فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۴، شماره ۲، پیاپی ۶۸، تابستان ۱۴۰۰، ص ۸۳-۹۴
نوع مقاله: مقاله پژوهشی

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology
Vol.34, No.2, Ser. 68, Summer 2021, p. 83-94
Article type: Research paper

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۳

وب سایت نشریه: https://jab.alzahra.ac.ir
10.22051/JAB.2021.33969.1390

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 نعناع) 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 سبز، 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 اندازه گیری انجام می‌شود. در روش‌های غیرمخرب ابعاد برگ بدون حذف برگ اندازه‌گیری می‌شود. به طور 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 اندازه گیری سطح برگ پیشنهاد داده است:

$$A = b \times l \times w \qquad (۱)$$

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 می شود 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 می شود. 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 می گیرد. کاغذ بر اساس شکل برگ بریده می شود. وزن کاغذ بریده شده با وزن یک کاغذ کامل (با ابعاد مشخص) مقایسه می شود. این روش نیز در هنگام استفاده از برگ های بزرگ دشوار و وقت‌گیر است. پلانیمتر روش سریعتری است، اما دقت آن به ویژه برای برگ‌های نسبتا کوچک محدود است (Caldas *et al*., 1992). برخی از محققان از تکنیک های پردازش تصویر برای اندازه گیری سریع و دقیق سطح برگ استفاده کرده‌اند (Chaohui *et al*., 2010, Sanjay *et al*.,2011a). از اولین تلاش‌ها برای اندازه گیری 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 ۰/۵±۰/۵٪ و برای برگ‌های کمی پیچیده‌تر میزان خطا ۰/۵۹± ۰/۸ ٪ و برای برگ‌ها با شکل‌های پیچیده‌تر میزان خطا۲/۱±۰/۶۴٪ 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 پویشگر دستی و تصویربرداری با کیفیت‌های مختلف بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نقطه بر اینچ، مساحت برگها اندازه گیری 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.

$$S_a=1/001* R_a-0.0621 \quad (۲)$$

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

در سال ۲۰۱۴ در کشور هندوستان محققان نرم‌افزار رایگانی را توسعه دادند که با استفاده از یک پویشگر رومیزی مساحت برگ گیاه را اندازه‌گیری می‌کرد. این نرم‌افزار مساحت برگ‌های کنده شده از گیاه را در بستر Dotnet framework با استفاده از SQL Serverاندازه گیری 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 ۰/۷به‌عنوان الگوهای آموزشی و مابقی به عنوان 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

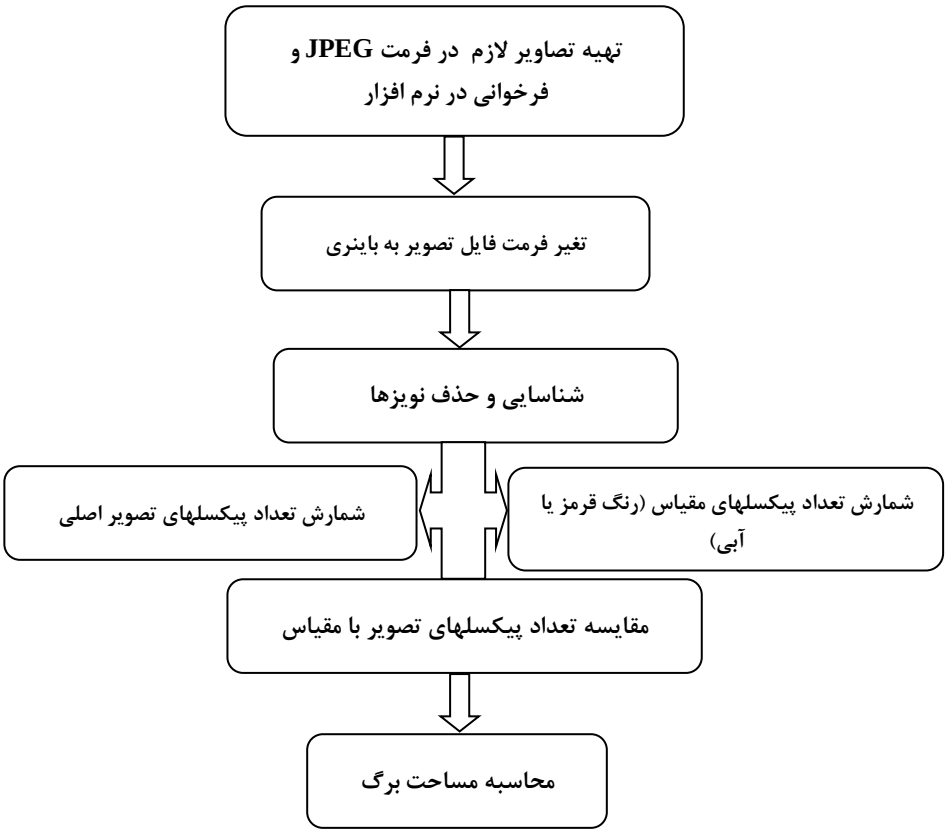
شده به روش‌های مختلف در تخمین سطح برگ به کمک شبکه‌های عصبی استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد که بهترین حالت از نظر دقت و غیرمخرب بودن، استفاده از طول، عرض و طول در عرض در ۰/۷ است (موحدیان و همکاران ،۱۳۸۶).

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 چغندرقند 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 چغندرقند داشت. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB درصد پوشش سبز گیاه چغندرقند به‌دست آمد و همبستگی آن با ترکیب به‌دست آمده (GMR) با مقدار ضریب تبیین۰/۷۸مشخص شد. همچنین با استفاده از رابطه‌ای که بین درصد پوشش و ضریب خاموشی وجود داشت، مقدار ضریب خاموشی برای دوره ابتدایی رشد چغندرقند برابر ۰/۴۹ تخمین زده‌شد (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 =۰/۹۱۹) و بعد از آن با باند طیفی مادون‌قرمز نزدیک (R^2 =۰/۷۴۱) 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 مادون‌قرمز 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 ۲۰ × ۲۰ 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 روی۶ نوع برگ (انگور، آلو، گردو، انجیر، ذرت و نعناع) و از هرکدام 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.



شکل۱. فلوچارت 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 نرم افزار 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 ۲x۲ 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.

شکل۲: روش تهیه تصاویر با دوربین تلفن همراه

پس از فراخوانی تصاویر 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 بیان کننده‌ی 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±α.G . B) استفاده می شود.
برای بیان طیف رنگ سبز که با عبارت (R.G.B) تعیین شده است، از عبارت (R.G±α . B) استفاده می شود.
برای بیان طیف رنگ آبی که با عبارت (R.G.B) تعیین شده است، از عبارت (R.G . B±α) استفاده می شود.

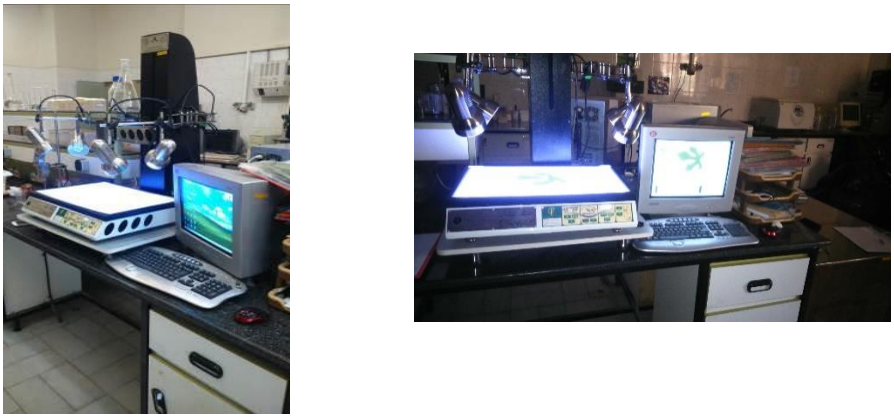
به منظور تعیین میزان دقت در انتخاب رنگ طیف، ممکن است بازه انتخابی α را بزرگتر و یا کوچکتر انتخاب نمود؛ به بیان دیگر هرچه میزان α را بزرگتر انتخاب کنیم، دامنه وسیعتری از طیف مورد نظر را در بر خواهد گرفت.

ابتدا تعداد پیکسل‌های منطقه برگ و همچنین منطقه شیء شناخته شده (مقیاس) محاسبه می‌شود. در این مقاله شیء مقیاس یک مربع رنگی ۲۰ میلی‌متر در ۲۰ میلی‌متر است. بنابراین، مساحت واقعی جسم مربع $۴۰۰mm^2$ است. اکنون سطح برگ با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

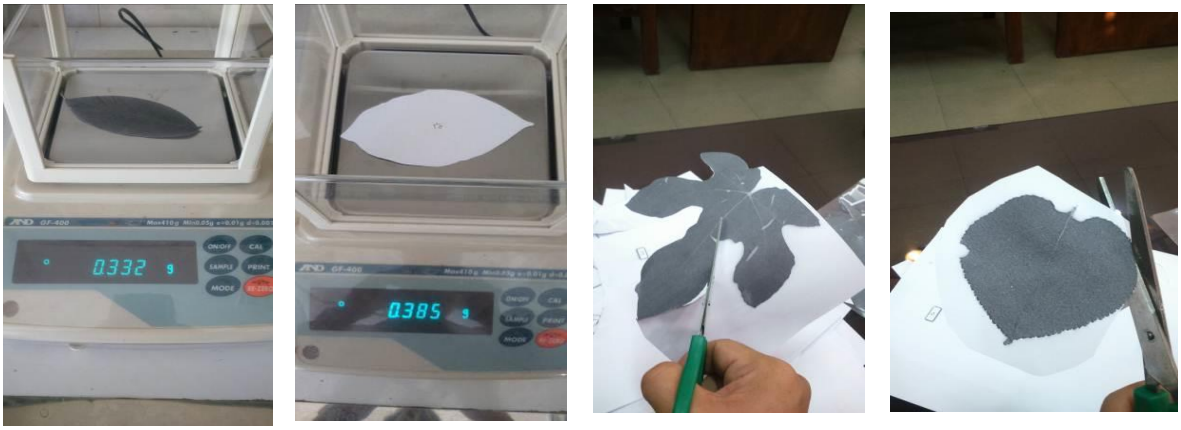
$$A_l = \frac{p_l}{p_s} \times A_s \qquad (۳)$$

که در آن، As مساحت مربع است (که ۴۰۰ میلی‌متر مربع می‌باشد)، Ps با شمارش تعداد پیکسل‌ها در جسم مربع و Pl توسط شمارش تعداد پیکسل‌ها در منطقه برگ حاصل می‌شود. Al 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 پویشگر رومیزی مسطح مدل CanoScan LiDE 220 و تصویربرداری با دستگاه زیراکس پیش رفته مطابق شکل ۴ مقایسه شد.

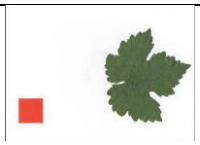


شکل۳. مساحت سنجی با دستگاه WinArea-UT-10



شکل۴. 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 پویشگر 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 مساحت سنجی با نرم افزار تدوین شده، قابل توصیه می باشد.

جدول ۲: جدول همبستگی روش‌های مختلف مساحت سنجی

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

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹٪

برای واسنجی مساحت اندازه‌گیری شده توسط یک ابزار و مقایسه با ابزارهای دیگر می توان از روابط جدول (۳) استفاده نمود. همانگونه که مشخص است، ضریب تبیین R^2 در تمام روابط بیش از ۹۹ درصد است و تمام روابط از درجه اول هستند. چنانچه روش اندازه گیری 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 به‌دست آمده در روش تهیه تصویر با دوربین تلفن همراه و تهیه تصویر با استفاده از دستگاه پویشگر رومیزی است که عرض از مبدا آن ۵۳/۰۹۶ میلی‌متر مربع می‌باشد.

جدول۳: روابط واسنجی ابزارهای مختلف با یکدیگر

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

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 (پویشگر ثابت، ترسیم بر کاغذ و استفاده از ابزار مساحت سنجی 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) 7_{th} 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. 2_{nd} 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. Niaze Danesh Publication.640 pp. (In Persian)

Montgomery, EG., (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. Abbasi[2]

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