طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه اعمال علف کش با نرخ متغیر با استفاده از فناوری ماشین بینایی

علی محمد شیرزادی فر[۱]، محمد لغوی[۲]، محمد حسین رئوفت[۳]، جمیله شجاعی[٤]

۳،۲،۱و٤- به ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز،استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی دانشگاه شیراز، استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی دانشگاه شیراز، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

علف های هرز به دلیل رقابت با گیاهان زراعی برای جذب نور، آب، مواد غذایی، فضای رشد و در برخی مواقع گاز کربنیک باعث کاهش عملکرد آنها می شوند. از آنجا که کنترل علف های هرز یکی از ارکان اساسی تولید گیاهان زراعی به شمار می رود، این مهم بخش قابل توجهی از هزینه های تولید را به خود اختصاص داده است. لذا کنترل علف های هرز با روشی که کمترین مخارج و مشکلاتی مانند آلودگی محیط زیست را به همراه داشته باشد از اهداف اساسی کشاورزی رو به رشد امروزه است. با توجه به عدم توزیع یکنواخت علف هرز در مزرعه تخصیص، عدم تخصیص و تنظیم مقدار تخصیص علف کش باید با توجه به مکان خاص در مزرعه مورد توجه قرار گیرد. بر اساس فلسفه کشاورزی دقیق، برای افزایش بازده اقتصادی و کاهش آلودگی محیط زیست، نهاده های کشاورزی و مواد شیمیایی مصرفی همچون علف کش ها باید دقیقاً به همان میزان مورد نیاز مزرعه بکار برده شود. بدین ترتیب عدم استفاده از علف کش در مکان هایی از مزرعه که علف هرز قابل ملاحظه ندارند و استفاده از علف کش در مکان های مورد نیار به مقدار مناسب باعث کاهش قابل توجه اثرات مخرب زیست محیطی این نهاده ها می گردد. در تحقیق حاضر، دستگاهی طراحی و ساخته شد که با بهره گیری از دو دوربین webcam و مدار کنترل الکترونیکی نازل ها عمل شناسایی گیاه از خاک و پاشش سم به صورت بلادرنگ درمزرعه را انجام می داد. در این دستگاه همزمان با برداشت تصاویر توسط دوربین ها، نرم افزار پردازش تصویر میزان درصد سبزی موجود در هر تصویر را به صورت مجزا بررسی کرده، در صورت بالاتر بودن درصد سبزی موجود در هر تصویر از حد آستانه تعیین شده، دستور پاشش سم توسط میکروکنترلر به نازل ها ارسال می شود. پاشش سم مادامی که درصد سبزی موجود در تصویر از حد آستانه بیشتر باشد ادامه پیدا می کند.در این روش سمپاشی مستقیم بر روی علف های هرز برخلاف وضعیت مرسوم که سمپاشی بر روی خاک، گیاه اصلی و علف هرز انجام می شود علاوه بر کاهش چشمگیر مصرف میزان سم نقش بسزایی در بهبود شرایط زیست محیطی و کاهش آلودگی آبهای زیر زمینی دارد. دستگاه ر دو مرحله آزمایشگاهی و مزرعه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در ارزیابی آزمایشگاهی، دقت شناسایی سبزینه و پاشش در سه سرعت ۲ ، ٤ و

٦ km/h اندازه گیری شد. بالاترین دقت پاشش در کمترین سرعت مشاهده شد و با افزایش سرعت از دقت شناسایی سبزینه کاسته می شد. همچنین میزان تقدم و تاخر در دو سرعت ٤ و ٦ km/h اندازه گیری شد، با افزایش سرعت پیشروی تراکتور از دقت پاشش کاسته شد. در ارزیابی مزرعه ای که در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی برای سه تیمار اعمال علف کش با استفاده از سیستم طراحی شده و اعمال علف کش به صورت یکنواخت (معمول) و عدم پاشش علف کش (شاهد) با استفاده ازعلف کش 2-4-D (٠/٢٥٪) برای مزرعه ذرت انجام گرفت، برای شرایط یکسان محصول ٧٥٪ صرفه جویی در میزان علف کش مصرفی مشاهده شد. همچنین در مقایسه میانگین درصد علف های هرز از بین رفته با استفاده از سیستم مذکور و کنترل علف های هرز به صورت معمول تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

لغات کلیدی: علف کش، ماشین بینایی، سم پاشی، کنترل علف هرز

مقدمه:

در کشاورزی رایج عملکرد بالا عمدتاً از راه افزایش نهاده های ورودی حاصل شده است این نهاده‌ها شامل مواردی مانند آب آبیاری، کود ، آفت کش ها ، انرژی مصرف شده و نیز فنآوری به شکل بذرهای هیبرید، ماشین آلات و مواد شیمیایی جدید است. در این میان مسأله کمبود آب و حساسیت های قابل درکی که در سالیان اخیر در قبال موضوع حفظ محیط زیست و حفظ منابع انرژی ایجاد شده است و نظر به اینکه سیستم های سنتی کشاورزی با مدیریت غلط آب و از طرفی مصرف بی رویه کودها، علف کش ها و آفت کش های شیمیایی از مهمترین منابع آلودگی محیط زیست بوده است، متخصصین علوم زراعی در سالیان اخیر به دنبال شیوه های نوینی در مدیریت مزرعه بوده اند که علاوه بر بهینه سازی مصرف نهاده ها، عملکرد را نیز افزایش داده و در نهایت بازده اقتصادی تولید را بالا برد. در جهت چنین هدفی از اوایل دهه اخیر موضوع کشاورزی دقیق مطرح شده است. کشاورزی دقیق که گاهی آن را کشاورزی خاص مکانی نیز می نامند، یک نوع نگرش جدید در مدیریت مزرعه است که تولیدکنندگان کشاورزی می توانند بوسیله آن تغییرات و غیریکنواختی های داخل مزرعه را شناسایی کرده و سپس با مدیریت این تغییرات در جهت افزایش محصولات زراعی و افزایش بهره وری گام بردارند. در این سیستم، اطلاعات ویژه خاک و کیفیت تولید هر قسمت کوچک از مزرعه جمع آوری شده و مقدار نهاده متناسب با آن قسمت بصورت بهینه بکار برده می شود. فلسفه ای که کشاورزی دقیق بر آن استوار است این است که برای افزایش بازده اقتصادی و کاهش آلودگی محیط زیست، نهاده های کشاورزی و مواد شیمیایی مصرفی همچون کودهای شیمیایی، آفت کش ها و علف کش ها دقیقاً به همان میزان مورد نیاز هر بخش کوچک از مزرعه بکار برده شود.

از آنجا که علف های هرز بطور یکنواخت در سراسر مزرعه پخش نشده اند وبه صورت تجمعی درقسمت هایی از مزرعه پراکنده می شوند تخصیص یا کاربرد علف کش ها نیز باید با توجه به مکان متغیر باشد . عدم استفاده از علف کش ها در مکان هایی از مزرعه که علف هرز قابل ملاحظه ندارند و استفاده از علف کش ها در مکان های مورد نیار به مقدار مناسب باعث کاهش استفاده از علف کش ها در مزرعه می شود. کیو و همکاران (١٩٩٤) راهبردهای

مدیریت خاص مکانی را برای اعمال علف کش بر مبنای خصوصیات خاک، تمرکز علف هرز و عملکرد محصول مزرعه توسعه دادند .هدف از این تحقیق استفاده از سیستم ماشین بینایی در تشخیص گیاه از خاک و پاشش سم بر روی گیاه متناسب با شدت پراکنش علف هرز در مزرعه می باشد.

مواد و روش ها

طرحواره سامانه طراحی و ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است. این سامانه از سیستم تصویر برداری، کد کننده دورانی، شیر سلونوئید، مدار کنترل الکتریکی، نازل های سم پاشی و سیستم پردازش تصویر تشکیل شده است.

شکل ۱- طرحواره دستگاه طراحی شده

در این دستگاه دو دوربین webcam همزمان با حرکت دستگاه در مزرعه، به صورت بلادرنگ از سطح زمین عکسبرداری کرده، عکسها به رایانه منتقل می شود. در این قسمت توسط الگوریتم طراحی شده و بر اساس خصوصیات استخراج شده از تصویر، با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر، تصویر برداشت شده بررسی می شود.پردازش تصویر شامل مراحل زیر می باشد (شکل ۲):

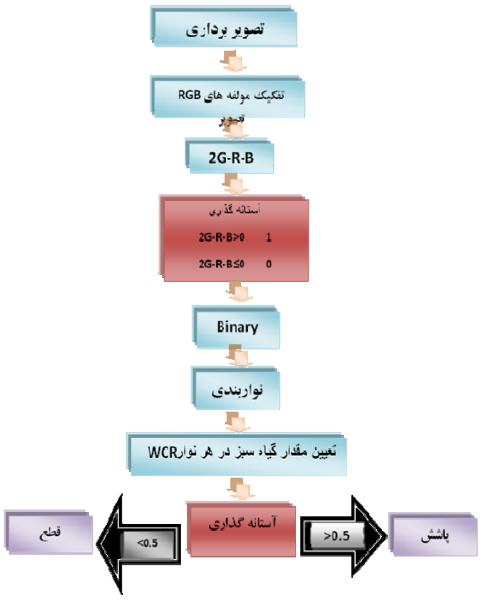
- تفکیک مولفه های رنگ تصویر به RGB.
- Gray scale کردن تصویر.
- جداسازی گیاه از خاک با استفاده از رابطه ۱:

2G-R-B (رابطه ۱)

- تعادل Contrast یک تصویر.

- تقسیم تصویر به نوار های متناسب با سطح پاشش نازلها.
- تعیین درصد سبزینگی تصویر.
- آستانه گذاری.
- پردازش نهایی.

نتایج حاصل از جداسازی و تفکیک سبزینگی تصویر به صورت عدد باینری (۰و۱) وارد این قسمت از الگوریتم می گردد. حال با استفاده از فرمانهای مربوط به ارسال داده به پورت سریال، مقدار نتیجه نهایی (۱ معادل روشن بودن سلنوئید و۰ معادل خاموش بودن آن) به پورت سریال تعریف شده ارسال می گردد که در مدار کنترل الکترونیکی استفاده شود. میکروکنترلر از یک سو دریافت کننده اطلاعات حاصل از پردازش تصاویر توسط Laptop بود و از سوی دیگر با توجه به فاصله دوربین از نازل ها دریافت کننده تعداد پالس های کد کننده نوری بود تا یک تاخیر زمانی متناسب با فاصله دوربین از نازل ها بین داده های۰ و۱ حاصل از پردازش تصاویر و مکان پاشش نازل ها ایجاد نماید.



شکل ۲- الگوریتم پردازش تصویر

بحث و نتایج

پس از طراحی و ساخت قسمت های متفاوت سامانه، جهت بررسی نحوه عملکرد سامانه، ارزیابی در چند مرحله انجام شد.

ارزیابی آزمایشگاهی

جهت انجام ارزیابی آزمایشگاهی دستگاه، تعداد ٤٠ بوته علف هرز از مزرعه انتخاب شد و بر روی دو ردیف به فاصله ۷۵ سانتی متر(فاصله بین دو نازل پاشش) قرار داده شد. بر روی هر ردیف تعداد ۲۰ بوته قرار گرفته بود. ارزیابی سامانه برای بررسی دقت شناسایی سبزینه، میزان تقدم و تأخر پاشش و تعیین درصد سطح پاشیده نشده توسط نازل ها در مقایسه با پاشش یکنواخت انجام شد.

داده‌های برداشت شده توسط نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

بررسی دقت کار سامانه در پاشش به هنگام علف کش و اندازه گیری زمان تقدم و تأخر سامانه صفت دیگری از کار دستگاه بود که در ارزیابی آزمایشگاهی انجام شده، مورد ارزیابی قرار گرفت.

ارزیابی مزرعه ای

ارزیابی مزرعه‌ای سامانه اعمال علف کش با نرخ متغیر با استفاده از فناوری ماشین بینایی در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا گردید. بعد از اعمال سم‌پاشی با استفاده از فرمول (۳-۱) که توسط پیرس (۲۰۰۱) ارائه شده است درصد کنترل علف هرز (Percent control) بدست می آید.

رابطه(۳-۱)
$$P.C. = \frac{A - B}{A} \times 100$$

B: میانگین تعداد علف هرز موجود در هر متر مربع بعداز اعمال علف کش

A: میانگین تعداد علف هرز موجود در هر متر مربع قبل از اعمال علف کش

به منظور اندازه‌گیری میزان مصرف علف کش در پوشش های متفاوت علف هرز، با استفاده از رابطه (۳) که توسط تیان و همکاران (۱۹۹۹) ارائه شده است، ابتدا نسبت پوشش علف هرز برای هر تیمار محاسبه شد و سپس میزان مصرف علف کش در شیوه اعمال خاص مکانی با شیوه اعمال یکنواخت (روش مرسوم) مقایسه گردید.

رابطه (۳-۳)
$$WCR = \frac{SUM_W}{Zone\ \ Area}$$

WCR: نسبت پوشش علف هرز

SUM_W: تعداد پیکسل های مربوط به گیاه

Zone Area: تعداد کل پیکسل های هر فریم

ارزیابی اقتصادی

با استفاده از نسبت سود به هزینه ارزیابی اقتصادی سامانه بر اساس پوشش های متفاوت علف هرز و مطابق روابط زیر محاسبه شد.

- میزان سم صرفه جویی شده در هکتار= میزان سم مصرفی در صورت اعمال یکنواخت –میزان سم مصرفی با دستگاه.
- ارزش سم صرفه جویی شده در هکتار = قیمت هر لیترسم × میزان سم صرفه جویی شده (لیتر در هکتار).
- ارزش سم صرفه جویی شده در یکسال= ارزش سم صرفه جویی شده (ریال در هکتار) × کار دستگاه(هکتار در سال).
- ارزش حال سم صرفه جویی شده= ارزش سم صرفه جویی شده در یکسال × فاکتور ارزش حال.

جدول۱– مقایسه میانگین درصد سبزینه های شناسایی شده.

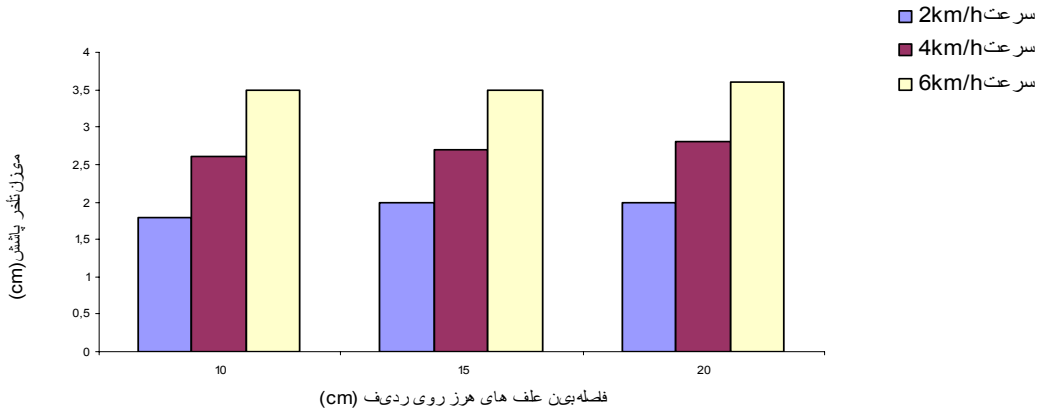
سرعت پیشروی تراکتور(km/h)	میانگین درصد سبزینه های شناسایی شده
۲	۹۷/۵۰۰^{a*}
٤	۸۸/ ۷۵۰۰^{b}
٦	۷۷/ ۵۵^{c}

*– میانگین‌ها در هر ستون با حروف لاتین غیر مشابه نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن هستند.

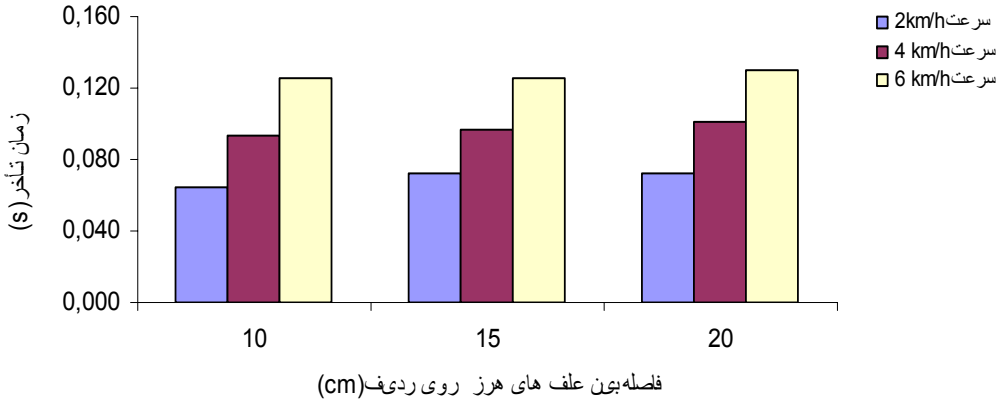
شکل های ۳ و ٤ مقدار تأخر مکانی و زمانی پاشش را درسرعت های پیشروی برای فواصل ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متری روی ردیف بین نمونه های علف هرز را نشان می دهد.

نمودارها بیان کننده دقت بالای پاشش سامانه در سرعت های پایین تر می باشند، بطوریکه تأخر مکانی ایجاد شده در پاشش علف کش درکمترین سرعت پیشروی تراکتور (۲km/h)، دارای کمترین مقدار و در بیشترین سرعت پیشروی

تراکتور (٦km/h)، بیشترین میزان را دارا می باشد.



شکل ۳- مقدار تأخر مکانی پاشش در سرعت های پیشروی برای فواصل مورد آزمایش.



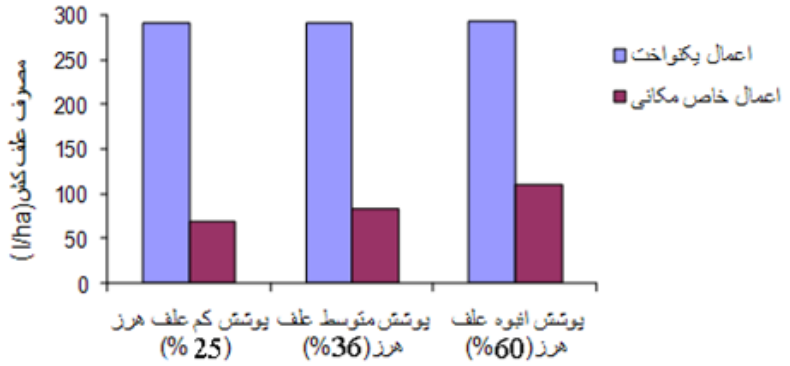
شکل ٤- مقدار تأخر زمانی پاشش در سرعت‌های پیشروی برای فواصل مورد آزمایش.

با میانگین گیری از شاخص کنترل علف هرز در کرت های اعمال یکنواخت و کرت های اعمال خاص مکانی می توان شاخص کنترل علف هرز را در هر دو تیمار مقایسه نمود.

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد کنترل علف هرز برای تیمارهای مختلف.

نحوه اعمال علف کش	درصد کنترل علف هرز
خاص مکانی	۸۱ [a]
یکنواخت	۹۱ [b]

شکل ۵ رابطه بین سم مصرفی با درصد پوشش علف هرز در کرت های اعمال خاص مکانی و اعمال یکنواخت را برای سامانه ساخته شده، نشان می دهد. هر نمودار بیانگر کاهش چشمگیر میزان مصرف علف کش در حالت اعمال خاص مکانی نسبت به اعمال یکنواخت علف کش متناسب با پوشش های کم، متوسط و انبوه علف هرز می باشد.



شکل ۵–رابطه بین سم مصرفی با درصد پوشش علف هرز در کرت های اعمال خاص مکانی و اعمال یکنواخت

جدول ۳ بیان کننده میزان نسبت سود به هزینه در تمام پوشش های علف هرز است. با توجه به اینکه این میزان در تمام پوشش های علف هرز بیشتر از یک می باشد سامانه از نظر اقتصادی با صرفه بوده، همچنین با افزایش پوشش علف هرز نسبت سود به هزینه کاهش می یابد.

جدول ۳– مقایسه میانگین نسبت سود به هزینه .

نحوه اعمال علف کش	پوشش	نسبت سود به هزینه
خاص مکانی	کم	۱٤/۲ *a
	متوسط	۱۳/۳a
	انبوه	۱۱/۵b

* میانگین‌ها در هر ستون با حروف لاتین غیر مشابه نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می باشد.

نتایج

در پی استفاده از سامانه مذکور نتایج زیر حاصل شد.

- کاهش چشمگیر مصرف علف کش به صورت اعمال خاص مکانی در مقایسه با اعمال یکنواخت در شرایط یکسان کنترل علف هرز.
- مصرف علف کش متناسب با پوشش علف هرز در مزرعه.
- کنترل موفقیت آمیز علف هرز متناسب با تراکم علف هرز در مزرعه.

منابع

۱- لغوی، م. ۱۳۸۲. راهنمای کشاورزی دقیق برای متخصصین کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. تهران. ۲۹۵ صفحه. (ترجمه).

2- Cardina. J., and J. Doohan. 2001. "Weed Biology and Precision Farming. Ohio State University". SSMG-25.

3- El-Faki, M. S., N. Zhang and D. E. Peterson. 2000. "Factors affecting color-based weed detection". *Transactions of the ASAE*.43(4):1001-1009.

4- Hiesel, T. and S. Christensen. 1998. "A digital camera system for weed detection". Proceedings of the 4th Iinternational Conference on Precision Agriculture, Minnesota, 1569-1577.

5- Pierce, R. A. 2001. "Evaluation of deposition and application accuracy of a pulse width modulation flow control field sprayer". Master thesis, Department of Chemical and Bioresearch Engineering. Colorado Staet University, Fort Collins, Co.

6- Tangwongkit, R., Salokhe, V.M., and H. P.W Jayasuriya. 2006. "Development of a real-time, variable rate herbicide applicator using machine vision for between-row weeding of sugarcanes Ejornal fields". PM 06009

7- Zhang, N., Wei, J., and Q, Stoll. 2002. "A real-time, embedded, weed-detection and spray control system". *Computers and Electronics in Agriculture* 36, 113-132.