

مقاله پژوهشی

شناسایی آفت سن مادر در مزارع غلات با استفاده از پردازش تصاویر دریافتی از پهپاد

سمیه شادمانفر^۱، امین لطفعلیان دهکردی^{۲*}، احمدرضا قاسمی دستگردی^۳ و علیرضا حق‌شناس نصرآبادی^۴

چکیده

نظر به اینکه گندم و جو از محصولات با اهمیت و راهبردی کشور ایران هستند و یکی از مهم‌ترین آفات این محصولات سن غلات است. هر ساله سازمان حفظ نباتات کشور این آفت خطرناک را پایش می‌کند تا در زمان مناسب دستور مبارزه با آن صادر شود. پایش مزارع کاری بسیار سخت، زمان‌بر و مخرب است و نیاز به تعداد زیادی نیروی انسانی متخصص دارد. یکی از اهداف این پژوهش ایجاد روشی غیرمخرب برای چنین عملیاتی در شناسایی آفت سن غلات است. در این تحقیق شمارش آفت سن مادر در مزارع غلات به دو روش استفاده از پردازش تصاویر هوایی با ثبت ۹۵۴ تصویر و روش کادراندازی و شمارش چشمی در مزرعه توسط کارشناس خبره، در دو مزرعه با تعداد متفاوت این آفت انجام گرفت. پس از پردازش تصاویر با استفاده از کتابخانه یادگیری Pycharm در زبان برنامه نویسی پایتون، تعداد سن در هر تصویر به دست آمد. نتایج بررسی آماری نشان داد که اختلاف معناداری در سطح احتمال ۱٪ بین میانگین داده‌های دو روش وجود ندارد و می‌توان با اطمینان از این روش برای پایش آفت سن مادر در مزارع غلات استفاده کرد. در این پژوهش با استفاده از پردازش تصاویر پهپادی، روشی سریع، دقیق و بدون خسارت به محصول، برای شمارش آفت سن و صدور دستور سم‌پاشی در مزارع غلات پیشنهاد و ارزیابی گردید.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، پهپاد، سن گندم، شمارش تعداد سن، یادگیری ماشین.

ارجاع: شادمانفر س. لطفعلیان دهکردی ا. قاسمی دستگردی ا. و حق‌شناس نصرآبادی ع. ۱۴۰۲. شناسایی آفت سن مادر در مزارع غلات با استفاده از پردازش تصاویر دریافتی از پهپاد. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۷: ۵۳-۶۲.
<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.13941.596>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۴- مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

* نویسنده مسئول: amin_lotfalian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۳

مقدمه

در بررسی سطح مکانیزاسیون کل ایران که نتیجه بررسی اطلاعات مکانیزاسیون و سطوح کشت کلیه استان‌ها بوده، این نتیجه حاصل شده است که در این کشور، مکانیزه کردن هر چه بیشتر، از عمده عوامل اصلی در ارتقای عملکرد کمی و کیفی محصولات زراعی محسوب می‌شود (Abasi et al., 2014).

فناوری‌هایی مانند پهپادها، بینایی ماشین، روش‌هایی مانند پردازش تصویر و در نهایت ربات‌های کشاورزی، جدیدترین فناوری‌های جهان هستند که برای تغییر در ساختار فناوری کشورمان به آن‌ها نیازمندیم.

همچنین استفاده از فناوری‌ها و یافته‌های جدید برای بهره‌برداران بخش کشاورزی می‌تواند به بهبود کیفیت و کمیت محصولات منجر شود و محصولات تولید شده را در بازارهای محلی، منطقه‌ای و جهانی قابل رقابت کند (Bagheri & Moazzen, 2009).

علاوه بر آن برخی فعالیت‌ها مانند مبارزه با آفات و سم-پاشی در کشاورزی در فضای باز دارای زمان محدودی هستند و لازم است برای افزایش سرعت و بهره‌وری، از فناوری‌های مکانیزه استفاده شود. ارزیابی محصولات کشاورزی، یک عملیات مهم برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها و یا طبقه‌بندی محصولات است. ارزیابی در مزرعه می‌تواند به تشخیص نوع بیماری، نحوه توزیع آلودگی‌ها، وجود حشرات و اثرات تنش آبی در مراحل اولیه رشد کمک کند. علاوه بر این، این نوع ارزیابی می‌تواند برای پیش‌بینی عملکرد محصولات و درجه-بندی میوه‌ها استفاده شود (Moonrinta et al., 2010).

گندم راهبردی‌ترین محصول تولیدی ایران است. در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷ بیش‌ترین میزان تولید از بین محصولات زراعی مربوط به گندم با ۱۳/۳ میلیون تن تولید و سطح زیر کشت ۵۴۰۰ هزار هکتار بوده است که با ۳/۱ میلیون تن تولید جو در سطح ۱۴۵۳ هزار هکتار، مجموع گندم و جو در این سال ۱۶/۴ میلیون تن در سطح ۶۸۵۳ هزار هکتار گزارش شده است (Ahmadi et al., 2019).

در ایران به دلیل وجود شرایط آب و هوایی کاملاً متنوع و کشت وسیع گندم، عوامل خسارت‌زا همه‌ساله این محصول را مورد هجوم قرار می‌دهند (Rajabi, 2003). خسارت ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز هر ساله حدود ۳۵-۳۰ درصد کل محصول برآورد شده که ۱۲-۱۰

درصد آن مربوط به حشرات مضر است (Rezabaygi, M., 2006 & Rajabi, 2006). در مناطقی که آلودگی شدید باشد، خسارت به محصول حتی به کل محصول هم می‌رسد (Allahyari, 2010).

آفت سن، آفت اصلی مزارع گندم در قسمت‌های وسیعی از آسیا و کشورهای اروپای شرقی است که بین ۲۰ تا ۷۰ درصد سالانه به تولید گندم خسارت می‌زند و در صورت مبارزه نکردن با آن میزان خسارت به ۱۰۰ درصد نیز می‌رسد. این آفت سالانه به حدود هشت میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان حمله می‌کند (FAO, 2009). در ایران هم سن گندم به عنوان آفتی بسیار مهم در زراعت محسوب می‌شود که تقریباً تمام مناطق زیر کشت گندم و جو (به‌جز کویرهای مرکزی، نوارهای ساحلی دریاهای خزر و عمان و خلیج فارس و قسمت‌هایی از جلگه خوزستان) مورد حمله این آفت قرار دارد (Khanjani, 2008). بر اساس آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی تنها در سال زراعی ۹۵-۹۶ مبارزه با آفت سن گندم در سطح ۲/۲ میلیون هکتار انجام شده است (Ebadzadeh et al., 2018).

آفت مزبور علاوه بر کاهش عملکرد محصول، باعث کاهش کیفیت غذایی گندم می‌شود، به طوری که تهیه نان از گندم‌هایی با بیش از دو تا سه درصد سن زدگی عملاً غیرممکن است (Duric et al., 2014). حرکت سن گندم از مکان‌های زمستان‌گذرانی به سوی دشت‌ها با رسیدن متوسط دمای روزانه به میزان مناسب صورت می‌گیرد (Rajabi, 2007).

طبق دستورالعمل سازمان حفظ نباتات کشور (Anonymous, 2020) در مزارع گندم آبی با پیش‌بینی عملکرد بیش از ۳ تن در هکتار تعداد مجاز آفت برای مبارزه با سن مادر ۴ عدد در مترمربع و در مزارع جو آبی با پیش‌بینی عملکرد بیش از ۳ تن در هکتار ۶ عدد در مترمربع است.

عملیات شمارش آفت سن مادر در روش معمول با عبور کارشناس از داخل مزرعه و شمارش آفت با چشم انجام می‌شود. یکی از معایب این روش این است که باعث لگدمال شدن گیاهان در مزرعه می‌شود که با توجه به اینکه در این موقع گندم یا جو به ساقه و گاهی خوشه رفته است، در صورت شکستن ساقه‌ها و خوشه‌ها عملکرد محصول کاهش می‌یابد.

همان چربی بدنشان رو به اتمام است و برای ادامه حیات و همچنین جفت‌گیری نیاز به تغذیه دارند، در نتیجه با اولین گرمای نسبتاً پایدار هوا در اسفند ماه، سن‌ها به صورت دسته‌ای پرواز کرده و خود را به نزدیک‌ترین و بهترین مزرعه‌ای که هنوز توسط هم نوعانشان اشغال نشده باشد می‌رسانند. سن‌های نر پس از جفت‌گیری و سن‌های ماده اندکی پس از تخم‌گذاری می‌میرند. تخم‌ها بر روی برگ‌ها قرار داده شده تا پوره‌ها پس از تفریح از تخم‌ها بتوانند به راحتی از گیاه تغذیه کنند. لذا در صورتی که مبارزه با سن مادر یا همان سن‌های بالغ به درستی و در زمان درست انجام شود، مبارزه با پوره سن هم راحت‌تر خواهد بود و نیز مزرعه کمتر دچار خسارت می‌شود. این حشرات شب‌ها برای دوری از سرمای شبانه و خطرات احتمالی به پایین‌ترین سطح خاک رفته و در شکاف‌های خاک پنهان می‌شوند و صبح‌ها، پس از بالا آمدن خورشید به قصد دریافت انرژی از نور خورشید به سمت قسمت‌های بالایی گیاه حرکت می‌کنند، و سپر خود را در معرض نور خورشید قرار می‌دهند، و نزدیک ظهر بر اثر افزایش دما، سن‌ها دوباره به سمت قسمت‌های پایین و شکاف‌های خاک که سایه و خنک‌تر است می‌روند.

در مورد روش پردازش تصویر، آنچه بیشتر در پژوهش‌های دیگر برای پایش آفات انجام گرفته در فضای بسته گلخانه و تحت شرایط کنترل شدت نور، وزش باد، عبور ابر، دما و غیره بوده و تصاویر ثبت شده در فاصله نزدیک از کارت‌ها یا تله‌های چسبان گرفته شده است، که مساحتی در حدود ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر مربع داشته‌اند و حشرات چسبیده به این کارت‌ها یا تله‌ها ثابت و بی‌تحرك بودند. پژوهش‌های مشابهی برای شمارش آفت سفید بالک یا همان مگس سفید در گلخانه انجام شده است. مگس سفید حشره‌ای شبیه به مگس معمولی اما کوچک‌تر و کاملاً سفید است که به همین علت نه تنها بر روی کارت‌ها بلکه در فضای گلخانه هم به راحتی قابل مشاهده و تمایز است. در نتیجه عملیات پردازش، تشخیص و شمارش حشره سفید در زمینه زرد رنگ آسان بوده که شمارش آن توسط محققین در داخل و خارج کشور انجام شده و دارای سابقه است. در پژوهش (Heydari & Amiri Pariyan, 2020) شناسایی و شمارش دو آفت مهم گلخانه‌ای شامل سفید بالک و

تعیین زمان مناسب سمپاشی اهمیتی خاص و حیاتی در رسیدن به نتیجه درست و دستیابی به کنترل اصولی دارد. لذا رعایت نکاتی توسط شبکه‌های مراقبت سن غلات الزامی است. از جمله این‌که بهترین زمان مبارزه با سن مادر وقتی است که بیش‌ترین جمعیت سن‌های موجود در اماکن زمستان‌گذران محل خود را ترک کرده و در مزارع غلات مستقر شده باشند.

برآورد جمعیت سن غلات در مزرعه به وسیله تور و کادر صورت می‌گیرد. برای مرحله سن مادر در تمامی ساعات روز می‌توان از کادر 1×1 متر یا 0.5×0.5 متر استفاده نمود، به طوری که در هر قطعه حداکثر ۵ هکتاری به صورت ضربدری (X) در هر قطر مزرعه ۱۰ کادر به صورت تصادفی به کار برده می‌شود. در صورت استفاده از کادر 0.5×0.5 متر، هر ۴ کادر معادل یک مترمربع می‌شود. استفاده از کادر برای نمونه‌برداری در مرحله سن مادر الزامی است. در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ براساس هماهنگی بین سازمان حفظ نباتات و مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی، هر ۵ بار تور زدن با تور استاندارد جدید (تور با قطر داخلی ۳۵ سانتی‌متر) معادل یک مترمربع کادر و به دلیل توزیع فضایی تجمعی سن غلات ۵۰ بار تور زدن (در ۲ قطر مزرعه) معادل ۱۰ مترمربع کادر می‌شود و این روش برای مرحله پورگی سن است. برای سن مادر هم جهت صرفه جویی در زمان و انرژی از روش تور زنی در مزارع استفاده می‌شود. در این روش کارشناس پشت به آفتاب و در زمان مناسب در قطر مزرعه حرکت کرد و یک تور با استاندارد تعریف شده را در مزرعه و از بین بوته‌ها عبور می‌دهد تا سن‌ها به طور تصادفی در تور قرار گیرند. این کار طبق تعاریف و استانداردهای دستورالعمل که ملاک شمارش و صدور دستور سمپاشی است انجام می‌شود. دقت این روش کمتر از کادر انداختن است زیرا به دلیل کوچک‌تر بودن مساحت تور نسبت به کادر و حرکت رفت و برگشتی دست کارشناس و تراکم بوته‌ها، با برخورد تور به بوته‌ها، تکان‌ها به طور مستقیم و با شدت بیشتری نسبت به کادر به حشره آفت منتقل شده و باعث واکنش تدافعی آن‌ها به صورت سقوط جهت حفظ بقا می‌گردد. اواخر اسفند تا اواخر فروردین بسته به شرایط دمایی، زمان ریزش سن مادر در اکثر مناطق کشور است. سن‌های بالغ که کل زمستان را در ارتفاعات و در زیر بوته‌ها به سر برده‌اند در پایان زمستان ذخیره غذایی یا

بوته‌های ذرت به دست آمد که نشان داد می‌توان با دقت مناسبی از تصویربرداری هوایی برای بررسی استقرار بذور و تخمین سرعت جوانه زنی استفاده کرد (Kavoosi & Raoufat, 2020).

چنان‌که یونگ و هیونگ در پژوهش خود یک سامانه چند پهپادی را برای کارهای کشاورزی پیشنهاد می‌کنند که با استفاده از پهپاد براساس الگوریتم کنترل توزیع شده ازدحام است. در این آزمایش، سنسجش از دور به عنوان آزمون معیار تعیین شده است. پس از آن، با استفاده از سامانه چند پهپاد کشاورزی، ارزیابی عملکرد از طریق چهار آزمایش انجام شد. موارد شامل Auto-Single-UAV، Auto-Multi-UAV، Tele-Single-UAV و Tele-Multi-UAV است. از معیارهایی مانند نیاز به مهارت اپراتور، کل زمان انجام عملیات، زمان راه اندازی، زمان پرواز، میزان باتری مصرفی و چند مورد دیگر برای ارزیابی عملکرد استفاده شده است و نتایج تجربی نشان می‌دهد که در سامانه چند پهپادی عملکرد به دست آمده نسبت به یک سامانه تک پهپاد نتایج بهتر است. در نتیجه، سامانه چند پهپادی کشاورزی پیشنهادی مشکلاتی مانند کمبود باتری و کاهش زمان کار را بهبود می‌بخشد (Chanyoung & Hyoung, 2018).

در تحقیقی از پردازش تصاویر هوایی گرفته‌شده توسط پهپاد جهت پایش وضعیت تغذیه‌ای مزرعه استفاده شده است. به این صورت که پهپاد را بر فراز مزرعه و در ارتفاع ۵ و ۱۰ متری پرواز داده و تصاویر دیجیتال رنگی تهیه و سپس تصاویر را پردازش کرده و از روی شاخص‌های رنگی استخراج شده از تصاویر هوایی برای برآورد نیتروژن و سبزینه برگ گیاه نیشکر استفاده کردند. در این پژوهش هم‌زمان با تصویربرداری، میزان سبزینه برگ گیاه نیشکر با سبزینه‌متر دستی تعیین گردید. نتایج آزمایشات پردازش تصویر و مدل‌سازی رگرسیونی نشان داد که معادلات رگرسیونی ارائه‌شده دارای عملکرد قابل قبولی در تخمین میزان نیتروژن و سبزینه برگ از تصاویر هوایی هستند. این مدل برای تخمین میزان نیتروژن گیاه از روی سبزینه برگ با ضریب تبیین ۰/۶۸ درصد معتبر و قابل قبول به دست آمد (Hosseini et al., 2019).

هدف پژوهش حاضر تصویربرداری هوایی از مزارع غلات دارای آفت سن با استفاده از پهپاد و پردازش تصاویر با به‌کارگیری محیط برنامه‌نویسی پایتون جهت امکان‌سنجی

تریپس بر روی کارت‌های زردرنگ چسبان انجام شده است. سادگی این دسته از پژوهش‌ها در مقایسه با پژوهش حاضر در این است که عواملی همچون فضای باز و عوامل غیرقابل کنترل مانند نور وجود نداشته و ابزار کار یک دوربین دستی ثابت بود. مساحت قاب تصویربرداری محدود به سطح کارت چسبان یا تله فرمونی بوده است و هیچ‌کدام از مشکلات واسنجی یا واکنش حشرات را ندارد. در این تحقیق برای آفت سفید بالک دقت شمارش بر روی کارت‌های چسبان ۹۴/۵ و برای آفت تریپس که کوچک‌تر و سیاه رنگ است برابر ۸۷/۴ درصد بوده است.

در پژوهشی مشابه، تصویربرداری فراطیفی در محدوده NiR (1000-1400 nm) و مرئی (400-1100 نانومتر) برای شناسایی و تشخیص آفات در سیلوه‌های غلات انجام شده که دقت شناسایی آن حدود ۹۹/۷ درصد بوده است (Johnson, 2020).

به منظور شناسایی و پایش مزارع از نظر جمعیت حشرات، روش تصویربرداری مرئی (RGB) پیشتر با موفقیت انجام شده است. در این پژوهش از روش‌های فیلترگذاری بر روی تصاویر و الگوریتم‌های SVM، ANN، KNN و NB برای طبقه‌بندی و شناسایی حشرات درون مزرعه‌های مختلف از پایگاه داده Wang استفاده شد که دقت این پژوهش ۹۱/۵ درصد بوده است. با این حال در این پژوهش تشخیص و شناسایی یک حشره خاص برای یک محصول مشخص مد نظر نبوده است (Kasinathan et al., 2021).

در مورد استفاده از پهپاد در کشاورزی در پژوهشی دیگر عملکرد یک کارنده کشت مستقیم ذرت در زمین با پوشش بقایای گیاهی به نسبت‌های ۳۰،۴۵ و ۶۰ درصد در دو طرح روی پشته و کف جوی و دو سرعت ۴ و ۸ کیلومتر بر ساعت از طریق مشاهدات زمینی و هوایی مقایسه شدند. هدف اصلی، بررسی امکان استفاده از تصاویر تهیه شده توسط پهپاد به جای نیروی کارشناس جهت تشخیص فاصله بین بوته‌های ذرت و در نتیجه ارزیابی کار کارنده بود. داده‌های جمع‌آوری شده از زمین توسط کارشناس و تصاویر هوایی برای محاسبه شاخص‌های چندتایی، نکاشت، کیفیت تغذیه، سرعت جوانه‌زنی و دقت در هر پلات بود. تصاویر گرفته شده از ارتفاع ۱۰ متری نتایج خوبی داشت. ضریب همبستگی قابل قبولی میان داده‌های زمینی و هوایی فاصله بین

برای پیاده‌سازی روش بعدی، مزرعه دست نخورده باقی بماند. در این روش پهپاد در زمان مناسب طبق دستورالعمل سازمان حفظ نباتات و همچنین تجارب میدانی از ساعت ۸ تا ۱۱ صبح، در ارتفاع ۵ متر، بر فراز مزرعه پرواز کرد و با زاویه مناسب؛ که طبق بررسی‌های میدانی بهترین زاویه ۴۵ درجه بود، از مزرعه تصویربرداری کرد و سپس به وسیله روش پردازش تصویر، تعداد سن در هر مترمربع به دست آمد. قابل ذکر است که ارتفاع ۵ متر نیز با روش آزمون و خطا به دست آمد؛ به طوری که اولین بار تعدادی عکس از هر دو مزرعه و در ارتفاع ۱۰ متری ثبت گردید، اما حشرات سن در آن به سختی دیده می‌شدند و این مسئله عملیات پردازش را در برخی موارد غیرممکن می‌کرد، در مرحله بعد کم‌ترین ارتفاعی که از نظر موانع و پرواز و همچنین وضوح تصویر مشکلی ایجاد نمی‌کرد، یعنی ۳ متر انتخاب شد و در این ارتفاع نیز تعدادی تصویر ثبت و بررسی شدند. تصاویر در این ارتفاع وضوح خوبی داشتند و به راحتی سن‌ها قابل مشاهده بودند، اما هر تصویر سطح کوچکی معادل همان کادر واسنجی و کم‌تر را پوشش می‌داد. این کار علاوه بر خطرات پرواز در ارتفاع پایین، تعداد مورد نیاز تصاویر را به شدت بالا می‌برد. به طور مثال برای پوشش دادن بیست مترمربع از سطح مزرعه با عکس‌هایی در ارتفاع پرواز ۵ متر به حدود ۲۰ عکس و برای پوشش دادن همین سطح در ارتفاع ۳ متر به بیش از ۸۰ عکس نیاز بود. در کل تعداد ۹۵۴ تصویر هوایی در حالات مختلف زاویه (شامل ۹۰، ۶۰، ۴۵ و ۳۰ درجه نسبت به افق) و ارتفاع (شامل ۳، ۵ و ۱۰ متر) برداشت و ثبت گردید. در نهایت تصاویر ثبت شده در ارتفاع ۵ متر با زاویه دوربین ۴۵ درجه نسبت به خط افق به علت وضوح بهتر حشرات آفت در آن انتخاب گردید و از هر مزرعه تصاویر غیر تکراری که هیچ همپوشانی نداشتند شامل ۱۰۳ تصویر از مزرعه اول و ۱۶۸ تصویر از مزرعه دوم مورد بررسی قرار گرفت.

روش دوم: روش دستی و معمول به صورت حضور کارشناس داخل مزرعه و شمارش به وسیله چشم است. در واقع این روش مرجع این پژوهش است، که سعی شد با حداکثر دقت انجام گیرد و هدف ارزیابی این روش نبوده چرا که ارزیابی این روش یا پیشنهاد روشی دقیق‌تر در حوزه گیاه‌پزشکی و سازمان حفظ نباتات است و در

تشخیص، محاسبه و به دست آوردن تعداد سن در تصاویر و بررسی میزان مطابقت نتایج در مقایسه با روش شمارش چشمی توسط کارشناس است. در صورت عملیاتی شدن طرح، صرفه‌جویی قابل توجه اقتصادی در مباحث حفظ نباتات شامل کاهش نیاز به نیروی انسانی، کاهش خسارت آفت، کاهش تکرار سمپاشی‌ها و مصرف سموم، همچنین کاهش لگدمال شدن و آسیب‌های فیزیکی به محصول و کاهش مصرف انرژی خواهد شد که تنها نیاز به یک سرمایه‌گذاری اولیه دارد. همچنین جایگزین کردن روش شمارش آفت سن با عبور پهپاد از بالای سر مزرعه به جای روش معمول عبور نیروی انسانی از داخل مزرعه، مشکل لگدمال شدن بوته‌ها توسط نیروی انسانی و آسیب به محصولات و کاهش عملکرد را برطرف خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دشت مهیار شهرستان شهرضا از توابع استان اصفهان انجام شد که در سال‌های خشک‌سالی دارای سطح زیر کشت ۱۵۰۰ هکتار گندم و ۳۵۰۰ هکتار جو است.

مطابق دستورالعمل سازمان حفظ نباتات کشور برای شمارش سن‌ها و تشخیص زمان مبارزه، بازه زمانی صبح تا ظهر مناسب‌ترین زمان است، یعنی در موقعی که آفات بر روی گیاهان بالا آمده و سپر خود را در معرض آفتاب قرار داده‌اند (Anonymous, 2020).

جهت عملیات اجرایی دو مزرعه با محصول یکسان جو پاییزه آبی تحت عنوان مزرعه اول و مزرعه دوم انتخاب گردید که پیش‌بینی می‌شد عملکردی بالاتر از ۳ تن در هکتار داشته باشند. تفاوت دو مزرعه از نظر تراکم سن بوده و سعی شد مزرعه اول با تراکم کمی از سن و مزرعه دوم با تراکم بیشتری از سن انتخاب شود تا پاسخگویی روش جدید در هر دو حالت بررسی گردد. زمان انجام عملیات در روزهای پایانی اسفندماه و اوایل فروردین از ساعت ۸ تا ۱۱ صبح بود. شمارش تعداد آفات در هر مزرعه با دو روش تصویربرداری با پهپاد و روش دستی کارشناس انجام شد. در نهایت اطلاعات به دست آمده روش جدید پیشنهادی با روش مرسوم و مرجع مقایسه گردید.

روش اول: در ابتدای کار، روش پرواز پهپاد بر فراز مزرعه و تصویربرداری از مزرعه دارای آفت سن انجام گردید تا

تصادفی انداخته شد و پس از شمارش دقیق تعداد سن موجود در هر کادر، اعداد یادداشت گردید. مزرعه به شکل مستطیلی و دارای دو قطر فرض می‌شود. پس از میانگین‌گیری، تعداد سن در هر مزرعه به طور جداگانه ثبت گردید. این روش، علاوه بر معایب اشاره شده، بسیار دشوار و زمان‌بر هم بود. وجود آفت سن در پشت برگ‌ها به صورتی که برای کارشناس قابل شمارش نباشد جز خطاهایی است که در روش تصویربرداری با پهپاد هم وجود دارد.

از مزرعه‌ای که جمعیت آفت در آن به تعداد کافی جهت مبارزه رسیده است و یک مزرعه که جمعیت آفت آن کمتر از این تعداد است نمونه‌ها تهیه شدند. یعنی در هر دو مزرعه توسط کارشناس کادر اندازی انجام و اطلاعات ثبت شد. در نهایت نتایج با جدول زیر مقایسه خواهند شد و در مورد انجام سمپاشی تصمیم‌گیری می‌شود.

جدول ۱- تعداد مجاز مبارزه با سن غلات در سال ۹۹-۹۸ (Anonymous, 2020)

مرحله رشدی آفت		مرحله سن مادر				مرحله پوره			
روش آبیاری محصول		غلات آبی		غلات دیم		غلات آبی		غلات دیم	
نوع محصول		گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو
عملکرد مزرعه در هکتار (تن)		+۳	-۳	+۳	-۳	+۳	-۳	+۲	-۲
تعداد سن		۴	۳	۵	۵	۱۲	۱۴	۳	۱۰

برای تصویربرداری، پهپاد بر فراز مزرعه در ارتفاع ۵ متری پرواز کرد و با زاویه دوربین ۴۵ درجه نسبت به افق تصویربرداری انجام شد. تعدادی تصویر به صورت تصادفی از محل‌های مختلف مزرعه در راستای دو قطر و پشت به نور آفتاب، مانند دستورالعمل سازمان حفظ نباتات و شبیه روش حرکت کارشناس در مزرعه گرفته و ثبت شد تا مورد بررسی قرار گیرند و تعداد آفت در هر کدام به وسیله پردازش تصویر شمارش گردد.

لازم است در هر عکس مساحت ثبت شده تعیین شود تا با شمارش سن‌ها در آن تصویر تعداد سن در واحد سطح به دست آید. در انتهای هر تصویربرداری کادری ۰/۵ متر در ۰/۵ متر (۰/۲۵ مترمربع) به رنگ قرمز روی سطح مزرعه و روی گیاهان قرار داده شد (شکل ۲) و از آن عکسبرداری گردید، تا به وسیله آن مساحت عکس‌ها کالیبره شود.

اینجا فقط به عنوان مرجع مقایسه از آن استفاده شده است.

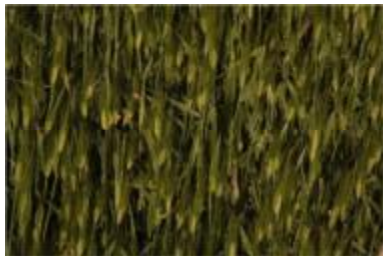
در روش کادر انداختن دو نکته وجود دارد که دقت این روش را در مقایسه با روش تصویربرداری به وسیله پهپاد پایین‌تر می‌آورد. یکی برخورد کادر با گیاهان در زمان انداختن آن است که باعث سقوط به پایین و مخفی شدن حشرات در شکاف‌های خاک می‌شود و دیگری این‌که طبق تجربیات کارشناسان خیره، کارشناس با دیدن سن در یک قسمت از مزرعه به این علت که هدف شمارش سن است، به طور ناخودآگاه، بیشتر کادر را در همان قسمت‌هایی قرار می‌دهد که سن‌های بیشتری وجود دارد. موارد فوق کاهش دقت به طور محسوس را به دنبال دارد. در روش دستی بر اساس دستورالعمل سازمان حفظ نباتات کشور، در هر قطر مزرعه ده کادر مربعی با طول اضلاع یک متر و مساحت یک مترمربع، به صورت کاملاً

پهپاد مورد استفاده، پرنده چهار پره Inspire Pro با دوربین Dji Zenmuse X5 ساخت کشور چین دارای وضوح ۱۶ مگاپیکسل و حسگر تصویر MFT (حسگر چهار سوم دوربین ۱/۳ اینچ) بود (شکل ۱). سرعت پرواز برای داشتن تصاویری با وضوح بالا ۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد که با توجه به انتخاب دوربین مناسب که به آن اشاره شد، مشکل اعوجاج در عکس‌ها بوجود نیامد.



شکل ۱- پهپاد مورد استفاده در پژوهش

شناسی حشره، اشیایی که دارای طول، عرض و نسبت عرض به طول در دامنه تعریف شده (بیشترین شباهت به آفت سن) بودند در فیلترها به‌عنوان حشره سن جدا شدند.



شکل ۳- تصویر خام ثبت شده در مزرعه به وسیله دوربین پهپاد

در مرحله بعد نتایج دو فیلتر بر هم منطبق شدند تا با توجه به نواحی مشترک، بالاترین دقت و هم پوشانی را داشته باشد. سپس با توجه به ابعاد طول، عرض، مساحت و نسبت طول به عرض لکه‌های سفید به دست آمده، اشیایی که بیشترین شباهت را به سن داشتند از سایر اشیا جدا شدند.



شکل ۴- تصویر فیلترگذاری شده که در آن بازه رنگی مورد نظر جداسازی شده است (شکل ۳ به‌صورت دودویی)

دور شکل‌های شناسایی شده حاصل انطباق دو فیلتر کادراهی قرمز رنگی قرار داده شد که در نهایت این کادرها شمارش شدند (شکل ۵) و نتایج در قالب جدول به دست آمد.



شکل ۵- حالتی که در آن سن‌ها شناسایی و شمارش شدند (نتیجه حاصل از شکل ۳)



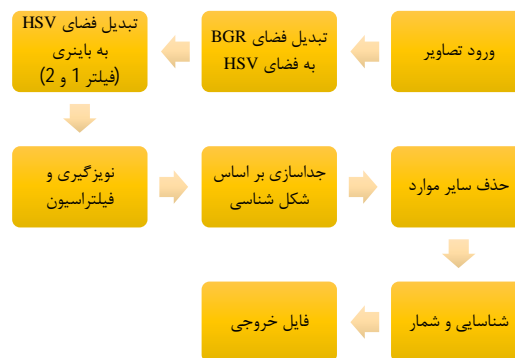
شکل ۲- تصویر کادر واسنجی

به دست آوردن مساحت کادر واسنجی هم مانند پردازش تصاویر مزارع دارای سن با استفاده از کتابخانه یادگیری pycharm و در محیط برنامه‌نویسی پایتون انجام شد. تصاویری که در آن کادر واسنجی قرار داشت به وسیله برنامه‌های جداگانه که به طور خاص برای پردازش این تصاویر نوشته شده بود، پردازش شد. برای خواندن تصاویر در محیط برنامه نویسی پایتون از کتابخانه opencv استفاده شد و در ادامه پیکسل‌هایی با شدت بالای رنگ قرمز شمرده شدند. خروجی این برنامه شامل تعداد پیکسل‌های قرمز، تعداد کل پیکسل‌های تصویر و نیز نسبت تعداد پیکسل‌های قرمز به کل بود. تصویر اولیه به صورت پیکسل‌بندی شده هم جز موارد خروجی بود. ابعاد تصاویر 4608×3456 و حاوی 15925248 پیکسل بودند. تعداد پیکسل‌های کادر قرمز برابر 4337554 و بنابراین نسبت کادر قرمز به کل تصویر 0.27 به دست آمد. سپس با داشتن مساحت کادر قرمز که برابر 0.25 مترمربع بود، مساحت هر تصویر از مزرعه برابر 0.93 مترمربع حاصل شد.

پس از آن‌که بررسی تصویر کادر واسنجی به پایان رسید، سایر تصاویر دریافت شده از پهپاد جهت شمارش تعداد حشرات سن، به برنامه نوشته شده در محیط برنامه‌نویسی پایتون منتقل شدند. با توجه به رنگ خاکی سن‌ها در زمینه سبز رنگ مزرعه، در مرحله اول اشیایی که در تصاویر در محدوده رنگی، رنگ سپر سن‌ها هستند در تصویر خام (شکل ۳) جدا شدند. برای این کار مطابق شکل ۶ فضای RGB تبدیل به فضای HSV شد و در این فضای رنگی، اشیایی که در این محدوده رنگی بود، تشخیص داده شدند.

در مرحله بعد تصاویر با دو خروجی تحت عنوان فیلتر ۱ و فیلتر ۲ که در هر کدام به شکلی متفاوت، اشیاء از زمینه جدا شده بود، تبدیل به تصاویر دودویی شدند (شکل ۴). در ادامه تصاویر نوفه‌گیری شدند و بر اساس شکل

میانگین روش مرجع از میانگین‌گیری اعداد حاصل از روش چشمی همان مزرعه (۰/۷۵) برای مزرعه اول و ۶/۵۵ برای مزرعه دوم که پس از کالیبره شدن، اعداد ۰/۶۹ و ۶/۰۹ حاصل شد، به دست آمد. در محاسبات نرم‌افزار، سطح احتمال، ۱ درصد لحاظ شد.



شکل ۶- نمودار مراحل پردازش تصویر

اعداد کالیبره شده وارد نرم افزار بررسی داده‌ها SAS نسخه ۹ شدند. آزمون t جهت مقایسه میانگین جامعه سن‌های شمارش شده، در ۰/۹۳ مترمربع مساحت حاصل در تصاویر، با تعداد سن به دست آمده توسط کارشناس در مزرعه، انجام شد. نتایج هر مزرعه به صورت جداگانه در نرم افزار بارگذاری و معنادار بودن اختلاف میانگین این اعداد با عدد میانگین روش مرجع به دست آمد. اعداد

نتایج و بحث

پرواز در ارتفاع ۵ متری که مساحتی نزدیک به کادر مرجع یا یک مترمربع را می‌دهد، بهترین حالت تصویربرداری از نظر وضوح بود. زیرا علاوه بر مزایای بیان شده، بهترین حالت شبیه سازی عملیات دستی و بسیار نزدیک به دستورالعمل مرجع است. اعداد ثبت شده در جدول ۲ و ۳ نتایج شناسایی و شمارش آفت سن مادر در دو مزرعه، توسط کارشناس خبره است.

جدول ۲- نتایج شمارش چشمی آفت سن در دو قطر مزرعه اول توسط کارشناس خبره

شماره کادر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
تعداد سن شمارش شده در هر کادر در قطر اول	۱	۲	۰	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۱
تعداد سن شمارش شده در هر کادر در قطر دوم	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱

جدول ۳- نتایج شمارش چشمی آفت سن در دو قطر مزرعه دوم توسط کارشناس خبره

شماره کادر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
تعداد سن شمارش شده در هر کادر در قطر اول	۵	۵	۱	۹	۱	۶	۱۰	۳	۹	۶
تعداد سن شمارش شده در هر کادر در قطر دوم	۸	۸	۵	۹	۴	۹	۸	۸	۹	۸

میانگین تعداد سن به دست آمده با اعداد جدول است تا در صورت نیاز درباره سم‌پاشی مزرعه تصمیم‌گیری شود. در حقیقت هنگامی که کمترین و بیشترین اعداد بازه تعداد مجاز سن در جدول ۱ پوشش داده شد، می‌توان نتیجه گرفت که نتایج نهایی، قابلیت تعمیم به هر مزرعه دیگری با هر تعدادی از سن را داشته و در واقع مطابق دستورالعمل سازمان حفظ نباتات قابلیت پوشش‌دهی کل مزارع را دارا هستند.

مطابق نتیجه کالیبراسیون با کادر قرمز رنگ، هر تصویر ۰/۹۳ مترمربع از سطح مزرعه را در بر گرفته است. تعداد سن بدست آمده از هر تصویر را با این عدد کالیبره کرده که عدد ۰/۷۵ سن در هر متر از مزرعه اول با آن کالیبره شده و عدد ۰/۶۹ سن به عنوان میانگین در تصاویر ۰/۹۳

نتایج نمونه‌برداری و شمارش آفت سن در دو مزرعه به‌صورت ده کادر یک مترمربعی در هر قطر یعنی مجموعاً ۲۰ مترمربع در هر مزرعه بود. در مزرعه اول مجموع آفات شمارش شده ۱۵ و در مزرعه دوم، برابر ۱۳۱ عدد بود که میانگین دو مزرعه به ترتیب برابر ۰/۷۵ و ۶/۵۵ سن در هر مترمربع به دست آمد. برای مزرعه دوم که تعدادی بالاتر از حد مجاز ۶ عدد را داشت دستور سم‌پاشی صادر شد.

جدول شماره ۱ تعداد مجاز سن مادر جهت مبارزه شیمیایی را بیان می‌کند، که در قسمت سن مادر کمترین مقدار عدد ۱ برای گندم دیم با عملکرد زیر دو تن در هکتار و بیشترین عدد ۶ برای محصول جو آبی با عملکرد بالای سه تن در هکتار است و آنچه اهمیت دارد مقایسه

تصویر است. آزمون t معناداری میانگین داده‌های حاصل از پردازش تصویر را با یک میانگین کالیبره شده روش مرجع که در مزرعه اول عدد $۰/۶۹$ است را بررسی می‌کند. فرضیات به این شکل است:

$$H_0: \mu = ۰/۶۹$$

$$H_1: \mu \neq ۰/۶۹$$

و از خروجی نرم افزار اطلاعات جدول ۴ به دست می‌آید:

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس t -test مقایسه میانگین عکس‌های هوایی با میانگین به دست آمده در مزرعه اول و دوم توسط کارشناس

نام مزرعه	متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین معیار	T	t < prob
مزرعه اول	تعداد سن	۰/۴۸	۱/۲۵	۰/۶۹	۱/۷۳۸	۰/۰۸۵۲
مزرعه دوم	تعداد سن	۶/۲۵	۴/۶۸	۶/۰۹	۰/۴۴۳	۰/۶۵۸۱

و از خروجی نرم‌افزار اطلاعات ردیف دوم جدول ۴ به دست می‌آید.

مطابق جدول ۴، میانگین تعداد سن در مزرعه دوم در تصاویر هوایی $۶/۲۵$ و با انحراف استاندارد $۴/۶۸$ به دست آمد که با میانگین مزرعه‌ای روش کارشناس خبره (مقدار $۰/۶۹$) تفاوت معناداری ندارد. ($p < ۰/۰۵$)

برای مزرعه دوم عدد احتمال t ($۰/۶۵۸۱$) بزرگ‌تر از $۰/۰۵$ است و نشان می‌دهد که اختلاف میانگین تعداد سن‌های شمارش شده در روش پردازش تصویر یعنی عدد $۶/۲۵$ با میانگین کالیبره شده کارشناس در مزرعه یعنی عدد $۰/۶۹$ معنادار نیست و می‌توان روش پردازش تصویر را جایگزین روش دستی کرد.

جدول ۵ اطلاعات تجزیه واریانس آزمون را نمایش می‌دهد.

متری را بدست می‌دهد. برای مزرعه دوم، میانگین کالیبره شده $۰/۶۹$ به دست آمد. در حقیقت و هنگام عملیات اعداد گرد می‌شود و تصمیم‌گیری در این مورد که آیا نیاز به سمپاشی هست یا خیر، انجام می‌گیرد اما در اینجا برای حفظ دقت کار تا آخرین مرحله اعداد با دو رقم اعشار استفاده شده‌اند.

جدول نتایج حاصل از پردازش تصاویر برای هر دو مزرعه به دست آمد که شامل تعداد سن‌های شمرده شده در هر

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود میانگین کالیبره شده تعداد سن در مزرعه اول در تصاویر هوایی، برای مزرعه اول $۰/۴۸$ سن با انحراف استاندارد $۱/۲۵$ در هر تصویر به دست آمد که با میانگین مزرعه‌ای کارشناس خبره (مقدار $۰/۶۹$) تفاوت معناداری نداشت ($p < ۰/۰۵$). بنابراین می‌توان از روش پردازش تصاویر پهنپایه، برای شمارش مزارع سن استفاده کرد و این روش را به خوبی می‌توان در مزارعی که تعداد سن در آن حتی در کمترین حد یعنی ۱ هست هم به کار برد.

در مزرعه دوم در صورتی که در هر مترمربع از مزرعه $۶/۵۵$ عدد سن وجود داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که در $۰/۹۳$ مترمربع $۶/۰۹$ عدد سن وجود دارد. پس فرضیات به این شکل است:

$$H_0: \mu = ۶/۰۹$$

$$H_1: \mu \neq ۶/۰۹$$

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس t -test هر دو مزرعه

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)
تعداد سن در مترمربع مزرعه اول	۱۰۲	۱۵۹/۶۹	۱/۵۶
تعداد سن در مترمربع مزرعه دوم	۱۶۷	۳۶۵۳/۵	۲۱/۸۷۷

نتیجه‌گیری

میانگین تعداد سن مادر در مزرعه غلات که توسط کارشناس خبره به روش چشمی سنجش شد در مقایسه با تعداد به دست آمده از پردازش تصاویر هوایی ثبت شده به وسیله پهنپایه، در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معناداری نشان

نداد. بر این اساس از پردازش تصویر می‌توان با دقت مناسبی در انجام عملیات پایش آفات در فضای باز بهره گرفت. در نتیجه نیاز به توسعه فناوری تصویربرداری با کیفیت بالا در شرایط دوربین ثابت و یا متحرک (پهنپایه) امر ضروری برای مدیریت دقیق مزارع محسوب می‌شود.

- thrips. *Journal of Agricultural Machinery*, 9: 320-309. (In Persian)
- Hosseini, S. A., Masoudi, H., Sajjadih, S. M., & Abdanan-Mehdizadeh, S. (2019). Determining the amount of nitrogen and chlorophyll of sugarcane plant from the color indices of digital aerial images with regression modeling. *Agricultural Engineering Scientific Journal of Agriculture*. Volume 42: 98-83. (In Persian)
- Johnson, J. B. (2020). An overview of near-infrared spectroscopy (NIRS) for the detection of insect pests in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 86: 101558. <https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2019.101558>
- Kasinathan, T., Singaraju, D., & Uyyala, S. R. (2021). Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques. *Information Processing in Agriculture*, 8(3): 446-457.
- Kavoosi, Z. & Raoufat, M. H. 2020. Feasibility of Drone Imagery for Monitoring Performance of a Modified Drill in a Conservation Farming System. *Journal of Agricultural Machinery*, 10: 23-35.
- Khanjani, M. (2008). Field Crop Pest in Iran, Bu-Ali Sina University Pub, 195: 108.
- Moonrinta, J., Chaivivatrakul, S., Dailey, MN. & Ekpanyapong, M. (2010). Fruit detection, tracking, and 3D reconstruction for crop mapping and yield estimation. Control Automation Robotics & Vision (ICARCV), 2010 11th International Conference on: 1181-1186.
- Rajabi, Gh. (2007). Sunn Pest Management Based on its Outbreaks' Key Factor Analysis in Iran. *Agricultural Education Publications, Tehran, Iran*. 163p.
- Rajabi, GH.R. & Behvarzin, M. (2003). The Sunn Pests and Farm Land Diseases in Iran, *the Institute of Researches and Education, the Agricultural Education Issue*, 4-6.
- Rezabaygi, M. & Rajabi, GH.R. (2006). The Important Sunn Pests of Wheat and it's Control Management in Iran.
- انجام این تحقیق در راستای تشخیص دقیق شیوع بیماری‌های گیاهی یا سایر آفات در شرایط مزرعه باعث تسهیل و تسریع در عملیات پایش محصولات کشاورزی شده و در آینده زمینه‌ساز توسعه کشاورزی دقیق خواهد بود.
- ### منابع
- Abasi. K., Almasi. M., Barghae. A. M., & Minae. S. (2014). Performance model of basic products based on the level of agricultural mechanization in Iran. *Journal of Agricultural Machinery*, 4: 351-344. (In Persian)
- Ahmadi. K., Ebadzade. H., Hatami. F., Adbshah. H., & Kazemiyan. A., (2019). *Agricultural statistics of the crop year 1396-97*. Volume One: 18. (In Persian)
- Allahyari, M. Bandani, A. R. & Habibi-Rezaei, M. (2010). Subcellular fractionation of midgut cells of the sunn pest *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae): Enzyme markers of microvillar and perimicrovillar membranes. *Journal of Insect Physiology*, 56: 710-717.
- Anonymous (2020) *Instructions of the National Plant Protection Organization of Iran, Technical and executive instructions to combat grain age in the 99-98 crop year*. (In Persian)
- Bagheri, N. & Moazzen, S. A. (2009). Optimum Strategy for Agricultural Mechanization Development in Iran, *Journal Agricultural of Technology*, 6(1): 225-237.
- Chanyoung, Ju. & Hyoung, Son. (2018). Multiple UAV Systems for Agricultural Applications: *Control, Implementation, and Evaluation*. *Electronics*, 162 :1-19.
- Duric, V., Mladenov, N., Hristov, N., Kondic-Spika, A., Acin, V. & Racic, M. (2014). The Effect of Sunn Pest Infested Grains on Wheat Quality in Different Field Conditions. *Romanian Agricultural Research*, 31: 323-330.
- Ebadzadeh. H., Ahmadi. K., Mohamadinia Afrozi. Sh., Abastaghani. R, Abasi. M., & Yari. Sh., (2018). *Agricultural Statistics of 1396*. Volume II: 68. (In Persian)
- F.A.O. (2009). Sunn Pests and their Control in the Near East, *F.A.O Corporate Document Respository*, pp. 1-17.
- Heydari. A., & Amiri Pariyan. J., (2020) Identification and enumeration of two important greenhouse pests with the help of image processing: case study of whitefly and