و خاک ..... ۸٤

## فهرست علائم و اختصارها

| علامت | معادل انگلیسی | معادل فارسی |
|---|---|---|
| AC | Alternating Current | جریان متناوب |
| DC | Direct Current | جریان مستقیم |
| DGPS | Differential Global Positioning System | سامانه موقعیت یاب جهانی تصحیح افتراقی |
| DSP | Digital signal processor | پردازشگر سیگنال دیجیتال |
| DVR | Digital Video Recorder | ضبط کننده ویدئو دیجیتال |
| EHF | Extremely High Frequency | فرکانس بینهایت بالا |
| FOG | Fiber optic gyroscope | ژیروسکوپ فیبر نوری |
| FPGA | Field-programmable gate array | آرایه دریچه ای برنامه پذیر میدانی |
| GDS | Geomagnetic Direction sensor | سنسور جهت مغناطیسی |
| GPS | Global Positioning System | سامانه موقعیت یاب جهانی |
| IC | Integrated Circuit | مدار مجتمع |
| IP | Internet Protocol | تحت شبکه |
| ITU | International Telecommunication Union | اتحادیه بین المللی مخابرات |
| LAN | Local Area Network | شبکه محلی |
| MAN | Metropolitan Area Network | شبکه کلان‌شهری |
| NGPS | Not Global Position Systems | سامانه موقعیت یاب پایگاهی |
| PAN | Personal Area Network | شبکه شخصی |
| PM | Permanent Magnet | مغناطیس دائم |
| PWM | Pulse Width Modulated | مدولاسیون پهنای پالس |
| RAM | Random Access Memory | حافظه دسترسی تصادفی |
| RL | Resistance Limited | مقاومت محدود |
| RMSE | Root Mean Square Error | خطای مجذور میانگین مربعات |
| ROM | Read Only Memory | حافظه فقط خواندنی |
| RTK | Real_Time Kinematic | سینماتیک بلادرنگ |
| SHF | Super High Frequency | فرکانس بسیار بسیار بالا |
| UHF | Ultra High Frequency | فرکانس مافوق بالا |
| VHF | Very High Frequency | فرکانس خیلی بالا |

| | | |
|---|---|---|
| VR | Variable Reluctance | رلوکتانس متغیر |
| WAN | Wide Area Network | شبکه گسترده |

# فصل اول- مقدمه

## ۱-۱ بیان مسئله

اتوماسیون کشاورزی مکانیزه یکی از حوزه‌های مورد علاقه محققین با فرض بالابردن کیفیت مواد غذایی، بالابردن آسایش و ایمنی کاربران، کاربرد دقیق مواد شیمیایی، صرفه جویی در نهاده های مختلف کشاورزی از جمله انرژی و کنترل محیط می‌باشد و آینده حاکم بر توسعه مکانیزاسیون، بدون اتوماسیون قابل تصور نمی‌باشد (مسنالتی و گریس، ۲۰۰۹). بر اساس تجزیه و تحلیل طرح‌های مکانیزاسیون، فعالیت هایی که مستلزم انرژی زیاد و سطح بالایی از کنترل می‌باشند، اولین فعالیت‌های کشاورزی هستند که مکانیزه می‌شوند (امجدی و چیذری، ۱۳۸۵). با این توصیف تراکتورها یکی از گزینه های مهم در این زمینه می‌باشند. این ماشین ها درصورت تجهیز با ادوات مناسب می‌توانند در عملیات‌های مختلف مانند خاکورزی، کاشت، وجین، کوددهی، محلول پاشی، حمل و نقل، چمن زنی و برداشت شرکت کنند. اینچنین تطبیق پذیریی، تراکتور را یک هدف اولیه برای مکانیزاسیون و اتوماسیون کرده است (آنتونی و همکاران، ۲۰۰۲). اتوماسیون تراکتورهای کشاورزی را می‌توان از دو دیدگاه مورد بررسی قرار داد. در ابتدا شرایط سخت کار با تراکتور ها و اثرات مخرب آن‌ها بر روی سلامتی و آسایش رانندگان و از طرف دیگر بالا بردن راندمان کاری با این وسایل نقلیه قابل بحث می‌باشند.

### ۱-۱-۱ آسایش و ایمنی

شرایط کار با تراکتور می‌تواند در کوتاه مدت و یا بلند مدت آسیب های جدی و جبران ناپذیری برای رانندگان تراکتورها داشته باشد. از بین آسیب های ناشی از محیط کشاورزی، آسیب های ناشی از تراکتورها سهم بالایی را به خود اختصاص می‌دهند (لسلی، ۱۹۹۹؛ بون و همکارن، ۲۰۰۸). البته تلاش‌های بسیاری برای افزایش آسایش و ایمنی رانندگان تراکتورها مانند محافظ ایمنی[1] (ROPS) و کابین‌های مجهز طراحی شده است. اما نکته حائز اهمیت این می‌باشد که با وجود آنکه اکثر تراکتورهای موجود در ایران از این امکانات بی بهره می‌باشند، حتی در صورت وجود این تجهیزات باز هم کار با تراکتور در مزرعه کشاورزی دارای شرایط سخت می‌باشد.

رانندگان تراکتور در حین کارهای کشاورزی در معرض ارتعاش کامل بدن در سطح بالایی می‌باشند (اسکارلت و همکارن، ۲۰۰۷). در تحقیقی که ملکی و همکاران (۱۳۸۷) بر روی سلامتی و آسایش راننده در استفاده از سه نوع تراکتور جاندیر۳۱٤۰، یونیورسال٦٥۱ و مسی فرگوسن ١٦٥ انجام دادند، میزان آسایش و راحتی راننده بر اساس استاندارد جهانی (ایزو، ۱۹۹۷) فوق العاده ناراحت بدست آمد.

بر اساس تعریف انستیتوی حفاظت و بهداشت حرفه‌ای[2] (NIOSH) در معرض تراز سروصدای ۸٥dB به مدت ۸ ساعت در روز یا در معرض سروصدای ۸۸dB به مدت ٤ ساعت در روز را یک حد آستانه مجاز سروصدا می‌گویند (ایزو، ۱۹۹٦). در نتایجی که از محققین مختلف درتحقیق حسن بیگی بیدگلی و همکاران (۱۳۸۳) ارائه شد، نشان داد که تراز شدت صدا در موقعیت گوش راننده تراکتورهای بدون اتاقک یا با اتاقک با پنجره های باز بسیار بیشتر از حد استاندارد بوده و در مواردی تراز سروصدا

[1] Roll Over Protect Structure
[2] National Institute for Occupational Safety and Health

بالاتر از dB ۹۵ بوده است. مهمترین آثار سروصدا بر روی انسان، مواردی مانند اثر روی سیستم بینایی، اثر بر سیستم تعادلی بدن، ایجاد ناراحتی های عصبی، کاهش بازده و افزایش ریسک حوادث می‌باشد (حسن بیگی بیدگلی و همکاران، ۱۳۸۳).

### ۱-۱-۲ عملکرد بالا

می‌توان زمینه ساز توجه جدی به موضوع اتوماسیون در کشاورزی را مبحث کشاورزی دقیق دانست (رید و همکارن، ۲۰۰۰). از دست آوردهای اتوماسیون می‌توان به کاهش سختی کار، بالابردن توجه راننده بر روی مدیریت و نظارت بر عملکرد ادوات متصل به تراکتور، اطمینان از انجام کار دقیق در تمام طول روز، استفاده از ادوات عریض تر و افزایش سرعت کار که همگی منجر به بالا بردن راندمان می‌شوند، اشاره کرد (ثیولت و همکاران، ۲۰۰۲).

## ۱-۲ هدف

هدف این پروژه طراحی و ساخت یک سامانه هدایت از راه دور تراکتور می‌باشد (شکل ۱-۱). با استفاده از سامانه ساخته شده در این پروژه، یک کاربر باید بتواند از راه دور موقعیت تراکتور و مسیر پیش روی آن را تشخیص دهد و دستورات لازم را در زمان مناسب به عملگری که وظیفه تغییر جهت تراکتور را بر عهده دارد، برساند. عملگر نیز باید تحت شرایطی که چرخها نیروی عکس العمل سطح آزمایش را به میل فرمان تراکتور انتقال می دهند، بتواند دستورات دریافتی را در زمان حداقل و با دقت مطلوب انجام دهد.