معرفی اپلیکیشن‌های اندازه‌گیری سطح برگ

Leaf Area Measurement

نگارندگان:

یعقوب ایران‌منش

جلال هناره خلیانی

مهدی پورهاشمی

حسن جهانبازی گوجانی

۱۴۰۰

عنوان طرح منتج به نشریه فنی	شماره مصوب طرح
سنجش و پایش زوال درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس	۰۱-۴۲-۰۹-۰۵۲-۹۷۰۱۲-۹۷۰۵۶۸

عنوان نشریه:

نگارش:

یعقوب ایران‌منش – استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

جلال هناره خلیانی – استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

مهدی پورهاشمی– دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

حسن جهانبازی گوجانی– دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویرایش علمی: پژمان پرهیزکار و علی‌اصغر واحدی

ویرایش ادبی: اصغر احمدی

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور/ اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی / مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری.

نشانی: بزرگراه تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. صندوق پستی: ۱۱۶-۱۳۱۸۵.

تلفن: ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱ **وب‌سایت:** www.rifr-ac.ir

شمارگان: الکترونیکی

نوبت و سال انتشار: اول - ۱۴۰۰

این دستورالعمل به شماره ۶۰۸۷۹ در تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است

ISBN:978-964-473-475-5

مخاطبان:

- جنگل‌بانان، کارشناسان، دانشجویان، پژوهشگران

اهداف آموزشی:

با مطالعه این نشریه ضمن آشنایی با اهمیت اندازه‌گیری سطح برگ، اپلیکیشن‌های کاربردی این موضوع در دو قالب سیستم عامل‌های Android و IOS آموزش داده خواهد شد.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

روشهای اندازه‌گیری سطح برگ ۲

معرفی اپلیکیشن LEAFBYTE ۴

نحوه کار LeafByte ۵

عکس‌برداری و مقیاس ۵

تفکیک برگ و پس‌زمینه ۵

تشخیص نقاط مقیاس ۶

اندازه‌گیری و خروجی داده ۷

ارزیابی دقت و صحت LeafByte ۸

مزایا و محدودیت‌های LeafByte ۸

منبع علمی اپلیکیشن LeafByte ۹

معرفی اپلیکیشن LEAF-IT ۱۰

نحوه کار Leaf-IT ۱۰

عکس‌برداری و تشخیص مقیاس ۱۰

تفکیک برگ و پس‌زمینه ۱۲

گزینه‌ها ابزارها و خروجی داده ۱۲

مراحل گام به گام اجرای برنامه در اپلیکیشن Leaf-IT ۱۳

ارزیابی دقت و صحت Leaf-IT ۱۵

منبع علمی اپلیکیشن Leaf-IT ۱۶

نتیجه‌گیری ۱۷

منابع مورد استفاده ۱۸

مقدمه

سطح برگ یکی از مهمترین شاخص‌های کلیدی در گیاهان است که با ویژگی‌هایی همانند میزان فتوسنتز، غلظت عناصر شیمیایی به‌ویژه نیتروژن، جذب نور، نرخ رشد نسبی، تبخیر و تعرق، پاسخ به بارندگی، طول عمر برگ، اندوخته کربن و شاخص سطح برگ رابطه دارد (Blanco & Folegatti, 2005). میزان تولید گیاهان ارتباط مستقیم با میزان فتوسنتز و درنتیجه مساحت برگ آنها دارد. برای افزایش یک محصول گیاهی لازم است میزان رشد برگ‌ها، زمان رشد و مقدار برگ در واحد سطح زمین مشخص شود. مشخص کردن سطح کلی برگ و سطوحی از برگ که در اثر آفات و حشرات از بین می‌روند، یکی از فاکتورهای اصلی در پژوهش‌های پایه و مطالعات کاربردی است که بسیاری از فرایندهای بوم‌شناختی، زیست‌شناسی و کشاورزی را زیربنای خود قرار می‌دهد.

برآورد صحیح و دقیق سطح برگ گیاهان مدت‌ها به‌عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی پژوهشگران علوم گیاهی بوده و فیزیولوژیست‌های گیاهی نیز همواره نیازمند اندازه‌گیری سطح برگ برای مطالعات مربوط به تولید در گیاهان هستند (Tieszen, 1982). اکولوژیست‌ها نیز از متغیر سطح برگ برای تعیین وضعیت رقابت بین گونه‌های مختلف استفاده می‌کنند (Harper, 1977). اندازه‌گیری سطح برگ در شرایط عرصه طبیعی و رعایت شیوه‌نامه‌های فنی دشوار است و برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد به ابزارهایی همانند اسکنر، رایانه و نرم افزارهای پیچیده و اغلب گران‌قیمت برای پردازش تصویر دیجیتال به‌عنوان مثال (*Delta-T Devices*. Cambridge, UK)، (*LI-COR*. USA) و (*WinFOLIA*, Canada Inc) نیاز دارند که این امر اغلب آنالیزهای سطح برگ را به آزمایشگاه‌های دارای اتصال به برق و رایانه محدود می‌کند.

روش‌های اندازه‌گیری سطح برگ

روش‌های مختلفی برای محاسبه سطح برگ وجود دارد که عمده روش‌های معمول اندازه-گیری سطح برگ با مشکلاتی ازجمله وقت‌گیر بودن، پرهزینه و مخرب بودن مواجه هستند. ازجمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- **استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ** (Leaf area meter): روش معمول، رایج و دقیقی است. در این روش برگ را از گیاه جدا کرده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و سطح آن را اندازه‌گیری می‌کنند. اندازه‌گیری سطح برگ با این روش بسیار دقیق بوده، اما هزینه آن بسیار زیاد است و فقط در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش زمان زیادی صرف می‌شود.
- **تعیین سطح برگ توسط دستگاه پلانیمتر** (Planimeter) (Demirsoy, 2009): سطح برگ به‌وسیله خط‌کشی کناره برگ روی کاغذ یا عکس‌برداری از برگ با استفاده از کاغذهای اوزالید یا کاغذهای حساس به نور تعیین و بعد مساحت آن توسط دستگاه پلانیمتر (مساحت‌سنج) به‌دست می‌آید. این روش نیز نیازمند صرف زمان زیادی است.
- **استفاده از مدل‌های ریاضی:** بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی برای تخمین سطح برگ، به‌عنوان تابعی از مؤلفه‌های قابل اندازه‌گیری و سهل‌الوصول برگ می‌تواند جایگزین مناسبی برای اندازه‌گیری مستقیم مساحت برگ باشد، اما به دلیل برآوردی بودن این روش، خطای اندازه‌گیری زیاد است.
- **استفاده از روش وزنی** (کوچکی و علیزاده، ۱۳۶۸): در این روش نسبت سطح برگ به وزن برگ تعیین می‌شود و با داشتن آن، از حاصل‌ضرب نسبت در وزن برگ‌ها، مساحت به‌دست

می‌آید. ضریب این روش در برگ‌های با سن متفاوت دارای نوسان بوده و این موضوع از دقت اندازه‌گیری می‌کاهد.

- **استفاده از دستگاه فتوالکتریک** (Photo Electric): در این روش برگ را بین یک منبع نور و سلول نوری قرار داده و از روی کاهش بازده سلول نوری سطح برگ اندازه‌گیری می‌شود. دقت این روش بستگی به مسطح بودن برگ‌ها و همچنین عمود بودن برگ بر جهت نور دارد.
- **اسکن کردن عکس برگ و پردازش تصویر با نرم‌افزارهای** Image processing: در این روش پس از اسکن کردن برگ و انتقال تصاویر به رایانه، توسط نرم‌افزارهای تخصصی موجود مانند ImageJ پردازش تصویر انجام می‌شود.
- **استفاده از کاغذ شطرنجی** (Coley, 1983): اندازه‌گیری سطح به روش شبکه‌بندی (کاغذ میلی‌متری) نیز مستلزم قرار دادن یک شبکه میلی‌متری در زیر برگ و شمارش تعداد مربع‌هاست.
- **روش برآورد چشمی** (Johnson *et al.*, 2016): در این روش نیز با وجود سرعت زیاد، معمولاً دقت برآورد کم است.
- **تخمین سطح برگ با استفاده از شبکه‌های عصبی** (موحدیان و همکاران، ۱۳۸۶): در این روش از اطلاعات طول، عرض، وزن تر و وزن خشک برگ برای تخمین مساحت برگ با استفاده از شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود. برای رسیدن به بهترین و سریع‌ترین نتایج در این روش، از چهار پارامتر اندازه‌گیری شده به روش‌های مختلف در تخمین سطح برگ به کمک شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود.

تمام این روش‌ها دارای مزایایی هستند، ولی معمولاً زمان‌بر بوده و در برخی موارد از صحت کافی برخوردار نیستند. در نرم‌افزارهای تخصصی پردازش عکس برای محاسبه سطح

برگ تصاویر باید اسکن یا عکس‌برداری شده و در سیستم رایانه ذخیره و در نرم‌افزار مربوطه فراخوانی شوند. این فرایند باعث کند شدن عملیات اندازه‌گیری می‌شود. تلفن‌های هوشمند به‌دلیل گسترده بودن، قدرت محاسبات زیاد و برخورداری از طیف گسترده‌ای از ابزارهای دقیق مانند GPS، دوربین و انواع مختلف سنسورها، توانمندی قابل توجهی برای حل مشکلات موجود در زمینه اندازه‌گیری سطح برگ دارند و می‌توانند برای کمک به کارهای میدانی مناسب باشند (Welsh & France, 2012).

معرفی اپلیکیشن LeafByte

اپلیکیشن LeafByte به‌عنوان یک برنامه کاربردی رایگان تلفن‌های همراه در محیط IOS شناخته می‌شود. این برنامه هم سطح کلی برگ و هم سطحی از برگ را که در اثر حشرات و سایر آفات از بین رفته یا خورده شده است با دقت و صحت زیاد اندازه‌گیری می‌کند، این قابلیت مهمترین شاخصه LeafByte در مقابل سایر اپلیکشن‌های محاسبه سطح برگ است. LeafByte به‌عنوان یک برنامه منبع‌باز (Open Source) بسیاری از مشکلات روش‌های مرسوم اندازه‌گیری سطح برگ را برطرف کرده است. این برنامه با قابلیت اندازه‌گیری سطح برگ و گلبرگ‌های مختلف با رنگ‌های روشن و تیره، نتایج اندازه‌گیری را همراه با اطلاعات تکمیلی ازجمله تاریخ و ساعت اندازه‌گیری، مختصات GPS گوشی را در هنگام اندازه‌گیری ثبت کرده و در یک فایل مخصوص در تلفن همراه یا Google Drive ذخیره می‌کند. این برنامه به‌عنوان یک ابزار مفید برای پژوهش در زمینه‌های جنگل‌داری، بوم‌شناسی، حشره‌شناسی، علوم زراعی و گیاه‌پزشکی شناخته می‌شود.

نحوه کار LeafByte

عکس‌برداری و مقیاس

برای محاسبه سطح برگ از طریق این اپلیکیشن، کاربر باید از برگ به صورتی‌که در بین چهار نقشه مشخص به‌عنوان مقیاس، احاطه شده است (توضیح ۱)، از طریق دوربین گوشی عکس‌برداری کرده و در اپلیکیشن فراخوانی کند. برنامه از طریق فرایند آستانه‌گذاری (Thresholding) با جداسازی تصویر برگ از پس‌زمینه، برگ و مقیاس (چهار نقطه) را مشخص می‌کند. از آنجایی‌که این برنامه در برگ‌های روشن (مانند گل‌های سفید) نیز کاربرد دارد، در این گونه موارد باید رنگ پس‌زمینه را تیره انتخاب کرد تا فرایند آستانه‌گذاری به درستی انجام شود.

توضیح ۱: برای تهیه مقیاس با توجه به مساحت برگ‌های مورد اندازه‌گیری چهار نقطه با فواصل ثابت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ... سانتی‌متری) به‌صورت مربعی روی کاغذ ایجاد کرده و برگ برای عکاسی روی آن قرار داده شود (شکل ۱). ذکر این موضوع ضروری است که باید فاصله بین نقاط مقیاس مورد استفاده، پیش از اندازه‌گیری در تنظیمات برنامه در محل (Scale Length) وارد شود. برای سهولت اندازه‌گیری، در نشانی زیر امکان دانلود یک فایل PDF شامل مقیاس‌های مختلف و پس‌زمینه‌های روشن و تیره وجود دارد.

https://zoegp.science/LeafByte%20Scale%20Dots.pdf

تفکیک برگ و پس‌زمینه

LeafByte با استفاده از یک الگوریتم برگ را از پس‌زمینه جدا می‌کند که روش اوتسو نامیده می‌شود (Otsu, 1979). در این تکنیک با پردازش هیستوگرام یک تصویر صفر و یک تولید می‌شود که یک نشان‌دهنده تصویر برگ و مقیاس علامت‌گذاری شده (چهار نقطه) و صفر

نشان‌دهنده پس‌زمینه است. این آستانه تعیین شده به‌صورت خودکار، به‌طورکلی در بیشتر مواقع مؤثر است، باوجوداین LeafByte به کاربران اجازه می‌دهد تا در صورت لزوم با انجام جابجایی روی هیستوگرام محدوده آستانه را تغییر داده و تفکیک برگ و پس‌زمینه را بهتر انجام دهند (شکل ۱: الف). معمولاً این مورد زمانی که عکس‌برداری به درستی انجام نشده باشد و در تصویر علاوه بر عکس برگ، سایه سایر اجسام وجود داشته باشد، مورد نیاز خواهد بود.

تشخیص نقاط مقیاس

برنامه از طریق تشخیص پیکسل‌های تصویر که نشان‌دهنده برگ و نقاط مقیاس هستند از طریق الگوریتمی به‌نام "برچسب زدن به اجزای متصل" (Rosenfeld & Pfaltz, 1966) عمل می‌کند. در این الگوریتم بزرگ‌ترین گروه پیکسل‌ها برگ و چهار گروه دیگر به‌عنوان چهار نقطه مقیاس تشخیص داده می‌شوند. این الگوریتم در بیشتر موارد نقاط مقیاس را به‌درستی شناسایی می‌کند، اما در صورت عدم شناسایی (که به‌طور عمده به‌دلیل همگن نبودن پس‌زمینه اتفاق می‌افتد) می‌توان از طریق لمس آیکون تغییر مقیاس (Change Scale) محل نقاط مقیاس را روی صفحه لمس و مقیاس را اصلاح کرد (شکل ۱- ب).

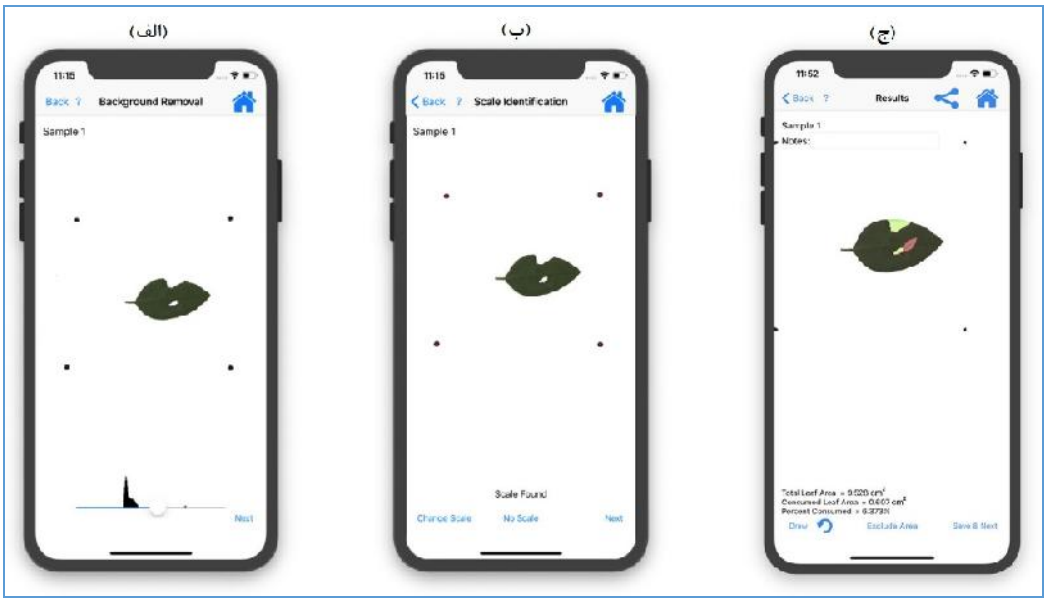
اگر عکس‌برداری از برگ با زاویه انجام شده باشد، علامت‌گذاری مقیاس به‌درستی انجام نشده و باعث خطا می‌شود (توضیح ۲). برای اصلاح این زوایه نیز برنامه از تکنیکی به‌نام همگرافی مسطح استفاده می‌کند (Wang *et al.*, 2006). پس از این اصل، تصویر برگ دوباره در میان چهار نقطه مقیاس مربعی قرار می‌گیرد.

توضیح ۲: برای عکاسی از برگ باید محیط دارای نور کافی بوده و سایه دوربین/تلفن همراه یا سایر اجسام روی تصویر ثبت نشود. عکاسی از برگ باید به‌صورت عمود از بالا و بدون زاویه انجام شود.

اندازه‌گیری و خروجی داده

در این برنامه قابلیتی وجود دارد که کاربر می‌تواند حاشیه‌های حذف شده برگ را روی تصویر به‌صورت دستی ترسیم کند (شکل ۱- ج). درنهایت براساس تعداد پیکسل‌های تصویر و تحلیل‌های انجام‌شده و با توجه به اینکه بین نقاط مقیاس در تصویر فاصله مشخص و ثابتی وجود دارد، برنامه تعداد پیکسل‌ها را به واحد اندازه‌گیری سطح تبدیل کرده و در یک فایل با فرمت csv بر روی تلفن همراه یا Google Drive ذخیره می‌کند.

خروجی‌های اندازه‌گیری عبارتند از: سطح کلی برگ (Total Leaf Area)، سطحی از برگ که از بین رفته یا خورده شده است (Consumed Leaf Area) و درصد از بین رفتن برگ (Percent Consumed).



شکل ۱- عکس‌های صفحه اصلی برنامه پس از ثبت یا انتخاب تصویر برگ

(الف): از طریق جابجایی آستانه هیستوگرام پس‌زمینه را حذف می‌کند. (ب): تأیید می‌کند که نقاط مقیاس به‌درستی انتخاب شده‌اند و یا در صورت نیاز تنظیم شوند. (ج): حاشیه‌های از بین رفته برگ‌ها را به‌صورت دستی ترسیم می‌کند.

ارزیابی دقت و صحت LeafByte

برای تأیید صحت اندازه‌گیری این برنامه از برگ‌های مصنوعی با سطح مشخص استفاده شده است، به‌طوری‌که این برگ‌ها با روش‌های مختلفی مورد مساحی قرار گرفته، سپس با نتایج اپلیکیشن LeafByte مقایسه شده‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سطح برگ اندازه‌گیری شده توسط LeafByte به‌طور متوسط ۲ درصد کمتر از سطح اندازه‌گیری شده توسط نرم‌افزار پردازش عکس (ImajJ) در رایانه است. باوجوداین، نتایج بررسی اپلیکیشن نشان می‌دهد که هر دو این برنامه‌ها در محاسبه سطح از بین رفته (خورده شده) برگ بسیار دقیق عمل می‌کنند. همچنین، نتایج صحت‌سنجی نشان می‌دهد که تخمین چشمی سطح برگ معمولاً منجر به برآورد بیشتر از سطح واقعی می‌شود (Getman-Pickering *et al*, 2020). البته این نوع برآورد تجربی بوده و نیاز به آموزش دارد.

از این‌رو نتایج نشان می‌دهد که کج بودن دوربین تلفن همراه بیش از ۱۵ درجه باعث خطاهای زیادی در اندازه‌گیری‌ها می‌شود. بنابراین کاربر باید هنگام عکاسی از روش‌هایی استفاده کند که مطمئن شود عکس با زاویه بیشتر از ۱۵ درجه گرفته نشده است، زیرا حتی در صورت اصلاح خودکار زاویه در برنامه، خطای ایجاد سایه و سه‌بعدی شدن برگ باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری نهایی می‌شود.

مزایا و محدودیت‌های LeafByte

LeafByte ابزاری جدید و کاربرپسند است که نقاط قوت تمامی روش‌های رایج اندازه‌گیری سطح برگ را با یکدیگر ترکیب کرده و بهبود بخشیده است. این اپلیکیشن با سرعت زیاد و به‌طور مداوم و دقیق سطح برگ و همچنین سطح و درصد نقاط از بین‌رفته برگ یا خورده شده توسط حشرات را اندازه‌گیری می‌کند. همچنین، این برنامه به‌دلیل اینکه که

به‌طور خودکار اندازه‌گیری‌های مداوم را در یک فایل ذخیره می‌کند، باعث کاهش زمان اندازه‌گیری و کاهش خطاهای رونویسی می‌شود.

یکی از مهمترین محدودیت‌های این برنامه، زمانی است که آسیب‌های برگ منجر به از بین رفتن یا سوراخ شدن سطوح یا تغییر رنگ واضح در برگ نشده باشد که در این صورت اندازه‌گیری سطح آسیب با خطا مواجه خواهد بود. به همین دلیل، این برنامه برای محاسبه سطح صدماتی مانند جویده شدن یا مکیدن برگ توسط آفات که باعث سوراخ شدن برگ نمی‌شوند، توصیه نمی‌شود. همچنین، در صورتی‌که برگ‌ها به‌خوبی صاف و پـرس نشده باشند، باعث ایجاد سایه زیادی در عکس شده و در اندازه‌گیری سطح، خطا ایجاد می‌کند. عکس‌های با کیفیت کم و دارای سایه‌های زیاد باعث می‌شود که برگ و پس‌زمینه به‌خوبی تفکیک نشده و در اندازه‌گیری ایجاد خطا کند. همچنین، اندازه‌گیری سطح برگ‌های با رنگ‌های مختلف (تیره و روشن) به‌دلیل عدم تفکیک مناسب پس‌زمینه مشکل است. اگرچه این موضوع می‌تواند از طریق انتخاب متمایز رنگ کاغذ پس‌زمینه تعدیل شود.

منبع علمی اپلیکیشن LeafByte

نتایج بررسی اپلیکیشن ذکرشده در ژورنال انجمن اکولوژی بریتانیا با عنوان Methods in Ecology and Evolution (MEE) چاپ شده است و علاقه‌مندان برای مطالعه بیشتر می‌توانند به نشانی زیر مراجعه کنند.

Getman-Pickering, Z.L., Campbell, A., Aflitto, N., Grele, A., Davis, J., Ugine, T.A., 2020. LeafByte: A mobile application that measures leaf area and herbivory quickly and accurately. Methods in Ecology and Evolution, 11: 215-221. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13340

=

معرفی اپلیکیشن Leaf-IT

Leaf-IT اپلیکیشنی است که در تمام گوشی‌های هوشمندی که دارای سیستم اندروید ۴ و بالاتر هستند، قابل استفاده بوده و نیازی به اتصال اینترنت ندارد. Leaf-IT از الگوریتم تشخیص حاشیه استفاده می‌کند که در برابر سایه‌ها و حاشیه‌های ناخواسته که ممکن است با آن تداخل داشته باشد، بسیار قوی عمل می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود که Leaf-IT اساساً با سایر نرم‌افزارها و برنامه‌های مبتنی بر اندازه‌گیری تعداد پیکسل متفاوت باشد (Easlon & Bloom, 2014).

کاربرد آسان، رایگان بودن، امکان گرفتن خروجی از داده‌ها متناسب با برنامه‌های آموزشی و تحقیقات اکولوژیک ازجمله مزایای این برنامه است. در این برنامه پس از گرفتن عکس از برگ با گوشی هوشمند Leaf-IT پردازش تصویر را در سه مرحله انجام می‌دهد.

۱- تشخیص حاشیه برگ یا هر شیء دلخواهی که حاشیه‌های آن به‌وضوح مشخص شده باشد؛

۲- محاسبه تعداد پیکسل‌ها؛

۳- مقایسه با یک شیء مرجع با سطح مشخص.

ازجمله محدودیت اصلی این برنامه عدم تشخیص حاشیه برگ‌های آسیب‌دیده یا برگ‌های دارای ریخت‌شناسی پیچیده است.

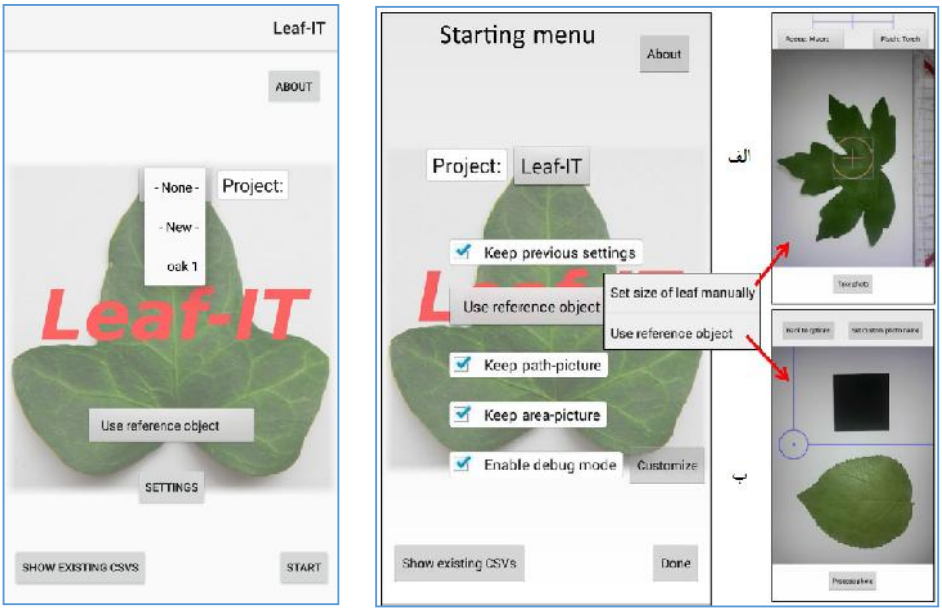
نحوه کار Leaf-IT

عکس‌برداری و تشخیص مقیاس

برای شروع کار ابتدا باید نوع مقیاس را تعیین کرد. این برنامه اندازه‌گیری سطح را بر مبنای شیء مرجع (Reference object) به دو روش به‌شرح زیر انجام می‌دهد.

۱- روش اول: در این روش اندازه برگ به‌صورت دستی تنظیم می‌شود. در این حالت به کاربر اجازه داده می‌شود از یک شیء با طول مشخص استفاده کند (به‌عنوان نمونه، یک خط‌کش یا هر شیء دیگر با طول معین). با ترسیم دستی یک مستطیل دور شیء مرجع، از پردازش تصویر آن و تداخل با تصویر برگ جلوگیری می‌شود. پس از تشخیص حاشیه، کاربر می‌تواند اندازه طول مورد نظر را بر روی خط‌کش انتخاب کرده و اندازه آن را به میلی‌متر در کادر مربوطه وارد کند. بر مبنای مقیاس وارد شده اندازه‌گیری سطح برگ انجام می‌شود.

۲- روش دوم: در این روش، Leaf-IT از مقیاس سطح استفاده کرده و به کاربر اجازه می‌دهد تا یک شیء با سطح مشخص (به‌عنوان نمونه، یک سکه یا یک مستطیل چاپی) را در کنار برگ قرار دهد (شکل ۲). هر دو شیء مرجع و برگ جداگانه پردازش شده و با قرار دادن یک مستطیل دیجیتال در اطراف شیء مرجع، پردازش تصویر فقط در ناحیه برگ انجام می‌شود. سپس تعداد پیکسل‌های شیء مرجع و برگ مقایسه شده و مساحت به واحد سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۲- انتخاب نوع مقیاس بر مبنای طول (الف) و بر مبنای سطح (ب)

تفکیک برگ و پس‌زمینه

برای بهترین نتیجه، برگ باید روی پس‌زمینه‌ای قرار گیرد که دارای بیشترین اختلاف رنگ با برگ باشد. پس‌زمینه سفید برای برگ‌های تیره مناسب‌تر است. برای موارد روشن‌تر مانند گلبرگ‌های گل، پس‌زمینه مشکی بهتر است. پس از تهیه تصویر، Leaf-IT سه مرحله پردازش تصویر را به‌شرح زیر انجام می‌دهد.

۱- تبدیل تصویر به تن رنگ‌های خاکستری؛

۲- برجسته کردن حاشیه‌ها با افزایش تباین رنگ، محو کردن حاشیه‌های ضعیف و افزایش حاشیه‌های قوی؛

۳- محاسبه و نمایش گرادیان‌های نوری، به‌طوری‌که فقط حاشیه‌های تصویر را حفظ نماید.

گزینه‌ها، ابزارها و خروجی داده

منوی About: نمایش توضیحات فنی اپلیکیشن Leaf-IT

منوی Project: انتخاب یک نام دلخواه برای یک‌سری از اندازه‌گیری‌ها

منوی Set Size: انتخاب نوع مقیاس به دو شکل:

۱- بر مبنای طول و به‌صورت دستی Set Size of Leaf Manually

۲- بر مبنای سطح Reference object

منوی Setting: تنظیمات پیش‌فرض اپلیکیشن Leaf-IT

منوی Show Existing Csvs: نمایش خروجی‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها در قالب فایل با فرمت csv

در اپلیکیشن Leaf-IT خروجی داده‌ها با فرمت csv ذخیره شده و دارای مشخصه‌هایی از قبیل نام پروژه، نام عکس، نام گونه، سطح برگ، ساعت و تاریخ است.

منوی Start: شروع برنامه و گرفتن عکس

مراحل گام به گام اجرای برنامه در اپلیکیشن Leaf-IT

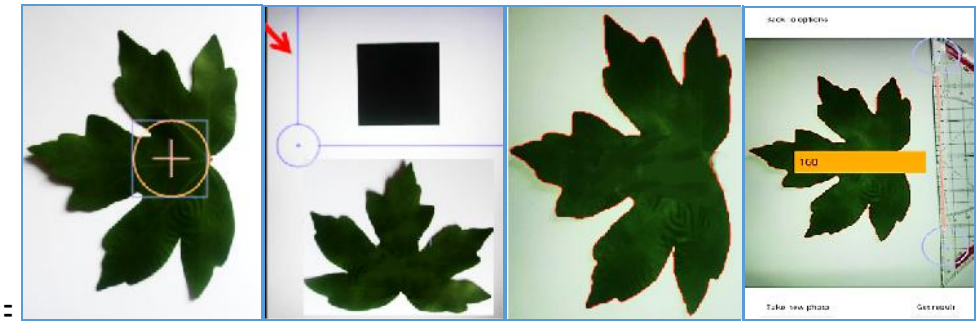
شروع: با انتخاب گزینه Start برنامه آماده گرفتن تصویر می‌شود و باید پیش از گرفتن تصویر دوربین به‌طور کاملاً افقی قرار گیرد. برای این منظور، با تنظیم تراز قرارگیری دوربین به‌طوری‌که علامت ⌖ در وسط مربع قرار گیرد، دوربین آماده گرفتن تصویر خواهد شد (شکل ۳- الف).

جدا کردن محدوده مقیاس: پس از گرفتن عکس با جابجا کردن خطوط آبی رنگ، شاخص‌های مقیاس (فاصله یا سطح) را جدا کرده تا پردازش تصویر فقط روی برگ انجام شود (شکل ۳- ب).

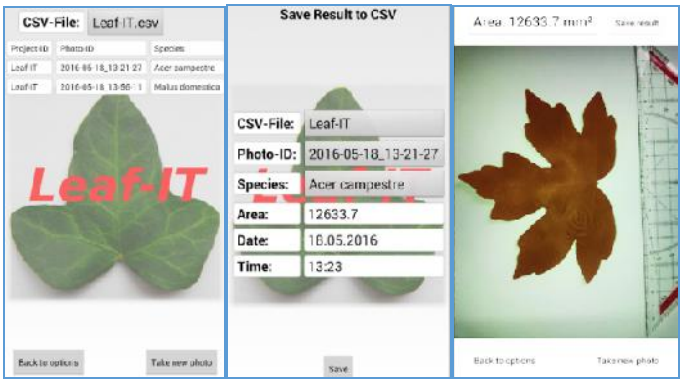
پردازش تصویر: با انتخاب گزینه Pocess Photo پردازش تصویر آغاز شده و در صورتی‌که عکس تهیه شده مشکلی نداشته باشد، دور تصویر خط قرمز رنگی کشیده می‌شود (شکل ۳- ج).

مقیاس: با انتخاب گزینه Set Size مقدار مقیاس (طول یا سطح) را وارد کرده (شکل ۳- د) و با انتخاب گزینه Get Result مقدار مساحت برگ محاسبه شده و برگ به رنگ قهوه‌ای روشن درمی‌آید (شکل ۳- ه).

ذخیره نتایج: با انتخاب گزینه Save Result اندازه‌گیری انجام شده با مشخصات نام پروژه، نام عکس، نام گونه، مساحت، تاریخ و زمان ذخیره می‌شود (شکل ۳- و). با انتخاب گزینه Show Existing Csvs از صفحه اصلی تمام اندازه‌گیری‌های ذخیره شده با مشخصات ثبت شده نمایش داده می‌شوند (شکل ۳- ز).



(د) (ج) (ب) (الف)

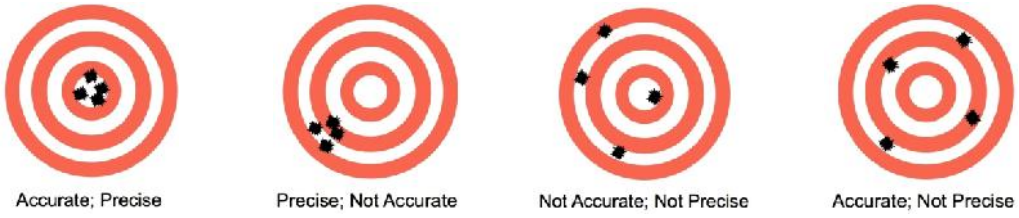


(ز) (و) (ه)

شکل ۳- مراحل مختلف اندازه‌گیری سطح برگ در اپلیکیشن Leaf-IT

ارزیابی دقت و صحت Leaf-IT

دقت و صحت دو معیار مهم برای اعتبارسنجی روش‌های اندازه‌گیری هستند. صحت، درستی خطای تحلیلی تصادفی (توزیع مقادیر اندازه‌گیری اطراف مقدار میانگین) را توصیف می‌کند، در حالی‌که دقت خطای تحلیلی سیستماتیک (تفاوت بین میانگین اندازه‌گیری شده ارزش‌ها و ارزش واقعی) را توصیف می‌نماید (Westgard *et al*., 1974) (شکل ۴).



شکل ۴– تفاوت شماتیک دقت و صحت اندازه‌گیری

ارزیابی دقت و صحت Leaf-IT با استفاده از اشیاء استاندارد با سطح مشخص انجام شد. برای این منظور، ۲۲ شکل با اندازه‌های مختلف (هشت شکل مختلف با اندازه یک سانتی‌متر مربع، هشت شکل مختلف با اندازه ۱۰ سانتی‌متر مربع و ۶ شکل مختلف با اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر مربع) با رنگ تیره بر روی پس‌زمینه سفید تهیه و با کیفیت بسیار زیاد چاپ شد. دقت و صحت هر دو روش مبتنی بر سطح و مبتنی بر طول با استفاده از ۲۲ شکل انجام شد. همچنین، به‌منظور ارزیابی صحت و دقت این برنامه، برگ‌های مختلف با ابعاد و شکل‌های مختلف توسط Leaf-IT اندازه‌گیری و با برنامه رایانه‌ای WinFOLIA (Version: 2016b Pro; Regent Instruments Canada Inc., 2016) که یک برنامه تخصصی استاندارد برای اندازه-گیری سطح برگ است، مقایسه شد (جدول ۱).

جدول ۱- دقت و صحت اندازه‌گیری سطح برگ در شکل در اپلیکیشن Leaf-IT

	دقت	صحت
سطوح با ابعاد کوچک ($1cm^2$)	۹۸/۱ درصد	خطای ۰/۱ درصد
سطوح با ابعاد متوسط ($10cm^2$)	۹۹/۲ درصد	خطای ۱ درصد
سطوح با ابعاد بزرگ ($100cm^2$)	۹۹ درصد	خطای ۰/۱ درصد

مقایسه اندازه‌گیری انجام شده با Leaf-IT و WinFOLIA نشان داد که میانگین اختلاف بین این دو برنامه +0.1% است.

اپلیکیشن Leaf-IT برای برگ‌هایی که دارای کنگره‌های بسیار ریز و زیاد در حاشیه برگ هستند با خطا همراه است، به‌عبارت دیگر در این گونه برگ‌ها باید تفکیک بین برگ و پس-زمینه در حدی مشخص و واضح باشد تا نرم‌افزار بتواند محدوده برگ را براحتی تفکیک کند.

منبع علمی اپلیکیشن Leaf-IT

نتایج بررسی اپلیکیشن Leaf-IT در ژورنال Ecology and Evolution چاپ شده و علاقه‌مندان برای مطالعه بیشتر می‌توانند به نشانی زیر مراجعه کنند.

Schrader, J., Pillar,G., Kreft., H., 2017. Leaf-IT: An Android application for measuring leaf area. Ecology and Evolution, 1-8. DOI: 10.1002/ece3.3458

Leaf-IT را می‌توان از نشانی زیر دانلود کرد.

https://play.google.com/store/apps/details?id=de.yahoo.gisopillar.leafit

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت اندازه‌گیری سطح برگ در فعالیت‌های علمی و تحقیقاتی، روش‌های زیادی برای تخمین و برآورد سطح برگ ارائه شده است که هریک دارای مزیت‌های نسبی هستند. موضوع مهمی که در استفاده از برنامه‌های مختلف باید مدنظر قرار گیرد راحتی کار، کم‌هزینه بودن، در دسترس بودن، داشتن مبنای علمی و برخورداری از دقت و صحت قابل قبول در اندازه‌گیری است. در دو اپلیکیشن ذکرشده تمامی عامل‌های مورد نظر وجود دارد و دو سری از گوشی‌های تلفن همراه رایج در کشور یعنی گوشی‌های دارای سیستم‌عامل Android و IOS را پوشش می‌دهد که می‌تواند جنبه کاربردی عمومی را برای کاربران فراهم نماید.

منابع مورد استفاده

- کوچکی، ع. و علیزاده، ا.، ۱۳۶۸. کشاورزی، آب، و، هوا. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۶۲ صفحه.

- موحدیان، م.، حسینی، س. ا.، و قربانزاده، م.، ۱۳۸۶.

تخمین سطح برگ با استفاده از شبکه‌های عصبی. سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش.

دانشگاه فردوسی مشهد. ۶-۱.

- Blanco, F.F. and Folegatti, M.V., 2005. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. Agricultural Engineering, 62(4): 305-309.
- Coley, P., 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. Ecological Monographs, 53(2): 209-229. https ://doi.org/10.2307/1942495
- Demirsoy, H., 2009. Leaf area estimation in some species of fruit tree by using models as a non-destructive method. Fruits Journal, 64(1): 45-51.
- Easlon, H.M. and Bloom, A.J., 2014. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. Applications in Plant Sciences, 2: 1-4.
- Harper, J.L., 1977. Population biology of plants. Academic Press, Oxford, UK.
- Johnson, M.T., Bertrand, J.A. and Turcotte, M.M., 2016. Precision and accuracy in quantifying herbivory. Ecological Entomology, 41(1): 112–121. https://doi.org/10.1111/een.12280
- Otsu, N., 1979. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9(1): 62-66. https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076.
- Rosenfeld, A.L. and Pfaltz, J.L., 1966. Sequential operations in digital picture processing. Journal of the ACM, 13(4): 471-494. https://doi.org/10.1145/321356.321357
- Tieszen, L.L., 1982. Biomass accumulation and primary production in techniques in bio-productivity and photosynthesis. Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 16-19.
- Wang, X., Klette, R. and Rosenhahn, B., 2006. Geometric and photometric correction of projected rectangular pictures. Proceedings International Conference on Image and Vision Computing, New Zealand, pp. 223-228.
- Welsh, K. and France, D., 2012. Smartphones and fieldwork. Geography, 97: 47-51.
- Westgard, J.O., Carey, R.N. and Wold, S., 1974. Criteria for judging precision and accuracy in method development and evaluation. Clinical Chemistry, 20: 825-833.