

توسعه‌ی نرم‌افزار اندازه‌گیری سطح برگ و مقایسه‌ی آن با روش‌های مرسوم

هومن شریف نسب^{۱*}، فریبرز عباسی^۲

چکیده

سطح برگ نقش مهمی در تجزیه و تحلیل رشد و فتوسنتز دارد. به طور سنتی سطح برگ با استفاده از معادله رگرسیون، روش شمارش شبکه، روش توزین و پلانی‌متری اندازه‌گیری می‌شود. در این مقاله یک الگوریتم ساده، سریع، غیرمخرب و دقیق برای اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از پردازش تصویر، پیاده‌سازی شده است. تصویر از دوربین تلفن همراه به دست می‌آید و در فرمت JPEG ذخیره می‌شود. سپس در نرم‌افزار تدوین و به فرمت Bitmap تبدیل می‌شود. تصویر تبدیل شده‌ی رنگی با استفاده از روش آستانه (threshold) تقسیم‌بندی می‌شود. نویزهای تصویر در منطقه برگ و مقیاس با استفاده از تکنیک انتخاب رنگ منطقه حذف می‌گردد. تعداد پیکسل‌ها در جسم مربع (مقیاس) و منطقه‌ی برگ محاسبه و سطح برگ با شمارش تعداد پیکسل‌ها و با توجه به مقیاس، تعیین می‌شود. در این تحقیق، از ۶ گیاه مختلف پهن‌برگ، باریک‌برگ، پنجه‌ای و کشیده (انگور، آلو، گردو، انجیر، ذرت و نعنای) برای آزمون نرم‌افزار پیشنهادی استفاده شد. از هر گیاه مساحت ۱۰ برگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، استفاده از الگوریتم فوق در سطح اطمینان ۹۹٪ با سایر روشهای اندازه‌گیری (پویشگر ثابت، ترسیم بر کاغذ و استفاده از ابزار مساحت‌سنجی مرسوم) تفاوت معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: پویشگر، تلفن همراه، دوربین، غیرمخرب

۱- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(نویسنده مسئول: hsharifnasab@yahoo.com)

۲- استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مقدمه

با توجه به اینکه کشاورزی در اقتصاد تاثیر زیادی دارد، لازم است که تولید کشاورزی افزایش یابد و مورد پایش قرار گیرد. تولید محصول بستگی به رشد گیاه دارد که تحت تاثیر نور، دما، مواد غذایی آب و مواد معدنی قرار می‌گیرد. رشد گیاه بستگی به سطح برگ، تعداد برگ و ساقه، عرض ساقه و ارتفاع گیاه دارد. از آنجا که سطوح برگ قسمت اصلی مبادلات انرژی و جرم هستند، فرایندهای مهم مانند پایش سطح سبزه، تعرق و فتوسنتز به‌طور مستقیم با شاخص سطح برگ متناسب هستند. مساحت برگ نقش مهمی در تجزیه و تحلیل رشد و فتوسنتز دارد. مساحت برگ با استفاده از روش‌های مختلف مخرب و غیرمخرب اندازه‌گیری می‌شود. در روش‌های مخرب، برگ از گیاه حذف می‌شود و سپس اندازه‌گیری انجام می‌شود. در روش‌های غیرمخرب ابعاد برگ بدون حذف برگ اندازه‌گیری می‌شود. به‌طور سنتی سطح برگ با استفاده از معادله رگرسیون، روش شمارش شبکه، روش گرانش و پلانی متری اندازه‌گیری می‌شود. مونتگومری (Montgomery, 1911) رابطه (۱) را برای اندازه‌گیری سطح برگ پیشنهاد داده است:

$$A = b \times l \times w \quad (1)$$

که در آن، b ضریب شکل برگ، l طول برگ و w عرض برگ است. این روش غیرمخرب، سریع و آسان است. اما ایراد آن این است که روابط این چنین برای همه گیاهان یکنواخت نیست، زیرا ضریب b در بین گونه‌ها متفاوت است. در روش شمارش شبکه (Caldas *et al.*, 1992) ابتدا برگ از گیاه حذف می‌شود و بر روی کاغذ شبکه قرار می‌گیرد. خطوط برگ با استفاده از مداد بر روی کاغذ شبکه ساخته شده است. در نهایت سطح برگ با شمارش شبکه‌های تحت پوشش برگ اندازه‌گیری می‌شود. این روش دقیق اما دشوار و وقت‌گیر است که در تعداد زیادی از برگ استفاده می‌شود. روش توزین نیز برای اندازه‌گیری سطح برگ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ross & Ross, 1995). در این روش برگ از گیاه جدا می‌شود و روی کاغذ سفید قرار می‌گیرد. کاغذ بر اساس شکل برگ بریده می‌شود. وزن کاغذ بریده شده با وزن یک کاغذ کامل (با ابعاد مشخص) مقایسه می‌شود. این روش نیز در هنگام استفاده از برگ‌های بزرگ دشوار و وقت‌گیر است. پلانیمتر روش سریعتری است، اما دقت آن به ویژه برای برگ‌های نسبتاً کوچک محدود است (Caldas *et al.*, 1992). برخی از محققان از تکنیک‌های پردازش تصویر برای اندازه‌گیری سریع و دقیق سطح برگ استفاده کرده‌اند (Chaohui *et al.*, 2010, Sanjay *et al.*, 2011a). از اولین تلاش‌ها برای اندازه‌گیری سطح برگ با کمک پردازش تصویر، می‌توان به تحقیقی که در سال ۱۹۸۸ در امریکا انجام شد، اشاره نمود. در این تحقیق با استفاده از یک رایانه IBM مجهز به یک دیجیتایزر تصویر برگ تهیه و در قالب کدهای ASCII پردازش شد که زمان لازم آن برای نمایش تصویر بر صفحه نمایش بالغ بر ۲۰ ثانیه طول می‌کشید. خطای اندازه‌گیری مساحت برگ‌ها با پیچیده شدن شکل آن‌ها به شدت افزایش می‌یافت به گونه‌ای که مثلاً برای ساده‌ترین شکل برگ میزان خطا $0.5 \pm 0.5\%$ و برای برگ‌های کمی پیچیده‌تر میزان خطا $0.8 \pm 0.59\%$ و برای برگ‌ها با شکل‌های پیچیده‌تر میزان خطا $1.1 \pm 0.64\%$ گزارش شد (William, &

(Crossly, 1988). مساحت برگ با استفاده از مراحل زیر اندازه‌گیری می‌شود: گرفتن تصویر، پیش‌پردازش تصویر، تقسیم منطقه برگ، حذف نویزها و محاسبه‌ی محدوده. برخی از محققان از روش استخراج کانتور (Chaohui. *et al.*, Hajjdiab *et al.*, Feng *et al.*, 2010) برای تقسیم‌بندی منطقه‌ی برگ استفاده می‌کنند و دیگران از تقسیم‌بندی آستانه استفاده می‌کنند (Sanjay *et al.*, 2011a). در تحقیقی که در کشور هندوستان انجام شد، برای شناسایی اثرات لک‌های ناشی از بیماری بر روی برگ گیاه، از روش پردازش تصویر استفاده شد که برای شناسایی مساحت برگ از روش آستانه (threshold) ساده و برای شناسایی منطقه بیماری از روش آستانه مثلثی بهره گرفته شد. در این تحقیق با دقت ۹۸/۶٪ بیماریها درست شناسایی شدند (Sanjay *et al.*, 2011b). در تحقیق دیگری در سال ۱۹۹۲ در برزیل با استفاده از یک پویسگر دستی و تصویربرداری با کیفیت‌های مختلف بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نقطه بر اینچ، مساحت برگها اندازه‌گیری شد. در این تحقیق برای هر میزان دقت یک معادله واسنجی مورد استفاده قرار گرفت. مثلاً برای تصویربرداری با کیفیت ۱۰۰ نقطه بر اینچ رابطه واسنجی (۲) ارائه شد.

$$S_a = 1/001 * R_a - 0.0621 \quad (2)$$

که در آن، S_a مساحت اندازه‌گیری شده توسط پویسگر و R_a مساحت واقعی جسم مقیاس می‌باشد. در این رابطه ضریب تبیین $R^2=1$ گزارش شده است (Caldas *et al.*, 1992).

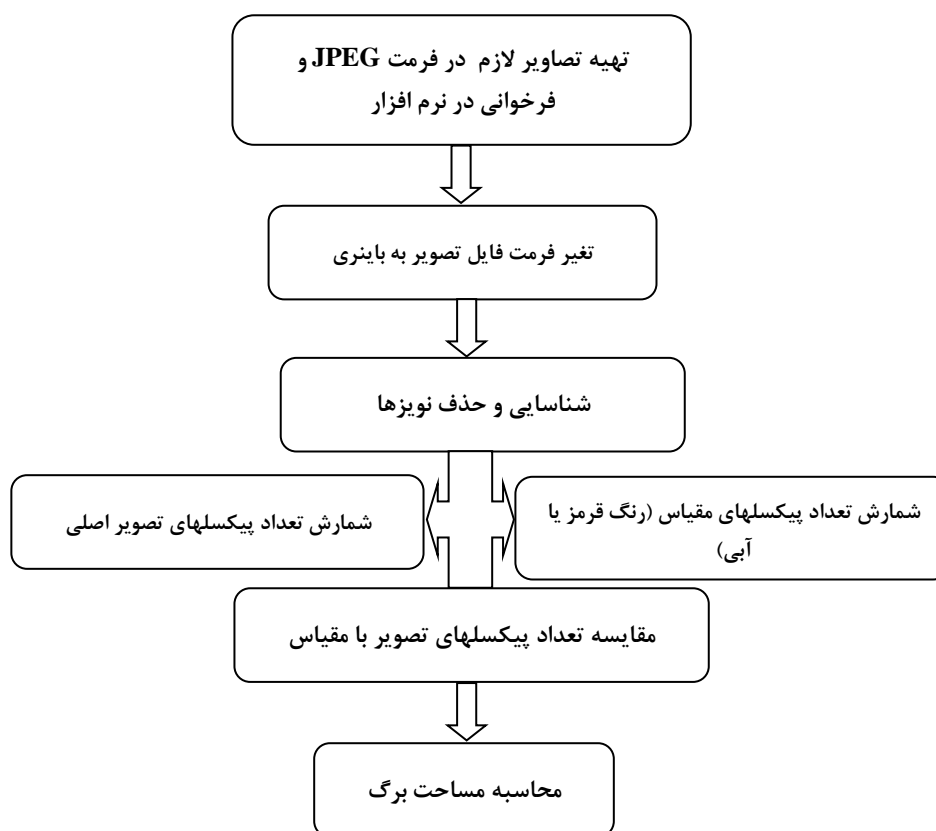
در سال ۲۰۱۴ در کشور هندوستان محققان نرم‌افزار رایگانی را توسعه دادند که با استفاده از یک پویسگر رومیزی مساحت برگ گیاه را اندازه‌گیری می‌کرد. این نرم‌افزار مساحت برگ‌های کنده شده از گیاه را در بستر Dotnet framework با استفاده از SQL Server اندازه‌گیری می‌کرد. مساحت‌های اندازه‌گیری شده با این نرم‌افزار با مقادیر اندازه‌گیری شده با دستگاه Leaf Area Meter ساخت شرکت Disha Infoway هند مقایسه شد و نتیجه گرفتند که برای گونه‌های کلم، زردچوبه، سویا و برگ گندم، میزان خطا کمتر از ۲٪ ± است (Kaur *et al.*, 2015). در تحقیقی، محققان از شبکه‌های عصبی برای اندازه‌گیری سطح برگ کمک گرفتند. در این پژوهش، اطلاعاتی که از برگ‌ها در اختیار بود و معمولاً نیز برای تخمین سطح برگ به‌کار می‌رود عبارتند از: طول، عرض، وزن تر و وزن خشک برگ به عنوان ورودی و سطح برگ به‌عنوان خروجی مورد نظر. در این پژوهش اطلاعات مربوط به ۸۰ برگ در اختیار بود و به‌کار رفته‌اند. با استفاده از مشخصاتی که از برگ‌ها در اختیار بود و تلفیق این مشخصات، ورودی‌های لازم برای شبکه‌های عصبی ساخته شد. از این ۸۰ زوج ورودی/خروجی، تعدادی از آنها به‌صورت تصادفی و با احتمال ۰/۷ به‌عنوان الگوهای آموزشی و مابقی به‌عنوان الگوی تست به‌کار رفتند. شبکه عصبی بکار رفته از نوع پرسپترون چند لایه با دولایه مخفی بود که تعداد نورن‌های لایه‌های مخفی ۶ و ۴ انتخاب شد. خروجی شبکه یک نورن داشت که مساحت برگ بود. همه‌ی اطلاعات نرمالیزه شدند. برای رسیدن به بهترین و سریعترین روش، از چهار پارامتر اندازه‌گیری

شده به روش‌های مختلف در تخمین سطح برگ به کمک شبکه‌های عصبی استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد که بهترین حالت از نظر دقت و غیرمخرب بودن، استفاده از طول، عرض و طول در عرض در ۰/۷ است (موحدیان و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین یک شرکت ایتالیایی نرم‌افزار تحت اندروید را برای تخمین سطح برگ توسعه داده است که بر روی تلفن‌های همراه قابل استفاده است (Confalonieri et al., 2014). در تحقیق دیگری برگ‌های ذرت مورد اندازه‌گیری غیرمخرب قرار گرفتند (Sezer et al., 2007).

در پژوهشی از عکسبرداری دیجیتال برای برآورد مقدار پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ و نیتروژن جذب شده به‌وسیله چغندر قند استفاده شد. عکس‌ها در طول فصل رشد و به‌وسیله دوربین دیجیتال مدل Canon تهیه شد. با استفاده از نرم‌افزار ILWIS باندهای اصلی شامل قرمز، سبز و آبی (RGB) از عکسها استخراج و ترکیب‌های مختلف باندهای اصلی تهیه شد. نتایج نشان داد که رابطه‌ی شاخص (GMR) (باند سبز منهای باند قرمز) همبستگی مناسبی (۰/۸۴) با مقدار نیتروژن جذب شده توسط چغندر قند داشت. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB درصد پوشش سبز گیاه چغندر قند به‌دست آمد و همبستگی آن با ترکیب به‌دست آمده (GMR) با مقدار ضریب تبیین ۰/۷۸ مشخص شد. همچنین با استفاده از رابطه‌ای که بین درصد پوشش و ضریب خاموشی وجود داشت، مقدار ضریب خاموشی برای دوره ابتدایی رشد چغندر قند برابر ۰/۴۹ تخمین زده شد (Kamali, et al., 2015). در پژوهشی دیگر از یک دوربین دیجیتال اصلاح شده برای تعیین دقیق توزیع مکانی شاخص سطح برگ در یک مزرعه‌ی ذرت علوفه‌ای استفاده شد. با توجه به رزولوشن بالای این سامانه‌ی تصویربرداری (در حد سانتی‌متر) تفکیک پیکسل‌های دارای پوشش گیاهی از پیکسل‌های بدون پوشش گیاهی در تصاویر استخراج شده، به خوبی انجام شد و این موضوع در تعیین درصد پوشش گیاهی (تراکم رشد محصول) موثر بود. شاخص سطح برگ بیشترین همبستگی را با درصد پوشش گیاهی ($R^2 = 0/919$) و بعد از آن با باند طیفی مادون قرمز نزدیک ($R^2 = 0/741$) داشت. همبستگی بالایی بین دو باند طیفی قرمز و سبز با باند طیفی مادون قرمز نزدیک وجود داشت. این همبستگی باعث شد اثر این دو باند طیفی در کنار باند طیفی مادون قرمز نزدیک، در مدل‌سازی شاخص سطح برگ معنادار نشود. در نتیجه مدل‌سازی شاخص سطح برگ تنها با دو پارامتر درصد پوشش گیاهی و باند طیفی مادون قرمز نزدیک، انجام شد. ضریب تعیین تعدیل شده در مدل ۰/۹۶۶ به‌دست آمد که نشان داد ۹۶/۶٪ از تغییرات شاخص سطح برگ در سطح مزرعه، توسط دو متغیر درصد پوشش گیاهی و باند طیفی مادون قرمز نزدیک وارد شده به مدل تبیین می‌شود (Gooyandeh et al., 2018). ملاحظه می‌شود که روش‌های مختلفی با دقت و هزینه‌های متفاوت برای اندازه‌گیری سطح برگ در منابع وجود دارد. در این مقاله الگوریتم پردازش تصویر به‌عنوان یک روش ارزان و غیرمخرب برای اندازه‌گیری سطح برگ پیشنهاد شده است.

مواد و روش‌ها

سخت‌افزار مورد استفاده، یک دوربین گوشی همراه، یک مربع رنگی (قرمز و یا آبی) به مساحت 20×20 میلی‌متر مربع، یک کامپیوتر و کاغذ سفید است. برگ بدون آنکه از گیاه جدا شود، جسم مربع (مقیاس) بر روی ورقه کاغذ سفید قرار داده می‌شود و تصویر با استفاده از دوربین دیجیتال (دوربین گوشی همراه) تهیه می‌شود. نرم‌افزار با زبان Delphi نوشته شده است. آزمایشات بر روی ۶ نوع برگ (انگور، آلو، گردو، انجیر، ذرت و نعنای) و از هر کدام ۱۰ تکرار، انجام شد. نمونه برگ‌های انتخاب شده در شکل و اندازه متفاوت بودند. شکل ۱ مراحل مربوط به اندازه‌گیری سطح برگ را نشان می‌دهد. تصاویر از برگ‌های گیاهان با استفاده از دوربین تلفن همراه تهیه شدند. تمام تصاویر در فرمت JPEG ذخیره و سپس به فضای باینری تبدیل می‌شوند. در آخر، سطح برگ با استفاده از شمارش پیکسل‌های منطقه‌ی برگ و مقایسه با تعداد پیکسل‌های مقیاس، محاسبه می‌شود.



شکل ۱. فلوجارت مساحت‌سنجی برگ با استفاده از پردازش تصویر

تصاویر لازم از برگ‌های گیاهان مختلف، با استفاده از دوربین رنگی گوشی تلفن همراه با قابلیت تفکیک ۸ مگاپیکسل تهیه و توسط نرم‌افزار CamScanner موجود بر روی گوشی تلفن همراه ذخیره می‌شود. برگ‌ها از گیاهان موجود در فضای سبز موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انتخاب شدند. برخی از برگ‌های نمونه در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای تهیه‌ی تصویر، برگ گیاه روی کاغذ سفید با یک مربع رنگی 2×2 سانتی‌متر مربع قرار داده شد که در شکل ۲ نشان داده شده است. همه تصاویر در قالب JPEG ذخیره می‌شوند. برای تهیه تصاویر هیچ آسیبی به گیاه وارد نمی‌شود.



شکل ۲: روش تهیه تصاویر با دوربین تلفن همراه

پس از فراخوانی تصویر به نرم‌افزار پیشنهادی، با انتخاب یک رنگ خاص (توسط اشاره‌گر موس)، شماره کد RGB رنگ مورد نظر استخراج می‌گردد و رنگ‌های مشابه رنگ مورد نظر در سراسر تصویر انتخاب و تعداد پیکسل‌های آنها شمارش می‌شود. همانگونه که در تمام تصاویر مرسوم است، انتخاب یک رنگ ویژه به درستی بیان‌کننده‌ی کل آن رنگ در سراسر تصویر نیست و نیاز است که طیف رنگ مفروض مورد توجه قرار گیرد (Mirtavoosi, 2012). این کار با روش زیر در این پروژه مورد توجه قرار گرفته است:

برای بیان طیف رنگ قرمز که با عبارت (R.G.B) تعیین شده است، از عبارت $(R \pm \alpha . G . B)$ استفاده می‌شود.
برای بیان طیف رنگ سبز که با عبارت (R.G.B) تعیین شده است، از عبارت $(R . G \pm \alpha . B)$ استفاده می‌شود.
برای بیان طیف رنگ آبی که با عبارت (R.G.B) تعیین شده است، از عبارت $(R . G . B \pm \alpha)$ استفاده می‌شود.

به منظور تعیین میزان دقت در انتخاب رنگ طیف، ممکن است بازه انتخابی α را بزرگتر و یا کوچکتر انتخاب نمود؛ به بیان دیگر هرچه میزان α را بزرگتر انتخاب کنیم، دامنه وسیعتری از طیف مورد نظر را در بر خواهد گرفت. ابتدا تعداد پیکسل‌های منطقه برگ و همچنین منطقه شیء شناخته شده (مقیاس) محاسبه می‌شود. در این مقاله شیء مقیاس یک مربع رنگی 20 میلی‌متر در 20 میلی‌متر است. بنابراین، مساحت واقعی جسم مربع 400 mm^2 است. اکنون سطح برگ با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$A_l = \frac{p_l}{p_s} \times A_s \quad (3)$$

فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی- دوره ۳۴، شماره ۲، پیاپی ۶۸، تابستان ۱۴۰۰/ ۸۹

که در آن، AS مساحت مربع است (که ۴۰۰ میلی‌متر مربع می‌باشد)، PS با شمارش تعداد پیکسل‌ها در جسم مربع و PI توسط شمارش تعداد پیکسل‌ها در منطقه برگ حاصل می‌شود. A_i بیان کننده سطح برگ می‌باشد.

اندازه‌گیری‌ها بر روی برگ‌های گیاهان با شکل‌های مختلف انجام شد. مساحت برگ‌ها با استفاده از الگوریتم پیشنهادی (تصویربرداری با دوربین تلفن همراه و مساحت‌سنجی با نرم‌افزار تدوین شده) محاسبه شد و نتایج با تصویربرداری با دستگاه تخصصی مساحت‌سنجی WinArea-UT-10 مطابق شکل ۳، تصویربرداری با پوششگر رومیزی مسطح مدل CanoScan LiDE 220 و تصویربرداری با دستگاه زیراکس پیش رفته مطابق شکل ۴ مقایسه شد.









شکل ۳. مساحت‌سنجی با دستگاه WinArea-UT-10



شکل ۴. برش تصویر برگ‌ها روی کاغذ و توزین آن‌ها

جدول ۱: معرفی گیاهان نمونه برداری شده

ردیف	گیاه انتخابی	نمونه تصویر برگ	تعداد نمونه
۱	انگور		۱۰
۲	آلو		۱۰
۳	گردو		۱۰
۴	انجیر		۱۰
۵	ذرت		۱۰
۶	نعناع		۱۰

نتایج و بحث

مطابق جدول ۲، روش‌های مختلف اندازه‌گیری سطح برگ شامل (۱) اندازه‌گیری مساحت برگ با استفاده از دستگاه تخصصی مساحت‌سنجی WinArea در آزمایشگاه، (۲) توزین وزن کاغذ بریده شده با مقیاس یک به یک برگ و مقایسه با وزن مساحت مشخص سطح کاغذ (۳) تصویربرداری از برگ با پوششگر رومیزی و استفاده از نرم افزار توسعه داده شده (۴) استفاده از دوربین تلفن همراه و ارسال تصویر به نرم افزار توسعه داده شده، در سطح اطمینان ۹۹٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. این بدان معنی است که با توجه به سرعت زیاد، اندک بودن هزینه و همچنین دقت قابل قبول، استفاده از تصویربرداری با دوربین گوشی تلفن همراه و مساحت‌سنجی با نرم افزار تدوین شده، قابل توصیه می باشد.

جدول ۲: جدول همبستگی روش‌های مختلف مساحت سنجی

پوشگر رومیزی مسطح (mm ²)	دوربین گوشی همراه (mm ²)	فتوکپی تصویر بر کاغذ (mm ²)	دستگاه تخصصی مساحت سنجی (mm ²)		
۱/۰۰۰**	۰/۷۹۵**	۱/۰۰۰**	۱	ضریب پیرسون	دستگاه تخصصی
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		Sig. (2-tailed)	مساحت سنجی
۶۴	۶۴	۵۶	۶۴	تعداد نمونه	(mm ²)
۱/۰۰۰**	۰/۷۸۷**	۱	۱/۰۰۰**	ضریب پیرسون	فتوکپی تصویر بر
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		۰/۰۰۰	Sig. (2-tailed)	کاغذ (mm ²)
۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	تعداد نمونه	
۰/۷۹۹**	۱	۰/۷۸۷**	۰/۷۹۵**	ضریب پیرسون	دوربین گوشی همراه
۰/۰۰۰		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Sig. (2-tailed)	(روش پیشنهادی)
۶۴	۶۴	۵۶	۶۴	تعداد نمونه	(mm ²)
۱	۰/۷۹۹**	۱/۰۰۰**	۱/۰۰۰**	ضریب پیرسون	پوشگر رومیزی
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Sig. (2-tailed)	مسطح (mm ²)
۶۴	۶۴	۵۶	۶۴	تعداد نمونه	

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۰/۰۱

برای واسنجی مساحت اندازه‌گیری شده توسط یک ابزار و مقایسه با ابزارهای دیگر می‌توان از روابط جدول (۳) استفاده نمود. همانگونه که مشخص است، ضریب تبیین R² در تمام روابط بیش از ۹۹ درصد است و تمام روابط از درجه اول هستند. چنانچه روش اندازه‌گیری با دستگاه تخصصی WinArea به عنوان ملاک سنجش (X) قرار گیرد (دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری)، مقایسه سایر روش‌ها (Y) با آن از روابط برابری جدول (۳) به دست می‌آیند. در تمام روابط مقدار به دست آمده X تقریباً برابر با Y می‌باشد و عرض از مبدا به آن اضافه می‌گردد. مقدار عرض از مبدا در مقایسه‌ی دستگاه اندازه‌گیری تخصصی WinArea با دوربین تلفن همراه و استفاده از نرم‌افزار تدوین شده، معادل ۱۴۶/۴۱ می‌باشد. این موضوع بدین معنی است که چنانچه مساحت هر برگ را با تصویربرداری با استفاده از گوشی تلفن همراه تهیه و در نرم‌افزار تدوین شده بارگذاری و مساحت‌سنجی کنیم، در مقایسه با دستگاه تخصصی، لازم است عدد ۱۴۶/۴۱ میلی‌متر مربع به آن افزوده گردد. نکته جالب توجه، نزدیک بودن مساحت به دست آمده در روش تهیه تصویر با دوربین تلفن همراه و تهیه تصویر با استفاده از دستگاه پوشگر رومیزی است که عرض از مبدا آن ۵۳/۰۹۶ میلی‌متر مربع می‌باشد.

جدول ۳: روابط واسنجی ابزارهای مختلف با یکدیگر

R ²	رابطه برابری	دستگاه اندازه‌گیری	دستگاه شاخص
۰/۹۹۸۸	Y= ۱/۰۰۹۲X+۱۴۱/۰۶	زیراکس و توزین	دستگاه تخصصی WinArea
۰/۹۹۴۲	Y=۱/۰۵۰۲X+ ۱۴۶/۴۱	دوربین تلفن همراه (روش پیشنهادی)	دستگاه تخصصی WinArea
۰/۹۹۹	Y=۱/۰۱۲۱ X + ۱۶۱/۸	پوشگر مسطح رومیزی	دستگاه تخصصی WinArea
۰/۹۹۴	Y= ۰/۹۵۸۵ X+ ۵۳/۰۹۶	پوشگر مسطح رومیزی	دوربین تلفن همراه (روش پیشنهادی)

نتیجه‌گیری کلی

از آنجایی که در استفاده از تصویربرداری با دوربین تلفن همراه و مساحت‌سنجی با نرم‌افزار تدوین شده در مقایسه با ابزارها و روش‌های مختلف اندازه‌گیری مساحت برگ (پوشیگر ثابت، ترسیم بر کاغذ و استفاده از ابزار مساحت‌سنجی مرسوم) در سطح اطمینان ۹۹٪ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، لذا توصیه می‌شود با استفاده از نرم‌افزار CamScanner گوشی همراه تصویربرداری از برگ صورت پذیرد و پس از انتقال تصاویر به نرم‌افزار پیشنهادی، مساحت‌سنجی انجام گیرد. استفاده از روش مزبور نه تنها بسیار ساده است، بلکه ارزان قیمت است و تقریباً هیچ ابزار اضافی (بجز رایانه و گوشی همراه) نیاز ندارد و از سرعت بالایی نیز برخوردار است.

منابع

- Caldas, L.S., Bravo, C., Piccolo, H., Rachel, C., Faria, S.M., (1992). Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. R. Bras. Fisiol. 4(1): pp. 17-20.
- Chaohui, L., Ren, H., Zhang, Y., Shen, Y. (2010). Leaf area measurement based on image processing. IEEE International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. pp. 580-582.
- Confalonieri, R., Francone, C. & Foi, M. (2014). *The pocket LAI smartphone app: an alternative method for leaf area index estimation*. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSS) 7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software (pp. 1-6). San Diego, CA, USA: Retrieved from <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2014-proceedings>.
- Feng, T., Chun, W., (2010). Calculating the leaf-area based on non-loss correction algorithm. International Conference of Information Science and Management Engineering, IEEE, pp.75-78.
- Gooyandeh, M., Mirlatifi, S.M., Akbari, M., (2018). Estimating Leaf Area Index of a Corn Silage Field Using a Modified Commercial Digital Camera. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 6(12), pp. 1396-1406. (In Persian)
- Hajjdiab, H., Obaid, A., (2010). A vision-based approach for nondestructive leaf area estimation. 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology, IEEE, pp.53-56.
- Kamali. H.R, Zand Parsa, S., Zare, M., (2015). Estimation of canopy cover, leaf area index and leaf nitrogen content in sugar beet using digital photography. Sugar beet, 32(2), pp.123-133. (In Persian)
- Kaur, G., Din, S., Singh Brar, A., (2014). Scanner Image Analysis to Estimate Leaf Area. International Journal of Computer Applications, 107(3)
- Mirtavoosi, S. A. (2012). Digital Image Processing. Niaz Danesh Publication. 640 pp. (In Persian)
- Montgomery, E.G., (1911). Correlation studies in corn. Nebraska. Agr Exp Sta Annu Rep 24, pp.108-159.

- Movahedian, M., Hosseini, S. A., Ghorbanzadeh, M., (2007). Estimation of leaf area using neural networks. Third Conference on Information and Knowledge Technology (pp. 1-6). Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
- Ross, J., Ross, V., (1995). Photometrical characteristics of the willow plantation at Toravere. joint Swedish–Estonian Seminar, 24–26 September 1995. Swedish Univ. Agric. Sci. Uppsala, report 57, pp. 133–145.
- Sanjay, B.P., Shrikant, D., Bodhe, K., (2011a). Betel leaf area measurement using image processing. International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), 3: pp. 2656-2660.
- Sanjay, B.P., Shrikant, D., Bodhe, K., (2011b). Leaf disease severity measurement using image processing. International Journal of Engineering and Technology.3: pp. 297-301.
- Sezer, I., Fathi, O., Mut.Z., (2009). Non-destructive leaf area measurement in maize .Journal of Environmental Biology 5(30): pp. 785-790.
- William, W.H., Crossly, D.A., (1988). Video digitizer for the rapid measurement of leaf area lost to herbivorous insects. Annals of the Entomological Society of America

Development of software of measuring the surface area of the leaves and comparing it with conventional methods

H. Sharifnasab^{1*}, F. Abbasi²

Received:2020.11.17

Accepted:2021.2.1

Abstract

The leaf area plays an important role in growth and Photosynthetic analysis. Traditionally, leaf area is measured by using the regression equation, network counting method, weighing and planimeter methods. In this paper, a simple, fast and accurate algorithm is implemented to measure the leaf area by using image processing. The images are obtained from the mobile camera and stored in JPEG format. Then it is converted into Bitmap format in the software. The converted color image is subdivided by using the threshold method. Image noise is removed in the area of the leaf and scale through using the region color picker technique. The number of pixels in the square object (scale) and the leaf area are calculated and the leaf area is determined by counting the number of pixels and according to the scale. In this research, six different leafy, clawed and pulled leaves (grapes, plums, walnuts, figs, corn and peppermint) were used and from each plant, the area of 10 leaves were measured. Using the proposed algorithm at 99% confidence level, had no significant differences with other measurement methods (constant scanner, drawing on paper and using conventional area measurements).

Keywords: *Camera, Mobile phone, Non-destructive, Scanner*

1- Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization

*(Corresponding author: hsharifnasab@yahoo.com)

2- Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization