

مقاله پژوهشی

تشخیص موقعیت سوراخ لانه جوندگان با استفاده از روش بینایی ماشین

مجید حیدری^۱، داود محمدزمانی^{۲*}، محمد غلامی پرشکوهی^۳، ابراهیم ابراهیمی^۴ و احمد سهیلی^۵

چکیده

جوندگان گروه بزرگی از جانوران هستند که در صورت عدم کنترل جمعیت، رشد بی‌رویه و تکثیر آن‌ها مشکلات جدی برای بشر به وجود خواهند آورد. یکی از راه‌های کنترل و مبارزه با رشد جمعیت آن‌ها، سم‌گذاری در لانه، با یافتن موقعیت دقیق سوراخ لانه آن‌ها است. در این تحقیق یک الگوریتم هوشمند برای تعیین موقعیت سوراخ لانه جوندگان با استفاده از تحلیل تصاویر هوایی ارائه شد. برای تصویربرداری هوایی پهپاد در ارتفاع ثابت ۱ متری از سطح زمین و سرعت پیشروی ۱ متر بر ثانیه، با نرخ تصویربرداری ۲۵ فریم در ثانیه پرواز کرد. فیلم تهیه شده توسط دوربین از طریق ارتباط بی‌سیم به رایانه منتقل و فریم‌های آن خوانده شد. از تصاویر فریم‌ها، مؤلفه‌های قرمز، سبز و آبی استخراج و تبدیل‌های خاکستری و ماتریس هم‌رویدادی نیز تهیه شد. سپس از آن‌ها ۸۸ ویژگی رنگی و ۴۴ ویژگی بافتی استخراج گردید. بعد از انتخاب ویژگی‌های برتر که بیشتر آن‌ها ویژگی‌های بافتی تصویر بودند، از آن‌ها برای آموزش و پیاده‌سازی طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با هسته پایه شعاعی استفاده شد. بیشترین دقت طبقه‌بندی برای پهنای هسته ۰/۱ به دست آمد. این روش با دقت تمام (۱۰۰ درصد) توانست سوراخ لانه جونده را تشخیص دهد. کمترین و بیشترین اختلاف بین موقعیت دقیق و موقعیت پیش‌بینی شده ۱ و ۲۴ سانتی‌متر بود.

واژه‌های کلیدی: بینایی ماشین، جوندگان، طبقه‌بندی، کواد کوپتر، ماشین بردار پشتیبان.

ارجاع: حیدری م، محمدزمانی د، غلامی پرشکوهی م، ابراهیمی ا، و سهیلی ا. ۱۴۰۱. تشخیص موقعیت سوراخ لانه جوندگان با استفاده از روش بینایی ماشین. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۲: ۱-۹. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/jrmam.2022.10081.538>

۱- دانشجوی دکتری گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران.
۲- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران.
۳- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران.
۴- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
۵- گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

* نویسنده مسئول: dr.dnzamani@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۹

مقدمه

جوندگان گروه بزرگی از جانوران هستند، به طوری که در میان پستانداران بزرگترین راسته را تشکیل می‌دهند (Banazadeh & Moravvej, 2012). جوندگان حیوانات بی‌دفاعی هستند که در طبیعت دشمنان فراوان دارند، بنابراین داشتن لانه‌ها و سوراخ‌های متعدد نقش عمده در حفاظت آن‌ها دارد. از طرفی دارای قدرت تولیدمثل بالایی نیز هستند و به همین دلیل علی‌رغم دشمنان فراوان تعداد آن‌ها کاهش نمی‌یابد. برخی از جوندگان از نظر کشاورزی، جانوران مضر هستند (Jalalian et al., 2010). این جانوران با فعالیت در باغ‌ها و مزارع و انبارها، انواع محصولات و فرآورده‌های کشاورزی را در شرایط مختلف مورد حمله قرار داده و خسارات زیادی وارد می‌کنند. در بعضی مناطق طغیان‌های موقتی جوندگان سبب ایجاد خسارت‌های سنگین و یا حتی آسیب کامل به محصولات می‌گردد. خسارت‌های پس از برداشت گاهی اوقات در برخی مناطق از خسارت‌های قبل از آن فراتر می‌رود (Askarianzadeh, 2008). از این‌رو کنترل جوندگان از نظر اقتصادی بسیار مهم بوده و ضمن جلوگیری از خسارات، باعث افزایش سود و بازده تولید محصولات کشاورزی نیز می‌گردد. برای پیشگیری از ازدیاد جوندگان و کاهش خسارت ناشی از آن‌ها در مزارع باید سوراخ‌های محل سکونت آن‌ها را شناسایی و با عملیات سم‌گذاری، آن‌ها را از بین برد. معمولاً این روش به صورت کاملاً سنتی و دستی انجام می‌شود و همین موضوع باعث شده که در بحث کنترل شیمیایی این جوندگان مشکل ایجاد گردد، چون یافتن موقعیت سوراخ لانه بسیار مهم است و اگر تعدادی از سوراخ‌ها سم‌گذاری نشوند، عملاً نتیجه سم‌گذاری بی‌اثر خواهد شد (Motevali Haghi, 2016).

استفاده از روش بینایی ماشین برای تشخیص بر اساس ویژگی‌های تصویر، ایده بسیار مناسبی برای اینکار خواهد بود. از این‌رو امروزه استفاده از بینایی ماشین در کشاورزی و به ویژه در صنایع غذایی گسترش یافته است (Bauer et al., 2019). دلیل این امر، سرعت بالا، اقتصادی بودن و ارزشیابی قابل قبول آن برای نظارت و ارزیابی مواد غذایی و کشاورزی است (Sun, 2000). تحقیقات زیادی در خصوص کاربرد بینایی ماشین و پردازش تصویر در حوزه‌های کشاورزی انجام شده است. نمونه‌هایی از پژوهش‌های انجام شده برای تشخیص بر اساس کیفیت

ظاهری در میوه‌هایی مثل پرتقال، هلو و سیب (Ahmadi & Amiri-Parian, 2015; Janati & Orak, 2018; Blasco Mohamadi Monavar et al., 2003)، گوجه فرنگی (Rasooli et al., 2013) و گردو (Afkari-; Rasooli et al., 2021) می‌توان اشاره کرد. (Sayyah et al., 2016)

در پژوهشی، محققین با استفاده از بینایی ماشین و ماشین بردار پشتیبان به بررسی کیفیت سیب پرداختند. آن‌ها در این تحقیق هرگونه خرابی و نقصی در سیب را با استفاده از طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان تشخیص دادند به طوری که بیشترین دقت در تشخیص ۱۶۰ نمونه سیب خراب ۹۵/۶۳٪ به دست آمد (Zhang et al., 2015).

در تحقیقی از روش پردازش تصویر و ماشین بردار پشتیبان برای جداسازی سیب‌زمینی از کلوخ و سنگ استفاده شد. یک الگوریتم پردازش تصویر در نرم‌افزار Matlab برای پیش پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌های مختلف رنگی و بافت طراحی گردید. از ویژگی‌های به دست آمده، تعداد ۹ ویژگی به عنوان ویژگی‌های مناسب برای طبقه‌بندی انتخاب شد. برای طبقه‌بندی نمونه‌ها از روش ماشین بردار پشتیبان و با در نظر گرفتن دو استراتژی یعنی ۳-راهه (سیب زمینی، کلوخ و سنگ) و ۲-راهه (سیب زمینی و غیر سیب زمینی) استفاده شد. نرخ طبقه‌بندی ۳-راهه و ۲-راهه به ترتیب ۹۸/۶۷ و ۹۹ درصد بود (Khazaee et al., 2019).

در بینایی ماشین عموماً از ویژگی‌های اندازه، شکل، رنگ و بافت برای تشخیص یک موضوع در تصویر می‌توان استفاده نمود. در این بین استفاده از شاخص رنگ متداول‌تر از مؤلفه‌های دیگر بوده به طوری که امروزه در اغلب دستگاه‌های تجاری جداساز و درجه بند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tavakoli & Najafzadeh., 2015).

در سال‌های اولیه استفاده از بینایی ماشین، ارزیابی رنگ محصول بر اساس تصاویر خاکستری که توسط دوربین‌های تک رنگ گرفته (gray-scale) شده بود انجام می‌پذیرفت، اما امروزه از دوربین‌های ویدیویی با فضای رنگی RGB استفاده می‌شود. هر پیکسل در تصویر رنگی شامل سه مقدار شدت رنگ است که هر رنگ را از سه مؤلفه رنگی آبی، سبز و قرمز می‌توان به دست آورد. برای این منظور نیز در اغلب موارد از دوربین‌های three-chip که دقت بالایی دارند، در تعیین رنگ و دقت تصویر استفاده می‌شود (Rasooli et al., 2021).

متری از سطح زمین و سرعت پیشروی ۱ متر بر ثانیه برای تصویربرداری توسط پهپاد انتخاب شد. دلیل انتخاب ارتفاع کم پرواز پهپاد تسلط بیشتر بر کنترل آن و ضبط تصاویر با کیفیت بالا بود (Sugumar & Sai Babu, 2017). همچنین هر چه سرعت حرکت پهپاد کمتر باشد با توجه به نرخ تصویربرداری، از مساحت معینی، تعداد تصاویر بیشتری را می‌گیرد و براین اساس این سرعت حرکت برای پهپاد در نظر گرفته شد.

از هر کورت به طور مجزا فیلم‌برداری و فایل ضبط‌شده به طور جداگانه ذخیره شد. فیلم تهیه شده توسط دوربین از طریق ارتباط بی‌سیم به رایانه منتقل گردید. هر فیلم ۱۰۰ ثانیه ای گرفته شده به مجموعه ای از تصاویر ثابت تبدیل و تصاویر هر خط تصویربرداری از ۱ تا ۲۵۰۰ شماره‌گذاری شدند که در مجموع ۲۵۰۰۰ تصویر استخراج شد. در این تحقیق از اطلاعات و تصاویر به دست آمده از کورت‌های اول تا هفتم برای آموزش و پیاده‌سازی الگوریتم تشخیص موقعیت و از تصاویر کورت‌های هشتم تا دهم برای صحت سنجی و اعتبار سنجی روش پیشنهادی پیاده شده استفاده شد.

پردازش تصویر و استخراج ویژگی

تصاویر به دست آمده در این بخش در نرم‌افزار Matlab R2017a پردازش شدند. در این بخش، داده‌ها به دو دسته کلی موقعیت سوراخ لانه جونده (T) و سطح زمین بدون سوراخ (F) تقسیم‌بندی شدند. اگر در تصاویر مورد بررسی بیش از نصف سوراخ لانه در عکس موجود باشد، تصویر در دسته T و اگر در تصویر مورد بررسی کمتر از نصف سوراخ لانه دیده شود، تصویر در دسته F قرار داده شد. پس از تقسیم‌بندی تصاویر، تعداد تصاویر برای آموزش و پیاده‌سازی الگوریتم ۱۷۵۰۰ تصویر (۳۶۲ تصویر در دسته T و ۱۷۱۳۸ تصویر در دسته F) و تعداد تصاویر برای صحت سنجی ۷۵۰۰ تصویر (۱۱۸ تصویر در دسته T و ۷۳۸۲ تصویر در دسته F) تقسیم‌بندی شدند.

ویژگی‌های رنگ

از همه تصاویر، مؤلفه‌های قرمز، سبز، آبی و سطح خاکستری استخراج شد (شکل ۱) و از شدت پیکسل‌های سطوح مختلف تصاویر RGB ۱۰ ویژگی استخراج شد. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از میانگین، انحراف معیار، جذر

یکی از جدیدترین روش‌هایی که اخیراً پژوهشگران در حوزه‌های مختلف علمی از جمله، تشخیص الگو و بافت، زمان برداشت محصول و تعیین کیفیت به کار برده‌اند، روش ماشین بردار پشتیبان است. این روش که از جمله روش‌های نسبتاً جدیدی است در سال‌های اخیر کارایی خوبی نسبت به روش‌های قدیمی‌تر برای طبقه‌بندی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی نشان داده است (Khazaee et al., 2019). لذا در تحقیق حاضر برای طبقه‌بندی داده‌ها از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. مبنای کاری طبقه‌بندی در این روش، دسته بندی خطی داده‌ها است. آموزش این روش نسبتاً ساده است و برخلاف شبکه‌های عصبی در پیشینه‌های محلی گیر نمی‌افتد.

مروری بر پیشینه تحقیق نشان داد که هیچ تحقیقی برای یافتن سریع و دقیق موقعیت سوراخ جوندگان در سطح مزرعه انجام نشده است اما می‌توان از طریق بینایی ماشین و پردازش تصویر این امر را محقق کرد. لذا با توجه به مطالب فوق هدف از این پژوهش پیاده سازی یک سامانه برای تشخیص موقعیت سوراخ لانه جوندگان در مزارع با استفاده از بینایی ماشین و پردازش تصویر است.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

برای انجام آزمایش‌ها و تصویربرداری، زمینی به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع واقع در شهرستان کرمانشاه، منطقه ماهی دشت در طول و عرض جغرافیایی ۴۶/۴۷ و ۳۴/۱۶ و در ارتفاع ۱۳۵۷ متری از سطح دریا در نظر گرفته شد. عرض زمین ۱۵ متر و طول آن ۱۰۰ متر بود. هر ۱/۵ متر از عرض زمین همانند یک کورت آزمایشی در نظر گرفته شد. لذا در این تحقیق ۱۰ کورت آزمایشی یا خط تصویربرداری با مساحت ۱۵۰ مترمربع مورد بررسی قرار گرفت. در زمین ۱۴۶ سوراخ لانه جونده موجود بود که قبل از تصویربرداری موقعیت دقیق آن‌ها شناسایی شد.

تصویربرداری

برای تصویربرداری از دوربین Andoer Sport ساخت شرکت Xiaomi چین با نرخ تصویربرداری ۲۵ فریم در ثانیه و کیفیت تصویر ۱۲ مگا پیکسل استفاده شد. برای ثبت تصویربرداری هوایی، دوربین مذکور بر روی یک پهپاد از نوع Cheerson CX-22 نصب گردید. ارتفاع ثابت ۱

قرار می‌گیرد. ماشین بردار پشتیبان برای تفکیک دو دسته از هم به طور مستقیم از طریق یک فرآیند بهینه سازی و با استفاده از تمامی باندها به دنبال داده‌های آموزشی که بین دسته‌ها را تشکیل می‌دهند، می‌پردازد و با استفاده از آن‌ها سطح جداکننده و مرز تصمیم‌گیری (ابرفصحه) بهینه را تعیین می‌کند، به طوری که این ابرفصحه از هر طرف بیشترین فاصله را تا هر دو دسته داشته باشد. نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی به این سطح، بردارهای پشتیبان نام دارد (Ghafari et al, 2017).

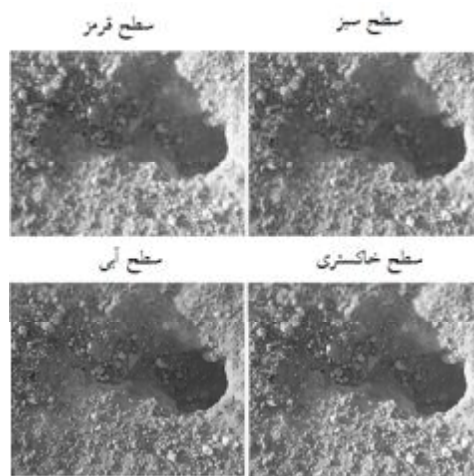
از روش CFS^۲ برای انتخاب بهترین ویژگی‌ها استفاده شد. پس از انتخاب ویژگی‌های برتر از این ویژگی‌ها برای آموزش ماشین بردار پشتیبان برای تشخیص سوراخ لانه جونده بهره گرفته شد. عملکرد ماشین بردار پشتیبان به عوامل زیادی از جمله روش چند دسته‌ای، نوع هسته، پارامتر جریمه و پارامتر هسته انتخابی بستگی دارد (Mossavian, 2012). در این تحقیق اثر پارامتر پهنای هسته (σ) بر دقت طبقه‌بندی بررسی شد. از نرم‌افزار Weka نسخه 3.9.2 برای انتخاب ویژگی‌های بهینه استفاده شد.

روش کلی اجرای تحقیق

بعد از اینکه تصاویر به دو دسته T و F تقسیم شدند از آن‌ها در مجموع ۱۳۲ ویژگی رنگی و بافتی استخراج شد. از ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و از ۳۰ درصد مابقی برای آزمون ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. بعد از اینکه ماشین بردار پشتیبان با دقت کافی توانست تصاویر دو دسته T و F را از هم تفکیک کند یک برنامه برای تفکیک تصاویر دو دسته F و T در نرم‌افزار Matlab نوشته شد. در شکل ۲ نمودار کلی این برنامه نشان داده شده است.

بعد از اینکه طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان آموزش داده شد برنامه با برنامه تکمیلی تعیین موقعیت سوراخ متصل شد. هر تصویری که توسط طبقه‌بند در دسته T قرار بگیرد دارای شماره‌ای است که این شماره (i) براساس معادله (۱) مشخص می‌کند که این تصویر در فاصله چند متری از مرز محیطی زمین (نقطه شروع حرکت پهباد) قرار دارد (چون در طول ۱۰۰ متر از زمین مورد بررسی

میانگین مربعات، ضریب تیزی، واریانس، میانگین هارمونیک، ضریب پراکندگی، چولگی، لغزش و کشیدگی^۱. در مجموع ۲۲ ویژگی آماری از هر تصویر استخراج گردید.



شکل ۲- سطوح قرمز، سبز، آبی و خاکستری تصاویر

ویژگی‌های بافتی

اگر Q موقعیت مکانی دو پیکسل، نسبت به یکدیگر را مشخص نماید و f تصویری با L سطح شدت باشد؛ آنگاه ماتریس هم رویدادی ماتریسی است که عنصر G_{ij} آن تعداد دفعاتی است که جفت‌های پیکسل با شدت‌های Z_i و Z_j در موقعیتی از تصویر f قرار دارند که Q مشخص می‌کند. تعداد سطوح شدت ممکن در تصویر، اندازه ماتریس G را تعیین می‌کند. برای تصویر ۸ بیتی، اندازه G برابر با 256×256 خواهد بود. با استفاده از این ماتریس و انتخاب عملگرهای موقعیتی مناسب، می‌توان الگوهای بافت شدت را تشخیص داد. به این منظور ۱۱ ویژگی از ماتریس هم رویدادی در چهار زاویه صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه با فاصله یک از تصاویر استخراج شدند. این ویژگی‌ها عبارتند از بیشینه احتمال، همبستگی، وضوح، یکنواختی، آنتروپی، همگنی، عدم شباهت، میانگین در جهت X و Y، سایه خوشه و برجستگی خوشه (Mousavirad & Akhlaghian, 2014). در مجموع ۴۴ ویژگی بافت از هر تصویر استخراج شد.

ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان از جمله روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده است که پیش‌بینی می‌کند یک نمونه در کدام دسته

T است. برای صحت سنجی و بررسی دقت روش ارائه شده در سه کرت، فاصله هر سوراخ لانه جونده از مرز محیطی زمین توسط متر لیزری اندازه‌گیری شد. از این اطلاعات برای ارزیابی روش ارائه شده استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی تصاویر و ماتریس هم‌رویدادی

در بررسی تصاویر گرفته شده در سطوح مختلف قرمز، سبز، آبی و خاکستری مشخص شد که اثر اعمال فیلتر رنگ برای هر چهار سطح استخراجی تقریباً در یک حد بود. در نتیجه هر چهار سطح قرمز، سبز، آبی و خاکستری دارای عملکردی یکسان بودند و با این کار فقط حجم محاسبات افزایش یافت. در حالت وجود سوراخ هم در تصاویر، استخراج سطوح قرمز، سبز، آبی و خاکستری نقش چشمگیر زیادی در پردازش تصاویر نداشت. در شکل ۳ دو نمونه ماتریس هم‌رویدادی استخراج شده از تصاویر دو دسته T و F نشان داده شده است. مقایسه دو ماتریس به دست آمده از دو تصویر دسته T نشان می‌دهد که بافت تصویر حاوی سوراخ لانه جونده خود را در ماتریس هم‌رویدادی به خوبی نشان داده است. از طرفی در همین شکل ماتریس هم‌رویدادی دسته F نیز نشان داده شده است که با مقایسه ماتریس‌های هم‌رویدادی دو دسته F و T نمایان است که بین ماتریس‌های هم‌رویدادی آن‌ها اختلاف واضح است.

استخراج و انتخاب ویژگی

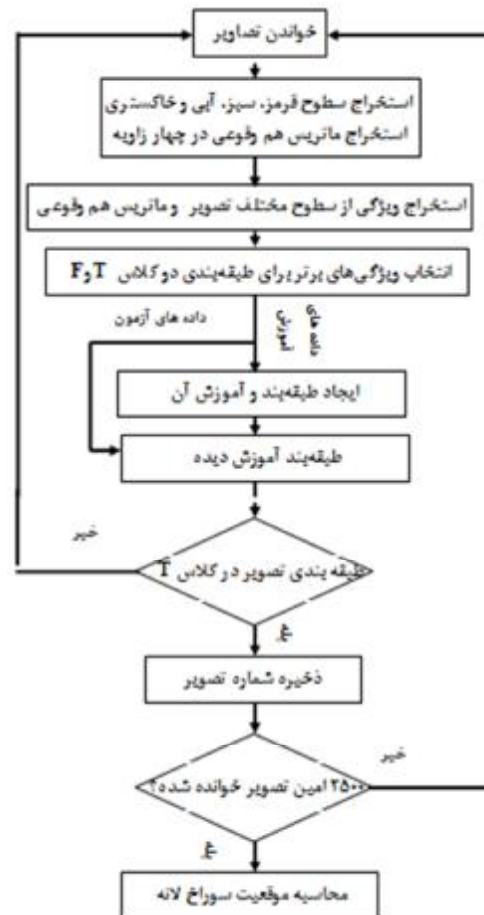
خروجی نرم‌افزار Weka برای انتخاب ویژگی‌های بهینه نشان می‌دهد که از بین ۱۳۲ ویژگی استخراج شده، ۱۰ ویژگی حاوی اطلاعات مناسب برای تفکیک دو دسته T و F از همدیگرند و بقیه ویژگی‌ها زائد هستند. به عبارتی ۹/۵ درصد از ویژگی‌ها مفید بودند. از بین ویژگی‌های انتخابی ۸ ویژگی مربوط به ویژگی‌های بافتی تصویر بود که این ویژگی‌ها از ماتریس هم‌رویدادی در زوایای مختلف استخراج شدند و ۲ ویژگی مربوط به ویژگی‌های رنگی بودند. ویژگی‌های انتخابی از رنگ، ویژگی میانگین شدت پیکسل سطح آبی تصویر و ضریب پراکندگی شدت پیکسل‌های تصویر سطح خاکستری بودند؛ اما ویژگی‌های برتر در حوزه بافت تصویر در هر ۴ زاویه انتخاب شدند. مؤثرترین و بهترین ویژگی همبستگی و همگنی ماتریس

۲۵۰۰ تصویر گرفته شده است و می‌توان گفت هر تصویر معرف ۴ سانتی‌متر است).

معادله (۱) را می‌توان به کمک برنامه‌ریزی غیرخطی استاندارد حل کرد. جواب به صورت ترکیب خطی از بردارهای آموزشی بیان می‌شود.

$$X = \sum f_i \quad (1)$$

در معادله فوق، i شماره تصویر و X موقعیت سوراخ برحسب سانتی‌متر از مرز محیطی زمین است. از طرفی چون قطر هر سوراخ حدود ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر است لذا در حین تصویربرداری، هر سوراخ درون ۳ الی ۴ تصویر گرفته شده واقع می‌گردد که در نهایت برنامه طوری نوشته شده است که اگر شماره تصاویری (i) که اختلاف آن‌ها از ۴ کمتر است فقط یکی را به عنوان موقعیت سوراخ انتخاب کند.



شکل ۲- برنامه تشخیص موقعیت سوراخ لانه جونده

دقت نهایی روش ارائه شده در این تحقیق همان دقت ماشین بردار پشتیبان در تفکیک تصاویر به دو دسته F و

بردار پشتیبان با هسته چندجمله‌ای درجه ۷ به دست آمد. دقت طبقه‌بند در این حالت برای داده‌های آموزش ۶۸/۸۵ درصد و برای داده‌های ارزیابی و آزمون ۷۰/۴۷ درصد به دست آمد. هم‌چنین نتایج نشان دادند که با افزایش درجه چندجمله‌ای، دقت توابع با توان فرد از دقت توابع با توان زوج بیشتر می‌شود. اما از درجه هفتم به بعد دقت کم می‌شد.

پارامترهای ارزیابی طبقه‌بند در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که حساسیت ماشین بردار پشتیبان با هسته چندجمله‌ای درجه هفت در تشخیص دسته F بیشتر بود.

جدول ۱- ماتریس اغتشاش طبقه‌بند در هسته چند جمله‌ای

داده‌های آزمون		داده‌های آموزش	
T	F	T	F
۷۸	۴۰	۲۴۳	۱۱۹
۲۲۹۶	۵۰۸۶	۵۰۴۹	۱۲۰۸۹

جدول ۲- پارامترهای ارزیابی طبقه‌بند در هسته چند جمله‌ای

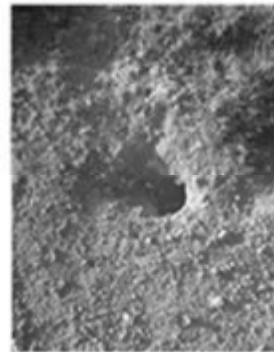
دسته	داده‌های آموزش		داده‌های آزمون	
	حساسیت	دقت کلی	حساسیت	دقت کلی
T	۶۷/۱۲	۷۰/۴۷	۶۶/۱۰	۶۸/۸۵
F	۷۰/۵۴	۶۸/۹۰		

با تغییر پارامتر b در هسته سیگموئیدی $(K(x_i, x_j) = \tanh((x_i^T x_j) + b))$ ابتدا دقت طبقه‌بندی افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. به طوری که بیشترین دقت ماشین بردار پشتیبان با هسته سیگموئیدی به ازای $b=4$ به دست آمد. در جدول ۳ پارامترهای ارزیابی ماشین بردار پشتیبان با هسته سیگموئیدی به ازای $b=4$ ارائه شده است.

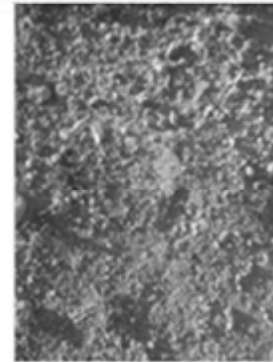
طبق نتایج حساسیت طبقه‌بند برای تشخیص دسته T ۴۰/۶۸ درصد و برای تشخیص دسته F ۳۹/۱۱ درصد بود. در این حالت حساسیت طبقه‌بند برای تشخیص تصاویر حاوی سوراخ لانه جونده بیشتر است. به طور کلی بالاترین دقت ماشین بردار پشتیبان با هسته سیگموئیدی برای داده‌های آموزش ۴۴/۹۰ درصد و برای داده‌های آزمون ۳۹/۱۳ درصد به دست آمد که دقت به دست آمده در این بخش از دقت ماشین بردار پشتیبان با هسته چندجمله‌ای کمتر بود.

هم رویدادی بود. آنژی و ماتریس هم رویدادی هم جزء ویژگی‌های برتر انتخاب شدند. به طور کلی نتایج بخش انتخاب ویژگی نشان می‌دهد که بررسی بافت تصویر در این تحقیق مؤثرتر بود.

1	2	3	4	5	6	7	8
260	133	1	0	0	0	0	0
133	20789	5368	311	92	22	4	0
0	5472	73676	18449	3318	451	101	7
0	270	18737	52283	16929	4576	789	51
0	53	2237	17404	21386	12187	2787	211
0	12	310	4656	12413	14824	6251	496
0	2	29	566	2993	6429	7500	1376
0	0	0	23	136	474	1518	1700



1	2	3	4	5	6	7	8
0	1	0	0	0	0	0	0
1	9093	5334	131	17	2	0	1
0	5347	95741	20749	2635	541	83	4
0	113	21850	53631	15682	4863	816	52
0	11	1986	17448	19582	10768	2875	197
0	1	194	4253	11999	13779	6036	532
0	0	12	484	2834	5711	7968	1401
0	0	0	7	99	441	1642	1648



شکل ۳- ماتریس هم رویدادی استخراج شده از تصاویر دو دسته T و F

نتایج طبقه‌بندی توسط ماشین بردار پشتیبان

ماتریس اغتشاش حاصل از آموزش و آزمون مدل ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی دو دسته T و F به ازای بیشترین دقت در جدول ۱ ارائه شده است. بررسی نتایج طبقه‌بندی نشان داد که با تغییر درجه چندجمله‌ای دقت ماشین بردار پشتیبان نیز تغییر کرد، به طوری که ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. بیشترین دقت ماشین

صحت سنجی الگوریتم پیاده‌سازی شده

نتایج تعیین موقعیت سوراخ لانه جونده در جدول ۷ درج گردید. در جدول ۷، اعداد موجود فاصله هر سوراخ از مرز زمین بر حسب متر است. خروجی الگوریتم در جدولی شامل ۱۱ ستون نشان داده شده است. اعداد موجود در هر ستون، بر اساس نزدیک بودن آنها به هم در یک گروه قرار گرفتند و هر ستون مربوط به یک سوراخ لانه جونده در نظر گرفته شد. طبق نتایج روش پیشنهادی توانسته است موقعیت ۱۱ سوراخ لانه جونده را تشخیص دهد. اعداد موجود در ردیف آخر جدول ۷ فاصله هر سوراخ از مرز زمین بود که به صورت دستی اندازه‌گیری شد. مقایسه اعداد هر ستون با عدد ردیف آخر متناظرش نشان داد که اختلاف بسیار جزئی بین موقعیت دقیق سوراخ و مقدار پیش‌بینی شده آن توسط الگوریتم وجود داشت. بررسی جدول ۷ نشان داد که در تمامی حالت‌های تعیین موقعیت سوراخ، اختلافی بین محل دقیق وجود دارد که این اختلاف بین ۱ سانتی‌متر تا ۲۴ سانتی‌متر متغیر بود. بیشترین خطای تعیین موقعیت سوراخ لانه جونده برای تعیین موقعیت سوراخ ۶ بوده که ۲۴ سانتی‌متر با موقعیت اصلی فاصله داشت. در هر صورت این روش در بدترین حالت با اختلاف ۲۴ سانتی‌متری می‌تواند موقعیت سوراخ لانه جونده را پیدا کند.

با توجه به اینکه الگوریتم پیاده‌سازی شده بر اساس شماره تصویر مورد نظر موقعیت سوراخ لانه را مشخص می‌کند، لذا شماره هر تصویر معادل نقاط مشخص شده در جدول ۷، در جدول ۸ ارائه شد. الگوریتم طراحی شده، ۵۳ تصویر را به‌عنوان تصاویر حاوی سوراخ لانه جونده تشخیص داد. در بررسی نتایج طبقه‌بند، این نتیجه حاصل شد که طبقه‌بند دارای خطای ۷ درصدی در تشخیص تصاویر دو دسته T و F بود. با توجه به اینکه هر سوراخ خود را در چند تصویر نشان می‌دهد لذا در جدول ۸ موقعیت سوراخ اول بر اساس ۵ تصویر پشت سر هم تعیین شد و طبقه‌بند در این حالت هیچ خطایی نداشت. در سوراخ شماره ۲ تصاویر حاوی سوراخ لانه جونده از تصویر شماره ۳۷۵ شروع تا ۳۸۱ ادامه داشت اما در این بین طبقه‌بند دو تصویر ۳۷۶، ۳۷۷ و ۳۷۹ را اشتباهی در دسته دیگر طبقه‌بندی کرد. هر چند در این بخش طبقه‌بند دچار خطا در تشخیص تصاویر شده بود اما چون تصاویر دیگری بوده‌اند که طبقه‌بند آن‌ها را درست تشخیص داده بود لذا

جدول ۳- ماتریس اغتشاش طبقه‌بند در هسته سیگموئیدی

داده‌های آموزش		داده‌های آزمون	
T	F	T	F
۱۶۳	۱۹۹	۴۸	۷۰
۹۴۴۴	۷۶۹۴	۴۴۹۵	۲۸۸۷

جدول ۴- پارامترهای ارزیابی طبقه‌بند در هسته سیگموئیدی

دسته	داده‌های آموزش		داده‌های آزمون	
	حساسیت	دقت کلی	حساسیت	دقت کلی
T	۴۰/۶۸	۴۴/۹۰	۴۰/۶۸	۳۹/۱۳
F	۳۹/۱۱	۳۹/۱۱	۳۹/۱۱	۳۹/۱۱

در هسته پایه شعاعی بالاترین دقت ماشین بردار پشتیبان در تفکیک تصاویر حاوی سوراخ لانه جونده از تصاویر فاقد سوراخ به ازای پهنای هسته ۰/۱ به دست آمد. در جدول ۵ ماتریس اغتشاش به ازای بیشترین دقت ماشین بردار پشتیبان با هسته پایه شعاعی ارائه شده است. بررسی نتایج نشان داد که حساسیت ماشین بردار پشتیبان با هسته پایه شعاعی برای تشخیص تصاویر دو دسته T و F به ترتیب برای داده‌های آموزش و آزمون ۹۳/۰۹ و ۹۳/۵۱ درصد و ۹۳/۲۲ و ۹۳/۰۱ درصد به دست آمد (جدول ۶). بالاترین دقت ماشین بردار پشتیبان با هسته پایه شعاعی برای داده‌های آموزش ۹۳/۴۹ درصد و برای داده‌های آزمون ۹۳/۱۳ درصد به دست آمد.

جدول ۵- ماتریس اغتشاش طبقه‌بند در هسته پایه شعاعی

داده‌های آموزش		داده‌های آزمون	
T	F	T	F
۳۳۷	۲۵	۱۱۰	۸
۱۱۱۳	۱۶۰۲۵	۵۱۶	۶۸۶۶

جدول ۶- پارامترهای ارزیابی طبقه‌بند در هسته پایه شعاعی

دسته	داده‌های آموزش		داده‌های آزمون	
	حساسیت	دقت کلی	حساسیت	دقت کلی
T	۹۳/۰۹	۹۳/۴۹	۹۳/۲۲	۹۳/۱۳
F	۹۳/۵۱	۹۳/۰۱	۹۳/۰۱	۹۳/۰۱

در این تحقیق ۳۰ مدل ماشین بردار پشتیبان بررسی شد که بهترین مدل برای ماشین بردار پشتیبان با هسته پایه شعاعی با پهنای ۰/۱ به دست آمد و برای پیاده‌سازی الگوریتم تعیین موقعیت سوراخ لانه جونده از آن استفاده شد.

موقعیت سوراخ لانه جونده با دقت بالا تشخیص داده شد. از آنجا که سوراخ لانه جونده خود را در تصاویر زیادی نشان می‌دهد این موضوع باعث می‌شود که اگر چند مورد از تصاویر هم به اشتباهی طبقه‌بندی شوند، روش ارائه شده، سوراخ لانه جونده را به درستی مشخص نماید.

جدول ۷- موقعیت تعیین شده توسط الگوریتم پیشنهادی برای تشخیص موقعیت سوراخ لانه جونده

موقعیت سوراخ لانه جونده											فاصله سوراخ لانه جونده
۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۷۸/۴	۷۷/۸۸	۶۱/۴۸	۴۹/۴	۴۲/۳۲	۴۲/۸	۲۲/۵۶	۲۰/۲۸	۱۷/۲	۱۵	۵/۳۲	خروجی الگوریتم (متر)
۷۸/۶	۷۸/۰۴	۶۱/۵۲	۴۹/۴۴	۴۲/۵۲	۴۲/۸۸	۲۲/۶	۲۰/۳۶	۱۷/۳۲	۱۵/۱۲	۵/۳۶	
۷۸/۶۴	۷۸/۱۶	۶۱/۶۴	۴۹/۵۶	۴۲/۶	۴۲/۹۲	۲۲/۶۴	۲۰/۴	۱۷/۳۶	۱۵/۲	۵/۴	
۷۸/۶۸	۷۸/۲۴	۶۱/۷۲	۴۹/۶۴	۴۲/۶۸	۴۲/۰۴	۲۲/۶۸	۲۰/۴۸		۱۵/۲۴	۵/۴۴	
۷۸/۸	۷۸/۲۸	۶۱/۸۸				۲۲/۷۲	۲۰/۵۲			۵/۴۸	
۷۸/۸۴		۶۱/۹۲				۲۲/۷۶	۲۰/۵۶				
۷۸/۶۶	۷۸/۲۴	۶۱/۶۹	۴۹/۵۱	۴۲/۵۳	۴۲/۹۱	۲۲/۶۶	۲۰/۴۳	۱۷/۲۹	۱۵/۱۹	۵/۴	میانگین خروجی الگوریتم (متر)
۷۸/۵	۷۸/۱	۶۱/۷	۴۹/۵	۴۲/۵۵	۴۲/۱۵	۲۲/۷۵	۲۰/۵۵	۱۷/۳۵	۱۵/۱	۵/۳	
۱۶	۱۴	۱	۱	۲	۲۴	۹	۱۲	۶	۹	۱۰	اختلاف (سانتی‌متر)

جدول ۸- شماره متناسب با تصاویر طبقه‌بندی شده در دسته T

شماره سوراخ لانه جونده										
۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱۹۶۰	۱۹۴۷	۱۵۳۷	۱۲۳۵	۱۰۸۳	۱۰۷۰	۵۶۴	۵۰۷	۴۳۰	۳۷۵	۱۳۳
۱۹۶۵	۱۹۵۱	۱۵۳۸	۱۲۳۶	۱۰۸۸	۱۰۷۲	۵۶۵	۵۰۹	۴۳۳	۳۷۸	۱۳۴
۱۹۶۶	۱۹۵۴	۱۵۴۱	۱۲۳۹	۱۰۹۰	۱۰۷۳	۵۶۶	۵۱۰	۴۳۴	۳۸۰	۱۳۵
۱۹۶۷	۱۹۵۶	۱۵۴۳	۱۲۴۱	۱۰۹۲	۱۰۷۶	۵۶۷	۵۱۲		۳۸۱	۱۳۶
۱۹۷۰	۱۹۵۷	۱۵۴۷				۵۶۸	۵۱۳			۱۳۷
۱۹۷۱		۱۵۴۸				۵۶۹	۵۱۴			

مؤثرترین و بهترین ویژگی همبستگی و همگنی ماتریس هم رویدادی بود. آنروپی و انرژی ماتریس هم رویدادی هم جزء ویژگی‌های برتر انتخاب شدند. به طور کلی نتایج بخش انتخاب ویژگی نشان داد که بررسی بافت تصویر در این تحقیق مؤثرتر بود. روش ارائه‌شده دارای دقت بالایی در تشخیص سوراخ لانه جوندگان است به طوری که این روش توانست با دقت ۱۰۰ درصد سوراخ لانه جوندگان را در زمین تشخیص دهد. کمترین و بیشترین اختلاف بین موقعیت دقیق و موقعیت پیش‌بینی شده ۱ و ۲۴ سانتی‌متر بود.

منابع

- Afkari-Sayyah, A. H., Rasekh, M., & Tahmasebi, M. (2016). Evaluation of Walnut Kernel Based on Size and Color by Image Processing. *Innovative Food Technologies*, 3: 35-46.
- Ahmadi, H., & Amiri-Pariyan, J. (2015). Detection orange on tree Using digital image

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد با وجود خطا در ماشین بردار پشتیبان برای تشخیص تصاویر حاوی موقعیت سوراخ لانه جونده، روش پیاده‌سازی شده با دقت بسیار بالایی موقعیت آن را تشخیص داد. به طوری که در زمینی به طول ۱۰۰ متر توانست ۱۱ سوراخ را به درستی تشخیص دهد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از ترکیب روش پردازش تصاویر هوایی و ماشین بردار پشتیبان، الگوریتمی برای تعیین موقعیت سوراخ لانه جونده در یک زمین کشاورزی ارائه شد. مدل ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر دارای هسته پایه شعاعی بود که در این تحقیق اثر تغییر پارامتر پهنای هسته بر دقت طبقه‌بند بررسی شد. با افزایش پهنای هسته دقت طبقه‌بند کاهش یافت.

- Rice Purity detection using a combination of texture features of bulk samples. *Machine vision and image processing*, 1 (1): 11-18. (In Persian).
- Rasooli, M., Farhadi, R., Afkari-Sayyah, A. & Taghinejad, E. (2021). Potential use of machine vision technique for qualitative separation of walnut kernel. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 8(2): 1-9. (In Persian).
- Sugumar, S. J., & Sai Babu, V. (2017). Design and Modeling of Quadcopter for Elephant Monitoring Using Aerial Image Processing Approach. *Innovations in Electronics and Communication Engineering*, Proceedings of the Fifth ICIECE: 61-69.
- Sun, D. W. (2000). Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method. *Journal of Food Engineering*, 44: 245-249.
- Tavakoli, M., & Najafzadeh, M. (2015). Application of the Image Processing Technique for Separating Sprouted Potatoes in the Sorting Line. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4(11): 223-22.
- Zhang, B., Huang, W., Gong, L., Li, J., Zhao, C., Liu, C. & Huang, D. (2015). Computer vision detection of defective apples using automatic lightness correction and weighted RVM classifier. *Journal of Food Engineering*, 146: 143-151.
- processing based on the density of the shadow. *Journal of Agricultural Machinery*, 5: 92-100.
- Askarianzadeh, A. (2008). Chemical Control of Nesokia Indica Gray in Sugarcane Fields of Khuzestan Province. *Agricultural Research*, 9 (4): 37-44. (In Persian).
- Banazadeh, H., & Moravvej, G. (2012). New Approach for Rodent Pest Control. *Journal of Plant Protection*, 26 (2): 217-223. (In Persian).
- Bauer, A., Bostrom, A.G., Ball, J., Applegate, C., Cheng, T., Laycock, S., Rojas, S.M., Kirwan, J., & Zhou, J. (2019). Combining computer vision and deep learning to enable ultra-scale aerial phenotyping and precision agriculture: A case study of lettuce production. *Horticulture Research*, 6(1):70.
- Blasco, J., Aleixos, N., & Moltó, E. (2003). Machine Vision System for Automatic Quality Grading of Fruit. *Biosystems Engineering*, 85: 415-423.
- Ghafari, M. H. Ghanbarzadeh, A., & Valipour, A. (2017). Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of rotating machinery. *Modares Mechanical Engineering*, 17(6): 257-264. (In Persian).
- Jalalian, M., Shahrokhi, M. B. & Basirat, M. (2010) Rodent Pistachio Gardens. *Journal of Pistachio Research Institute of the Country*, 69(32).(In Persian).
- Janati, S., & Orak, H. (2018). Design and development of a machine vision system to determine the apparent apple imperfections. *Innovative Food Technologies*, 8: 122-129.
- Khazaei, Y., Kheiralipour, K., Hoseinpour, A. & Javadikia, H. (2019). Development of an algorithm based on image processing technique and sport vector machine to distinct potato from clod and stone. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 8(14): 1-11.
- Mohamadi Monavar, H., Alimardani, R., & Omid, M. (2013). Computer Vision Utilization for Detection of Green House Tomato under Natural Illumination. *Journal of Agricultural Machinery*, 3: 9-15.
- Mossavian, S A. (2012). *Detection and classification of faults bearing by analyzing the support vector machine*. M.Sc. dissertation, University of Tehran.
- Motevali Haghi, S. F. (2016). *Mice and their control methods*. Mazandaran University of Medical Sciences Press.
- Mousavirad, S. J., & Akhlaghian Tab, F. (2014). Design of an expert system for

