طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه بینائی ماشین جهت تشخیص علف هرز گندم و پاشش بلادرنگ علف کش(کشاورزی دقیق)

صمد نظرزاده اوغاز[1*]، امین نظرزاده اوغاز[2]، محمد حسین سعیدی راد[1]، سعید ظریف نشاط[1]، حسین ترابی[3]، مجتبی ناصری[4]

۱- اعضا هئیت علمی بخش فنی مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۲- دانشجوی دکترا برق-کنترل دانشگاه شهید بهشتی

۲- محقق بخش گیاهپزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۳- مدرس گروه فنی مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

* ایمیل نویسنده مسئول:sanazarzadeh@yahoo.com

چکیده :

کشاورزی دقیق مدیریت جدید و پیشرفته ای است که تلفیقی از فن آوریهای برتر در جهت افزایش بهره وری و کارایی نهاده های کشاورزی به روشی دقیق، حساس و سودمند است. سیستمهای پایش در مراحل داشت و رشد گیاه ، عملکرد محصول و کاربرد مقادیر ویژه نهاده های کشاورزی، از فن آوری های مهم کشاورزی دقیق میباشد. این فن آوری ها ا بزار کمی، کیفی و مدیریتی موجود در مزارع را با مدیریت سامانه های زراعی و مکانیزاسیون بهبود میبخشد یکی از مهمترین عملیات زراعی، حذف علفهای هرز پهن برگ از سطح زمین زراعی محصول گندم میباشد گیاهانی که با رشد سریع خود مانع رشد محصول زراعی شده و باعث افت عملکرد و آلودگی محصول خواهد شد. معمولا جهت حذف علف هرز پهن برگ از سموم شیمیائی علف کش استفاده میشود که به محض تشخیص بروز علف هرز ، با دوز معینی کل زمین کشاورزی تحت پاشش علف کش قرار میگیرد که طبیعتا نقاط آلوده و غیر آلوده به علف، بطور کامل تحت پاشش قرار گرفته و ضمن مصرف بیش از حد ضروری سم علف کش ، افزایش هزینه اقتصادی و آلودگی محیط زیست را نیز بدنبال خواهد داشت. در این پروژه هدف اصلی دستیابی به سامانه بینائی ماشین جهت تشخیص موقعیت استقرار علف هرز گندم بود که پس از تشخیص، با پاشش هوشمند و هدفمند علف کش بصورت بلادرنگ همراه با پیمایش سم پاش در داخل مزرعه انجام گرفت. در این پروژه دو مرحله انجام گرفت که مرحله اول، شامل طراحی وساخت سامانه بینائی ماشین مجهز به دوربین وب کم (web cam)، بر اساس تکنیک پردازش تصویر جهت تشخیص علف هرز در مزارع گندم بود و مرحله دوم، طراحی و ساخت سیستم خودکار پاشش اسپری علف کش مایع بر اساس فرمان سامانه ماشین بینائی در نقاط لازم بود. با پردازش و تشخیص انجام شده توسط سامانه، فقط در نقاط لازم، سم علف کش پاشیده شده واز آلودگی سایر نقاط که نیاز ندارد، جلوگیری گردید. جهت ارزیابی سامانه، طرح آماری با سه تیمار و چهار تکرار انجام و نتایج با نرم افزارآماری spss تحلیل شد. با پاشش هدف دار علف کش در نقاط مورد نیاز ، از بکارگیری سم در سایر نقاط مزرعه جلوگیری و با مصرف کمتر سم، ضمن ایجاد صرفه اقتصادی بیشتر، از آلودگی محیط زیست در اثر باقیمانده سم علف کش مصرف نشده، جلوگیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که امکان

طراحی وساخت سامانه بینائی ماشین تشخیص علف هرز وجود داشته و حداقل ۲۳ ٪سم علف کش کمتری در تیمار سامانه بینائی ماشین نسبت به سامانه مرسوم مصرف گردید.کاهش مصرف سم علف کش در جهت صرفه اقتصادی و آلودگی کمتر محیط زیست در مقایسه با روشهای مرسوم میباشد.

واژه‌های کلیدی: بینائی ماشین، حسگر، دوربین،کشاورزی دقیق، گندم، علف کش، وب کم

مقدمه

برای دهه ها کشاورزان نهاده ها را بر پایه توصیه های میزان میانگین برای کل مزرعه مورد استفاده قرار می دادند، غافل از این که نهاده های مورد نیاز خاک و محصولات نه تنها از مزرعه ای به مزرعه دیگر، بلکه در قسمت های مختلف درون یک مزرعه نیزمتفاوت است. در ضمن کاربرد نهاده های کشاورزی با سرعت و میزان یکسان در مزارع بدون توجه به متغیرهای درون مزرعه و شرایط موجود، نتایج مطلوبی در عملکرد محصولات نشان نمی دهد. مدیریت متغیرهای درون مزرعه، بهبود تولید محصولات و حداقل کردن اثرات منفی بر محیط، از عواملی هستند که ما را به سمت کشاورزی دقیق هدایت می کنند. کشاورزی دقیق یک سیستم ترکیبی مدیریت کشاورزی بر پایه بهینه سازی مصرف نهاده ها، حداکثرسازی تولیدات کشاورزی با کاربرد اطلاعات محصولات می باشد و یک فناوری پیشرفته و اصل مدیریتی است که به عنوان کشاورزی خاص مکانی نیز نامیده شده که تغییرات را در مزرعه تشخیص داده و میزان صحیح نهاده ها را در مکان درست و زمان مناسب به کار می برد. کشاورزی دقیق به دلیل سطح مدیریتی که دارا می باشد با کشاورزی متداول متمایز است. در کشاورزی دقیق به جای این که کل مزرعه به عنوان یک واحد مدیریتی باشد، اعمال مدیریت برای مناطق کوچک در مزرعه در نظر گرفته می شود که این کار سطح مدیریت را با تأکید بر نیازهای صحیح کشاورزان افزایش می دهد .کشاورزی دقیق یک سیستم مدیریتی تلفیقی است که کوشش دارد نوع و میزان نهاده ها را بر اساس نیازهای واقعی محصولات که در مناطق کوچک تر زمین قرار دارند، تطبیق دهد ، از جمله فناوری های مورد استفاده در کشاورزی دقیق می توان به سیستم موقعیت یاب جهانی[1] و سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] ، حس گرهای کنترل از راه دور[3] ،فناوری میزان متغیر[4] اشاره نمود. تکنولوژی های کشاورزی دقیق بر اساس میزان مشابهت و همچنین مراحل عملیات زراعی قابل تقسیم می باشد .تقسیم بندی فن آوری های کشاورزی دقیق بر اساس مراحل عملیات زراعی شامل مراحل پیش از کاشت، کاشت، داشت، برداشت و پس از برداشت می باشد و تقسیم بندی که برای این فناوری بر اساس میزان مشابهت در نظر گرفته شده است، شامل تکنولوژی های میزان متغیر، حس گرها، تکنولوژی های نمونه برداری خاک، تکنولوژی های نظارت عملکرد، و سایر موارد از این فناوری می باشند. پژوهشی در ارتباط با پذیرش و سودآوری کشاورزی دقیق صورت گرفته که

[1] GPS
[2] GIS
[3] RS
[4] VRT

از جمله نتایج آن می توان به بیان نمودن فناوری میزان متغیر به عنوان رایج ترین مقیاس بررسی مناسب بودن استفاده از فناوری کشاورزی دقیق اشاره نمود .همچنین به طور کلی میزان استفاده گسترده از حس گرها توسط کشاورزان در این امر گزارش شد. قابل ذکر است که کشاورزی دقیق تکنولوژ یهایی را به کار می گیرد که این تکنولوژی ها را می توان در مراحل مختلف عملیات زراعی از مراحل قبل از کاشت تا بعد از برداشت در مزرعه به کار گرفت . سالیانه بخش عمده ای از تلفات در چندین محصول اساسی کشاورزی در اثر سوء مدیریت ها و ناکارآمدی ادوات ایجاد می گردد. از جمله راهکارهایی که با معرفی کشاورزی دقیق به عنوان تغییر تکنولوژی در کشاورزی معرفی شده، استفاده از ادواتی است که حداکثر دقت را اعمال می نمایند(بردبار و حسینی،۱۳۸۹).

سابقه تحقیق

امروزه از حس گرها برای دریافت سیگنال هایی که بیانگر تصویر یک شی هستند به طور وسیعی استفاده میشود و سیگنال های دریافت شده توسط کامپیوتر و یا سایر وسایل پردازش سیگنال برای تفسیر و تحلیل قطعه مورد استفاده قرار می گیرد که بخشی از مکانیزم بینائی ماشین اطلاق میگردد. بینائی ماشین[5]به عنوان یک ابزار مهندسی در ابزارهای دیجیتال و در شبکه‌های کامپیوتری، برای کنترل ابزارهای صنعتی دیگر از قبیل کنترل بازوهای روبات و یا خارج کردن تجهیزات معیوب به کار می رود. در حقیقت بینائی ماشین، شاخه ای از علم مهندسی است که به رشته‌های علوم کامپیوتری و علم اپتیک و مهندسی مکانیک و اتوماسیون صنعتی ارتباط دارد. یکی از مهمترین پر استفاده‌ترین کاربردهای آن در بازبینی و بررسی کالاهای صنعتی از جمله نیمه هادیها، اتومبیل ها، مواد خوراکی و غذائی و دارو می باشد. همانند نیروی انسانی که با چشم غیر مسلح در خط تولید کالاها را برای تعیین کیفیت و نوع ساخت آنها بازبینی می کنند، بینائی ماشین از دوربین‌های دیجیتال و دوربین‌های هوشمند و نرم‌افزارهای پردازش تصویر برای این کار استفاده می کند. دستگاههای مربوطه برای انجام دادن وظایفی خاص از جمله شمردن اشیاء در بالابرها، خواندن شماره سریالها ، جستجوی سطح‌های معیوب به کار می روند. در حال حاضر سامانه بینایی ماشین برای بازبینی تصویری اشیاء که نیاز به سرعت، دقت و تکرار محاسبات بالا و کار ۲۴ ساعته دارد، به کار گرفته میشود. اگرچه انسان عملکرد بهتر و قابلیت تطبیق دهی بیشتری برای خطاهای تازه در زمان کوتاه دارد ولی با توجه به ویژگی‌های ذکر شده این دستگاهها به مرور جای نیروی انسانی را که به دلیل انحراف و شرایط بد دارای خطا می باشند، پر می کند. کامپیوترها به همان صورتی که انسان می بیند نمی توانند ببینند. دوربین‌ها همانند سیستم بینایی انسان نیستند و در حالی که انسان می تواند بر استنباط و فرضیات اتکا کند، تجهیزات کامپیوتری باید به وسیله آزمودن و تجزیه و تحلیل کردن جداگانه پیکسل‌ها و تلاش برای انجام نتیجه گیری با توجه به پشتوانه اطلاعاتی و روش هایی مانند شناسایی الگو مشاهده کنند. علی رغم اینکه بعضی الگوریتم‌های بینائی ماشین برای تقلید کردن از سیستم بینایی انسان توسعه یافته اند، تعداد معدودی روش برای تحلیل و شناسایی ویژگیهای مرتبط تصاویر به صورت مؤثر و ثابت توسعه یافته اند. سیستم‌های بینائی ماشین با تجهیز پردازش تصویر بر پایه کامپیوتر، برای انجام کارهای تکراری طراحی می شود(Wikipedia,2012).

[5]Machine vision

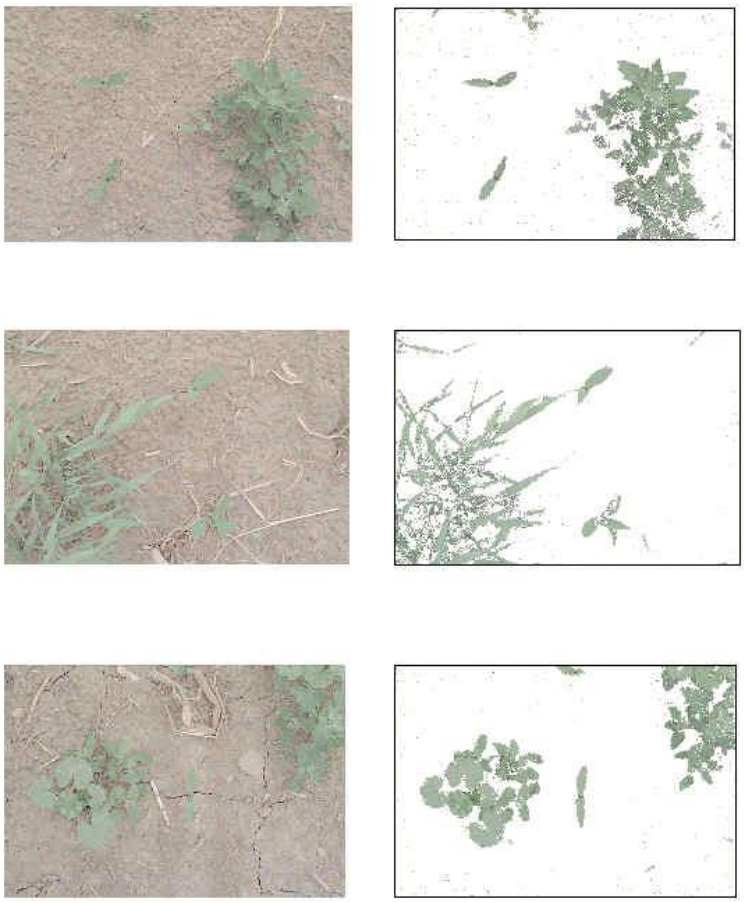
در پژوهشی در مالزی محققان با سامانه بینائی ماشین توانستند علف های هرز باغ های خرما را شناسائی نمایند در این تحقیق آنها از دوربین وب کم لاجیتک[۶] استفاده نمودند.آنها با این روش موفق شدند بیش از ۸۰ درصد علف های هرز را شناسائی نمایند(Ghazali.K,Mustafa.M,2008).

شکل۱: ساختار بینائی ماشین

در تحقیقی در اسپانیا، محققان با استفاده از شکل و رنگ علفهای هرزوروش پردازش تصویر توانستند آنها را شناسائی نمایند عکس ها توسط دوربین تهیه و با اسکن آن، تحت فرآیند پردازش تصویر قرار گرفت(Preze,2000).

در تحقیق دیگری در کانادامحققان با استفاده از پردازش تصویر و آنالیز تصاویر تهیه شده توانستند علف ها را شناسائی نمایند عکس ها توسط دوربین تهیه و با اسکن آن، تحت فرآیند پردازش تصویر قرار گرفت(Yang, et al,. 2000).

[6]Logitech web digitalcamera

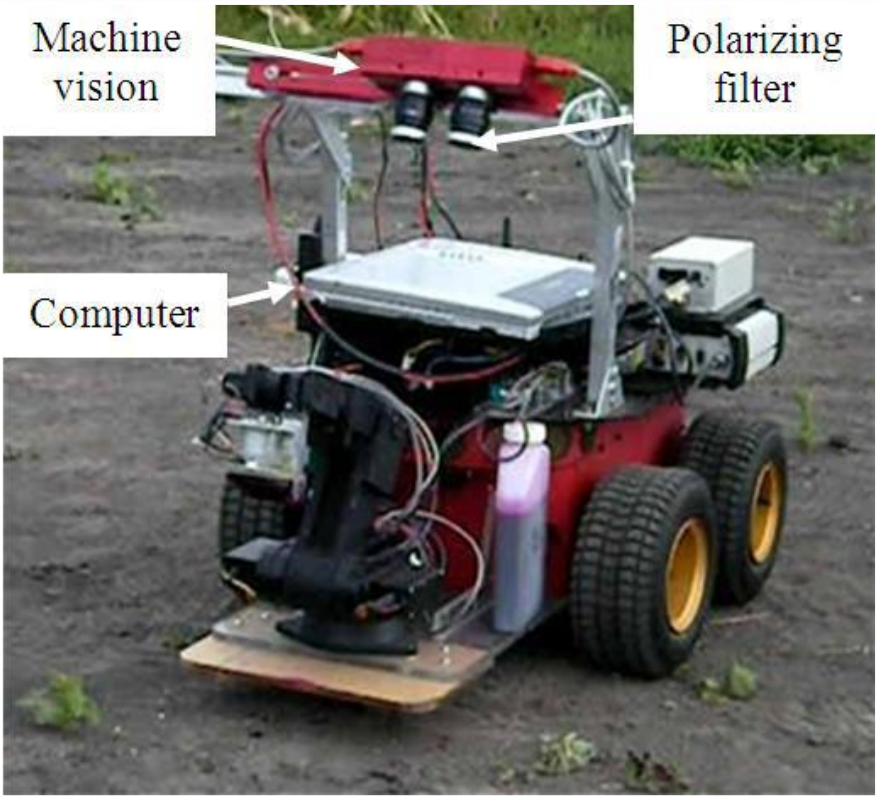


شکل۲:تصاویر تهیه شده و فیلتر شده در فرآیند پردازش تصویر

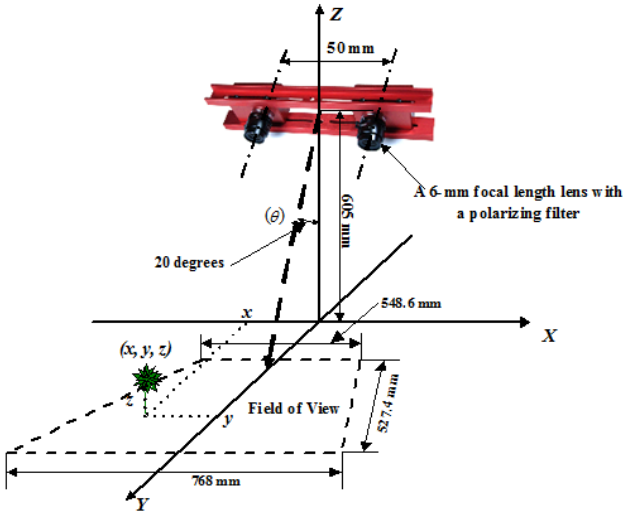
در تحقیق دیگری محققان با نصب دوربین سونی و اتصال به کامپیوتر توانستند به صورت بلادرنگ از مزرعه سویا تصویر تهیه و با روش پردازش تصویر انالیز نمایند و علف های هرز مزرعه را شناسایی کنند(Steward,2000)

در تحقیق وزارت کشاورزی آمریکا[7] محققان توانستند با استفاده از دوربین استریو ویژن[8] و روش پردازش تصویر علف های هرز مزرعه را شناسایی نمایند(Hong, et al,. 2011).

[7]USDA
[8]Sterovision camera



شکل۳:سامانه بینائی ماشین



شکل ۴: موقعیت ارتفاعی دوربین از سطح مزرعه

در تحقیق دیگری توسط نظرزاده و همکاران (۱۳۸۹) در شهرستان مشهد در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، با روش پردازش تصویر، عکس های تهیه شده از مزرعه، توانستند موقعیت علف هرز خردل وحشی را در مزرعه گندم شناسایی نمایند(نظرزاده و همکاران،۱۳۸۹).

در مزرعه دانشگاه شیراز کیانی و جعفری با روش پردازش تصویر و شبکه های عصبی توانستند با آنالیز عکسهای گرفته شده توسط دوربین سونی موقعیت علف هرز را شناسائی نمایند(کیانی و جعفری،۲۰۱۲).

در تحقیقی در داخل کشور دستگاه سمپاش نرخ متغیر(میزان متغیر) ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است که این دستگاه میتواند با استفاده از نقشههای دیجیتال تهیه شده ازوضعیت علف های هرز مزرعه ، سمپاشی نرخ متغیر را بر اساس روش نقشه مبنا[9] در مزرعه انجام دهد(محمدزمانی و همکاران،۲۰۰۹).

گرهارد و همکاران(۲۰۰۹) با استفاده از سامانه بینائی ماشین طراحی شده برای علف هرز، میزان صرفه جوئی سم علف کش در چهار محصول ذرت، چغندر، گندم و جو بررسی شد که بر اساس نتایج حاصله صرفه جوئی به ترتیب به میزان ۷۸ ٪، ۳۶ ٪، ۶۰ ٪ و ۶۰ ٪ گزارش گردید(Gerhard, R, Christensen, S.2003).

اندوجار و همکاران(۲۰۱۲) در تحقیق دیگری جهت تشخیص علف هرز از امواج التراسونیک استفاده کردند که با ردیابی امواج بازگشتی از سطح گیاه موفق به شناسائی علف هرز شدند(Andujar, et al. 2012).

مواد و روشها

هدف تحقیق طراحی و ساخت و ارزیابی سامانه بینائی ماشین بود و به منظور فوق در این تحقیق از المان های مختلف طراحی و استفاده گردید که شامل شاسی چرخدار حامل قطعات، دوربین وب کم لاجیتکC310 ، لب تاب سونی، کارت الکترونیک میکرو کنترلرATMEGA16 مجهز به رابط لب تاب، سمپاش موتوری و شیر قطع و وصل جریان محلول علف کش ۱۲ ولت ، باطری ۱۲ ولت استفاده گردید:

شکل ۵ : سامانه بینائی ماشین و اجزای نصب شده بر روی شاسی حامل

[9]Map based

نحوه کار سامانه

جهت حرکت سامانه، شاسی(چهار چرخه ای) طراحی و ساخته شد به طوری که بتواند در یک ردیف حرکت و مسیر حرکت را پایش نماید جهت حرکت شاسی از یک سیستم وینچی استفاده شد. با کشش طناب توسط وینچ در داخل مزرعه، حرکت شاسی تامین گردید. کلیه تجهیزات شامل دوربین، لپ تاپ، سمپاش و مدار الکترونیک بر روی شاسی نصب گردید.

شکل ۶ : سامانه بینائی ماشین حین کار در مزرعه

حین حرکت شاسی و تصویر برداری از مزرعه توسط وب کم، در صورت تشخیص علف هرز، مساحت علف هرز در تصویر به صورت درصد در نمایشگر ال سی دی مشخص میگردد.

زمان انجام محاسبات توسط نرم افزار مدت یک ثانیه طول کشید و با توجه به سرعت یک متر بر ثانیه برای عملیات سمپاشی بنابراین فاصله افشانک در فاصله یک متری عقب دوربین وب کم بر روی شاسی نصب شده است.

آزمون مزرعه ای

آزمون مزرعه ای، در روستای بیگان از توابع شهرستان شیروان در مزرعه گندم با مختصات جغرافیائی شامل عرض ۳۷/۴۵ شمالی و طول۵۷/۷۵۸ شرقی، انجام شد. آزمایشات علف کش در سه تیمار شامل علف کشی مرسوم، علف کشی مجهز به سامانه بینائی ماشین و تیمار شاهد بدون علف کش با چهار تکرار توسط سمپاش موتوری انجام گردید. دستورالعمل پاشش مطابق روش توصیه شده همکار بخش گیاه پزشکی با سرعت یک متر بر ثانیه صورت گرفت. جهت بررسی وضعیت علف کشی تقریبا سه هفته بعد نمونه های مزرعه ای با کادر ۰/۵ در ۰/۵ متر در دو نقطه از هر تکرار به طور تصادفی برداشت شد که علف های هرز شمارش و علف های

هرز موجود در تیمارها عمدتا از دو گونه غالب وایه(گل سفید) و آلاله(گل زرد) بود. تعداد و گونه علف های هرزشمارش و پس از خشک شدن در آون توزین گردید که داده های برداشت شده به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱: داده های برداشت شده علف های هرز

تکرار	تعداد وایه	تعدادآلاله	وزن وایه (gr)	وزن آلاله (gr)	وزن ناشناس(gr)
۱	۲۵	۰	۱۲۷	۰	۳
۲	۱۲	۰	۶۵	۰	۰
۳	۰	۲	۰	۱۷	۰
۴	۲۱	۷	۹۶	۵۵	۵
۵	۱۱	۰	۴۹	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۱۸	۳	۹۵	۱۹	۶
۸	۰	۵	۰	۴۳	۰
۹	۱۹	۰	۹۳	۰	۰
۱۰	۰	۲	۰	۱۳	۰
۱۱	۱۶	۶	۷۹	۴۳	۲
۱۲	۱۱	۰	۵۸	۰	۰

آنالیز آماری:

جهت مقایسه تیمارها، داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS تحت آزمون t مورد بررسی قرار گرفت نتایج آزمون به شرح جداول ذیل میباشد:

جدول ۲: نتایج آزمون t مقایسه میانگین ها برای تعداد کل علف هرز

		تعداد علف	**انحراف معیار**	**میانگین خطا**
روش سمپاشی				

علف کش با سمپاش مرسوم	۶۷a	۱۲	۶
علف کش باسمپاش سامانه بینائی ماشین	۳۷a	۹	۴/۵
شاهد(بدون سمپاشی علف کش)	۵۴a	۸/۹۶	۴/۴۸

a و b : اعداد حروف نامشترک، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۳: نتایج آزمون tمقایسه میانگین ها برای تعداد علف هرز وایه و روش سمپاشی

روش سمپاشی	تعداد علف	انحراف معیار	میانگین خطا
علف کش با سمپاش مرسوم	۶۷a	۱۱/۱	۵/۵۵
علف کش باسمپاش سامانه بینائی ماشین	۳۷a	۸/۸۵	۴/۴۲
شاهد(بدون سمپاشی علف کش)	۵۴a	۸/۳۵	۴/۱۷

a و b:اعداد حروف نامشترک، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۴: نتایج آزمون مقایسه میانگین ها با آزمون tبرای تعداد علف هرز آلاله و روش سمپاشی

روش سمپاشی	تعداد علف	انحراف معیار	میانگین خطا
علف کش با سمپاش مرسوم	۹a	۳/۳	۱/۶۵
علف کش باسمپاش سامانه بینائی ماشین	۸a	۲/۵	۱/۲۲
شاهد(بدون سمپاشی علف کش)	۸a	۲/۸۳	۱/۴۱

a و b : اعداد دارای حروف نامشترک، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۵: نتایج آزمون مقایسه میانگین ها با آزمون t برای وزن کل علف های هرز و روش سمپاشی

روش سمپاشی	وزن خشک علف (گرم)	انحراف معیار	میانگین خطا
علف کش با سمپاش مرسوم	۱۶۸a	۶۵/۱۴	۳۲/۵۷
علف کش باسمپاش سامانه بینائی ماشین	۲۱۲a	۴۷/۰۳	۲۳/۵۱
شاهد(بدون سمپاشی علف کش)	۲۸۸a	۴۷/۶۹	۲۳/۸۴

a و b :اعداد حروف نامشترک، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.

همانطور که از جداول مشخص میگردد با مقایسه میانگین ها بین تیمارهای مرسوم ، بینائی ماشین و شاهد، تفاوت معنی داری وجود نداشته و میزان مصرف سم در تیمار ماشین بینائی، ۲۳٪ کاهش داشته است. در گزارش

مصرف علف کش:

علف کش مصرفی در تیمارها از نوع علف کش 2,4-D+MCPA-67.5% بود که مطابق دستورالعمل همکار بخش گیاه پزشکی برای تیمارها مقدار ۲۸ سی سی در ۶ لیتر آب حل گردید و مقدار مصرف شده از محلول برای تیمار مرسوم ۱۴۸۵سی سی و برای تیمار سامانه بینائی ماشین۱۱۵۰ سی سی مصرف و اندازه گیری گردید وآزمایش نشان داد که با بکارگیری سامانه بینائی ماشین حداقل میتوان تا ۲۳٪ در کاهش مصرف علف کش صرفه جوئی نمود.

بررسی دقت تشخیص علف هرز توسط سامانه:

جهت بررسی تشخیص علف هرز توسط سامانه، در مسیر حرکت سامانه، تعداد ده عدد علف هرز وایه(گل سفید) و آلاله (گل زرد) مشخص و برای دقت تشخیص سامانه مورد بررسی قرار گرفت به هنگام عبور سامانه در پنج تکرار، دید سامانه مورد ارزیابی قرار گرفت که در هر پنج تکرار سامانه به درستی عف های هرز را تشخیص داد و به عبارتی سامانه بدون خطا عمل نمود.

منابع

بردبار،م. حسینی، م.۱۳۸۹. بررسی مناسب بودن استفاده از فناوری کشاورزی دقیق در استان فارس از دیدگاه کارشناسان کشاورزی . مجله پژوهش های ترویج و آموزش کشاورزی، سال سوم،ش۲ .

بهرام نژاد، س. امیدی،م. چرا کشاورزی دقیق.www.agronomist.ir

جعفرنژاد قمی، ع. ۱۳۸۷. پردازش تصویر دیجیتال. انتشارات علوم رایانه

حیدری، ع. ۱۳۹۲. پردازش تصویر در متلب. انتشارات کلک زرین

خادمی، م. جعفری، د. ۱۳۸۷. پردازش تصویر رقمی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

خلیلی، خ. ۱۳۸۰. ماشین بینائی و اصول پردازش دیجیتال تصاویر. انتشارات جهان نو

دیانی،م.۱۳۸۹.مدارهای میکروالکترونیک.نشر نص.

صادقی پور، ا. ۱۳۸۷ . مدیریت علف های هرز. انتشارات دانشگاه ازاد اسلامی واحد شهر ری

فکور یکتا، ع. ۱۳۸۴. متلب ۷. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

محمدزمانی،د. همکاران.۱۳۹۱. طراحی و ساخت و ارزیابی سمپاش نرخ متغیر بر مبنای نقشه خاک برای یک سمپاش بوم تراکتوری. مجله مهندسی بیوسیستم ایران.دوره ۴۳. صفحه۱۱۱-۱۲۳

نظرزاده، ص.نظرزاده، ا. ۱۳۸۹. مدیریت‌مصرف‌علف‌کش در مزارع‌گندم با استفاده از سیستم‌بینائی‌ماشین و روش پردازش‌تصویردر. مدیریت‌کشاورزی دقیق. پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی. اصفهان دانشگاه آزاد خوراسگان

Andujar,D. Weis,M. Gerhards, R.2012.an ultrasonic system for weed detection in cereal crops.sensors2012/2.pp17333-17357

FAOSTAT. 2013. Avalable online from: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway

Ghazali.K, Mustafa,M, Hussain,A.2008. Machine Vision System for Automatic Weeding Strategy using Image Processing Technique. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3 (3): 451-458, 2008

Hong Y. Jeon, Lei F. Tian and Heping Zhu.2011. Robust Crop and Weed Segmentation under Uncontrolled Outdoor Illumination. Sensors 2011, 11, 6270-6283

Gerhards, R.Christensen,S.2003.Real time weed detection, decision making and patch spraying in maize, sugar beet , winter wheat and winter barely, European weed research weed society 2003, vol43 ,pp385-393

Kiani.S,Jafari.A.2012. Crop Detection and Positioning in the Field Using discriminate Analysis and Neural Networks Based on Shape Features. J. Agr. Sci. Tech. (2012) Vol. 14: 755-765

Mohamadzamani,D.et al.2009. Variable rate herbicide application using the globalpositioning system for generating a digital management map.International Journal of Agriculture&Biology,11,178-182.

Preze.A.J, et al.2000.color and shape analysis technique for weed detection.computer and electronic in agriculture.25(2000)197-212

Quastel,J,H.1950.2,4-D ichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)as a selective herbicide. Agriculturalcontrolchemicals, pp244-249

Steward,.L,L.FTian.2000. real time machine vision weed sensing. Department of Agricultural Engineering University of Illinois at Urbana-Champaign Urbana, IL 61801

Yang,c,c,et al.2000. Recognition of weeds with image processing and their use with fuzzy logic for precision farming. Department of Agricultural and Biosystems Engineering and 2Department of Food Science and Agricultural Chemistry, Macdonald, Campus of McGill University, Ste-Anne-de-Bellevue, QC,Canada.

www.wikipedia.org