

## بکارگیری GPS در سیستم راهنمای مسیر تراکتور و بررسی تأثیر آن بر عملیات تراکتور در مزرعه (۱۵۷)

مهدی بندئی<sup>۱</sup>، سعید مینایی<sup>۲</sup>، محمد رضا مستوفی سرکاری<sup>۳</sup>، حجت احمدی<sup>۴</sup>، زهرا یوسفی<sup>۵</sup>

### چکیده

یکی از جدیدترین روش های راهنمای مسیر تراکتور در مزرعه، به کارگیری سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) می باشد. در این تحقیق ابتدا سامانه راهنمای مسیر تراکتور با استفاده از سامانه موقعیت یاب جهانی ساخته شد و سپس تأثیر این سامانه بر روی کاهش جاماندگی و همپوشانی تراکتور، به صورت طرح آزمایشی اسپلینت اسپلینت پلات در قالب بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار می شد. این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در مزرعه ای واقع در شهرستان طارم از توابع استان زنجان به وسیله سه عامل نوع تراکتور در ۲ سطح (تراکتور فرگوسن و تراکتور رومانی)، سرعت در سه سطح (۴، ۶ و ۸ کیلومتر در ساعت) و نوع مارکر در دو سطح (مارکر معمولی و مارکر دیجیتال (سامانه طراحی شده در این طرح) انجام گرفت. نتایج انجام آزمایش نشان داد که اثر نوع مارکر بر میزان انحراف از مسیر تراکتور در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد و مارکر دیجیتال که با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی کار می کند، دارای میزان انحراف کمتری نسبت به مارکر معمولی است. از طرف دیگر اثر متقابل نوع مارکر و سرعت حرکت تراکتور بر میزان انحراف از مسیر تراکتور نیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و مارکر معمولی در سرعت های ۶ و ۸ کیلومتر در ساعت، میزان انحراف از مسیر تراکتور نیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و مارکر معمولی تعداد انحراف از مسیر تراکتور در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و مارکر معمولی تعداد انحراف از مسیر تراکتور نیز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود.

**کلیدواژه:** سامانه موقعیت یاب جهانی، سامانه راهنمای مسیر، انحراف از مسیر

۱- کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان طارم، پست الکترونیک: Minaee7@yahoo.com  
۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس  
۳- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی  
۴- عضو هیات علمی دانشکده پردیس کشاورزی کرج  
۵- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی علوم تحقیقات تهران

## مقدمه

راحتی و سهولت برای راننده در هنگام کار با دستگاههای کشاورزی یکی از مهمترین اهداف مکانیزاسیون و طراحان اینگونه دستگاه ها میباشد. این امر که در صنعت از آن با اصطلاح ارگونومی (رابطه انسان و ماشین) یاد میشود در واقع دانشی است که داده های علمی را در مورد انسان بکار میبرد. طراحی اشیاء و لوازم و همچنین بررسی فرایندها و محیط هایی که برای انسان آماده میشود، از جمله آن دانش است [۳].

سالمات کشاورزان و رانندگان ماشینهای کشاورزی از روشهای مختلفی برای هدایت حرکت وسیله در مزرعه هنگام کشت ردیفی و سایر عملیات استفاده میکنند که در نهایت وسیله کمترین جاماندگی و همپوشانی را داشته باشد. یکی از جدیدترین روشها در این زمینه بکار گیری سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS)<sup>۱</sup> در هدایت راننده وسیله هنگام حرکت در مزرعه میباشد. سامانه های هدایت بوسیله GPS نسبت به سامانه های هدایت مکانیکی کمترین میزان خستگی اپراتور و تنش چشمی را در هنگام کار بوجود می آورند. زیرا با نصب نمایشگر نوار روشن، درست در مقابل اپراتور نیاز به برگشتن و نگاه کردن دائمی به پشت سر و اطراف وجود ندارد [۴]. در مناطق نیمه خشک با رطوبت پائین و دمای بالا و مزارع با سطح وسیع، سامانه های دیگر هدایتی مانند مارکر های کفی بسیار تحت تاثیر دما میباشند به نحوی که اکثراً کفها قبل از اینکه اپراتور دور زده و مسیر بعدی را طی کند، تبخیر میشوند از طرف دیگر سامانه های هدایت بوسیله GPS در مواقعی که بعلت دمای پائین کف دچار یخ زدگی میشود بخوبی کار میکند [۵].

در تحقیق حاضر تدا سامانه راهنمای مسیر تراکتور با استفاده از موقعیت یاب جهانی ساخته شد و سپس تاثیر این سامانه بر روی کاهش جاماندگی و همپوشانی تراکتور و امکان حرکت سریعتر آن که تاثیر مستقیم روی بازده مزرعه ای دارد، بررسی شد.

هدایت دقیق ماشین های کشاورزی در مزرعه میتواند مشکل، خسته کننده و گاهی اوقات خطرناک باشد. سامانه های خودکار تنظیم موقعیت با استفاده از GPS، قابلیت تنظیم موقعیت ماشین را در مزرعه دارند و میتوانند ماشینهای کشاورزی را به محل مناسب هدایت کنند بطوریکه همپوشانی ها یا جا افتادگی ها از بین بروند که بدین ترتیب بازده ماشین افزایش میابد. مضافاً که این پردازنده ها نسبت به انسان خستگی ناپذیرند [۱۰].

لوونبرگ<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۹) با انجام بررسی هایی در زمینه سامانه های هدایت بوسیله GPS به این نتیجه رسیدند که این سامانه ها، انجام عملیات را هنگامی که دید کافی در مزرعه وجود ندارد، امکان پذیر میسازند و در شب، در هوای مه آلود، مواقعی که محدودیت زمانی در اجرای عملیات مزرعه ای مانند کاشت وجود دارد و در مناطقی که شب هنگام به علت وزش باد کمتر، بهترین موقع سمپاشی میباشد، بهترین گزینه هستند و کمترین تاثیر پذیری را از هوای محیطی دارند.

توانائی توسعه دقیق اطلاعات بصورت لحظه به لحظه برای کنترل خودکار ماشین در مزرعه ضروری میباشد. او انر<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۹۹) در تحقیقی که در دانشگاه استنفورد ایالت کالیفرنیا انجام دادند با توسعه تکنولوژی DGPS<sup>۴</sup> (سیستم مکانیابی جهانی افتراقی) توانستند موقعیت ماشین را با خطای چند سانتی متر اندازه گیری کنند.

استول<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۱) با تحقیق بر روی سامانه هدایت بوسیله GPS نتیجه گیری کردند که با افزایش سرعت از ۱ به ۲ متر در ثانیه، میزان انحراف از مسیر از ۲۵ میلیمتر به ۶۹ میلیمتر افزایش میابد.

همچنین سالیوان<sup>۶</sup> و همکاران (۱۹۹۸) طی تحقیقاتی در زمینه سامانه هدایت بوسیله GPS به این نتیجه رسیدند که برای ارسال اطلاعات با سرعت قابل قبول از GPS به سامانه، فرکانس خروجی GPS باید حداقل ۵ هرتز باشد.

<sup>۱</sup> - Global positioning system

<sup>۱</sup> - Lowenberg

<sup>۳</sup> - o'connor

<sup>۴</sup> - differential global positioning system

<sup>۵</sup> - stoll

<sup>۵</sup> - buck

<sup>۶</sup> - white

<sup>۷</sup> - Sullivan

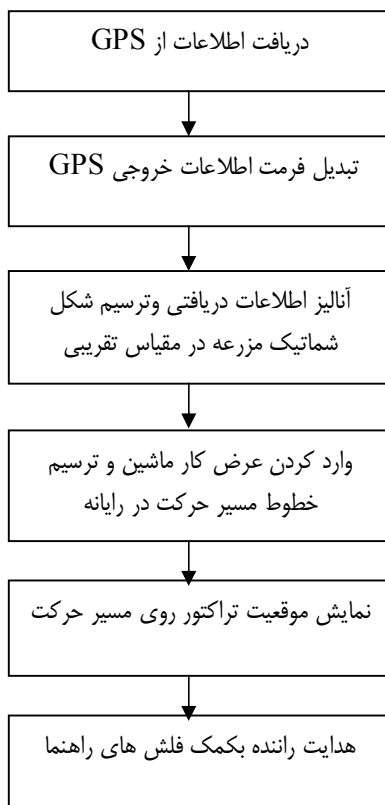
<sup>۸</sup> - variogram

یکی دیگر از کاربردهای سیستم موقعیت یاب جهانی، استفاده از نهاده ها بصورت متغیر و متناسب با نیاز مکانی می باشد. سیستم های مدیریت زراعی مرسوم عموماً برپایه کاربرد یکنواخت نهاده ها در سطح مزرعه استوار است، در این سیستم ها با اعمال مقادیر یکنواخت کود در سطح مزرعه، که غالباً دارای نیازهای مختلف کودی در نقاط مختلف آن می باشند، تنها نیاز واقعی بخش کوچکی از مزرعه تامین می شود و بقیه نقاط، بیشتر یا کمتر از حد مورد نیاز، کود دریافت میکنند. در تحقیقی که قزوینی و همکاران (۱۳۸۵) در بر خوار اصفهان انجام دادند، تغییرات مکانی فاکتور های حاصلخیزی خاک ( نیتروژن، پتاسیم و فسفر) و عملکرد دانه گندم با استفاده از واریوگرام<sup>۱</sup> (تابع آماری مخصوص تجزیه و تحلیل ساختار مکانی) و با استفاده از GPS و GIS<sup>۲</sup> بررسی و نقشه های دیجیتالی تهیه گردید. با استفاده از این نقشه ها نشان داده شد که در روش سراسر پاشی کود اوره، فسفر و پتاسیم برای تولید ماکزیمم عملکرد، بترتیب فقط ۱۳٪، ۲۵٪ و ۱۱٪ از سطح مزرعه مقدار مناسب کود را دریافت می کند و بقیه مزرعه، کود کمتر یا بیشتر از نیاز دریافت میدارند. این درحالی است که در روش VRA<sup>۳</sup>، تمامی سطح مزرعه کود مناسب دریافت نموده و میتوان حداقل ۵۶ کیلوگرم در هکتار در مصرف کود اوره صرفه جوئی کرد.

### مواد و روشها

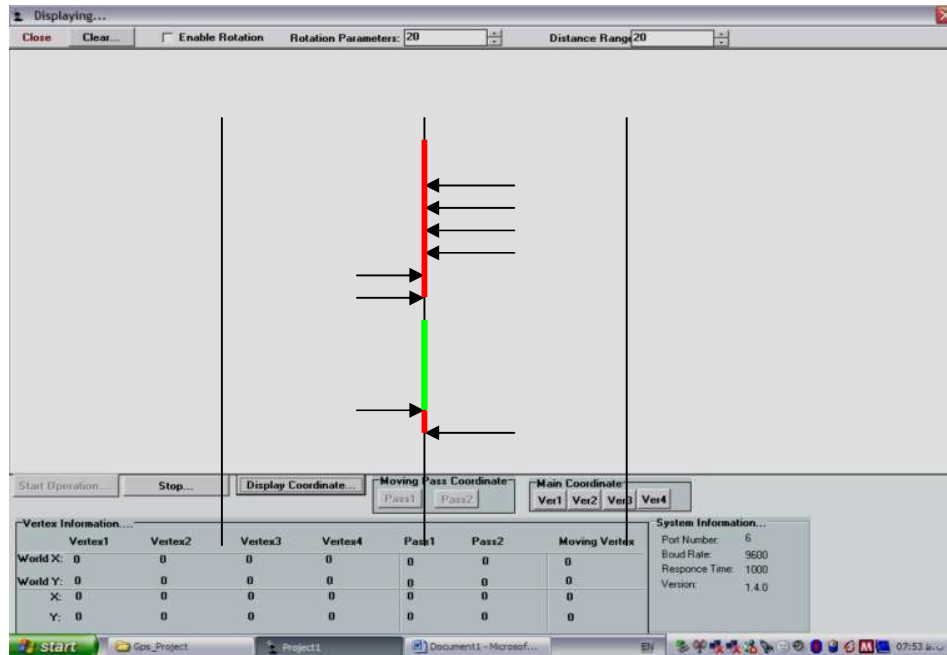
این تحقیق در سال ۱۳۸۵ در مزرعه ای واقع در شهرستان طارم از توابع استان زنجان انجام گرفت. منطقه مورد آزمایش در عرض جغرافیائی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیائی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۷۰۰ متر و دارای اقلیم نیمه گرمسیری است. در ابتدای انجام آزمایش، سامانه راهنمای مسیر تراکتور طراحی گردید. سپس از این سامانه بعنوان یک مارکر برای هدایت تراکتور در قالب طرح آزمایشی در عملیات سمپاشی مزرعه استفاده شد. طرح آزمایشی بصورت اسپلیت اسپلیت پلات (کرتهای دو بار خرد شده) در قالب بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. این طرح شامل سه عامل بود که عامل A، نوع تراکتور در ۲ سطح ( $a_1 =$  تراکتور فرگوسن و  $a_2 =$  تراکتور رو انی)، عامل B، سرعت در سه سطح ( $b_1 = 4$  کیلومتر در ساعت،  $b_2 = 6$  کیلومتر در ساعت و  $b_3 = 8$  کیلومتر در ساعت) و عامل C، نوع مارکر در دو سطح ( $C_1 =$  مارکر معمولی و  $C_2 =$  سامانه راهنما (سامانه طراحی شده در این طرح) می باشد. آزمایش در قطعاتی با طول ۳۰ متر و عرض ۱۸ متر انجام شد و برای یکنواخت انجام شدن آزمایش، تمامی تکرار های مربوط به نوع مارکر  $C_1$  و  $C_2$  بصورت پی در پی و بدون باز و بست سامانه انجام گردید. بمنظور به حداقل رساندن خطای اپراتور در تمامی تکرار ها از یک راننده واحد که سابقه تقریباً یکسانی در رانندگی با هر دو تراکتور داشت استفاده گردید. با اینکه سرعت پیشروی توسط GPS نیز نمایش داده میشود، ولی به علت احتمال خطا در این آزمایش از روش اندازه گیری زمانی برای حرکت با سرعت های ۴، ۶ و ۸ کیلومتر استفاده گ دید. طراحی سامانه راهنمای مسیر تراکتور: برای طراحی سامانه راهنما، از GPS (سامانه مکان یابی جهانی) برای اشت مختصات محیط زمین زراعی استفاده شد. سپس این اطلاعات توسط GPS برای رمزگشائی به نرم افزار رابط (این نرم افزار که SDK نام دارد در بازار موجود میباشد) ارسال گردید. این اطلاعات پس از رمزگشائی به نرم افزار اصلی که به زبان دلفی میباشد، ارسال شد. پس از آن اطلاعات گرفته شده از GPS برای حذف پارامتر های اضافی از قبیل ارتفاع و سایر پارامتر های ناکار آمد در این طرح، پالایش میگردد. در مرحله بعد اطلاعات پالایش شده به مختصات X,Y تبدیل و ۴ نقطه معرفی شده بعنوان نقاط مرزی مزرعه ذخیره میشود. برای مشخص شدن مقیاس تقریبی مزرعه باید سطح برداشت شده مزرعه بصورت کامل در صفحه نمایش داده شود. برای این کار نرم افزار مقیاس مزرعه را تا جایی که کل مزرعه قابل نمایش در صفحه مانیتور باشد کوچک می نماید. از آنجائی که این نرم افزار برای حرکت روی خطوط مستقیم و موازی طراحی شده است، پس در این مرحله اضلاع مزرعه توسط یک تابع شامل یک ماتریس دوران داده می شود تا در امتداد بزرگترین ضلع مزرعه روی خطوط موازی حرکت کنیم، در این مرحله اولین مسیر باید توسط راننده طی شود تا بعنوان مسیر اول ثبت و خطوط بعدی حرکت با فاصله مشخص که همان عرض کار دستگاه است (عرض کار پس از برداشت نقاط مرزی مزرعه به نرم افزار داده میشود) رسم می شود و راننده با دیدن مسیر حرکت و فلش های راهنما روی صفحه مانیتور، روی مسیر هدایت می گردد. ترتیب مراحل انجام کار نرم افزار در شکل (۱) و مسیر حرکت و فلشهای راهنما روی صفحه نمایش در شکل (۲) نشان داده شده است.

<sup>3</sup> - variable-rate application



شکل (۱): ترتیب مراحل انجام کار نرم افزار راهنمای مسیر تراکتور

با تعیین نقاط مرزی زمین زراعی و ثبت مختصات این نقاط توسط GPS که در این تحقیق انجام گرفته نقاط برداشت شده توسط نرم افزار به هم وصل شده و یک شکل تقریبی از مزرعه را بدست میدهد. از آنجائی که دقت اندازه گیری بستگی به عوامل مختلفی از قبیل گیرنده GPS، موقعیت جغرافیائی منطقه، عوارض طبیعی، تعداد ماهواره های پوشش دهنده و... دارد، به همین علت برای کسب اطمینان از میزان دقت دستگاه از نرم افزار DNR که توسط سازنده دستگاه ارائه شده است، استفاده شد. در این روش، مختصات مکان بطور همزمان از یک نقطه و با فواصل زمانی مشخص برداشت میشود و مختصات ارائه شده توسط GPS ثبت شده و به مدت ۳۰ دقیقه هر ۵۰ ثانیه یکبار همان مکان ثبت میگردد. پس از این مرحله نقاط ثبت شده در یک شکل مشخص می شود و میزان دقت آن بدست می آید.



شکل (۲): نمایش مسیر حرکت و فلشهای راهنمایی صفحه

دستگاههای مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر می باشند:

دستگاه GPS: در این طرح از یک دستگاه GPS مدل vista Etrex ساخت شرکت گارمین استفاده شده است، که دارای امکاناتی از قبیل قطب نمای دیجیتال، ارتفاع سنج بارومتریک، سامانه نمایش طلوع و غروب خورشید، نقشه کل ایران و جهان و قابلیت محاسبه مساحت یک چند ضلعی نامنظم میباشد که از این تواناییها در ارائه مساحت مزرعه و مختصات نقاط ضمن حرکت در روی مسیر استفاده شده است.

تراکتور مسی فرگوسن: در این طرح از یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ مدل ۱۳۸۲ جهت انجام آزمایشات استفاده شد که جهت اطمینان از دقت فرمان گیری سامانه فرمان آن توسط نمایندگی مربوطه بطور کامل بازرینی شد. تراکتور اونیور سال: تراکتور اونیورسال U650 استفاده شده در این طرح مدل ۱۳۶۳ بود که این تراکتور علیرغم طول عمر بالا از وضعیت فنی سالمی برخوردار بود، ولی به منظور حصول نتیجه بهتر مورد بازرینی و تعمیرات کلی بخصوص در قسمت فرمان قرار گرفت.

سمپاش تیر افزار دار: در این آزمایش از یک دستگاه سمپاش مزرعه ای ۴۰۰ لیتری پشت تراکتوری تیر افزار دار با عرض کار ۸ متر استفاده شده است.

محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل دادهها با استفاده از نرم افزار MSTATC و رسم شکلها با استفاده از نرم افزار Excel ۲۰۰۳ انجام گرفت. فاکتورهای ازه گیری شده در طی انجام آزمایش شامل موارد زیر می باشند.

تعیین دقت GPS: بدلیل اینکه طرح تحقیقاتی مذکور بر پایه GPS و دقت آن انجام گرفته است، محاسبه دقت GPS مورد استفاده در این طرح لازم و ضروری میباشد. تعیین دقت با استفاده از نرم افزار معرفی شده توسط سازنده دستگاه، یعنی نرم افزار DNRGARMIN محاسبه و ارائه شد. نرم افزار مذکور دقت GPS را بر اساس روش CEP<sup>1</sup> یعنی احتمال خطای دورانی (مستدیر) محاسبه می کند. در این روش پس از ایجاد ارتباط میان رایانه قابل حمل و دستگاه GPS، مختصات یک نقطه، ۱۰۰ بار و با فواصل زمانی یکسان بدون جابجائی GPS برداشت و نتایج توسط این نرم افزار ارائه می گردد.

<sup>1</sup> - Circular Error Probable

میزان انحراف و تعداد انحرافات: در حین انجام آزمایش مسیر حرکت سمپاش توسط مایع رنگی که از انتهای ترین نازل سمت چپ تیر افزار، تحت تاثیر نیروی ثقلی در نزدیکی زمین ریخته میشد مشخص گردید. این مسیر زمانی که راننده توسط فلشهای روی صفحه مانیتور راهنمایی می شد، مسیر طی شده در حالت استفاده از مارکر دیجیتال محسوب می گشت. زمانی که راننده بصورت معمول و بدون استفاده از سامانه راهنما سمپاشی می کرد، مایع رنگی، مسیر طی شده در حالت مارکر معمولی را نشان می داد. لازم بذکر است که بقیه نازلهای سمپاش مسدود گردیدند و پمپ سمپاش نیز غیر فعال بود. خط سیر مشخص ده بوسیله مایع رنگی با یک خط فرضی مستقیم که باید طی میشد مقایسه گردید و در هر مسیر در ۶۰ نقطه از هر قطعه با ۲ بار تردد در هر قطعه، میزان انحراف از خط مسیریوسيله متر فلزی ۵۰ متری، اندازه گرفته شده و ثبت گردید. تعداد دفعات انحراف از مسیرهائی که میزان انحراف در آنها بیشتر از ۲۰ سانتی متر بود نیز شمارش شد و به عنوان تعداد دفعات انحراف لحاظ گردید.

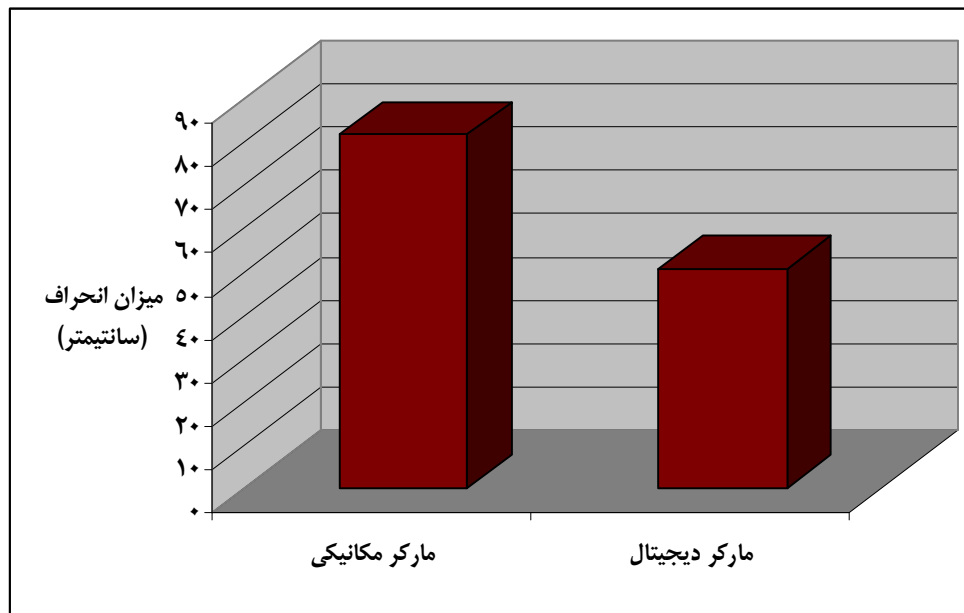
### نتایج و بحث

دقت GPS: نتایج اندازه گیری دقت GPS در جدول (۱) نشان داده شده است. بر طبق این نتایج بیش از نیمی از نقاط در دایره ای به مرکز نقطه مرجع و به شعاع ۰.۵۳ متر قرار دارند و ۹۰٪ نقاط ضبط شده در دایره ای به شعاع ۳/۵ متر، ۹۵٪ نقاط در دایره ای به شعاع ۹/۲ متر و ۹۸٪ نقاط در دایره ای به شعاع ۱۳/۶ متر قرار دارند. با توجه به اینکه این سامانه جهت عملیات سمپاشی مورد استفاده قرار گرفته، دقت ۳/۵ متر که شامل ۹۰ درصد نقاط میباشد قابل قبول میباشد. این در حالی است که در تحقیقی مشابه در ژاپن که به کمک سامانه اندازه گیری سرعت، فیبر نوری و GPS انجام شد، تراکتور همراه با گاو آهن را با دقت ۱۲ سانتی متر روی مسیر های موازی هدایت نمودند [۶].

### جدول (۱): نتایج اندازه گیری دقت بر اساس روش احتمال خطای دایره ای

درصد نقاط ضبط شده در دایره	شعاع دایره (متر)
۵۰	۰.۵۳
۹۰	۳/۵
۹۵	۹/۲
۹۸	۱۳/۶

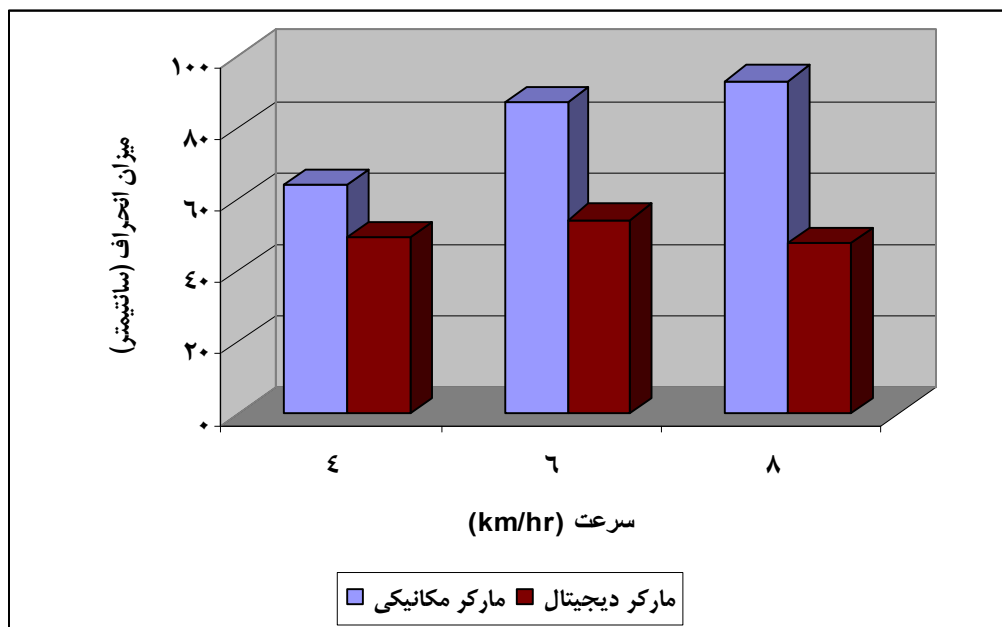
میزان انحرافات: تاثیر نوع تراکتور، مقدار سرعت و اثر متقابل آنها بر میزان انحراف از مسیر معنی دار نمی باشد و می توان نتیجه گرفت که سامانه راهنمای مسیر تراکتور با هر دو نوع تراکتور و هر سه مقدار سرعت، میزان انحراف تقریباً یکسانی دارد. اثر نوع مارکر (عامل C) بر میزان انحراف از مسیر در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد و میزان انحراف در اثر استفاده از مارکر دیجیتال همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است، کمتر میباشد.



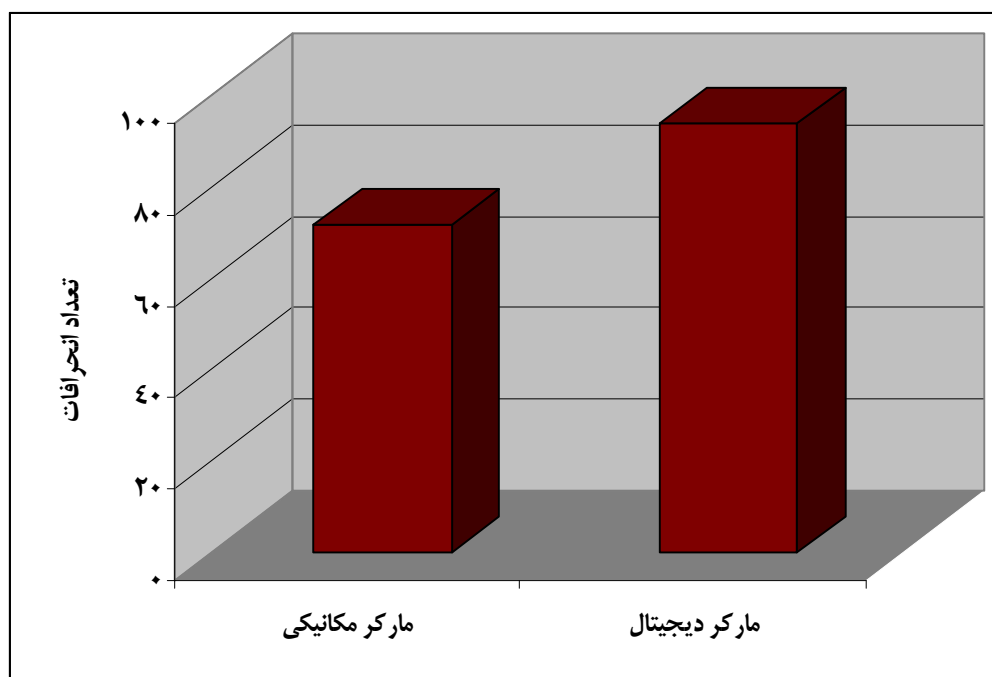
شکل (۳): اثر نوع مارکر بر میزان انحراف از مسیر

با انجام مقایسه میانگین به روش دانکن، مطابق شکل (۴)، در دو سرعت ۶ و ۸ کیلومتر در ساعت، میزان انحرافات هنگام استفاده از مارکر مکانیکی نسبت به بقیه حالت ها تفاوت معنی داری در سطح ۱ درصد نشان داد و هنگام افزایش سرعت (بالا ر از ۴ کیلومتر در ساعت) استفاده از مارکر دیجیتال انتخاب بهتری می باشد. تعداد انحرافات: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های انحراف از مسیر نشان داد که نوع تراکتور، سرعت پیشروی و اثر متقابل آنها بر شاخص تعداد انحرافات تاثیر معنی داری دارند. اثر دو نوع مارکر مکانیکی و دیجیتال بر تعداد انحرافات از مسیر در سطح ۱ درصد معنی دار میباشد و میانگین تعداد انحرافات در مارکر مکانیکی پایین تر ست. از آنجایی که میزان انحراف با مارکر معمولی بیشتر از مارکر دیجیتال است، بنابراین حساسیت در حرکت مارکر دیجیتال بیشتر است که دلیل آن می تواند دقت و تاثیر پذیری بیشتر مارکر دیجیتال از عوامل طبیعی مانند پستی و بلندی زمین و یا کمی تجربه راننده در کار با این نوع مارکر باشد (شکل ۵).

اثر متقابل سرعت پیشروی و نوع مارکر بر میانگین تعداد انحرافات معنی دار نیست. البته مطابق شکل (۶)، مارکر دیجیتال در سرعت ۶ کیلومتر در ساعت، نسبت به دو سرعت دیگر، کمترین تعداد انحراف را دارد در صورتیکه مارکر معمولی با افزایش سرعت پیشروی، تعداد انحرافاتش هم زیاد می شود.



شکل (۴): اثر نوع مارکر و مقدار سرعت بر میزان انحراف از مسیر

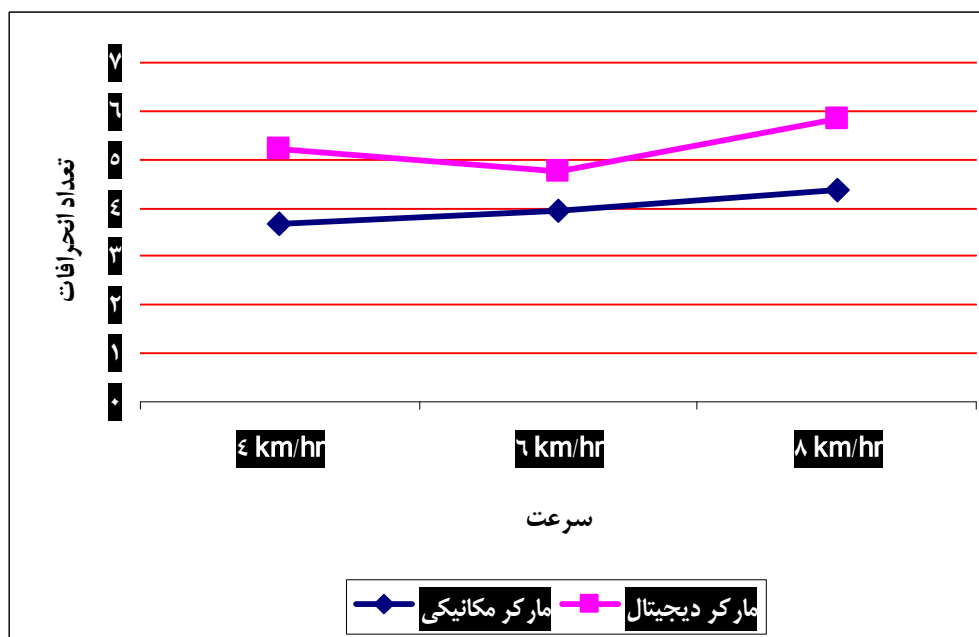


شکل (۵): اثر نوع مارکر بر تعداد انحرافات

طبق محاسبه انجام شده بر روی نقشه بدست آمده از انجام آزمایش، در هر هکتار، مارکر مکانیکی نسبت به مارکر دیجیتالی ۷۲ متر مربع همپوشانی و ۴۲ متر مربع جاماندگی بیشتری ایجاد می کند. اگر همین مقدار همپوشانی را در حین عمل سمپاشی و شخم در تمام سطوح زیر کشت گندم در سال ۸۴ در کشور در نظر بگیریم، با احتساب ۶۹۴۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت گندم [۱]، هزینه تقریبی ۴۰۰۰۰۰ ریال به ازای هر هکتار سمپاشی، ۸۰۰۰۰ ریال به ازای هر هکتار عملیات شخم، هزینه ای



معادل  $2/080/000/000$  ریال و  $416/400/000$  ریال بتر تیب به ازای سمپاشی و شخم اضافی زمین متحمل خواهیم شد. علاوه بر هزینه اضافی ناشی از همپوشانی و خسارتی که به کشاورز بدلیل جاماندگی زمین در حین انجام عملیات وارد می شود، میزان تردد های اضافی در مزرعه و تراکم های ناشی از آن را نیز باید در نظر بگیریم. با توجه به هزینه پائین استفاده از این امانه طراحی شده (حدود  $8/000/000$  ریال)، استفاده از مارکر دیجیتال میتواند در مزارع با سطح زراعی بالای ۵۰۰ هکتار، انتخاب مناسبی باشد. ضمن اینکه در این گونه مزارع، عملیاتی نظیر پخش انواع کود توسط کود پاش ها عملاً با مشکلات یادی از نظر نحوه هدایت روی خطوط همراه است که این مشکلات تا میزان زیادی با بکار گیری اینگونه سامانه ها برطرف خواهد شد.



شکل (۶): اثر متقابل نوع مارکر و مقدار سرعت بر تعداد انحرافات از مسیر

### نتیجه گیری

دقت اندازه گیری شده دستگاه GPS (قرار گرفتن ۹۰ درصد از نقاط اندازه گیری شده در دایره ای به شعاع  $3/5$  متر)، برای انجام عملیات سمپاشی قابل قبول می باشد. اثر نوع مارکر بر میزان انحراف از مسیر تراکتور در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد و مارکر دیجیتال که با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی کار می کند، دارای میزان انحراف کمتری می باشد. از طرف دیگر اثر متقابل نوع مارکر و سرعت حرکت تراکتور بر میزان انحراف از مسیر تراکتور نیز در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی دار داشت که مارکر مکانیکی در سرعت های ۶ و ۸ کیلومتر در ساعت، میزان انحراف از مسیر بیشتری نشان داد. اثر نوع مارکر بر تعداد انحراف از مسیر تراکتور در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد و مارکر معمولی دارای تعداد انحراف کمتری می باشد. دلیل آن می تواند دقت و تاثیر پذیری بیشتر مارکر دیجیتال از عوامل طبیعی مانند پستی و بلندی زمین و یا کمی تجربه راننده در کار با این نوع مارکر شد.

### پیشنهادات

سامانه راهنمای مسیر تراکتور به گونه ای طراحی شده است که میزان دقت آن با دقت گیرنده GPS قابل تنظیم باشد. دقت خطی در سامانه مورد آزمایش  $0/50$  متر بوده و با افزایش دقت گیرنده به همان میزان دقت سامانه افزایش می یابد. در

صورت استفاده از انواع  $RTK^1$  دقت سامانه راهنمای مسیر تراکتور، تا حدود ۲ تا ۳ سانتی متر (وابسته به دقت گیرنده GPS) قابل افزایش است.

با در نظر گرفتن هزینه اضافی ناشی از همپوشانی، خسارتی که به کشاورز بدلیل جاماندگی زمین در حین انجام عملیات وارد می شود، میزان تردد های اضافی در مزرعه و تراکم های ناشی از آن و هزینه پائین استفاده امانه طراحی شده (حدود ۸/۰۰۰/۰۰۰ ریال)، استفاده از مارکر دیجیتالی میتواند در مزارع با سطح زراعی بالای ۵۰۰ هکتار، انتخاب مناسبی باشد.

### فهرست منابع

- ۱- بی نام، ۱۳۸۴. دستور العمل های فنی و اجرائی محصولات زراعی، حوزه ترویج و نظامهای بهره برداری، مرکز توسعه مکانیزاسیون، دفتر گندم.
- ۲- قزوینی، ح، الماسی، م، و فتحی، م. ۱۳۸۵. تاثیر استفاده از نقشه های دیجیتال در کشاورزی دقیق بر مصرف بهینه کود در منطقه برخوار اصفهان. تبریز. خلاصه مقالات چهارمین کنگره ملی مهندسی کشاورزی و مکانیزاسیون.
- ۳- صائی منفرد، ه. و صداقت حسینی، م. ۱۳۸۵. آزمون و ارزیابی ماشین آلات و تجهیزات کشاورزی (ترجمه). کرج. چاپ اول، انتشارات نشر آموزش کشاورزی.
- ۴- میر محمد صادقی، م. ۱۳۸۲. کاربردهای مشترک GPS و GIS در ARC VIEW همراه با مدل ازی. انتشارات فرات.
- 5- Grisso, R. and Alley, M. 2002. Precision farming tools- light bar navigation. Virginia cooperative extension.
- 6- Kise, M and et al. Guidance System for Farm Work Using GPS and Adaptive Control Method for Autonomous Tractor, Hokkaido University, Japan.
- 7- Lowenberg, J and DeBoer. 2006. Potential for Precision Agriculture Adoption In Brazil. Site Specific Management Center Newsletter, Purdue University.
- 8- O`connor, M.1999. Automatic Steering of farm Vehicles Using GPS. Stanford University, Stanford, California.
- 9- Stoll, A. and Heinz, Dieterkutzbach. 2001. Guidance of a Forage Harvester with GPS. Institute for Agricultural Engineering, Hohenheim University, 70599 Stuttgart. Germany.
- 10- Sullivan, M. and Ehsani, M.R. 1998. GPS Guidance Systems – An overview of the components and ptions. The Ohio State University Extension, 590 Woody Hayes Drive, Columbus, OH 4321.

---

Real time kinematic-<sup>1</sup>