



طراحی و ارزیابی شیوه آستانه گذاری پوسته‌ای فضایی برای قطعه‌بندی تصویر

مطالعه موردی تشخیص گیاهان از زمینه در شرایط نوری متغیر مزرعه

محسن مهدیانی<sup>۱</sup>، محمود رضا گلزاریان<sup>۲\*</sup>، رضا طباطبایی کلور<sup>۳</sup>، داود کلانتری<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، m.golzarian@um.ac.ir

۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

### چکیده:

قطعه‌بندی تصویر یا جداسازی ناحیه مورد نظر از پس زمینه از اهمیت ویژه‌ای در الگوریتم‌های خودکار شناسایی و کلاسه‌بندی اشیاء برخوردار است. تا کنون شیوه‌های آستانه گذاری و قطعه‌بندی خودکار تصویر بر مبنای استفاده از تابع اتسو و یا یک آستانه موردی ثابت تعیین می شده است. برای استفاده از شیوه‌های آستانه یابی، تضاد بین ناحیه مورد نظر (در این تحقیق، گیاه) از پس زمینه ابتدا توسط فاکتورهای رنگی افزایش می‌یابد. مقاله حاضر به معرفی معادله‌ای جدید برای نمایش مقادیر و یافتن آستانه بهینه به منظور جداسازی موثر نواحی گیاه، سایه و خاک در شرایط طبیعی مزرعه می‌پردازد. روش آستانه یابی پیشنهادی به صورت فضایی، از فاکتورهای رنگی  $I*a*b$  استفاده کرده و با یافتن فاصله اقلیدسی رنگی فضایی بین رنگ‌های پیکسل‌های نواحی مختلف در تصویر و یک رنگ مرجع معادله پوسته جداکننده نواحی را مدل می‌کند. الگوریتم روی دویست تصویر مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که روش پیشنهادی دارای میانگین خطای مربعی در حدود  $0/04$  و خطای نوع اولی برابر با  $3/19$  و همچنین خطای مجموعی برابر با  $8/44$  می‌باشد که در برابر شیوه آستانه یابی معمول اتسو که بر روی فاکتورهای رنگی سبزیگی مازاد، سبزیگی مازاد پیشرفته و سبزیگی مازاد تغییر یافته اعمال شد نتایج بسیار بهتری می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** پردازش تصویر، شیوه اتسو، فاصله دو رنگ، فضای رنگی

### مقدمه:

قطعه‌بندی تصویر یا جداسازی ناحیه مورد نظر از پس زمینه از اهمیت ویژه‌ای در الگوریتم‌های خودکار شناسایی و کلاسه‌بندی اشیاء برخوردار است. در این پژوهش، شیوه‌ای مبتنی بر فواصل سه بعدی رنگی برای جداسازی خودکار نواحی مختلف تصویر ارائه می‌شود. شیوه تعریف شده این پژوهش را روی مجموعه‌ای از تصاویر آزمایش کرده و با عملکرد شیوه آستانه یابی اتسو مقایسه می‌کنیم. اشیایی که شناسایی آنها از تصویر مدنظر است گیاهان سبز و علف‌های هرز هستند و پس زمینه، هر چه غیر از گیاه از جمله، خاک



و سایه است. تاکنون روش‌های متفاوتی برای افزایش تضاد بین گیاه و پس زمینه معرفی و استفاده شده است. قبل از قطعه‌بندی توسط این شیوه‌ها، تضاد بین ناحیه مورد نظر (در این تحقیق، گیاه) از پس زمینه ابتدا توسط فاکتورهای رنگی افزایش می‌یابد. این فاکتورهای رنگی در فضاها رنگی متفاوت تعریف و ایجاد شده است. برای مثال در فضای رنگی RGB مطالعات گسترده‌ای انجام گرفته است و فاکتورهای رنگی متفاوتی برای افزایش تضاد نواحی گیاهی و غیر گیاهی تصویری توسعه یافته است. ووبک و همکاران گیاهان را از پس زمینه غیر گیاهی با استفاده از فاکتورهای رنگی  $2G - R - B, R - G, G - B, (G - B)/R - G$  جدا کردند که از بین این موارد، گزارش دادند که بهترین نتیجه در بکار بردن شاخص سبزی‌نگی  $2G - R - B$  حاصل شد (Woebbecke *et al.* 1995). بوسو و همکاران نیز از رابطه  $2G - R - B$  و ترکیب کردن شاخص سبزی‌نگی تشدید شده با تبدیل موجک که در استخراج بافت گیاه کاربرد دارد توانستند علف هرز را از گیاه اصلی تشخیص دهند. این محققین از ترکیب این دو شاخص برای شناسایی ردیف کشت در ذرت استفاده کردند (Bossu *et al.* 2009). تانگ و همکاران در تحقیقی که برای شناسایی علف هرز با استفاده از روش سبزی‌مازاد تغییر یافته (تغییر یافته) دادند آستانه ثابت ۲۵ را استفاده نمودند (Tang *et al.* 2003). این شاخص رنگی MEXG به صورت زیر تعریف می‌شود.

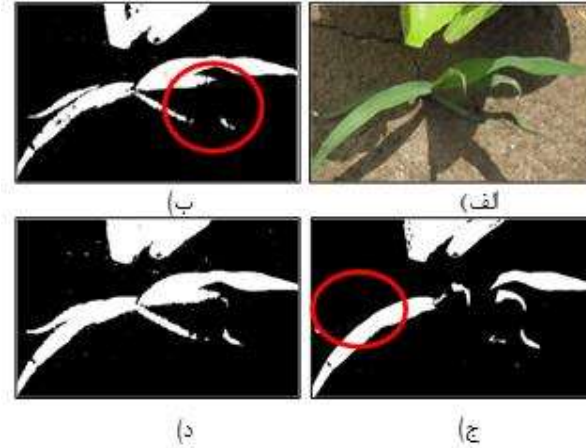
$$MEXG = \begin{cases} 0 & \text{if } G < R \text{ or } G < B \text{ or } G < 120 \\ 2G - R - B & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

یکی از مشکلات موجود در دستگاه‌های شناسایی علف هرز، شناسایی گیاه در شرایطی است که تغییرات نور به سبب وجود سایه و یا تغییرات نور در زمان‌های مختلف در مزرعه موجود می‌باشد. محققینی مانند تیان و اسلاتر دریافتند که نور مستقیم خورشید باعث ایجاد شدت روشنایی متفاوت در تصاویر می‌شود که از شدت کم در سایه‌ها تا مقدار بیشتری در سطح برگ‌هایی که تحت نور مستقیم هستند متفاوت است (Tian and Slaughter, 1998). همین تغییرات شدت در مقادیر پارامترهای  $R, G$  و  $B$  شی مورد نظر (به‌عنوان مثال، گیاه) که از تصویر استخراج می‌شود تأثیر می‌گذارد و بنابراین فاکتورهای رنگی بکار برده شده را وابسته به میزان روشنایی و غیر موثر می‌کند و در روش شناسایی گیاهان بر اساس رنگ و مقادیر آستانه اختلال ایجاد می‌نماید. یکی از عواملی که باعث استفاده از روش‌ها و فضاها گوناگون برای شناسایی گیاه می‌باشد کم کردن همین تأثیر شدت روشنایی بر شناسایی گیاه در تصویر است تا منجر به شناسایی پیکسل‌های بیشتری از گیاه شود. برای مثال، جعفری و همکاران برای کاهش اثر میزان تابش و نور محیط در تشخیص رنگ گیاه در تصویر از میزان روشنایی  $L$  که از معادله  $L = (R + G + B)/3$  به دست می‌آید استفاده نمودند. آنها با به دست آوردن حد آستانه‌ای برای  $L$  تعیین نمودند که چنانچه میزان  $L$  در تصویری بیشتر از این حد آستانه باشد تصویر در منطقه‌ای است که نور مستقیم به برگ‌ها برخورد می‌کند در غیر این صورت تصویر گرفته شده در سایه می‌باشد (Jafari *et al.* 2006). علاوه بر روش‌های ذکر شده در فضای RGB، محققینی مانند گلزاریان و همکاران با استفاده از فضای HSV و انتخاب محدوده‌ای از مؤلفه رنگینگی (۵۴-۱۶۴ درجه) توانستند گیاه را از پس زمینه که پوشش گیاهی به نسبت ۲۰ تا ۱۰۰ درصد خاک پوشانده شده بود جداسازی نمایند (Golzarian *et al.* 2012). همچنین در پژوهشی که پیش‌تر انجام شده بود،

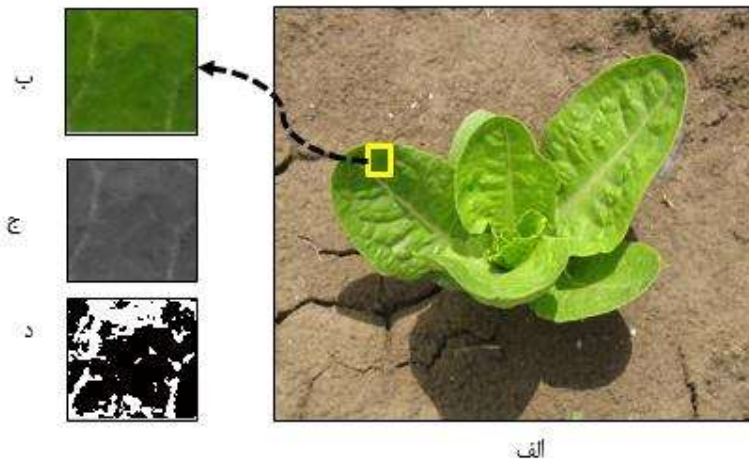


همین محققین نشان دادند که چنانچه مؤلفه رنگ با درجه اشباع ۰/۲ هماهنگ شود قادر به جداسازی موثرتر گیاه از پس‌زمینه‌های مختلف از جمله خاک و کاه و کلش با درصد نویزی بسیار پایین می‌باشد (Golzarian et al. 2007).

تا کنون شیوه‌های آستانه گذاری و قطعه‌بندی خودکار تصویر بر مبنای استفاده از یک آستانه موردی ثابت یا یک مقدار آستانه بهینه براساس بیشینه کردن واریانس داخل کلاسی برای تقسیم هیستوگرام به دو کلاس می‌باشند (Mizushima and Lu, 2013). در شیوه‌ای که از آستانه ثابت برای بخش‌بندی استفاده می‌شود وابستگی زیادی به مجموعه داده داشته و بنابراین مقدار آستانه پیشنهادی جامعیت کلی ندارد و عملکرد عملیات بخش‌بندی با این مقدار آستانه ثابت از یک مجموعه داده تصویری به مجموعه دیگری با روشنایی متفاوت، یکسان نخواهد بود و در بسیاری از مواقع، بخش‌بندی با مقدار آستانه ثابت روی تصاویری غیر از تصاویری که از آنها مقدار ثابت به‌دست آمده است، تصاویر باینری خارج از انتظار ایجاد خواهد کرد. اشکال عمده شیوه دوم (تعیین آستانه بهینه توسط اتسو) قطعه‌بندی تصویر به دو کلاس حتی در مواردی است که تمام پیکسل‌های تصویر مربوط به یک رنگ (یک کلاس) می‌باشد. محدودیت‌های گفته‌شده در استفاده از شیوه آستانه یابی اتسو در تصاویر شکل ۱ نشان داده شده است. شکل ۱-الف تصویر اصلی یک گیاه در پس‌زمینه خاک و سایه را نشان می‌دهد. شکل‌های ۱-ب تا ۱-ج تصاویر باینری به‌دست آمده توسط اجرای شیوه آستانه گذاری اتسو روی تصاویری که تضاد بین نواحی گیاهی و غیر گیاهی با استفاده از فاکتورهای رنگی گفته‌شده افزایش پیدا کرده است را نشان می‌دهد. شکل ۱ ب نشان‌دهنده تصویر باینری نتیجه شده از اعمال عملیات آستانه یابی اتسو روی نسخه شاخص سبزیگی تشدید شده تصویر که توسط وویک و همکارانش پیشنهاد شد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، این روش برخی از پیکسل‌های گیاه را حذف می‌نماید (شکل ۱-ب). تصویر شکل ۱-ج تصویر باینری شده بعد از افزایش تضاد بین گیاه و پس‌زمینه با کمک روش سبزیگی مازاد تغییر یافته را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این تصویر باینری مشخص است، با این روش، اکثر قسمت‌هایی از گیاه را که در سایه قرار گرفته‌اند نیز حذف می‌شود. شکل ۱-د تصویر باینری به‌دست آمده بعد از افزایش کنتراست در اثر استفاده از روش شاخص سبزیگی پیشرفته با آستانه ثابت مطرح شده توسط تانگ و همکاران است که هرچند اکثر پیکسل‌های گیاه در تصویر باینری به‌درستی شناسایی شده است اما بسیاری از پیکسل‌های خاک را نیز به‌عنوان گیاه شناسایی نموده است که این پیکسل‌ها به‌صورت نواحی نویز پراکنده در تصویر باینری نهایی دیده می‌شوند. شناسایی اشتباه پیکسل‌های خاک به‌عنوان پیکسل‌های گیاه را اصطلاحاً، «خطای نوع دوم شناسایی» می‌نامند که در شکل ۱-د، تصویر باینری به‌دست آمده میزان بالایی از این نوع خطا را نشان می‌دهد.



شکل ۱: (الف) تصویر رنگی (ب) تصویر باینری شده الف بعد از افزایش کنتراست با شاخص سبزیگی تشدید شده (ج) تصویر باینری شده الف بعد از افزایش تضاد با روش سبزیگی مازاد تغییر یافته (د) تصویر باینری شده الف بعد از افزایش تضاد با روش شاخص سبزیگی پیشرفته  
در شکل ۲ نیز، محدودیت روش آستانه یابی اتسو در کلاسه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس دیده می‌شود. در این شکل، ناحیه جدا شده از تصویر اصلی تنها حاوی پیکسل‌های گیاه است که بایستی به طور کامل در یک کلاس قرار گیرند (شکل ۲-ب) ولی استفاده از تابع اتسو، سبب تقسیم این تصویر به دو قسمت سیاه و سفید می‌شود (شکل ۲-د).



شکل ۲: (الف) تصویر رنگی، (ب) قسمتی از ناحیه گیاه جدا شده از تصویر الف (ج) سطح خاکستری قسمت (ب) تابع اتسو

اعمال شده بر روی تصویر ج

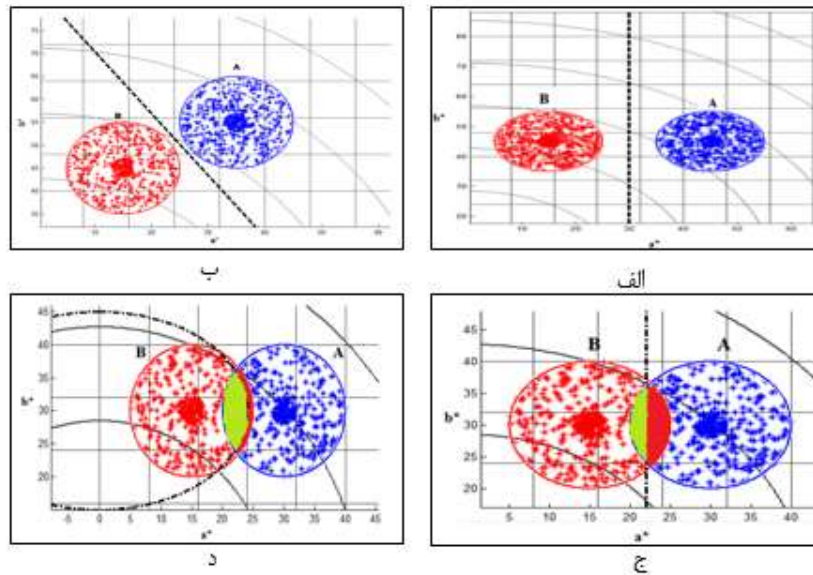
تئوری تحقیق



در این تحقیق شیوه‌ای ارائه می‌شود که در تعیین مقدار آستانه، میزان روشنایی در مجموعه داده‌ها را در نظر می‌گیرد و بنابراین جامعیت داشته و به یک مجموعه داده وابسته نیست. از طرفی این شیوه بر خلاف اتسو یک تصویر را به دو کلاس بخش‌بندی نمی‌کند و با این شیوه امکان طبقه‌بندی تمام پیکسل‌های یک تصویر در یک کلاس هم وجود دارد.

برای تشریح تئوری شیوه آستانه‌گذاری پیشنهاد شده در این تحقیق، از نمایش توزیع رنگ در دو مجموعه فرضی که قصد تفکیک آنها را داریم کمک می‌گیریم. دو مجموعه رنگی نشان داده شده در شکل ۳-الف را در نظر بگیرید. در این حالت، توزیع رنگ‌ها در راستای محور افقی بنحوی است که می‌توان برای جداسازی این دو مجموعه از مقدار آستانه تک بعدی (افقی) ثابت مانند  $T$  (خط چین مشکی تصویر) استفاده نمود. اگر پراکندگی رنگ‌ها در این دو مجموعه رنگی در هر دو بعد وجود داشته باشد، با استفاده از یک مقدار آستانه تک بعدی امکان تفکیک دو مجموعه وجود نخواهد داشت و برای جداسازی این دو مجموعه، بایستی از آستانه‌ای دو بعدی مانند خط مایل واقع شده در بین مرزهای دو مجموعه (خط چین مشکی شکل ۳-ب) استفاده کرد. در حالت پیشرفته‌تر یعنی زمانی که بین دو مجموعه همپوشانی نیز وجود دارد استفاده از آستانه دو بعدی خطی (شکل ۳-ج) تصاویر باینری با خطاهای عدم تشخیص (خطای نوع اول) و تشخیص نادرست بالا (خطای نوع دوم) را برای عملیات قطعه‌بندی نتیجه می‌دهد. به‌عنوان مثال، در شکل ۳ د از خط چین مشکی رنگ می‌توان برای جداسازی دو مجموعه استفاده نمود ولی خطای نوع اول (خطای عدم تشخیص، یعنی خطای ناشی از شناسایی نقاط قرمز به‌عنوان آبی که در شکل به‌صورت ناحیه قرمز رنگ نشان داده شده است) در آن زیاد است که اگر برای کم کردن این خطا از خط آستانه مشکی دور و به سمت راست حرکت نماییم ممکن است از مقدار این خطا کم شود که مطلوب است اما به خطای نوع دوم (خطای تشخیص اشتباه، یعنی خطای ناشی از شناسایی نقاط آبی به‌عنوان قرمز که در شکل ناحیه‌ای به رنگ سبز می‌باشد) افزوده می‌گردد. این محدودیت، سبب می‌شود که خطای کلی عملیات بخش‌بندی توسط آستانه یابی خطی که مجموع خطای نوع اول و خطای نوع دوم است حتی در حالت دو بعدی آن همواره زیاد باشد. در این مقاله، شیوه‌ای از آستانه یابی پیشنهاد می‌شود که بتوان با آن، خطای نوع اول را به کمترین میزان خود رسانده و خطای نوع دوم را نیز در حد کمینه نگه دارد. نوع آستانه‌گذاری این شیوه، مبتنی بر ارائه پوسته سه بعدی است که برای درک بهتر، در نوع دو بعدی، آن را می‌توان به منحنی ای شبیه به آنچه در شکل ۳-د نمایش داده شده است در نظر گرفت. توسط این آستانه منحنی، می‌توان به شناسایی بیشتر نقاط و همچنین کم بودن خطای نوع دوم نسبت به آستانه ثابت امیدوار بود.





**شکل ۳: الف)** دو مجموعه رنگی و آستانه مشکی رنگ برای جداسازی آنها (ب) دو مجموعه و آستانه مشکی رنگ دو بعدی برای جداسازی آنها (ج) دو مجموعه دارای همپوشانی و آستانه مشکی رنگ آنها (د) دو مجموعه و آستانه منحنی مشکی رنگ آنها (محدوده قرمز برای خطای نوع اول و سبز برای خطای نوع دوم می‌باشد)

در شیوه ارائه شده با استفاده از فاصله رنگی، آستانه‌های صفحه‌ای در فضای  $L^*a^*b^*$  طراحی می‌گردد. در آستانه فضایی مورد نظر این تحقیق، تفاوت بین دو رنگ در واقع فاصله اقلیدسی بین دو بردار آن دو رنگ در فضای رنگی  $L^*a^*b^*$  می‌باشد که با توجه به تعریف این مدل رنگی، می‌تواند متناظر با تفاوت‌های دریافتی انسان بین رنگ‌ها در نظر گرفته شود. مؤلفه‌های این مدل رنگی، به ترتیب  $L$  میزان روشنایی است که در بازه ۰ (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر است، مؤلفه  $a^*$  میزان قرمز-سبز بودن را می‌سنجد و در بازه ۱۲۸- تا ۱۲۷ قرار دارد و در نهایت مؤلفه  $b^*$  زرد-آبی بودن را توصیف می‌کند که مقدار آن در بازه ۱۲۸- تا ۱۲۷ تغییر می‌کند (Gonzalez and Richard, 2002; Kim, 2008 Leon *et al.*, 2006);

شیوه پیشنهادی، فاصله دو رنگ در فضای  $L^*a^*b^*$  را که از رابطه ۲ بیان می‌شود، به دست می‌آورد. این رابطه تعیین کننده میزان شباهت یا عدم شباهت رنگی<sup>۱</sup> رنگ مورد نظر با رنگ مرجع است.

$$R = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^*$$

<sup>1</sup> Color similarity and dissimilarity



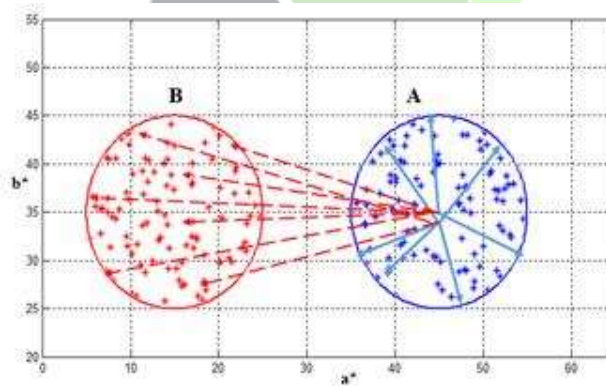
$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^*$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^*$$

در روابط فوق،  $R$  فاصله رنگی رنگ مورد نظر از رنگ مرجع در فضای سه بعدی اقلیدسی،  $\Delta L^*$ ،  $\Delta a^*$  و  $\Delta b^*$  به ترتیب اختلاف میزان روشنایی، اختلاف مقدار مؤلفه  $a$  اختلاف مقدار مؤلفه  $b$  مورد بررسی با رنگ مرجع می‌باشد (Kheng, 2002) و به عبارتی دیگر

$$(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 = R^2 \quad (3)$$

توسط رابطه (۳) می‌توان محدوده‌ای برای هر مجموعه رنگی تعریف کرده و از این محدوده‌ها برای تفکیک و کلاسه‌بندی پیکسل‌ها در مجموعه رنگ‌های مختلف و بنابراین بخش‌بندی رنگی تصویر استفاده نمود. به‌عنوان مثال، با فرض ثابت بودن روشنایی ( $L$ ) پیکسل‌های تصویری را فرض کنید که دارای رنگ‌هایی می‌باشند که در صفحه  $a^*b^*$  در دو مجموعه رنگی  $A$  و  $B$  قرار می‌گیرند (شکل ۴). در این دو مجموعه، نقاط آبی در مجموعه  $A$ ، مشخص‌کننده رنگ پیکسل‌های ناحیه‌ای است که قصد جدا کردن آن را در تصویر داریم و اصطلاحاً پیش زمینه<sup>۱</sup> خوانده می‌شود. نقاط قرمز در مجموعه  $B$  مشخص‌کننده مختصات رنگی پیکسل‌هایی از تصویر است که در ناحیه‌ای غیر از ناحیه مورد نظر واقع شده است و به نام پس زمینه<sup>۲</sup> خوانده می‌شود. رابطه<sup>۳</sup> نشان می‌دهد که می‌توان از پارامتر فاصله رنگی با مقدار  $R$  مشخص برای جداسازی این دو مجموعه استفاده کرد چرا که نقاط اطراف مجموعه  $A$  به دلیل فاصله کم نسبت به نقطه مرکز دایره  $A$  (نقطه مرجع معادله ۳) دارای مقدار بازگردانده شده کمتری نسبت به نقاط مجموعه  $B$  می‌باشند.



<sup>1</sup> foreground

<sup>2</sup> background



شکل ۴: دو مجموعه رنگی از نقاط آن که نسبت به هم فاصله رنگی دارند

اگر در معادله ۳ تغییرات شدت نور را صفر در نظر بگیریم یعنی تعیین فاصله را در شدت نور ثابت انجام دهیم و رابطه ۳ را به رابطه ۴ تبدیل نماییم معادله تعیین فاصله در دو بعد به دست خواهد آمد که اگر نقطه مرجع  $(a^*=0$  و  $b^*=0)$  باشد، از آن برای تعیین میزان رنگینی<sup>۱</sup> یک رنگ استفاده می‌شود:

$$(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 = r^2 \quad (۴)$$

این معادله نشان‌دهنده تفاوت رنگی دو رنگ بدون در نظر گرفتن میزان روشنایی است که اگر این معادله را برای شکل ۴ به کار ببریم با همان استدلال گفته شده برای سه بعد در دو بعد نیز می‌توان دو رنگ را از یکدیگر تفکیک نمود، اما وقتی دو مجموعه به یکدیگر نزدیک باشند مانند شکل ۳- ج باز هم جداسازی را برای هر کدام از آستانه‌های به دست آمده چه از طریق سه بعدی و چه دو بعدی می‌توان داشت ولی مانند آستانه خطی شکل ۳- ج خواهد بود که در آنها دسترسی به کمترین خطای نوع اول و دوم به طور همزمان وجود ندارد و کم شدن یکی منجر به زیاد شدن دیگری می‌شود. بدین منظور دو معادله را با یکدیگر جمع می‌نماییم تا به معادله‌ای برسیم (معادله ۵) که علاوه بر دارا بودن محدوده دو معادله، در سه بعد کشیده‌تر است که این خود باعث شناسایی نقاط بیشتر در دو مجموعه می‌شود و به دلیل بیضی بودن خطای نوع دومی به مراتب کمتر از دو معادله قبلی خود دارد. مقدار R و r همان مقادیر آستانه به دست آمده برای هر کدام از روش‌ها بدون در نظر گرفتن دیگری می‌باشند.

$$(\Delta L^*)^2 + 2 \times (\Delta a^*)^2 + 2 \times (\Delta b^*)^2 \leq R^2 + r^2 = d^2 \quad (۵)$$

$$\frac{(\Delta L^*)^2}{d^2} + \frac{2}{d^2} \times \Delta a^{*2} + \frac{2}{d^2} \times \Delta b^{*2} \leq 1 \quad (۶)$$

معادلات ۳، ۵ و ۶ پوسته کروی و بیضوی سه بعدی را در فضای رنگی مشخص می‌کند که از این پوسته‌ها به عنوان شیوه‌ای جدید در آستانه گذاری و جداسازی رنگ‌های تصویر در این پروژه استفاده شده است.

### ارزیابی شیوه آستانه گذاری پوسته سه بعدی

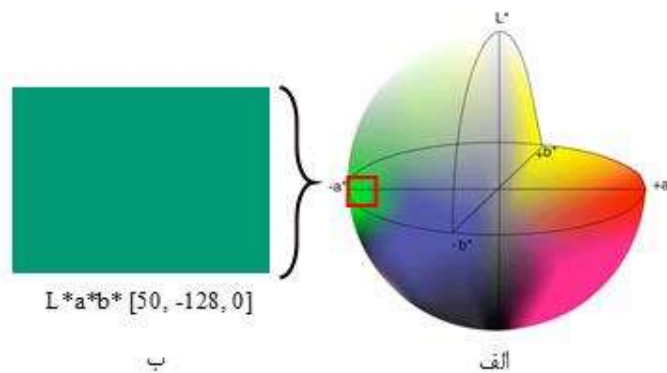
به منظور ارزیابی میزان دقت و مقایسه شیوه آستانه گذاری پیشنهادی، این شیوه با شیوه‌های رایج برای جداسازی ناحیه گیاهی از نواحی پس زمینه و سایه مورد مقایسه قرار گرفت. بدین منظور، تصاویری از مزرعه کاهو واقع در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری در ساعات بین ۱۰ تا ۱۴ تهیه شد. از این تصاویر، تعداد ۲۰۰ تصویر برای ارزیابی انتخاب شد که

<sup>1</sup> Chroma



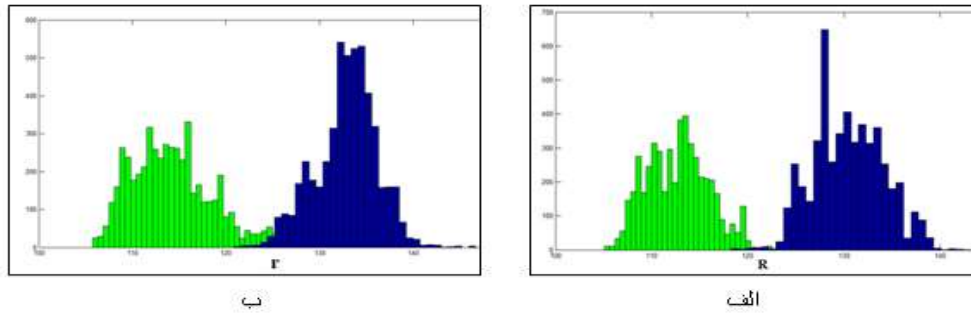


به صورت دستی در نرم‌افزار Photoshop گیاه از زمینه جدا گردید. از این تصاویر برای محاسبه خطاهای شناسایی و عدم شناسایی یا به طور کلی عملکرد الگوریتم آستانه گذاری پیشنهادی و مقایسه آن با عملکرد شیوه‌های رایج آستانه گذاری استفاده می‌شود. گیاه به عنوان ناحیه مورد نظر برای جداسازی و شناسایی گیاه به عنوان هدف اصلی از قطعه‌بندی این تصاویر در نظر گرفته شد. بنابراین، با توجه به اینکه مؤلفه اصلی رنگی گیاه در این تصاویر رنگ سبز است نقطه‌ای با مشخصات (۰، -۱۲۸، ۵۰) در مختصات مشخص شده روی فضای رنگی  $L^*a^*b^*$  (شکل ۵-ب) به عنوان رنگ مرجع در نظر گرفته شد. این انتخاب به دلیل داشتن بیشترین مقدار سبزیگی (۱۲۸- $a^*$ ) و نداشتن هیچ گونه رنگ مایه زرد و یا تمایل به آبی بودن ( $b^*=0$ ) در آن است. از طرفی، رنگ مرجع انتخاب شده از نظر روشنایی، در محدوده میانه شدت روشنایی ( $L=50$ ) است (شکل ۵-الف).

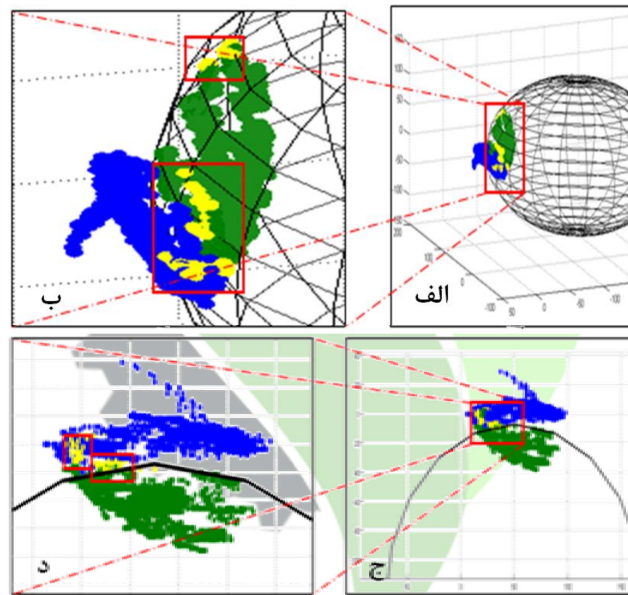


شکل ۵: الف) فضای  $L^*a^*b^*$  (ب) رنگ مرجع استفاده شده به همراه مشخصات آن

رنگ تمامی پیکسل‌های ناحیه گیاهی و غیر گیاهی در مختصات سه بعدی  $L^*a^*b^*$  به دست آمده و برای تعیین مقادیر بهینه پارامترهای ثابت  $R$  و  $r$  در معادلات ۳ و ۴ فاصله رنگی تمامی رنگهای موجود در تصویر (تمامی پیکسلها) در این فضای سه بعدی از رنگ مرجع محاسبه شد. برای بدست آوردن مقادیر بهینه فاصله  $R$  و  $r$  که شعاع کره رنگی و مقدار بهینه رنگینگی را مشخص می‌کند می‌توان از رسم نمودار فرکانس تعداد رنگها و فاصله رنگها تا رنگ مرجع استفاده کرده (شکل ۶) و مقادیر آنها را از دره قرار گرفته بین دو کلاس بدست آورد یا از الگوریتمهای دو کلاسه کردن هیستوگرام (مانند الگوریتم اتسو) کمک گرفت. با تحلیل هیستوگرامها، دو مقدار فاصله ای ۱۲۲٫۶۷ و ۱۲۳٫۱۸ بعنوان مقادیر بهینه بترتیب پارامترهای  $R$  و  $r$  برای جداسازی گیاه سبز از نواحی غیر گیاهی بدست آمد. تحلیل توزیع رنگهای پیکسل‌های گیاهی و غیر گیاهی در فضای سه بعدی نشان‌دهنده این است که پوسته‌ای با معادله کره (معادله ۳) خطای نوع اول بالایی را در شناسایی پیکسل‌های گیاهی سبب می‌شود. به عبارت دیگر، اگر از کره برای جداسازی رنگها استفاده شود، مقدار قابل توجهی از پیکسل‌های گیاه خارج از محدوده معادله قرار می‌گیرد (مستطیل‌های مشخص شده در شکل ۷-ب).



شکل ۶: الف) هیستوگرام حاصل از معادله ۳ ب) هیستوگرام حاصل از معادله ۴ (ناحیه سبز رنگ مربوط به پیکسل های گیاه و ناحیه آبی مربوط به پیکسل های زمینه می باشد)

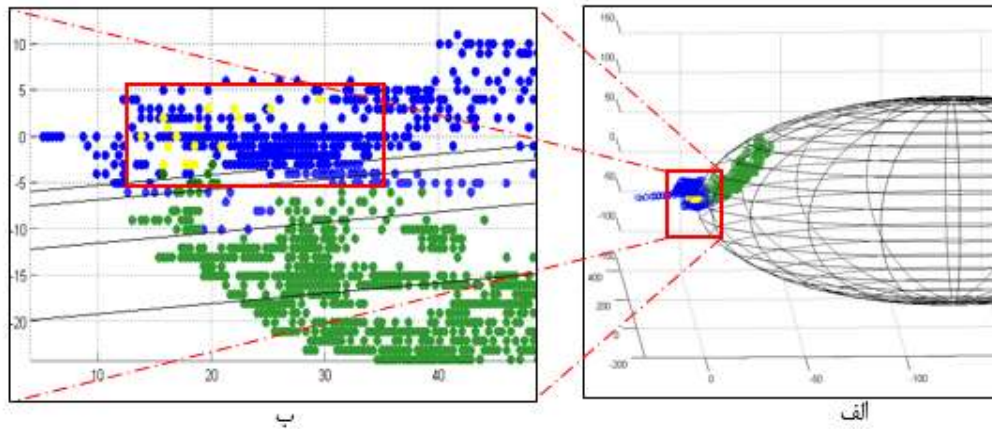


- پیکسلهایی که داخل محدوده آستانه قرار دارند (ناحیه گیاهی)
- پیکسلهایی که خارج از محدوده قرار دارند (ناحیه پس زمینه)
- پیکسلهای از گیاه که خارج از محدوده قرار گرفته اند

شکل ۷: به ترتیب از راست به چپ الف) کره حاصل از معادله ۳ ب) بزرگنمایی بخش نشان داده شده از تصویر الف (نقاط زرد رنگ داخل

مستطیل‌ها نشان دهنده پیکسل‌های ناحیه گیاهی از تصویر هستند که به‌عنوان پس زمینه شناسایی شده‌اند) ج) دایره حاصل از معادله ۴ د)

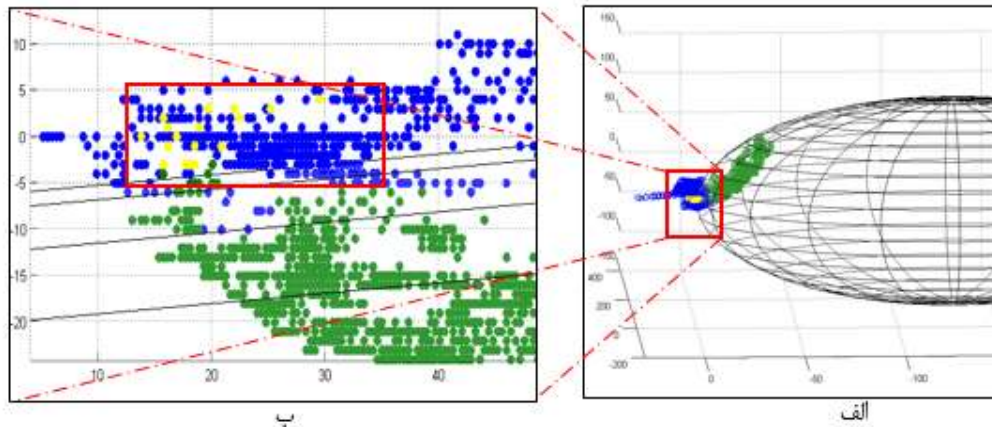
بزرگنمایی شده بخشی از تصویر ج



شکل ۸: الف) بیضی‌گون ترسیم‌شده با روش پیشنهادی به همراه پیکسل‌های گیاه (رنگ سبز) و پس‌زمینه (آبی) ب) بزرگ‌نمایی شده

بخشی از تصویر الف (تنها تعداد اندکی از پیکسل‌های گیاه شناسایی نشده‌اند)

احتمالاً ضعیف بودن پوسته‌کروی شکل در جداسازی موثر رنگ‌های گیاهی از پس‌زمینه به دلیل توزیع رنگ‌دگر بعد روشنایی است. به عبارت دیگر، رنگ‌ها در پیکسل‌های گیاهی تصاویر، در راستای روشنایی طوری قرار گرفته‌اند که فاصله آنها از نقطه مرجع برابر با فاصله نقطه‌ای از زمینه شده است و بنابراین پوسته‌کروی قادر به مجزا کردن آنها از هم نمی‌شود. این در حالی است که، پوسته بیضی‌گون که بنا به معادله آن از هر سه پارامتر رنگی استفاده می‌کند می‌تواند به طور موثرتری دو مجموعه رنگی گیاهی و پس‌زمینه را از هم تفکیک کند و تعداد بیشتری از پیکسل‌های گیاه را از پیکسل‌های غیر گیاه جدا کند (شکل ۹).



شکل ۹: به ترتیب از راست به چپ الف) بیضی‌گون ترسیم‌شده با روش پیشنهادی به همراه پیکسل‌های گیاه (رنگ سبز) و پس‌زمینه (آبی) ب) بزرگ‌نمایی شده بخشی از تصویر الف (تنها تعداد اندکی از پیکسل‌های گیاه شناسایی نشده‌اند)

## نتایج و بحث

برای مقایسه عددی دقت روش آستانه‌یابی ارائه‌شده در این پژوهش، از پارامترهای خطای نوع اول، خطای نوع دوم، خطای مجموع و میانگین خطای مربع استفاده گردید.

جهت تعیین خطای نوع اول، دوم از معادلات ۷- و ۸ استفاده گردید.

$$\text{خطا نوع اول} = (P_{mis}) / (P_{ref}) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{خطا نوع دوم} = (B_{mis}) / (B_{ref}) \times 100 \quad (8)$$

که در این معادلات،  $P_{mis}$  تعداد پیکسل گیاه که به‌عنوان سایه در نظر گرفته‌شده،  $P_{ref}$  تعداد پیکسل گیاه در تصویر مرجع (تصویری که توسط نرم‌افزار Photoshop به صورت دستی جداسازی شده)  $B_{mis}$  تعداد پیکسل‌های پس‌زمینه که به‌عنوان گیاه در نظر گرفته‌شده و  $B_{ref}$  تعداد پیکسل پس‌زمینه در تصویر مرجع می‌باشد (Golzarian, et al., 2012). خطای مجموع نیز حاصل جمع دو خطای اول و دوم می‌باشد.

جهت تعیین میانگین مربع خطا از رابطه ۹ استفاده گردید که در آن  $M$  تعداد پیکسل‌های تصویر  $X$ ، تصویر مورد نظر و  $X'$  تصویر مرجع می‌باشد تصویری که با استفاده از نرم‌افزار Photoshop گیاه از آن جدا گردیده است (Wang and Zhang, 1999).

$$MSE = \frac{1}{M} \sum (X - X')^2 \quad (9)$$



مقدار میانگین خطای مربع و هم چنین خطاهای نوع اول، دوم و خطای مجموع از روی تصاویری که نواحی مختلف به صورت دستی جدا شده بود محاسبه و با روش تانگ و همکاران (MEGI) شاخص سبزینگی مازاد تغییر یافته (Tang et al., 2003)، روش ووبک و همکاران (Woebbecke et al., 1995) سبزینگی مازاد (ExG) و هم چنین با روش میسر یعنی سبزینگی مازاد پیشرفته (IVI) (Meyer and Neto, 2008) مقایسه گردید که نتایج نشان داد در برابر روش های ارائه شده روش پیشنهاد شده در این تحقیق دارای کمترین میزان میانگین مربع خطا و همچنین کمترین میزان خطای نوع اول و خطای مجموع می باشد البته، خطای نوع دوم در روش پیشنهاد شده زیادتر است از خطایی که با باینری کردن تصویر با کمک شیوه اتسو روی تصویر سبزینگی مازاد تغییر یافته به دست می آید ولی همان طور که دیده می شود خطای نوع اول روش سبزینگی مازاد تغییر یافته به طور چشمگیری بیشتر از خطای اول روش پیشنهاد شده در این تحقیق است، بطوریکه استفاده از روش سبزینگی مازاد تغییر یافته را برای شناسایی گیاه در تصاویر به نحوی غیر قابل توجیه می کند (جدول ۱). خطای مجموع برای روش پیشنهادی و سه شیوه دیگر حکایت از برتری چشمگیر روش پیشنهادی برای قطعه بندی تصویر به منظور جداسازی بهتر ناحیه گیاهی از تصویر با داشتن نویز کمتر دارد.

**جدول ۱:** مقایسه روش پیشنهادی با روش اتسو اعمال شده روی سه فاکتور متداول مورد استفاده برای جداسازی گیاه از تصاویر

سبزینگی مازاد تغییر یافته	سبزینگی مازاد پیشرفته	سبزینگی مازاد	روش پیشنهادی	میانگین خطای مربع
۰/۰۹۵	۰/۰۷۱	۰/۰۷۲	۰/۰۴۱	میانگین خطای مربع
۳۹/۳۴۴	۵/۲۵۸	۱۲/۳۴۴	۳/۱۹۲	خطای نوع اول
۱/۶۹۱	۹/۳۳۲	۶/۹۳۶	۵/۲۵۷	خطای نوع دوم
۴۱/۰۳۶	۱۴/۵۹۱	۱۸/۱۸۰	۸/۴۴۹	خطای مجموع

## نتیجه گیری کلی

در مقاله حاضر به معرفی روشی جدید پرداخته شده که می توان توسط آن هر رنگی را در روشنایی مختلفی از آن رنگ تشخیص داد. در این روش با در نظر گرفتن فضای رنگی  $L^*a^*b^*$ ، فاصله اقلیدسی بین دو رنگ در دو فضای دو بعدی و سه بعدی محاسبه و با توجه به اختلاف فاصله رنگ ها پوسته ای سه بعدی تعریف شده که می تواند پیکسل های تصویر را که در محدوده فاصله رنگی خاص از یک رنگ مرجع هستند را تشخیص دهد. روش مذکور برای شناسایی گیاه در تصویر به کار گرفته شد و سپس با روش های



متداولی که برای شناسایی گیاه انتخاب می‌شود، مقایسه گردید. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی دارای خطای نوع اول و خطای مجموع و میانگین مربع خطای کمتری نسبت به روش های دیگر مانند سبزینگی تشدید یافته، سبزینگی مازاد پیشرفته و سبزینگی مازاد تغییر یافته می‌باشد.

#### منابع:

- 1- Bossu J, Gée C, Jones G, Truchetet F. 2009. Wavelet transform to discriminate between crop and weed in perspective agronomic images. computers and electronics in agriculture 65: 133-143.
- 2- Golzarian M, Lee M-K, Desbiolles J. 2012. Evaluation of Color Indices for Improved Segmentation of Plant Images. Transactions of the ASABE 55: 261-273.
- 3- Golzarian MR, Fielke J, Desbiolles J. 2007. A Novel Approach to Improve the Plant-background Segmentation in Computer Vision Systems.
- 4- Gonzalez RC, Richard EW. 2002. digital image processing.
- 5- Jafari A, Mohtasebi Ss, Jahromi HE, Omid M. 2006. Weed detection in sugar beet fields using machine vision. Int. J. Agric. Biol 8: 602-605.
- 6- Kheng LW. 2002. Color Spaces and Color-Difference Equations. Color Research and Application 24: 186-198.
- 7- Kim M-C. 2008. Comparative color gamut analysis of xvYCC standard. Displays 29: 376-385.
- 8- Leon K, Mery D, Pedreschi F, León J. 2006. Color measurement in  $l^*a^*b^*$  units from RGB digital images. Food research international 39: 1084-1091.
- 9- Meyer GE, Neto JC. 2008. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. Computers and Electronics in Agriculture 63: 282-293.
- 10- Mizushima A, Lu R. 2013. An image segmentation method for apple sorting and grading using support vector machine and Otsu's method. Computers and Electronics in Agriculture 94: 29-37.
- 11- Tang L, Tian LF, Steward BL. 2003. Classification of broadleaf and grass weeds using Gabor wavelets and an artificial neural network. Transactions of the ASAE 46: 1247.
- 12- Tian LF, Slaughter DC. 1998. Environmentally adaptive segmentation algorithm for outdoor image segmentation. Computers and Electronics in Agriculture 21: 153-168.
- 13- Wang Z, Zhang D. 1999. Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images. Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, IEEE Transactions on 46: 78-80.
- 14- Woebbecke D, Meyer G, Von Bargaen K, Mortensen D. 1995. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. Transactions of the ASAE 38: 259-269.



## Introduction of 3D threshold surface for effective image segmentation – Case Study: Detection of Plants from Images taken under natural light conditions

Mohsen Mahdiani<sup>1</sup> Mahmoodreza Golzarian<sup>2\*</sup> Reza Tabatabaei<sup>3</sup> and Davod Kalantari<sup>3</sup>

- 1- MSc Student, Department of Agricultural machinery Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
- 2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad  
m.golzarian@um.ac.ir
- 3- Associate Professor, Department of Agricultural machinery Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

### Abstract:

Image segmentation is important in clustering and automatic object detection. The Otsu method is used for finding a threshold automatically and for binary classification of a gray level image. The grayscale images are those mono-chrome color factor images in which the contrast between foreground (regions of interest, e.g. plant regions) and background was enhanced. This study introduces new equation for determination of optimum threshold for classification of plant pixels from background pixels in images taken under natural lighting conditions. The proposed method is in spatial surface threshold based on the color distance measured from pixel's  $L^*a^*b^*$  coordinates. To compare the efficacy of the proposed method with other conventional segmentation methods, plant images were used. Results showed that the proposed method had 0.04 mean square error and 3.19 Type I error and 8.44 Total error. These error values were less than those by the conventional methods.

**Keywords:** Computer vision; image segmentation; Otsu method; Euclidean distance