تعیین تعداد گیاهچه‌های ارقام چغندرقند **با بکارگیری روش پردازش تصویر**

محمد شاکر[۱،*]، محسن بذرافشان[۲]، عبدالعباس جعفری[۳]

۱. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (Email: m.shaker1348@gmail.com)
۲. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (bazrafshanmohsen@yahoo.com)
۳. استادیار آموزشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (ajafari@shirazu.ac.ir)

چکیده

درصد سبز شدن ارقام و هیبریدهای مختلف چغندرقند در مزرعه به عنوان یک ویژگی برتر رقم اصلاح شده برای به‌نژادگر اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف از اجرای این تحقیق، ارائه یک روش مبتنی بر پردازش تصویر برای شمارش سریع و دقیق گیاهچه‌های سبزشده ارقام مختلف چغندرقند در مزرعه بود. تصاویر با استفاده از دوربین دیجیتال و از یک ارتفاع ثابت، تهیه و به محیط نرم‌افزار متلب منتقل شد. با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و توابع موجود در نرم‌افزار، الگوریتم شمارش و تعیین تعداد گیاهچه‌های چغندرقند در یک طول ثابت، کدنویسی و ارائه شد. دقت الگوریتم ۹۰/۳۲ درصد بود. تعداد واقعی گیاهچه‌ها و تعداد مشاهده شده توسط الگوریتم، با استفاده از آزمون مقایسه‌ای تی ـ استودنت زوجی از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که بین آنها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد. همچنین ارقام مختلف چغندرقند در اجرای الگوریتم و دقت آن تأثیری نداشت.

کلمات کلیدی: *پردازش تصویر، چغندرقند، جوانه زدن، گیاهچه.*

[*] نویسنده مسئول: m.shaker1348@gmail.com

تعیین تعداد گیاهچه‌های ارقام چغندرقند با بکارگیری روش پردازش تصویر

مقدمه

بررسی وضعیت درصد سبز شدن ارقام و هیبریدهای مختلف چغندرقند در مزرعه به عنوان یک ویژگی برتر رقم اصلاح شده برای به‌نژادگر اهمیت ویژه‌ای دارد. در آزمایشات به‌نژادی و مقایسه‌ای به دلیل تعداد زیاد هیبرید و رقم و محدوده کوتاه زمانی برای شمارش تعداد بذر سبز شده عملاً چنین اندازه‌گیری‌هایی امکان پذیر نیست. در موارد معدودی هم که این کار انجام می‌شود با صرف وقت، هزینه و نیروی کار زیاد صورت می‌گیرد. از آنجا که بکارگیری روش دستی به منظور تعیین تعداد بذر سبزشده چغندرقند در مزرعه، کاری دشوار و زمان‌بر است، در چنین شرایطی به‌کارگیری فناوری‌های نوین همچون ماشین بینایی بر اساس پردازش تصویر دیجیتال، می‌تواند راه‌کاری سریع و مؤثر در این خصوص باشد. در واقع از فناوری ماشین بینایی به جای چشم انسان استفاده می‌شود. جایگزینی روش سنتی استفاده از نیروی انسانی با این فناوری جدید، سرعت و دقت کار و در نتیجه کارایی ارزیابی‌ها را بهبود می‌بخشد. هدف از انجام این پژوهش، ارائه یک روش مبتنی بر پردازش تصویر برای شمارش سریع و دقیق گیاهچه‌های سبزشده چغندرقند و کدنویسی الگوریتم پردازش تصویر به منظور شمارش گیاهچه‌های سبزشده بود.

استفاده از فناوری ماشین بینایی و روش پردازش تصویر دیجیتال، در بیشتر محصولات کشاورزی از جمله برنج، کلزا، ذرت، گندم، جو و چاودار کاربرد دارد. در تحقیقی که بر روی وضعیت سبزشدن تراکم‌های ارقام مختلف بذر گندم در مزرعه انجام شد، از روش اوتسو و رنگ سبز گیاهچه‌ها استفاده شد. با کاربرد پردازش تصویر خودکار میانگین دقت ۸۹/۹۴ درصد و بالاترین دقت ۹۹/۲۱ درصد گزارش شد [۱۷]. دقت ارزیابی‌ها تحت تأثیر رقم قرار نگرفت و پردازش تصویر را به‌عنوان یک روش قابل اعتماد و قابل انجام در مزرعه معرفی شد. ارزیابی خودکار سرعت جوانه‌زنی با استفاده از پردازش تصویر و تکنیک‌های یادگیری ماشینی انجام شد و دقت ارزیابی جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی با این روش ۹۵/۴۴ درصد اعلام شد [۲۴].

در پژوهشی دیگر که بر روی جوانه‌زنی شش رقم برنج با استفاده از ماشین بینایی و چهار ویژگی بذر شامل رنگ، اندازه، شکل و بافت انجام شد [۱۸]. دقت این روش ارزیابی در جوانه‌زنی برنج ۹۳/۰۶ درصد اعلام شد و سرعت روش بکار گرفته شده را هشت و سی و یک صدم ثانیه برای هر تصویر اعلام نمودند. همچنین تجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال با کمک رایانه برای تعیین اندازه گیاهچه چند گیاه از جمله کلم، گوجه فرنگی، فلفل و گل جعفری نشان داد که تفاوت آماری بین این روش با اندازه‌گیری دستی وجود ندارد [۱۰].

یک سیستم ماشین بینایی خودکار برای جمع آوری داده‌ها و یک سیستم خودکار مبتنی بر منطق فازی برای درجه‌بندی کیفیت نشاهای کاهو، گل کلم و گوجه فرنگی، بر اساس الگوی رشد آنها، به اجرا گذاشته شد [۲۶]. در تحقیقی یک سیستم ماشین بینایی برای شمارش تعداد ساقه‌چه نوظهور در بذر آفتابگردان، تحت کنترل نور، دما و شرایط رطوبت طراحی شد. این سیستم خودکار با بکارگیری یک الگوریتم، بذور جوانه زده را شمارش می‌کرد و میانگین زمان جوانه زنی را بر اساس تفاوت بین دو عکس متوالی ارائه می‌نمود [۸].

همانطور که در بازرسی چشمی، طبقه‌بندی دانه‌ها باید بر اساس اندازه بذر، شکل، رنگ و بافت باشد. در تحقیقی، با بکارگیری سامانه ماشین بینایی و شبکه عصبی مصنوعی، از این ویژگی‌ها برای شناسایی منحصر به فرد ۵۷ گونه علف‌هرز

استفاده شد. همچنین مشخص شد که ویژگی‌های اندازه و شکل قدرت تشخیص بیشتری نسبت به رنگ و بافت در شناسایی بذور دارند [۱۱].

در پژوهشی یک سامانه بینائی ماشین جهت تشخیص موقعیت استقرار علف هرز گندم طراحی و ساخته شد. در این سامانه پس از تشخیص علف هرز، پاشش علف کش به صورت هوشمند و بلادرنگ، همراه با پیمایش سم پاش در داخل مزرعه انجام می‌گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که امکان طراحی و ساخت سامانه بینائی ماشین تشخیص علف هرز وجود داشته و حداقل ۲۳٪ سم علف‌کش کمتری در تیمار سامانه بینائی ماشین نسبت به سامانه مرسوم مصرف شد [۱۹]. در تحقیقی با استفاده از روش پردازش تصویر، جوانه زنی دو رقم زراعی گندم تحت تأثیر تنش شوری، بررسی شد. نتایج آزمایشات نشان داد که ارقام مورد مطالعه از نظر مساحت ریشه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. با افزایش سطح شوری مساحت ریشه‌چه و ساقه‌چه به طور معنی‌داری کاهش یافت [۱۷].

از روش مبتنی بر پردازش تصویر برای مقایسه با روش شمارش دستی و شاخص بنیه بذر کاهو استفاده شد. کمترین و بیشترین درصد اختلاف بین روش مرسوم شمارش دستی با روش مبتنی بر پردازش تصویر به ترتیب نود و نه صدم و ۱۴/۷۱ در توده‌های بذری مختلف بود [۲۱]. تفاوت نتایج آزمون بنیه بذر در بین آزمایشگاه‌های مختلف به دلیل طبیعت آزمون‌های مورد استفاده و صرف وقت زیاد برای دستیابی به نتایج به عنوان دو محدودیت عمده روش‌های مرسوم آزمون بنیه بذر ذکر شده و استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال برای برطرف کردن این نقایص پیشنهاد شده است [۶].

در سال‌های اخیر، تعدادی از پژوهشگران برای اندازه‌گیری خصوصیات کیفی برنج روش‌های جدیدی با به‌کارگیری پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی ارائه نموده‌اند [۱۵ و ۲۳ و ۲۹]. در تحقیقی برای تصویربرداری راحت گیاهپر (یک نوع آفت برنج) در ساقه‌های برنج، یک دستگاه دستی و برای شمارش گیاهپر برنج بر اساس پردازش تصویر یک روش خودکار توسعه داده شد. دستگاه دستی شامل یک دوربین دیجیتال با اینترنت بی‌سیم و یک گوشی هوشمند بود. آنها از این روش برای شناسایی و شمارش گیاهپر بر روی تصاویر گیاه برنج استفاده نمودند. این روش به عنوان یک روش آسان، سریع و دقیق برای برآورد تراکم جمعیت گیاهپر برنج در مزارع شلتوک معرفی شد [۲۸].

در پژوهشی، به‌منظور اصلاح عملکرد دستگاه پوست‌کن شلتوک و کاهش ضایعات برنج، سامانهٔ کنترل خودکار و ماشین بینایی طراحی، ساخته و آزمایش شد. در این تحقیق، الگوریتم پردازش تصویر به منظور تعیین درصد شکستگی برنج در نرم افزار متلب کدنویسی و ارزیابی شد. نتایج ارزیابی الگوریتم نشان داد که دقت آن برای تعیین درصد شکستگی برنج، برابر با ۹۱/۸۱٪ است [۲۲].

در پژوهشی روش تصویر دیجیتال به منظور تعیین ویژگی‌های هندسی و رنگ سطح دانه‌های کلزا به‌کار برده شد. همچنین از این روش برای تشخیص بعضی ناخالصی‌هایی که جداسازی آنها در فرآیند تمیزکردن مشکل است، استفاده شد [۲۵].

در تحقیقی مطالعه امکان‌سنجی استفاده از تکنیک‌های بینایی رایانه‌ای برای شمارش خوشه‌های گندم انجام گرفت. آنها یک فضای ترکیبی را ایجاد کردند و بافت رنگی با ۱۳۸ ویژگی بر اساس شش بافت را تولید نمودند. نتایج نشان داد که با این روش می‌توان خوشه‌های گندم را با کمترین اشتباه استخراج و شمارش نمود [۱۲].

به منظور تعیین تعداد سنبله‌های گندم در مراحل رشدی مختلف از سامانه شمارش خودکار، با میانگین دقت ۹۰/۷٪ و انحراف معیار پنجاه و پنج هزارم استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که شمارش تعداد سنبله‌ها با سرعت بسیار بیشتری

نسبت به کارشناسان خبره انجام شد و به عنوان پتانسیلی برای کاربرد این روش در مطالعات مراحل رشدی گندم توصیه شد [۱].

در پژوهشی اعلام شد که تعیین تعداد دانه‌ها در خوشه ذرت، یک پارامتر ضروری در روش تست تنوع ذرت است و پیشنهاد گردید که یک الگوریتم تقسیم بندی تصویر و یک روش شمارش خودکار دانه ذرت، بر اساس پردازش تصویر با استفاده از داده‌های با کیفیت بالا، در بیشتر موارد کارآمدتر از اندازه‌گیری دستی است. روش آنها نسبت به روش سنتی با دقت ۹۶٪ شمارش دانه‌ها را انجام می‌داد [۳۰].

در تحقیقی یک الگوریتم شمارش خودکار انواع گل بر اساس تکنیک‌های بینایی کامپیوتری ارائه شد. از فیلتر گوسین برای حذف نویز و تبدیل فضای رنگ RGB به فضای رنگی HSV استفاده گردید و سپس با استفاده از یک مجموعه داده از انواع گل‌ها، الگوریتم مورد ارزیابی قرار گرفت و سطح دقت آن ۸۹/۸۶٪ تخمین زده شد [۳].

در تحقیق دیگری یک الگوریتم توسعه داده شد که در آن تصاویر توسط فضای رنگی HSI (اشباع رنگ و شدت رنگ) برای استخراج مرکبات به کار گرفته شد. در این الگوریتم مرکبات به طور دقیق شناسایی و شمارش شدند. نتایج نشان داد که این مدل می تواند پیش بینی عملکرد را با استفاده از دوربین‌های طراحی شده برای پوشش بیشتر سایبان درختان پیش بینی نماید [۲].

الگوریتم شمارش خودکار برای میوه کیوی در تحقیقی ارائه شد. تقسیم بندی تصاویر با استفاده از فضای رنگی L * a * b انجام گردید. ۶۰٪ میوه‌های کیوی سبز و ۹۰٪ میوه‌های کیوی طلائی، دقیقا شناسایی و شمارش شدند [۲۷].

در تحقیقی از سیستم بینایی ماشین برای شمارش تعداد گل‌ها برای ارزیابی عملکرد انگور استفاده گردید. با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، تعداد ۹۰ تصویر برای شمارش گل‌ها پردازش داده شد. تصاویر در وضعیت مزرعه بازبینی شدند و با همبستگی رگرسیونی بیش از ۸۰ درصد تجزیه و تحلیل شدند [۷].

با استفاده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل عکس‌های دیجیتال، یک سامانه شمارش خودکار برای تمام میوه‌های دایره‌ای شکل ارائه شد. برای استخراج رنگ، به جای فضای رنگی RGB از فضای رنگ L * a * b استفاده گردید و سپس تقسیم‌بندی میوه‌ها و تشخیص لبه در تصاویر انجام شد. روش پیشنهادی در این تحقیق با توجه به کارایی الگوریتم، می‌توانست شمارش ۹۸ درصد میوه‌های منجمد را دقیقاً انجام دهد [۲۰].

در پژوهشی یک الگوریتم برای شمارش گل در گلدان ارائه شد. تعداد گل در گلدان، قیمت در زمان فروش را تعیین می‌کند. گل‌ها با استفاده از تعداد محدودی از تصاویر دو بعدی گرفته شده توسط دوربین، ثبت شد. برای پیدا کردن شکل و موقعیت گل در تصویر، مدل حرکت سازگار با تصویر مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که از طریق این الگوریتم، ۹۴٪ تعداد گل‌ها به طور صحیح شمارش می شوند [۱۳].

به منظور کاهش خطای انسانی و همچنین افزایش سرعت در آزمون‌های سبزشدن توده‌های مختلف بذری، سامانه اندازه‌گیری آهنگ رشد و اندازه گیاهچه با استفاده از ماشین بینایی طراحی شد و این سامانه به طور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گرفت [۴]. به منظور اندازه گیری سریع اندازه گیاهچه (طول ریشه چه و ساقه چه) و بنیه بذر گندم از تکنیک ماشین بینایی کمک گرفته شد. نتایج نشان داد که این روش در ارزیابی تفاوت بین ارقام مختلف با نتایج روش معمول هماهنگی داشت و به عنوان روشی کارا مورد توجه قرار گرفت [۵]. در تحقیقی اعلام شد که پردازش تصویر در آزمون

های بذر، در تشخیص توده بذر ارقام مختلف و همچنین شناسایی و تمایز ارقام جدید به منظور معرفی و ثبت آنها نقش مهمی را ایفا می کند. این تکنیک به دلیل سرعت زیاد و دقت بالا کمک شایانی به به‌نژادگران در انتخاب ارقام می نماید [۱۶].

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فناوری پردازش تصویر دیجیتال به منظور تشخیص و اندازه‌گیری متغیرهای کیفی و ظاهری محصولات کشاورزی، روشی کارآمد و دقیق است. به‌کارگیری روش پردازش تصویر در تعیین تعداد گیاهچه‌های چغندرقند، برای اولین بار است که در ایران انجام می‌شود. در خارج از کشور نیز پیرو بررسی‌های انجام شده، مقاله‌ای در این خصوص ارائه نشده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی زرقان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس اجرا شد. برای این منظور از پروژه در حال اجرای بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تحت عنوان " آزمون تعیین ارزش زراعی ارقام جدید چغندرقند " که شامل ۲۰ رقم بود استفاده گردید. در این پروژه هر رقم در سه ردیف به طول هفت متر و به فاصله ۵۰ سانتی‌متر کاشته شده بود. تصاویر مورد نیاز گیاهچه‌های چغندرقند، در روز هفتم پس از نخستین آبیاری تهیه شد. برای تصویربرداری از دوربین دیجیتال کونیکا (Konica) که مشخصات فنی آن در جدول ۱ ارائه شده است، استفاده شد. تصویربرداری در روز و بین ساعت ۱۰ تا ۱۲ و با استفاده از نور محیط انجام شد. برای اینکه از یک ارتفاع ثابت، تصویربرداری‌ها انجام شود و لرزش یا خطایی در تصاویر به وجود نیاید، یک چهار پایه فلزی از جنس آلومینیم طراحی و ساخته شد. این چهار پایه به‌گونه‌ای طراحی شد که از سه قطعه مجزا تشکیل شود و به راحتی قابل نصب و حمل و نقل باشد (شکل ۱).

جدول ۱ـ مشخصات فنی دوربین دیجیتال مورد استفاده برای تصویربرداری

نوع دوربین	کارخانه سازنده	مدل دوربین	کشور سازنده	وضوح تصویر
دیجیتال	کونیکا	A200	ژاپن	هشت مگا پیکسل

شکل ۱ـ سه قطعه مجزای چهار پایه فلزی

دوربین دیجیتال به نحوی در وسط چهارپایه نصب شد که لنز دوربین به طرف زمین باشد و به راحتی تنظیمات و تصاویر مورد نظر تهیه شود (شکل ۲). از هر رقم چغندرقند در ردیف میانی، سه تصویر به عنوان سه تکرار تهیه شد. قبل از

تصویربرداری در مزرعه، آزمایشی بر روی دوربین (در حالی که روی چهار پایه نصب بود) انجام شد تا مناسب‌ترین فاصله کانونی لنز به دست آید. همچنین این فاصله به نحوی انتخاب شد که تصویر پایه‌ها در صفحه دید وجود نداشته باشند. نتایج به دست آمده در قسمت نتایج و بحث ارائه شده است.

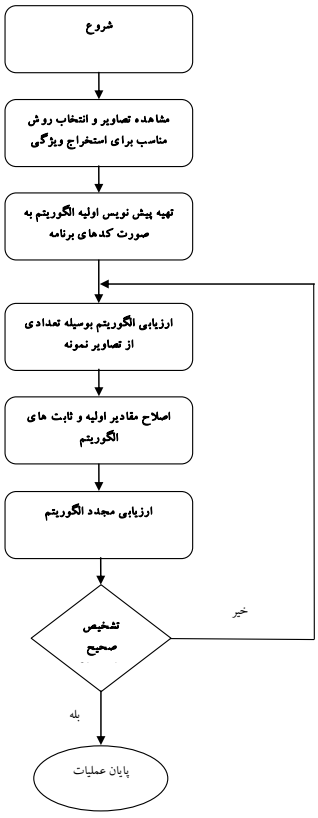
شکل ۲ـ نصب دوربین دیجیتال بر روی چهارپایه

تصاویر به محیط نرم‌افزار متلب (Matlab) منتقل شد و با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و توابع موجود در نرم‌افزار، الگوریتم شمارش و تعیین تعداد گیاهچه‌های چغندرقند در یک طول ثابت، کدنویسی و ارائه شد. بررسی‌های انجام شده در مزرعه نشان داد که برگ گیاهچه‌های چغندرقند پس از بیرون آمدن از خاک، بسته به میزان تراکم کشت، از نظر هم‌پوشانی دارای سه حالت بودند. در حالت اول گیاهچه‌ها از یکدیگر فاصله داشتند. در حال دوم گیاهچه‌ها فقط با یکدیگر تماس داشته و هیچگونه هم پوشانی نسبت به هم نداشتند. در حالت سوم به دلیل تراکم کشت زیاد، گیاهچه‌ها نسبت به یکدیگر هم پوشانی داشته و تفکیک و شمارش آنها با این روش بسیار مشکل بود (شکل ۳). الگوریتم ارائه شده، مربوط به حالت های اول و دوم است. توضیحات لازم در مورد الگوریتم در قسمت نتایج و بحث ارائه شده است.

شکل ۳ـ تصویر گیاهچه‌های چغندرقند در حالتی که نسبت به یکدیگر همپوشانی دارند

به طورکلی الگوریتم پردازش تصویر شامل توابع و عملگرهایی است که مشخصه‌های ویژه‌ای از تصویر را استخراج نموده و مبنای تصمیم‌گیری قرار می‌دهد. این مشخصه‌ها با استفاده از داده‌های هر پیکسل از تصویر دیجیتال به‌دست می‌آید. در ابتدا با انجام پیش‌پردازش و بهینه‌سازی تصویر و حذف ناخالصی‌ها و مواد خارجی، گیاهچه‌ها از زمینه اصلی تفکیک شد و برای انجام پردازش نهایی و استخراج شاخص‌های کیفی مورد نظر آماده شد. مراحل عملکرد الگوریتم پردازش تصویر در شکل ۴ نشان داده شده است [۱۴].

هدف از طراحی این الگوریتم، تشخیص شاخص تعیین کننده گیاهچه‌های چغندرقند با استفاده از تصاویر ثبت شده از مزرعه بود. در این تحقیق، برای تهیه الگوریتم پردازش تصویر از جعبه ابزار مربوطه در نرم‌افزار متلب استفاده شد. این الگوریتم با تشخیص ویژگی رنگ گیاهچه‌های چغندرقند و تمایز آنها از پس‌زمینه، گیاهچه‌ها را تشخیص داده و آنها را از پس‌زمینه جدا می‌نماید. با بکارگیری این الگوریتم، تصویر اصلی به سه بخش مجزا یعنی پس‌زمینه، مواد خارجی و گیاهچه‌ها تفکیک می‌گردند. در پایان بر اساس ویژگی استخراج شده از تصاویر، گیاهچه‌ها را تشخیص و تعداد آنها را شمارش و ارائه می دهد.



شکل ۴ـ مراحل طراحی الگوریتم پردازش تصویر.

برای ارزیابی الگوریتم، در مزرعه در یک طول ثابت، تعداد واقعی گیاهچه‌های سبز شده به‌صورت چشمی با دقت شمارش شد. سپس با تصویربرداری از همان طول و اجرای الگوریتم، تعداد گیاهچه‌ها تعیین و با تعداد واقعی در ۱۰ تکرار مقایسه شد. پس از آن خطا و دقت الگوریتم بر حسب درصد محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از آزمون مقایسه‌ای تی ـ استودنت زوجی از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

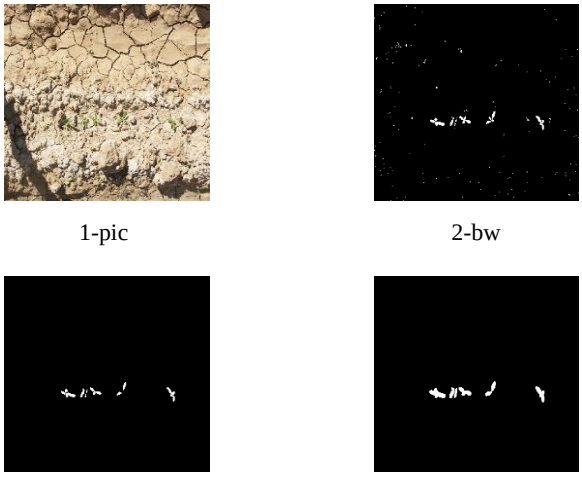
همانطور که ذکر شد، ابتدا آزمایشی بر روی دوربین انجام شد تا مناسب‌ترین فاصله کانونی لنز به دست آید. بدین منظور در حالی که دوربین روی چهار پایه نصب شده بود و لنز آن به طرف پایین قرار داشت، با تغییر فاصله کانونی لنز تعدادی تصویر تهیه شد. این فاصله ها شامل اعداد ۲۸ ، ۳۵ ، ۵۰ ، ۱۰۰ ، ۱۵۰ و ۲۰۰ بود که روی لنز دوربین قابل انتخاب بود. نتایج بررسی تصاویر تهیه شده نشان داد که مناسب‌ترین فاصله کانونی لنز عدد ۵۰ بود که علاوه بر وضوح تصویر، پایه‌های مربوط به چهارپایه فلزی نیز در تصویر وجود نداشت. در این حالت با استفاده از یک شاخص چوبی به طول ۵۰ سانتی متر و یک متر نواری، طول تصویر اندازه‌گیری شد که حدود ۶۶ سانتی متر بود.

پس از تعیین مناسب‌ترین فاصله کانونی لنز دوربین، تصاویر مورد نیاز از گیاهچه‌های چغندرقند در مزرعه تهیه شد. این تصاویر به محیط نرم‌افزار متلب منتقل شد و با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و توابع موجود در نرم‌افزار، الگوریتم شمارش و تعیین تعداد گیاهچه‌های چغندرقند به شرح زیر کدنویسی و ارائه شد. همانگونه که اشاره شد این الگوریتم برای حالتی که گیاهچه‌ها از یکدیگر فاصله داشته و همچنین حالتی که فقط با یکدیگر تماس داشته باشند کاربرد دارد.

```
1- pic=imread('Picture 1.jpg');
2- pic=im2double(pic);
3- red=pic(:,:,1);
4- green=pic(:,:,2);
5- blue=pic(:,:,3);
6- EXG=2*green-red-blue;
7- bw=im2bw(EXG,.2);
8- subplot(2,2,1)
9- imshow(pic);
10- subplot(2,2,2)
11- imshow(bw);
12- p3=bwareaopen(bw,1400);
13- se = strel('disk',10);
14- p4=imdilate(p3,se);
15- subplot(2,2,3)
16- imshow(p3)
17- subplot(2,2,4)
18- imshow(p4)
19- [l,count]=bwlabel(p4);
20- count
```

مراحل مختلف اجرای الگوریتم در شکل ۵ نشان داده شده است. در مرحله یک تصویر رنگی اولیه که گیاهچه‌های چغندرقند در آن مشخص است، نشان داده شده است. در مرحله دو تصویر باینری یا سیاه و سفید تصویر اولیه با ضریب دو دهم به نمایش درآمده است. در مرحله سه، تصویر باینری با حذف نقاط ریز تصویر که به صورت دانه‌های سفید هستند،

نشان داده شده است. در مرحله چهار که آخرین مرحله اجرای الگوریتم است، عنصر سازه طراحی شده بر روی تصویر اعمال شده و افزایش دهنده همسایگی اتفاق افتاده است. مدت زمان اجرای الگوریتم حدود ۱/۶۷ ثانیه بود.



1-pic 2-bw

3-P3 4-P4

شکل ۵ ـ مراحل مختلف اجرای الگوریتم برای شمارش گیاهچه‌های چغندرقند

برای ارزیابی الگوریتم، در مزرعه در یک طول ثابت، تعداد واقعی گیاهچه‌های سبز شده به‌صورت چشمی با دقت شمارش شد. سپس با تصویربرداری از همان طول و اجرای الگوریتم، تعداد گیاهچه‌ها تعیین و با تعداد واقعی مقایسه شد. این عمل ۱۰ مرتبه تکرار شد و پس از آن خطا و دقت الگوریتم بر حسب درصد محاسبه شد (جدول ۲). همانطور که از داده‌های جدول دو مشخص است، خطای الگوریتم برابر با ۹/۶۸٪ و دقت آن برابر با ۹۰/۳۲٪ بود. همانطور که اشاره شد، به منظور بررسی آماری داده‌های جدول ۲، از آزمون مقایسه‌ای تی ـ استودنت زوجی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲ـ تعداد واقعی گیاهچه‌ها و تعداد آنها با استفاده از الگوریتم و درصد دقت الگوریتم

شماره تصویر	تعداد واقعی گیاهچه در تصویر	تعداد گیاهچه با استفاده از الگوریتم	خطای الگوریتم (درصد)	دقت الگوریتم (درصد)
۱	۶	۶	۰	۱۰۰
۲	۸	۶	۲۵	۷۵
۳	۸	۹	۱۲/۵	۸۷/۵
۴	۵	۵	۰	۱۰۰
۵	۵	۴	۲۰	۸۰
۶	۴	۴	۰	۱۰۰
۷	۷	۶	۱۴/۲۸	۸۵/۷۲
۸	۳	۳	۰	۱۰۰
۹	۳	۳	۰	۱۰۰
۱۰	۴	۵	۲۵	۷۵
		میانگین	۹/۶۸	۹۰/۳۲

جدول ۳ـ نتایج آزمون مقایسه‌ایی تی ـ استودنت زوجی

منابع تغییر	تفاوت جفتی			آماره t	درجه آزادی	معنی داری
	میانگین	انحراف معیار	میانگین خطای استاندارد			
تیمار (تعداد واقعی و تعداد مشاهده شده)	-۰/۲	۰/۹۱۹	۰/۲۹۰	-۰/۶۸۸	۹	۰/۵۰۹^{ns}

همانطور که از جدول ۳ مشخص است، بین تعداد واقعی گیاهچه‌ها و تعداد مشاهده شده توسط الگوریتم، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود ندارد. بنابراین می‌توان به جای شمارش تعداد گیاهچه‌ها، با تصویربرداری و بکارگیری الگوریتم این عمل را با دقت ۹۰/۳۲٪ انجام داد.

لازم به ذکر است که شمارش تعداد گیاهچه‌ها برای ارقام مختلف چغندرقند به طور جداگانه انجام شد، ولی از آنجا که در این روش، شمارش گیاهچه‌ها بر اساس تبدیل تصویر به باینری (سیاه و سفید) انجام شد، و تمامی ارقام نیز از وضعیت مرفولوژیک و رنگ گیاهچه یکسانی برخوردار بودند، لذا هیچگونه تفاوتی مشاهده نشد و نوع رقم در مقایسات جایگاهی پیدا نکرد. بنابراین ارقام مختلف چغندرقند در اجرای الگوریتم و دقت آن تأثیری نداشت.

در تحقیق حاضر میانگین دقت اجرای الگوریتم ۹۰/۳۲٪ به دست آمد و از روی رنگ سبز گیاهچه‌ها تفکیک آنها از زمینه صورت گرفت و شمارش شد. مشابه همین نتیجه توسط لیو و همکاران در ۲۰۱۶ به دست آمد و آنها میانگین دقت الگوریتم را ۸۹/۹۴٪ اعلام کردند. همچنین اعلام نمودند که دقت ارزیابی‌ها تحت تأثیر رقم قرار نگرفت که مشابه همین نتیجه در تحقیق حاضر به دست آمد و ارقام در اجرای الگوریتم تأثیری نداشت و تفاوتی بین ارقام مشاهده نشد.

در تحقیق لورستوت و پورن پانومچای در سال ۲۰۱۶ دقت روش استفاده از ماشین بینایی بر روی جوانه‌زنی شش رقم برنج ۹۳/۰۶٪ و سرعت بکارگیری این روش هشت و سی و یک صدم ثانیه برای هر تصویر اعلام شد. در تحقیق حاضر نیز

دقت الگوریتم ۹۰/۳۲٪ و سرعت بکارگیری برای هر تصویر یک و شصت و هفت صدم ثانیه بود که از نظر دقت الگوریتم نتایج مشابهی با اختلاف سه درصد گزارش شده است.

در تحقیق جنو و کستر در سال ۲۰۰۱ مشخص شد که تفاوت آماری بین روش تجزیه و تحلیل تصاویر دیجیتال با کمک کامپیوتر با اندازه گیری چشمی وجود ندارد که مشابه همین نتیجه در تحقیق حاضر به دست آمد و تفاوت استفاده از اجرای الگوریتم و روش شمارش چشمی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نشد. در تحقیق الهربی و همکاران در سال ۲۰۱۸، دقت سامانه شمارش خودکار برای تعیین تعداد سنبله‌های گندم، ۹۰/۷٪ گزارش شد. در تحقیق بایروا و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز دقت اجرای الگوریتم شمارش خودکار انواع گل، ۸۹/۸۶٪ تخمین زده شد که در تحقیق حاضر نیز دقت اجرای الگوریتم ۹۰/۳۲٪ به‌دست آمد و با نتایج این دو تحقیق همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

جمع‌بندی نتایج و بررسی‌های انجام شده در مزرعه نشان داد که برگ گیاهچه‌های چغندرقند پس از بیرون آمدن از خاک، بسته به میزان تراکم کشت، از نظر هم‌پوشانی دارای سه حالت بودند. در حالت اول گیاهچه‌ها از یکدیگر فاصله داشتند. در حال دوم گیاهچه‌ها فقط با یکدیگر تماس داشته و در حالت سوم به دلیل تراکم کشت زیاد، گیاهچه‌ها نسبت به یکدیگر هم پوشانی داشته و تفکیک و شمارش آنها با این روش بسیار مشکل بود. الگوریتم ارائه شده، مربوط به حالت‌های اول و دوم بود. دقت الگوریتم ۹۰/۳۲٪ و مدت زمان اجرای آن حدود ۱/۶۷ ثانیه بود. همچنین ارقام مختلف چغندرقند در اجرای الگوریتم و دقت آن تأثیری نداشت.

پیشنهاد می‌شود که فاصله کاشت بین بذور در روی یک ردیف، بین پنج تا شش سانتی‌متر باشد. با رعایت این موضوع، در هفته اول بعد از اولین آبیاری، بین گیاهچه های سبزشده همپوشانی ایجاد نمی‌شود و به‌راحتی با بکارگیری الگوریتم قابل شمارش هستند و همچنین تا مدت زمان بیشتری (تا پیش از همپوشانی گیاهچه‌ها) می‌توان از این تکنیک جهت پایش سریع و دقیق گیاهچه‌های سبز شده استفاده نمود. این نتیجه به عنوان توصیه‌ای برای اجرای پروژه های مقایسه ارقام چغندرقند بسیار حائز اهمیت است و می‌توان به عنوان یک شاخص سریع و دقیق در ارزیابی ارقام از آن استفاده نمود.

مراجع

1. Alharbi, N., Zhou, J., and Wang, W. 2018. Automatic Counting of Wheat Spikes from Wheat Growth Images. Proceedings of the 7th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods.
2. Annamalai, P., Lee, W.S., and Burks, T.F. 2004. Color vision system for estimating citrus yield in real time. ASAE/CSAE Annual International Meeting; Ottawa, Canada, pp: 1-9.
3. Bairwa, N., Agrawal, N., and Gupta, S. 2014. Development of counting algorithm for overlapped agricultural products. International Journal of Computer Application, pp: 16–19.
4. Belsare, P.P., and Shah, S.K. 2013. Evaluation of seedling growth rate using image processing. IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research.

5. Brunes, A.P., Araújo, A.S., Dias, L.W., Villela, F.A., and Aumonde, T.Z. 2016. Seedling length in wheat determined by image processing using mathematical tools. Revista Ciência Agronômica, 47(2): 374-379.
6. Chaugule, M.A. 2012. Application of image processing in seed technology. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2(4): 153-159.
7. Diago, M.P., Sanz-Garcia, A., Millan, B., Blasco, J., and Tardaguila, J. 2014. Assessment of Flower Number per Inflorescence in Grapevine by Image Analysis under Field Conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94: 1981-1987.
8. Ducournau, S., Feutry, A., Plainchault, P., Revollon, P., Vigouroux, B., and Wagner, M.H. 2004. An image acquisition system for automated monitoring of the germination rate of sunflower seeds. Computers and Electronics in Agriculture, 44(3): 189–202.
9. Farahani, L. 2011. Seedling growth of some wheat cultivars under salt stress conditions using image processing technique. Proceedings of the National Conference of New achievements in agriculture. Qods city, Islamic Azad University, Qods city Branch. (in Persian, abstract in English)
10. Geneve, R.L., and Kester, S.T. 2001. Evaluation of seedling size following germination using computer-aided analysis of digital images from flat-bed scanner. Hort Science, 36: 1117–1120.
11. Granitto, M., Navone, D., Verdes, F., and Ceccatto, H.A. 2002. Weed seeds identification by machine vision. Computers and Electronics in Agriculture, 33(2): 91–103.
12. Guerin, D., Cointault, F., Gee, F., and Guillemin, J. 2004. Feasibility study of a wheatears counting vision system. Proceedings of the 7th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods.
13. Harmsen, S.R., and Koenderink, N.J.J.P. 2009. Multi-target Tracking for Flower Counting using Adaptive Motion Models. Computers and Electronics in Agriculture, 65: 7-18.
14. Heidari, A.R. 2012. Image processing in Matlab, Behavara and Kelk Zarin Publishers, pp: 228. (in Persian, abstract in English)
15. Huang, X.Y., Wu, S.Y., Fang, R.M., and Luo, Y.K. 2003. Inspection of chalk degree of rice using genetic neural network. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 19: 137-139.
16. Kapadia, V.N., Sasidharan, N., and Kalyanrao, P. 2017. Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research. Adv. Biotech & Micro, 7(2): 555709.
17. Liu, T., Wu, W., Chen, W., and Sun, C. 2016. Automated image-processing for counting seedlings in a wheat field. Precision Agriculture, 17(4): 392-406.
18. Lurstwut, B., and Pornpanomchai, C. 2016. Application of image processing and computer vision on rice seed germination analysis. International Journal of Applied Engineering Research, 11: 6800-6807.
19. Nazarzadeh oghaz, S., Nazarzadeh oghaz, A., Saeedi Rad, M.H., and Zarif Neshat, S. 2016. Design, construction and evaluation of the visual system of the machine for the detection of wheat weed and real-time spraying of precision agricultural herbicides. Proceedings of the 10th Conference of Agricultural

Machinery Engineering (Bio-system) and Mechanization of Iran, Mashhad, Mashhad Ferdowsi University. (in Persian, abstract in English)

20. Patel, H.N., Jain, R.K., and Joshi, M.V. 2012. Automatic segmentation and yield measurement of fruit using shape analysis. International Journal of Computer Applications, 45: 19-24.
21. Sako, Y., McDonald, M.B., Fujimura, K., Evans, A.F., and Bennett, M.A. 2001. A system for automated seed vigour assessment. Seed Sci. & Technology, 29(3): 625-636.
22. Shaker, M., Minaei, S., Khoshtaghaza, M.H., Banakar, A., and Jafari, A.A. 2015. Utilization of Machine Vision for Performance Improvement and Reduction of Losses in Paddy Husker. Agricultural Mechanization and systems Research, 16(65): 47-64. (in Persian, abstract in English)
23. Shi, L.J., Wen, Y.X., Mo, T.M., and Chen, F. 2009. Application of backward cloud to chalkiness detection. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 40: 196-199.
24. Skrubej, U., Rozman, Č., and Stajnko, D. 2015. Assessment of germination rate of the tomato seeds using image processing and machine learning. European Journal of Horticultural Science, 80: 68–75.
25. Tanska, M., Rotkiewicz, D., Kozirok, W., and Konopka, I. 2005. Measurement of the geometrical features and surface colour of rapeseeds using digital image analysis. Food Research International, 38: 741-750.
26. Urena, R., Rodriguez, F., and Berenguel, M. 2001. A machine vision system for seeds germination quality evaluation using fuzzy logic. Computers and Electronics in Agriculture, 32(1): 1–20.
27. Wijethunga, P., Samarasinghe, S., Kulasiri, D., and Woodhead, I. Digital image analysis based automated kiwifruit counting technique. Proceedings of the 23th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand, pp: 1-6.
28. Yao, Q., Xian, D.X., Liu, Q.J., Yang, B.J., Diao, G.Q., and Tang, J. 2014. Automated counting of rice planthoppers in paddy fields based on image processing. Journal of Integrative Agriculture, 13(8): 1736-1745.
29. Yoshioka, Y., Iwata, H., Tabata, M., Ninomiya, S., and Ohsawa, R. 2007. Chalkiness in rice potential for evaluation with image analysis. Crop Science, 47: 2113-2120.
30. Zhao, M.J., Qin, S.L., Liu, Z., Cao, J., Yao, X., Ye, S., and Li, L. 2015. An automatic counting method of maize ear grain based on image processing. Springer International Publishing, 452: 521–533.

Determination of number of sugar beet seedlings using image processing method

Mohammad Shaker[1*], Mohsen Bazrafshan[2], and Abdolabbas Jafari[3]

1. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education And Extention Organization, Shiraz, Iran
2. Assistant Professor, Sugar Beet Seed Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education And Extention Organization, Shiraz, Iran
3. Assistant Professor, Biosystem Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University

Abstract

Evaluation of the percentage of emergence of sugar beet varieties and hybrids in the field as a superior feature of the modified cultivar is very important for the breeder. The purpose of this study was to provide an image processing-based method for fast and accurate counting of seedlings of various sugar beet varieties in the field. The images were prepared using a digital camera from a fixed height and transferred to the Matlab software environment. Using the image processing techniques and functions in the software, the algorithm of counting and determining the number of sugar beet seedlings in a fixed length was coded and presented. The accuracy of the algorithm was 90.32 percent. The actual number of seedlings and the number of observed by the algorithm were statistically analyzed by paired t-student test and it was found that at 5% probability level there was no significant difference between them. Also, different sugar beet cultivars did not affect the performance of the algorithm and its accuracy.

Key words: Image processing, Sugar beet, Germination, Seedlings.

*Corresponding author
E-mail: m.shaker1348@gmail.com