دانشکده : مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه : هوش مصنوعی

تشخیص برگ با استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی

دانشجو : ملیحه شبان زاده

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی

استاد مشاور :

جناب آقای دکتر حسن یور

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار : شهریور ۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده :مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان نامه ارشد خانم ملیحه شبان زاده

تحت عنوان:

تشخیص برگ با استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی

در تاریخ ۹۰/۶/۲۷ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با

درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر مرتضی زاهدی		نام و نام خانوادگی: دکتر حمید حسن پور	
نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر علی اکبر پویان		نام و نام خانوادگی : مهندس علی دوست محمدی	
نام و نام خانوادگی: دکتر هادی گرایلو			
نام و نام خانوادگی:			
نام و نام خانوادگی:			

تقدیم به

فرشتگان

«برسانید به دست صاحب دانش، ستی»

تشکر و قدردانی

در آغاز پروردگار خود را شاکرم که با توانایی‌اش توانایم کرد تا امروز توان اندیشیدن داشته باشم و قدردان پدر و مادر عزیزم باشم که به من اندیشیدن آموختند، اندیشیدن بر اندیشه‌های دیگران را، و نیز تقدیر میکنم از همسرم که همراهی‌ام نمود تا کاخ پرشکوه آرزوهایم را طراحی کنم.

سپاسگزار فراوان اساتید گرانقدرم جناب دکتر زاهدی و دکتر حسن پور هستم که به من فهمیدن آموختند، فهمیدن نشانه‌ها و اشاره‌ها که امروز بدانم برای بدست آوردن بهترینها، خواستن و توانستن نیاز است و چه بسا خواستن توانستن است.

و برای همه آنان که گام در نهر دانش نهاده‌اند آرزوی موفقیت دارم، . . .

تعهد نامه

اینجانب **ملیحه شبان زاده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کامپیوتر دانشکده مهندسی کامپیوترو فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تشخیص برگ با استفاده از الگوریتم هوش مصنوعی** تحت راهنمائی **دکتر مرتضی زاهدی** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۹۵/۱۱/۱۲ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* **متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

چکیده:

گیاهان از پرکاربردترین منابع برای انسان‌ها در زمینه‌های مختلف محسوب می‌شوند، لذا تمایز بین گونه‌های گیاهی امری مهم بوده و از آن به عنوان سیستم‌تشخیص‌گیاه یاد می‌شود. تاکنون این وظیفه توسط گیاه‌شناسان خبره صورت می‌گرفت که امری طاقت‌فرسا و زمانبر در کنار نقصان حافظه و خطای انسانی محسوب می‌شد لذا محققان کوشیدند با استفاده از الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی معایب مذکور را رفع نمایند. از آنجا که بررسی‌های گیاه‌شناسی، برگ گیاه را برای تشخیص نوع گونه کافی و لازم می‌داند، می‌توان فقط با تصویربرداری از برگ و سپس استخراج مشخصه مناسب به نتایج دلخواه دست یافت. در حالت کلی مشخصه-های مفید یک برگ در سه دسته جداگانه قرار می‌گیرند. دسته اول مشخصات عمومی برگ شامل ابعاد برگ، اندازه حفره و یا مساحت برگ، دسته دوم مشخصات محلی شامل بافت یا ساختار رگبرگ‌ها و در نهایت دسته سوم حاوی ویژگیهای دندانه برگ می‌باشد. موارد فوق در مقالات مختلف آزموده شده است ولی کارایی آنها محدود به فرضیات مقاله، برای گونه‌های خاص و در شرایط کاملا ایده‌آل می‌باشد. لذا در این پژوهش، علاوه بر تعریف مشخصه‌های مفید در هر دسته، پیشنهاد می‌گردد که مشخصه‌های سه دسته فوق ترکیب شده و سیستمی برای تشخیص شمار زیادی از گونه‌های گیاهی ارائه دهیم. لازم بذکر است که در این پژوهش ۶ مشخصه محلی مبتنی بر بافت توسط محاسبات کاملا ریاضی استخراج می‌شود که بایستی آنها را بر روی قطعه میانی از برگ (بدون وجود رگبرگ اصلی و دندانه) اعمال نمود. برای دسته عمومی نیز ۴ مشخصه که برگرفته از مقالات اخیر سایر محققین بوده‌اند محاسبه می‌گردد و برای دسته دندانه برگ نیز روشی کاملا بدیع با استفاده از تبدیل موجک ارائه شده است که به استخراج ۴ مشخصه دیگر ختم خواهد شد. در مجموع بردار مشخصه حاوی ۱۴ عنصر تشکیل خواهد شد که با استفاده از الگوریتم K-نزدیکترین‌همسایه آنها را دسته‌بندی می‌نماییم. نتایج به دست آمده گواه عملکرد صحیح برای شمار زیادی از گونه‌ها و در شرایط مختلف نظیر آفت، تغییر فصول و نورپردازی می‌باشد.

کلمات کلیدی: تشخیص برگ گیاهان، سیستم تشخیص و کلاس‌بندی، استخراج مشخصه، تبدیل موجک، الگوریتم نزدیکترین همسایه

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

1. "Combined Local Descriptors and Global Features for Leaf Recognition System", In: International Journal on Signal and Image Processing (SIPIJ), September 2011.

فهرست مطالب:

فصل اول- مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- مشکلات تشخیص دستی ۴

۱-۳- ویژگیهای یک تشخیص درست و کامل ۵

۱-۴- سیستم خودکار تشخیص برگ چیست؟ ۵

۱-۵- کاربرد سیستم تشخیص برگ ۶

فصل دوم- مروری بر پژوهشهای مرتبط ۹

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- روشهای مبتنی بر ویژگیهای سطح برگ ۱۰

۲-۳- روشهای مبتنی بر ویژگیهای عمومی برگ ۱۴

۲-۴- روشهای مبتنی بر دندانه برگ ۱۶

فصل سوم- شرحی بر تئوریهای مورد نیاز ۱۹

۳-۱- مقدمه ۲۰

۳-۲- استفاده از ماتریس همرخداد در توصیف بافت ۲۰

۳-۳- تبدیل موجک ۲۳

۳-۴- قانون نزدیکترین همسایه ۲۷

فصل چهارم- الگوریتم پیشنهادی ۲۹

۴-۱- مقدمه ۳۰

۴-۲- معماری سیستم ۳۱

۴-۲-۱- پیش پردازش ۳۲

۴-۲-۲- فاز استخراج مشخصه ها ۳۸

۴-۲-۳- کلاس بندی ۴۴

فصل پنجم-آزمون الگوریتم و تحلیل نتایج ۴۶

۵-۱- مقدمه ۴۷

۵-۲- مجموعه تصاویر انتخابی (بانک اطلاعاتی) ۴۷

۵-۳- اعمال الگوریتم پیشنهادی ۴۹

۵-۳-۱- پیش پردازش ۴۹
۵-۳-۲- تحلیل فاز استخراج مشخصه ها ۵۰
۵-۳-۳- تحلیل فاز کلاس بندی ۶۵
فصل ششم – جمع بندی و پیشنهادات ۷۰
۶-۱- جمع بندی ۷۱
۶-۲- نتیجه گیری ۷۳
۶-۳- پیشنهادات ۷۴
منابع و مراجع ۷۶
پیوست الف – مورفولوژی برگها در طبیعت ۸۱

فصل اول- مقدمه

۱-۱- مقدمه

گیاهان از مهمترین و پرکاربردترین منابع برای انسان‌ها بر روی زمین هستند که در زمینه‌های متفاوتی نظیر گیاه‌شناسی و درمانی از آنها بهره می‌گیرند. لذا اولین نیازی که در این زمینه احساس خواهد شد، نیاز به تشخیص و تمایز بین گونه‌های مختلف گیاهان خواهد بود که در بسیاری از موارد شباهت بسیار زیادی بین آنها وجود دارد، از این سیستم به عنوان سیستم تشخیص گیاه یاد می‌شود. از لزوم وجودی این سیستم همین بس که اگر در تشخیص، گونه گیاهی سمی به عنوان غیرسمی تشخیص داده شود، منجر به عواقب غیرقابل جبرانی خواهد گشت، تاکنون پاسخ به این نیاز توسط گیاه‌شناسان و افراد خبره در این زمینه انجام می‌گردید که آنها به بررسی دستی گیاه پرداخته و طبق تجربیات و محفوظات خود گونه آن را تشخیص می‌دادند، این کار به علت اینکه یک فرد نمی‌تواند همه گونه‌های موجود در جهان را به خاطر بسپارد و نیز زمان‌بر بودن بررسی و تشخیص در کنار خطای انسانی، روشی مناسب و معقول نمی‌باشد. از این‌رو محققان کوشیدند عملکرد و تشخیص گیاه-شناس را توسط الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی شبیه‌سازی نموده و معایب ذکر شده را بهبود و رفع نمایند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که برای تشخیص نوع گیاه بررسی مشخصه‌های برگ آن کافی و لازم می‌باشد، بنابراین می‌توان فقط با تصویربرداری از برگ گیاه به شرایط شروع کار دست یافت ولی در انتخاب مشخصه‌های برگ که از یک تصویر قابل برداشت بوده و بتواند به بهترین نحو توصیف‌کننده یک برگ باشد، گزینه‌های مختلفی پیش‌رو داریم از آن جمله می‌توان به رنگ، شکل، دندانه و رگبرگ اشاره نمود. در مباحث هوش‌مصنوعی تعاریفی برای یک مشخصه مناسب ارائه گشته است که باید در موارد انتخابی بررسی و لحاظ گردد، به عنوان نمونه‌ای از شرایط می‌توان به این مورد اشاره نمود که یک تصویر خاص در شرایط مختلف نورپردازی، چرخش دوربین و یا فاصله دوربین تا تصویر نباید منجر به تغییری در مقدار مشخصه‌های آن گردد و همچنین باید مشخصه‌هایی را انتخاب نمود که یک تصویر را در بین کلاس‌های مختلف مجزا نماید.

این شرایط در کنار سایر عوامل مطرح در این حیطه، موجب شد تا محققان مشخصه‌های متنوعی را از برگ معرفی نمایند که شرایط فوق را دارا بوده و هر یک جنبه‌ای از مشخصات برگ را دربرداشته باشد. در حالت کلی مشخصه‌های یک برگ را می‌توان در سه دسته جداگانه قرار داد.

دسته اول مشخصات عمومی برگ است که شامل شکل، اندازه حفره، مساحت برگ و شکل دندانه می‌باشد و در محاسبات هر یک، معیار مستقل از مقیاس بودن را رعایت نموده‌اند. دسته دوم مشخصات در یک برگ، مربوط به بافت و رگبرگ‌های آن می‌شود که برای این منظور از محاسبات ریاضی که توسط گنزالز[1] [۲] معرفی شده است استفاده می‌کنند. وی دسته‌ای از پارامترها را برای توصیف بافت در تصاویر مختلف تعریف نموده است و چون در یک برگ سطح آن دارای بافتی از رگبرگ‌ها بوده که در گونه‌های مختلف متمایز است، لذا انتظار می‌رود که با اعمال همان محاسبات بر روی برگ، بتوان مشخصه‌هایی مربوط به رگبرگ ارائه داد. دسته سوم نیز به بررسی ویژگیهای دندانه خارجی برگ می‌پردازد.

موارد فوق در مقالات مختلف بررسی و آزموده شده و نتایج گوناگونی گزارش شده است ولی کارایی این روش‌ها فقط در محدوده همان فرضیاتی است که محقق آن گزارش دانسته است و برای یک سیستم کامل‌تر که بتواند در شرایط مختلف و برای تنوع گونه‌ها پاسخ صحیحی دهد، مناسب نمی‌باشد. لذا در این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد تا مشخصه‌های سه دسته فوق ترکیب شده و مجموعه‌ای از بهترین‌ها را در هر دسته انتخاب نماییم تا بتوانیم یک برگ را از جهات مختلف توصیف کرده باشیم. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که این پیشنهاد کارساز بوده و نه تنها برای گستره وسیعی از گونه برگ‌ها پاسخ می‌دهد که در شرایط مختلف نظیر آفت، تغییر فصول و نورپردازی نیز انعطاف لازم را داشته و می‌تواند تشخیص صحیحی را ارائه دهد. لازم به ذکر است که مهمترین بخش از سیستم همین فاز استخراج مشخصه‌ها است که به تفضیل در فصول آتی بحث خواهد شد ولی بخش دیگر از سیستم مربوط به کلاس‌بندی داده‌ها است که در اینجا جهت مقایسه از روش‌های مختلفی استفاده

---

[1] Gonzalez

شده و نتایج مقایسه مورد تحلیل و ارزیابی قرار خواهد گرفت. از آنالیز روش‌های گفته شده به این نتیجه خواهیم رسید که روش نزدیکترین همسایه بهترین جواب را برای سیستم جاری و با مشخصه-های ارائه گشته، دربرخواهد داشت.

۱-۲- مشکلات تشخیص دستی

از آنجا که تشخیص نوع گونه گیاه، نیاز به اطلاعات تخصصی در مورد گیاهان و شرایط مختلف آنها دارد باید توسط افراد خبره نظیر گیاه‌شناسان به طور دستی انجام پذیرد و افراد عام قادر به انجام وظیفه آنها نمی‌باشند [۱]. با این وجود ممکن است این وظیفه در برخی مواقع برای خود گیاه‌شناسان نیز کاری دشوار تلقی شود و پاسخ صریحی نداشته باشند زیرا هزاران گونه مختلف از گیاهان وجود دارند که وی باید نام، مشخصات و روش شناسایی هر یک را به خاطر بسپارد که با توجه به محدودیت حافظه انسانی کاری بس دشوار و شاید غیرقابل اجرا باشد. لذا معمولاًآنها فقط بر روی گونه‌هایی تمرکز می‌کنند که متداول و معمول رشد می‌کنند و موارد دیگر را به خاطر نمی‌سپارند این کار نیز موجب محدودیت سیستم می‌گردد زیرا در مواقعی که گونه‌ای غیر از گونه‌های متداول داشته باشیم، با احتمال زیادی تشخیص اشتباه رخ می‌دهد. به علاوه این اشتباه در تشخیص ممکن است در موارد رایج نیز رخ دهد زیرا بسیاری از انواع برگ‌ها در طبیعت موجودند که بسیار شبیه به یکدیگر بوده و برای یک انسان تشخیص دقیق آن به تنهایی دشوار می‌باشد. از مهمترین دلایل آن می‌توان به این موضوع اشاره نمود که معمولاًاین افراد در مورد جزئیات ساختاری و چیدمان دقیق رگبرگ‌ها در تمام گونه‌های مختلف، اطلاع دقیقی ندارند لذا در این موارد به طور نسبی پاسخ می‌دهند که این نیز موجب خطای بسیاری در نرخ پاسخ‌گویی خواهد شد. همانطور که در قبل نیز گفته شد، این خطاها در تشخیص برگ با توجه به کاربرد ممکن است برای ما بسیار گران تمام شود که باید سعی در بهبود هر چه بیشتر آن نماییم.

۱-۳- ویژگی‌های یک تشخیص درست و کامل

بدیهی به نظر می‌رسد که تشخیص درست بدان معناست که گونه گیاه مجهول در شرایط مختلف به طور صحیح تشخیص داده شود که نیاز به تخصص و دقت عمل سیستم تشخیص دارد. ولی آنچه سیستم را کامل‌تر جلوه می‌دهد آن است که در شرایط مختلف بتوانیم تشخیص درستی داشته باشیم. به‌عنوان نمونه سیستم محدودیت گونه نداشته و بتواند در بین هزاران نوع مختلف با همان نرخ، پاسخگو باشد حتی اگر گونه‌های بسیار شبیه به یکدیگر در آن موجود باشد.

از دیگر مواردی که بایستی یک سیستم جامع لحاظ نماید آن است که در شرایط مختلف نورپردازی نظیر شرایط روز، شب و یا نورپردازی‌های مصنوعی، خروجی دچار تغییر و تاثیر نگردد. همچنین معمولاً یک گونه خاص در شرایط گوناگون بررسی گردد مشاهده می‌شود که دارای تغییرات زیادی در فصول مختلف سال می‌باشد. از آن جمله می‌توان به تغییراندازه، تغییر سطح برگ از نظر آفت، سوراخ و خورده‌شدن، تغییررنگ و خشک‌شدگی اشاره نمود. سیستم جامع باید بتواند راه‌کارهایی برای این موارد ارائه دهد تا به پاسخ صحیحی دست یابد. البته لازم به ذکر است که دسترسی به تمام این شرایط به‌طور همزمان دشوار و چه بسا غیرممکن باشد زیرا ترکیب برخی شرایط منجر به تغییرات زیادی در برگ می‌گردد نظیر برگی که دچار آفت شده، قسمتی از آن نیز خورده شده و سپس خشک و مچاله شده است ، مسلماً برای این برگ سیستم نمی‌تواند پاسخ مقبولی ارائه دهد که دور از انتظار نیز نمی‌باشد ولی موارد یاد شده تا حدی باید در سیستم لحاظ شده و سیستم راه‌کاری برای مقابله با آنها بیابد تا بتواند انعطاف لازم را اتخاذ نماید.

۱-۴- سیستم خودکار تشخیص برگ چیست؟

سیستم خودکار تشخیص برگ مکانیزمی است که عملکرد سنتی تشخیص برگ که تاکنون به شیوه دستی انجام می‌گرفت را خودکار نموده و در قالب نرم‌افزاری شامل الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی و پردازش‌تصویر پیاده‌سازی نموده‌است. مبنای عمل این سیستم، همان ملاک‌هایی است که یک گیاه-

شناس خبره در تشخیص به کار می‌بندد که سعی گشته آنها را در قالب نرم‌افزار پیاده‌سازی نماییم. بدین منظور باید تصویری از هر برگ گرفته، پارامترهایی از مشخصات آن استخراج کنیم و سپس از روی این مقادیر، گونه آن را تشخیص دهیم. مشخصاتی چون دندانه و ابعاد برگ در اولین نظر توسط گیاه‌شناس بررسی می‌شوند که این کار به راحتی با اعمال برخی محاسبات بر روی تصاویر قابل برداشت است. البته افراد این موارد را به طور ضمنی برای خود توصیف می‌کنند.

۱-۵- کاربرد سیستم تشخیص برگ

همانطور که در بخش‌های پیشین ذکر شد، تنوع گیاهان در طبیعت بسیار زیاد است که هر یک دارای ویژگی‌هایی بوده که از راه‌های مختلف بررسی این مشخصه‌ها، می‌توان یک گونه را تشخیص داد. این از اهم کارهایی است که در موسسات ثبت گونه‌های گیاهی در کشورهای مختلف انجام می‌پذیرد. این موسسات تمامی گونه‌های گیاهان به همراه لیست کاملی از ویژگی‌ها و کاربردهای آنها را جمع‌آوری و ذخیره می‌نمایند. در صورتی که فردی ادعای رویت گونه جدیدی نماید، این موسسات به بررسی آن گیاه پرداخته و در صورتی که مشخصات مذبور، جزء موارد موجود نباشد، آن را به عنوان گونه‌ای جدید ثبت و معرفی می‌کنند . مسلّما افزایش تعداد گونه‌ها، پاسخ به این سوال که آیا نمونه مجهول قبلاً ثبت شده‌است یا خیر، امری طاقت‌فرسا خواهد بود. بنابراین در صورت وجود یک مکانیزم خودکار برای این امر، هم افزایش سرعت و هم افزایش دقت را در پاسخ خروجی خواهیم‌داشت. وجود چنین سیستم خودکاری، می‌تواند برای مردم عام در زندگی نیز کاربردهای فراوانی داشته باشد، به عنوان نمونه بسیاری از مردم در تفریحات یا مسافرت‌های خود، ممکن است با گیاهانی روبرو شوند که در سمی یا غیرسمی بودن آنها دچار تردید باشند، در این موارد اگر فرد اطلاعات گیاه‌شناسی نداشته باشد، اشتباه در تشخیص ممکن است به نابودی وی ختم گردد. لذا اگر بتوانیم این سیستم تشخیص خودکار را در قالب نرم‌افزاری برای تلفن‌های همراه تبدیل نماییم، در این موارد فرد به راحتی فقط با تصویربرداری از برگ گیاه مذبور، نوع آن را تشخیص داده و نرم‌افزار می‌تواند اطلاعات جامعی در مورد

این گیاه در اختیار وی قرار دهد تا از مشکلات ماحصل جلوگیری به عمل آید. لازم به ذکر است که این نرم‌افزار همراه می‌تواند برای کودکان، نوجوانان و حتی جوانان در کسب اطلاعات عمومی گیاهی کمک شایانی نماید زیرا معمولاًنرم‌افزارهای تلفن‌همراه جذابیتی ویژه برای این گروه‌های سنی دارد که آنها به راحتی با عکس‌برداری از گیاهان مختلف، اطلاعات مختصری از آنها را مطالعه می‌نمایند.

از جنبه دیگر، افرادی که در منازل و محل زندگی خود گیاهانی دارند که تاکنون اطلاعات دقیق از شرایط محیطی آنها کسب ننموده اند، می‌توانند به کمک این نرم‌افزار در مورد پرورش و ازدیاد گیاهان مورد علاقه خود اطلاعات مکفی را با صرف کمترین وقت و هزینه به دست آورند.

یکی دیگر از مزایای جالب در مورد گیاهان این است که هر گیاهی در منطقه جغرافیایی با شرایط محیطی مخصوص به خود رشد می‌نماید که در نتیجه منجر به تاثیر در عناصر شیمیایی موجود در خاک می‌گردد. این ویژگی گیاهان برای ما کاربردهایی را در پی دارد، اول آنکه می‌توان با استفاده از این سیستم خودکار، شرایط محیطی و موقعیت خود را در مناطق مختلف یافت. به علاوه بسیاری از گیاهان در موقعیت‌یابی جهت جغرافیایی نیز برای ما مفیدند زیرا برگ آنها همواره در جهتی خاص قرار دارد (شمال، جنوب، شرق یا غرب) بنابراین سیستم مربوطه، پس از تشخیص اطلاعات منطقه و جهت مربوط به گیاه را در اختیار ما قرار می‌دهد که در یافتن مسیرها بسیار چاره‌ساز است. دوم آنکه، به ازای هر گیاهی که در محوطه موردنظر ما وجود دارد می‌توان اطلاعات زیست‌محیطی و تاثیری که روی عناصر شیمیایی خاک می‌گذارد را یافت که میتواند در افزایش بهره کشت و زارعت و تعیین نوع کودهای مکمل بسیار مفید واقع گردد. از کاربردهای دیگر تشخیص گیاهان میتوان به کاربرد آنها در اکتشافات معدنی اشاره نمود. معدن‌کاران پی برده‌اند که معمولا گیاهان، خود را با عناصری که به مقدار زیاد در خاک وجود دارد (مثل سدیم، پتاسیم و یا آهن) تطبیق می‌دهند. افزایش میزان عناصر اخیر در خاک، سبب معیوب‌شدن خاک می‌شود و قدرت رویش آن را کاهش می‌دهد و حتی ممکن است بکلی آن را عقیم سازد. نکته جالب آن است که در این شرایط خاک، گیاهان خاصی در آن می-رویند و بدین ترتیب به وضعیت کانی‌شناسی منطقه پی برد. بعنوان نمونه نواحی جنگلی انبوه زامبیا و

کاتانگا معمولا نماد کانی‌های مس، بوته‌های زرشک نماد وجود عنصر زغال در منطقه و گیاه سماق دلیل وجود سرب و روی در محدوده مجاور می‌باشد.

موارد یاد شده تنها و برخی از کاربردهای عملی این سیستم خودکار است که در اینجا لیست شده است ولی مسلّملی‌توان موارد دیگری را نیز به آن اضافه نمود ولی لازم به ذکر است که در عصر مدرنیزه کنونی که تمام حرکت‌ها رو به سوی خودکار نمودن امور به کمک رایانه دارند، باید سعی نمود تا برای تشخیص تمام عناصر موجود در طبیعت، راهی یافت تا اگر در آینده سیستم‌های تشخیص مختلف سعی در پیوستن به یکدیگر داشتند، بتوان در مورد گیاهان و کاربردهای آنها نیز سیستم را تکمیل نمود.

فصل دوم- مروری بر پژوهش‌های مرتبط

۲-۱- مقدمه

بر طبق آنچه در فصل پیش بیان گشت، تشخیص برگ می‌تواند مبتنی بر ویژگی‌های گوناگونی از تصویر صورت پذیرد. در بسیاری از موارد گیاه‌شناس تشخیص خود را بر روی بافت سطح برگ و جزئیات رگبرگ‌ها متمرکز می‌کند و در مواردی دیگر دندانه‌ها و شکل لبه‌های خارجی برگ نقش مهمی را در در ماحصل ایفا می‌نمایند. روشهای دیگری نیز از سوی محققان معرفی گشته‌اند که از روی مشخصات کلی برگ نظیر حفره‌ها و یا شکل برگ توانسته‌اند به نتایج مطلوبی در تشخیص دست یابند.

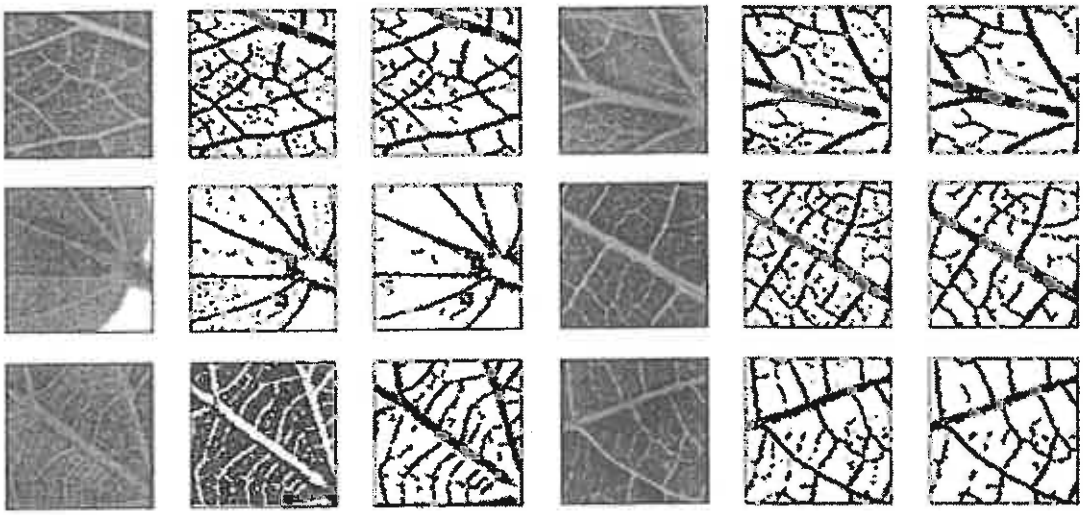
طبق مرور صورت گرفته بر سایر کارهای این زمینه، میتوان یک تقسیم‌بندی شامل سه گروه موضوعی تشکیل داد که تمامی پژوهش‌ها در این سه گروه جای می‌گیرند. این گروه ها شامل روشهای مبتنی بر ویژگی‌های سطح برگ، مبتنی بر مشخصات عمومی برگ و روشهای مربوط به دندانه و لبه-های برگ می‌باشد. در این فصل بر آن شدیم تا در هر یک از این زمینه‌ها، تعدادی از پژوهش‌های صورت گرفته را بطور مختصر بیان نمائیم تا علاوه بر روشن‌تر کردن زوایای موضوع، توانسته باشیم زمینه لازم برای معرفی طرح پیشنهادی خود را فراهم سازیم.

۲-۲- روشهای مبتنی بر ویژگی‌های سطح برگ

سطح هر برگ دارای ویژگی‌های مخصوصی است که با تعریف مشخصه‌های مناسب برای آن، میتواند چاره‌ساز عمل تشخیص محسوب گردد. مهمترین عاملی که در سطح هر برگ وجود دارد که در گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد، رگبرگ است. تاکنون برای توصیف رگبرگ، مشخصه‌های گوناگونی از سوی محققان ارائه گشته است که هر یک میتواند جنبه‌ای از ویژگی رگبرگ را توصیف نماید.

با توجه به اهمیت مولفه‌های رگبرگ و بافت، در بسیاری از تحقیقات [۳-۵] سعی برآن شده است تا ابتدا رگبرگ را از سطح برگ جدا نموده و سپس بتوان مشخصه مناسب را از آن استخراج نمود. در بیشتر این مقالات فرض کرده‌اند که رنگ و کنتراست پیکسل‌های رگبرگ با سایر پیکسل‌ها متفاوت

است [۶]. محققین [۷و۸] تلاش کرده‌اند تا بتوانند به ازای هر پیکسل سطح برگ مشخصه‌های مناسبی ارائه دهند که با استخراج آنها بتوان بین پیکسلهای پس‌زمینه و پیکسلهای رگبرگ تمایز قائل شد. بدین منظور پنجره‌ای با ابعاد ۷ در ۷ بر روی هر پیکسل لغزانده می‌شود که در هر بار مشخصاتی چون تغییر مقدار در چهار جهت، کنتراست محلی و پنج ویژگی‌آماری محاسبه می‌گردد و بعنوان بردارمشخصه آن پیکسل ذخیره خواهد شد. در نهایت این بردارها با استفاده از یک شبکه‌عصبی که هر پیکسل ورودی را در خروجی به دو کلاس رگبرگ و یا سطح برگ منتسب می‌کند، دسته‌بندی خواهد شد و نتیجه‌ای از مثال‌های ارائه شده توسط آنها در شکل زیر آورده شده است.



شکل۲-۱. سیر مراحل لازم برای جداسازی کامل رگبرگ از سطح برگ (برگرفته از [۸])

مشکل عمده این روش بر طبق گفته مولف آن، زمان زیاد اجرای آن می‌باشد زیرا در تصاویر بزرگ بایستی محاسبات استخراج مشخصه، به ازای هر پیکسل تصویر و در پنجره‌ای ۴۹ عنصری انجام گیرد. همین محققان پس از مدتی این روش را با تعدادی از مشخصه‌های دندانه برگ ترکیب کردند [۹] که توانستند تشخیص خود را بهبود بخشند ولی در افزایش زمان‌اجرا نیز تاثیر گذاشته و علاوه بر عدم‌حل مشکل بر افزایش آن نیز تاثیر گذاشتند.

در روشهای فوق تنها موفق به استخراج پیکسلهای محتمل رگبرگ خواهیم شد، ولی برای استخراج مشخصه‌های مبتنی بر رگبرگ نیز مجددا ملزم به صرف زمان خواهیم بود که منجر به رد شدن این روشها شده و کارهای جدید کوشیدند تا بتوانند مشخصه‌های مبتنی بر بافت و رگبرگ را مستقیما از روی تصویر برگ استخراج نمایند تا مشکل زمان حل شود. بدین منظور در سال ۲۰۰۸ گروهی از محققین برای تشخیص برگ، ترکیب مشخصه‌های بافت به همراه رنگ را ارائه دادند [۱۰]. در این پژوهش رنگ برگ را با استفاده از سه گشتاور اول تصویر که به ترتیب میانگین، واریانس و انحراف نمودار می‌باشد تعریف نموده و همچنین برای توصیف بافت سطح برگ از مفاهیم آنتروپی[۱]، همگنی[۲] و کنتراست[۳] که با استفاده از ماتریس هم‌رخداد[۴] محاسبه می‌شوند، کمک گرفته شده است. تمامی این مولفه ها مستقیما از روی تصویر بدست می‌آید. در انتها این بردار ۶ مولفه‌ای با استفاده از الگوریتم طبقه‌بند ماشین‌بردارپشتیبان[۵] دسته‌بندی گشته است. همانطور که قابل پیش‌بینی بود، نتایج نشان داد که استفاده از مولفه رنگ علاوه بر آنکه اصلا نمیتواند به تنهایی موثر باشد، همچنین در ترکیب با مشخصه بافت، در بانکی با تعداد بیشتر از ۶ کلاس قادر به هیچ تشخیصی نخواهد بود. لذا سهم عمده تشخیص در این کار بر عهده مولفه‌های استخراج شده از بافت می‌باشد. در جدول زیر نتایج ارائه شده توسط این محققین مشاهده می‌شود:

---

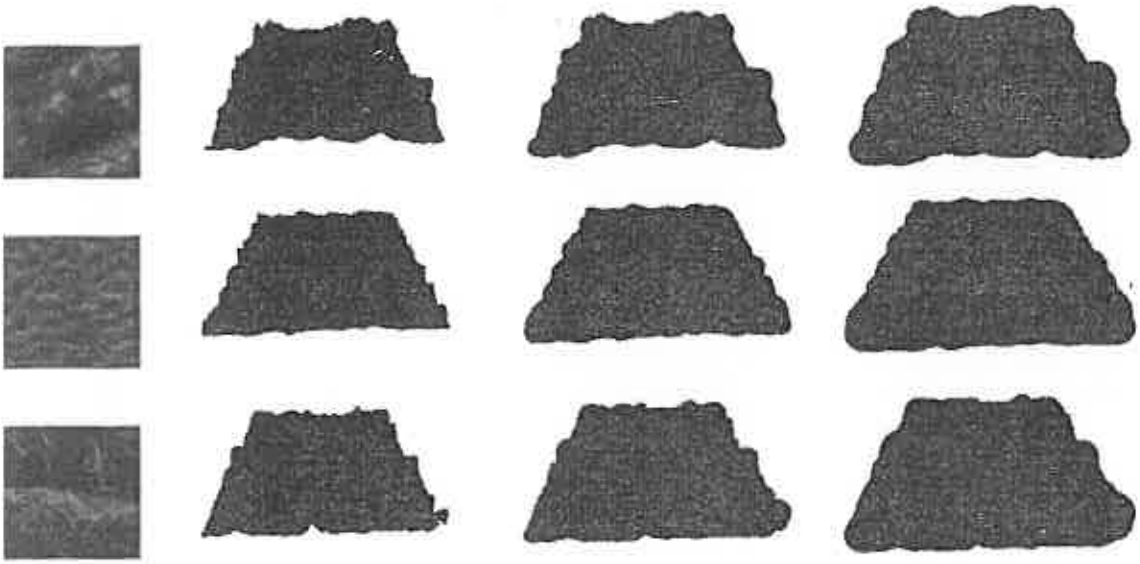
[1] Entropy
[2] Homogeneous
[3] Contrast
[4] Co-occurrence Matrix
[5] Support Vector Machine

جدول۲-۱. مقایسه دقت مجموعه مشخصه ها (برگرفته از [۱۰])

دقت				
	۴ کلاس	۶ کلاس	۱۰ کلاس	۲۴ کلاس
فقط استفاده از مشخصه های رنگ	٪۹۰	٪۶۳	٪۴۰	≈٪۰
فقط استفاده از مشخصه های بافت	٪۹۸	٪۹۶	٪۹۳.۵	٪۸۴.۶
ترکیب مشخصه ها	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۹۷.۹	٪۹۲

روشهای مشابه دیگری نیز وجود دارد [۱۱] که مجددا مشخصه‌های رنگ را با مشخصه‌های بافت سطح برگ ترکیب نموده‌اند. در این روش از فضای رنگی HSV کمک گرفته شده و برای توصیف جزئیات از روش گابور[1] استفاده شده است. البته پژوهش‌های دیگری نظیر [۱۲] تمرکز خود را بیشتر بر روی استخراج مشخصه‌های محلی و محاسبات آنها معطوف کرده‌اند. در این تحقیقات به منظور مدل‌کردن رگبرگ از محاسبات ماتریس‌هم‌رخداد کمک گرفته شده و توانسته‌اند بر مبنای آن مشخصات فراوانی برای بافت برگ ارائه دهند که از جهت زمان و نرخ پاسخگویی قابل‌قبول می‌باشند. لازم بذکر است که استفاده از ماتریس‌هم‌رخداد برای توصیف بافت در هر نوع تصویری (در موضوعات مختلف) استفاده می‌شود [۲] که محققان از آن برای پیاده‌سازی توصیف بافت برگ کمک گرفتند. در روشهای فراوانی [۱۳-۱۷] استفاده از تبدیل موجک به چشم می‌خورد که به تنهایی و یا ترکیب با سایر روشها بکار بسته شده است. البته مشخصه‌های مبتنی بر بافت به همین روشها محدود نمی‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های مختلفی نظیر مومنت‌ها [۱۸-۲۰]، ماتریس هم‌رخداد [۲۱-۲۳]، جزئیات خطی-محلی [۲۴] و فرکتال‌ها [۲۵] می‌توان توصیفگرهایی برای آن استخراج نمود.

[1] Log-Gabor



شکل۲-۲. بارز نمودن تفاوت بافت در قطعات برگهای مختلف پس از چندین تکرار (برگرفته از [۲۵])

همانطور که شکل فوق نشان می‌دهد علی‌رغم شباهت ظاهری بین برگهای مختلف، تاثیر بافت بسیار مهم می‌باشد که با محاسبات گفته شده در [۲۵] میتوان به شکل فوق دست یافت.

۲-۳- روشهای مبتنی بر ویژگی‌های عمومی برگ

از دیگر مولفه‌های مهم در تشخیص برگ، ویژگی‌های عمومی و ظاهری برگ است که ملاک عمل بسیاری از محققین تا کنون قرار گرفته است. زیرا شکل هر شی مهمترین ویژگی برای مشخص‌کردن آن شی است که معمولا در روشهای تشخیص اشیا استفاده میشود. در برخی از تحقیق‌های گزارش شده نیاز به دخالت یک فرد جهت تعیین جهت برگ یا مشخصه‌ای از آن می‌باشد تا بر مبنای آن ادامه کار صورت گیرد [۹] که این روشها خودکاربودن سیستم تشخیص را دچار تردید کرده و مقبول نمی-باشد. از رایجترین و موثرترین روشهای مبتنی بر شکل که تا کنون ارائه گشته است، استفاده از ویژگی‌های ریخت‌شناسی[1] و هندسی[2] تصویر است.

[1] Morphological feature
[2] Geometric feature

گروهی از پژوهشگران [۲۶] توانستند فقط با معرفی ۸ مشخصه هندسی عملیات تشخیص را با نرخ خوبی به انجام برسانند. مشخصه هایی که آنها ارائه دادند شامل نرخ طول به عرض[1]، نسبت مساحت برگ به مستطیل محاطی برگ[2]، نسبت مساحت کل بر مساحت حفره‌ها[3]، نسبت محیط کل بر محیط حفره‌ها[4]، نسبت دایره محاطی بر دایره محاطی برگ[5]، نرخ مدور بودن برگ[6] و ... می‌شود.

در ادامه این مبحث [۲۷] برای فاز استخراج مشخصه‌ها، ترکیب ۵ ویژگی هندسی و ۱۲ ویژگی ریخت‌شناسی را پیشنهاد داده است. ویژگی‌های هندسی پیشنهادی وی شامل طول، عرض، مساحت و محیط برگ شده و همچنین از ویژگی‌های ریخت‌شناسی معرفی شده میتوان به فاکتور درجه نرمی، درجه شباهت برگ به مستطیل، درجه شباهت برگ به دایره، نسبت طول به عرض برگ، نسبت محیط بر مجموع طول و عرض و... اشاره نمود. بردار ویژگی داده‌ها شامل ۱۷ مولفه خواهد شد که با اعمال روش تحلیل‌مولفه‌اصلی[7] آن را به ۵ کاهش می‌دهد. ویژگی‌های پیشنهادی این مقاله میتواند بخوبی شکل و ساختار کلی برگ را توصیف و تعریف نماید. کاربردی مشابه این کار، در مقاله [۲۸] تعریف گشته که تفاوت آنها در تعریف ریخت‌شناسی شکل برگ می‌باشد. دربسیاری از پژوهش‌ها مقایسه بین روشهای گوناگون مبتنی بر شکل را مشاهده می‌کنیم که بر روی بانک‌اطلاعاتی خاصی آنها را آزموده و نتایجی ارائه داده‌اند [۲۹]. وی ۴ روش مبتنی بر شکل را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده است که ترکیب روشهای Zernike moments و Polar Fourier Transform (PFT) میتواند بخوبی چاره‌ساز باشد.

در همین راستا سیستم‌های دیگری نیز ارائه و طراحی شدند که بر مبنای مشخصه‌های شکل برگ عمل می‌نمایند [۳۰-۳۶] و تفاوت آنها در تعریف مشخصه‌ای است که از ساختار هندسی و عمومی

---

1 Aspect Ratio
2 Rectangularity
3 Area Convexity
4 Perimeter Convexity
5 Sphericity
6 Circularity
7 Principle Component Analysis

برگ برداشت می‌شود ولی شباهت و هم‌پوشانی مشخصه‌های این کارها بسیار زیاد می‌باشد زیرا مشخصه‌هایی نظیر آنچه نام برده شد جز مهمترین مشخصه‌های برگ می‌باشد که سایرین آنها را برای پروژه‌های خود بکار بسته‌اند. البته بعلت وجود عوامل ناخواسته بسیاری که بر روی تصاویر برگ بطور معمول مشاهده می‌گردد، روشهای فیلتر متنوعی برای آنها ارائه شده [۳۷] که میتوان قبل از فازهای اصلی سیستم بکارگرفته شود. از آن جمله میتوان به فیلتر پررنگ نمودن لبه‌ها، حذف پس‌زمینه و یا نرم‌کردن تصویر اشاره نمود. سایر کارهای مشابه در زمینه توصیف شکل عمومی برگ در [۳۸-۴۴] با اندکی تغییر در تعاریف و محاسبات آورده شده است.

۲-۴- روشهای مبتنی بر دندانه برگ

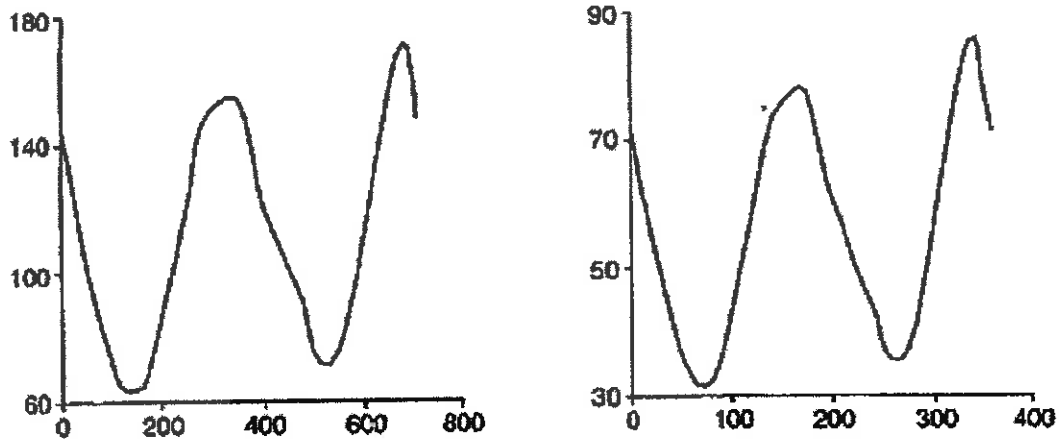
تا کنون روشهای زیادی برای توصیف دندانه و لبه برگ بیان شده است نظیر زنجیره‌کد[1]، نمودار CCD[2] [۴۵]، MAT[3] [۴۶] و FDs[4] [۴۷]. تمام این روشها برای خود مزیتی داشته و در کاربرد ارائه شده مفید می‌باشند. نکته حائز اهمیت در شناسایی مشخصه آن است که مشخصه مربوطه بایستی مستقل از مقیاس و چرخش باشد تا بتواند بخوبی ایفای نقش نماید.

بدین منظور نویسنده مقاله [۴۵] سه مجموعه مشخصه مبتنی بر دندانه برگ ارائه داده است. اولین مجموعه شامل مشخصه‌هایی است که توسط نمودار CCD بدست می‌آید. این نمودار به ازای یک نقطه مرکزی در شکل و چرخش ساعتگرد، فاصله مرکز تا تمام نقاط لبه برگ را ثبت می‌کند . با اتمام این کار دنباله‌ای داریم که نشاندهنده کنتور برگ است. بعنوان نمونه در شکل زیر برای یک برگ کامل نمودار CCD آن آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اگر ابعاد تصویر را نصف کنیم باز هم در شکل کلی نمودار هیچ تاثیری نخواهد داشت.

---

[1] Angle Code Histogram
[2] Centroid-Contour Distance
[3] Medial Axis Transform
[4] Fourier Descriptors

شکل۲-۳. (راست به چپ) برگ با نصف ابعاد، برگ کامل (برگرفته از [۴۵])

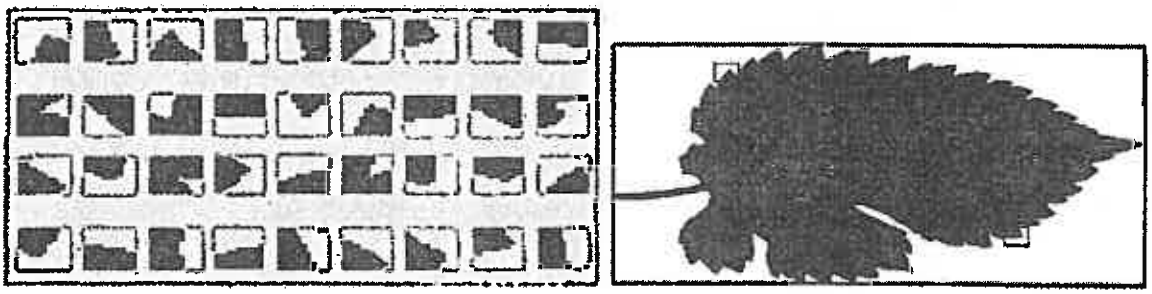


شکل۲-۴. (راست به چپ) نمودارCCD تصویر برگ کامل، نمودار CCD همان برگ با نصف ابعاد

مجموعه دوم شامل زنجیره کدهایی است که برای کنتور برگ محاسبه می‌شود و دربرگیرنده جزئیات دندانه‌ای برگ است که با استفاده از زوایای بین پیکسلها و جداول از پیش تعیین شده بدست می‌آید. سپس برای تطبیق و تشخیص، یک معیار شباهت برای دنباله‌های فوق تعریف کرده و عملیات تشخیص را انجام می‌دهد.

در سیستمی دیگر مشاهده می‌شود که ملاک عمل خود را تنها بر پایه ساختار، شکل و تعداد دندانه‌ها متمرکز می‌کند [۴۸] و دلیل آن را متفاوت بودن دندانه‌ها در بیشتر گونه‌های طبیعی ذکر میکند. برای این منظور از ماشین بردارپشتیبان استفاده می‌کند که می‌تواند به خوبی بین نمونه‌های دندانه‌دار و غیردندانه‌دار کلاس‌بندی را انجام دهد. برای شروع از نقطه‌ای تصادفی شروع کرده و در جهت خلاف ساعت حرکت می کند و در هر بار همه ۸ همسایه آنرا بررسی می‌کند و تا زمانیکه تمام نقاط پیمایش شوند متوقف می‌شویم. نقطه پایانی همان نقطه شروع خواهد بود. مختصات نقاط لبه در یک آرایه ذخیره می‌شود تا بتوان برای لغزاندن پنجره از آن استفاده نمود. سپس یک پنجره در نظر گرفته که

آنرا روی لبه‌های برگ لغزانده و نمونه‌برداری می‌کنیم. اینکار موجب می‌شود تا لبه‌های برگ تکه‌تکه شود.



شکل۲-۵. (راست به چپ) - نمونه برداری از لبه ها لغزش پنجره، مجموعه نمونه های برداشت شده (برگرفته از [۴۸])

سپس این تکه‌های تصویری را چرخانده تا همه در یک موقعیت قرار گیرند حال آنها را به ورودی ماشین‌بردارپشتیبان می‌دهند. این الگوریتم میتواند در اینجا تعداد دندانه‌ها را نیز بشمارد. پژوهشهای مشابهی برای استخراج مشخصه‌های مبتنی بر دندانه ارائه شده است که ابتدا با روشهایی لبه خارجی برگ را یافته و سپس با تعریف متدهایی مشخصه موردنظر را از آن استخراج می‌کنند [۴۹-۵۰].

فصل سوم- شرحی بر تئوری‌های مورد نیاز

۳-۱- مقدمه

در این بخش محاسبات و تعاریف پیش‌زمینه و مورد نیاز برای سایر فصل‌ها گردآوری شده است تا در فصول دیگر بتوان فقط نامی از آنها آورده و خواننده در صورت تمایل به مرور و یا کسب اطلاعاتی بیشتر به این بخش مراجعه نماید.

۳-۲- استفاده از ماتریس هم‌رخداد در توصیف بافت

یکی از راه‌های توصیف ناحیه‌ای از تصویر، استفاده از مشخصات داخلی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده ناحیه می‌باشد که به کمک آن میتوان ساختار بافت را برای تصاویر تعریف نمود. برای شرح بافت یک ناحیه، بایستی محتوای بافتی را کمّ نموده و به رشته‌ای از اعداد تبدیل نمود که میتوان آن را با استفاده از دو روش آماری و ماتریس هم‌رخداد محاسبه نمود.

اندازه‌گیری بافت فقط بر اساس هیستوگرام، اطلاعات نسبی مکان پیکسلها نسبت به یکدیگر را در اختیار قرار نمی‌دهد. هنگام توصیف بافت، این اطلاعات مهم است و روش وارد کردن این اطلاعات به آنالیز بافت، در نظرگرفتن توزیع شدت‌ها و مکان نسبی پیکسلها در تصویر است.

برای این منظور فرض کنید O عملگری است که مکان نسبی دو پیکسل را نشان می‌دهد و تصویر $f(x,y)$ با L سطح روشنایی ممکن مدنظر می‌باشد همچنین G ماتریسی با المانهای g_{ij} است. تعداد دفعاتی که زوج پیکسلهایی با مقادیر شدت z_i و z_j در نتیجه اعمال O به f رخ می‌دهند را در g_{ij} قرار می‌دهیم ($1 \le i , 1 \le j$). ماتریس ایجاد شده با چنین روشی را ماتریس هم‌رخداد می‌نامند. گاهی G به همین نام خوانده می‌شود.

تعداد سطوح شدت ممکن در تصویر، اندازه G را تعیین می‌کند. برای تصویر ۸ بیتی (۲۵۶ سطح) اندازه G برابر ۲۵۶X۲۵۶ است. هنگام کار با یک ماتریس مشکلی وجود ندارد. اما ماتریسهای هم-رخداد در برخی مواقع در دنباله‌هایی بکار می‌روند. در این مورد اندازه G از نقطه دید بار محاسباتی بسیار مهم می‌شود. در این هنگام برای کاهش بار محاسباتی، سطوح شدت را دسته‌بندی می‌کنیم تا

$$f2=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}\frac{(i-m_r)(j-m_c)p_{ij}}{\sigma_r\sigma_c}$$

۳. انرژی[1]: به مجموع مربعات المانهای G اتلاق می‌گردد:

$$f3=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}p_{ij}^2$$

۴. همگنی[2]: اندازه همگنی یا میزان شباهت ماتریس G به ماتریس قطری را نشان می‌دهد. برای ماتریس قطری این مقدار یک است:

$$f4=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}\frac{p_{ij}}{1+|i-j|}$$

۵. بیشترین احتمال[3]: برای اندازه‌گیری قویترین پاسخ ماتریس هم‌رخداد استفاده می‌شود:

$$f5=Max_{i,j}(p_{ij})$$

۶. آنتروپی[4]: میزان تصادفی بودن را در ماتریس محاسبه می‌نماید:

$$f6=-\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}p_{ij}\log_2(p_{ij})$$

۴-۳- تبدیل موجک

تبدیل موجک یا DWT[5] برای اولین بار در سال ۱۹۰۹ توسط شخصی به نام آلفرد هار بوجود آمد. این تبدیل نگاشتی است که L2(R)→L2(R2) را بر روی داده‌ها انجام داده و بعنوان ابزار تحلیل و تجزیه

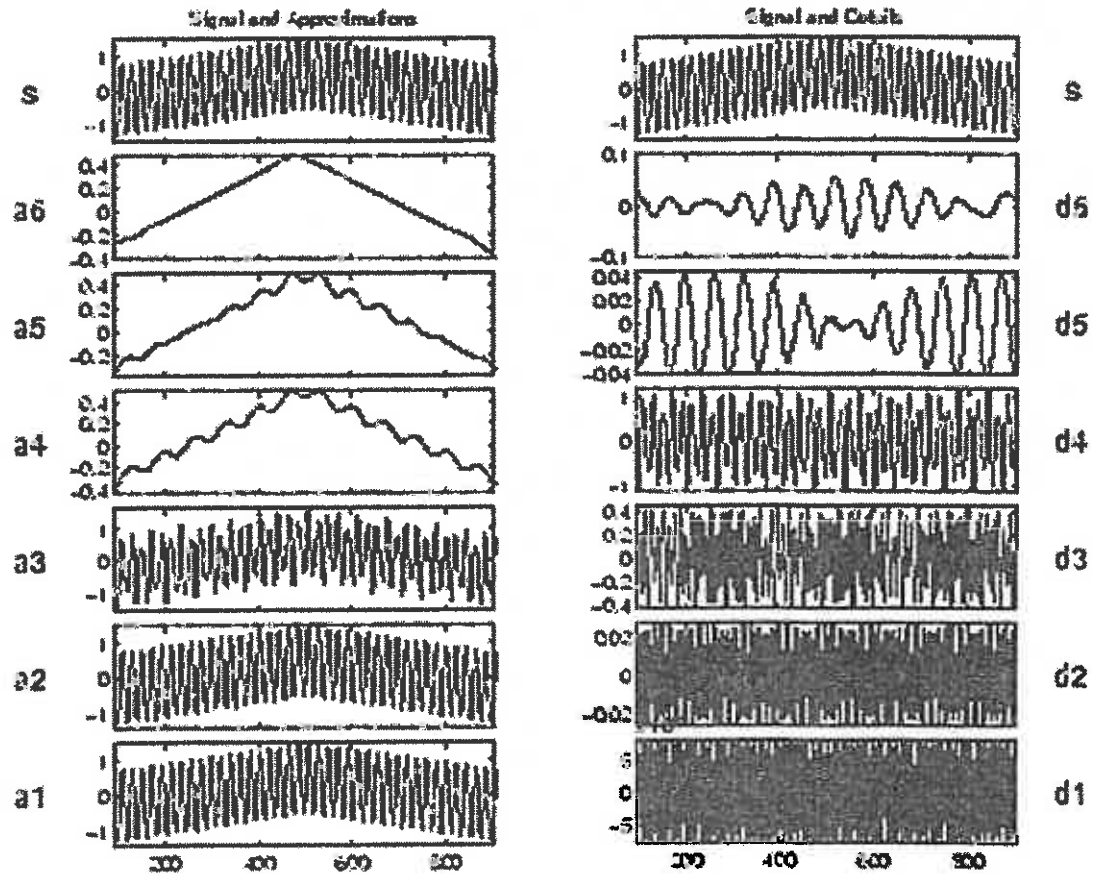
---

[1] Energy
[2] Homogenous
[3] Maxprobability
[4] Entropy
[5] Discrete Wavelet Transform

سیگنال/تصویر بکار می‌رود و اطلاعات فضایی-زمانی مناسبی در اختیار تحلیلگر قرار می‌دهد. به کمک این تبدیل می‌توانیم یک سیگنال را به کمک تعدادی تابع که شیفت و تغییر سایز داده‌اند (که ما به آن موجک می‌گوییم) بیان نماییم [۵۱].

موجک ها دسته‌ای از توابع ریاضی هستند که برای تجزیه سیگنال پیوسته به مؤلفه‌های فرکانسی آن بکار می‌رود که رزولوشن هر مؤلفه برابر با مقیاس آن است و بعبارت دیگر نمونه‌های انتقال یافته و مقیاس شده یک تابع (موجک مادر) با طول متناهی و نوسانی شدیداً میرا هستند. همچنین موجک تابع مشخص مفروضی با میانگین صفر است و بسط برحسب انتقالها و اتساعهای این تابع انجام می-گیرد.

مکانیزم عمل الگوریتم موجک بدین صورت است که یک توالی به طول 2n که در ورودی داشته باشیم. این اعداد بصورت جفت‌جفت با هم جمع شده و این حاصل جمع‌ها به مرحله‌ی بعد فرستاده می‌شوند. همچنین اختلاف هر جفت نیز محاسبه و ذخیره می‌شود. دوباره این مرحله تکرار می‌شود با این تفاوت که در ورودی، حاصل جمع جفتهای مرحله‌ی قبل قرار می‌گیرد. این فرایند بطور بازگشتی تکرار می‌شود تا در نهایت یک عدد که حاصل جمع کل اعداد است بدست آید. این عدد به همراه 2n-1 اختلاف جفتها که در مراحل مختلف الگوریتم محاسبه شده بعنوان خروجی این تبدیل بازگردانده می-شود. با هر بار اعمال الگوریتم طیف اولیه به دو طیف فرکانس بالا و پایین که هرکدام نصف طول طیف اولیه را دارند تبدیل می‌شود و این کار برای طیف فرکانس پایین (تقریبی) حاصل ادامه می‌یابد که حاصل دو طیف دیگر با پهنای یک چهارم طیف اولیه است. به همین ترتیب این کار تا یک مرحله خاص ادامه می‌یابد و در نهایت طیفی حاصل می‌شود که بسیار نرم‌تر از طیف اولیه است. بعنوان نمونه در شکل زیر سیگنال اولیه a1 مشاهده می‌گردد. این سیگنال تقریبا مثلثی بوده که دارای اعوجاجات زیادی گشته و شکل کلی آن را تحت‌تاثیر قرار داده است. با اعمال چندین مرحله متوالی از موجک، می‌بینیم که در تکرار ۶ام، شکل کلی نمودار ظاهر گشته است.



شکل ۳-۱ . نمونه ای از کاربرد تبدیل موجک برای حذف اعوجاجات سیگنال (برگرفته از [۵۱])

البته لازم بذکر است که تبدیل موجک می‌تواند بصورت گسسته یا پیوسته باشد که بعلت ماهیت پژوهش جاری، روش گسسته را مورد بحث قرار می‌دهیم.

طبق تعریف، سیگنال f(t) را میتوان با استفاده از مجموع توابع موجک $\Psi(t)$ در مقیاس‌های مختلف بیان کرد که:

$$\Psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \qquad a, b \epsilon R\ , a \neq 0$$

حال تبدیل موجک گسسته بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$W_d^f(j,k) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi_{j,k}(x) \bar{f}(x) dt = < \Psi_{j,k}, f > \qquad j, k \epsilon Z$$

بنابراین تبدیل موجک گسسته تابع f را میتوان بصورت زیر نوشت:

$$W_{\varphi}(j_0,k)=\sum_{x} f(x)\varphi_{j_0,k}(x)$$

$$W_{\Psi}(j,k)=\sum_{x} f(x)\Psi_{j,k}(x)$$

که تعریف توابع موجک و مقیاس که در آنها استفاده شده است بصورت زیر می‌باشد:

$$\Psi_{j,k}(x)=2^{\frac{-j}{2}}\ \Psi\left(2^{-j}x-k\right)$$

$$\varphi_{j,k}(x)=2^{\frac{-j}{2}}\ \varphi\left(2^{-j}x-k\right)$$

در محاسبات فوق j فاکتور مقیاس و k فاکتور شیفت می‌باشد.

طبق آنچه گفته شد مشخص است که تبدیل موجک یک بعدی سیگنال برابر است با عبور دادن سیگنال از جفت فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر.

تا اینجا دیده شد که چگونه تکنیک موجک می‌تواند یک سیگنال را به سیگنال نرم‌تر دیگر تجزیه کند. در بعضی موارد لازم است که از الگوریتم معکوس برای بازسازی موجک[1] (IDWT) استفاده شود یعنی یعنی یک سیگنال نرم به سیگنال اولیه (تقریبی) تبدیل شود. در حالیکه تجزیه موجک در واقع فیلتر کردن و عمل کم‌کردن نمونه‌ها ست بازسازی با موجک، که از الگوریتم موجک معکوس استفاده می‌کند، اضافه‌کردن نمونه‌ها و فیلترکردن است. عمل اضافه کردن نمونه‌ها و افزایش طول منحنی طیفی تجزیه شده با قرار دادن صفرها بین نمونه‌ها انجام می‌شود. تبدیل موجک معکوس بشکل زیر است:

$$\sum_{k\to-\infty}^{\infty}\sum_{i\to-\infty}^{\infty} w(k,i)2^{-k/2}\psi(2^{-k}t-i)$$

[1] Inverse Discrete Wavelet Transform

بکار بردن موجک معکوس IDWT با افزایش صفرها در واقع جایگزین‌کردن جزئیات حذف شده توسط IDWTاست. هر بار استفاده از IDWT طول منحنی را دو برابر می‌کند.حال اگر منحنی اولیه تا چند درجه تجزیه شده باشد عمل معکوس موجک تا جایی ادامه می‌یابد که منحنی‌ای به طول منحنی اولیه حاصل گردد که به این سیگنال، سیگنال بازسازی شده اطلاق می‌شود.

معیاری برای شباهت بین سیگنال بازسازی شده و سیگنال اولیه وجود دارد. از آنجایی که سیگنال باز-سازی شده تقریبی است از سیگنال اولیه، که با قرار دادن صفرها بین نمونه‌ها بدست آمده است. لذا هر چه درجه تجزیه بیشتر باشد سیگنال بازسازی‌شده انحراف بیشتری از سیگنال اولیه دارد زیرا جزئیات بیشتری را از دست داده و در واقع از فیلترهای پایین‌گذر بیشتری عبور داده شده است.

۳-۴- قانون نزدیکترین همسایه[1]

NN ساده‌ترین و متداولترین روش بر پایه یادگیری نمونه است. در این روش فرض میشود که تمام نمونه‌ها نقاطی در فضای n بعدی حقیقی هستند و همسایه‌ها برمبنای فواصل اقلیدسی استاندارد تعیین میشوند [۵۲].

در تعریف قانون نزدیکترین‌همسایه، k مساوی یک در نظر گرفته شده است. فرض میکنیم $D^n=\{x_1,\ldots,x_n\}$ مجموعه‌ای از n الگوی ورودی باشد و $x' \in D^n$ نزدیکترین الگوی ورودی به نقطه‌ی تست x باشد. قانون نزدیکترین همسایه برای طبقه‌بندی x، آن را در کلاسی مشابه با کلاس x` قرار می‌دهد. قانون نزدیکترین همسایه یک روال sub-optimal است یعنی نرخ خطای آن معمولا بیشتر از حداقل نرخ خطای ممکن یعنی نرخ خطای الگوریتم بیز است ولی ثابت میشود که در صورت استفاده از تعداد نامحدودی از الگوهای ورودی نرخ‌خطا در بدترین حالت بیشتر از دو برابر نرخ خطای الگوریتم بیز نخواهد شد.

---

[1] Nearest Neighbors

قانون k نزدیکترین همسایه (K-NN) گسترشی از قانون نزدیکترین همسایه است و همانطور که واضح است این قانون x را در دسته‌ای طبقه‌بندی میکند که بیشترین تکرار را در بین k نزدیکترین همسایه x دارد. در انتخاب مقدار k باید دقت داشت زیرا اگر k خیلی کوچک باشد، نسبت به نویز حساس خواهد بود و اگر خیلی بزرگ باشد ممکن است یک همسایگی، نقاطی از سایر کلاسها را نیز دربر-بگیرد.

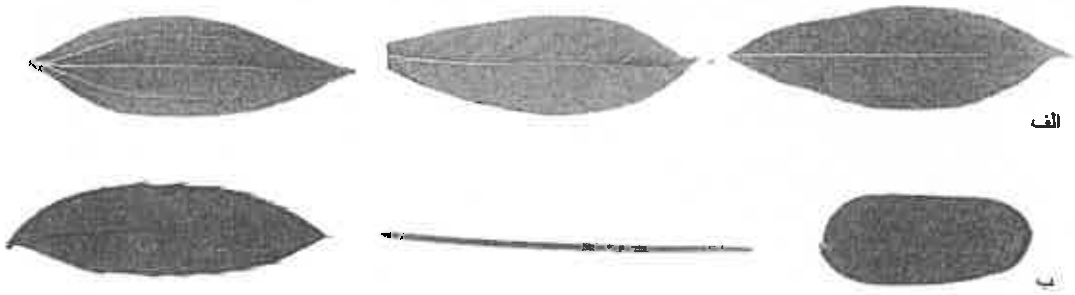
فصل چهارم- الگوریتم پیشنهادی

۴-۱- مقدمه

همانطور که در قبل در مورد مشکلات سیستم‌های تشخیص برگ و نقایص هر یک به تفضیل شرح داده شد، در اینجا می‌خواهیم سیستم پیشنهادی خود را که سعی در برطرف نمودن معایب، تکمیل نمودن سیستم و افزایش بهره‌وری هدف نموده است، ارائه دهیم. سیستم جاری پس از تحلیل و بررسی‌هایی که بر روی سایر مقالات این زمینه انجام داده است به این نتیجه رسیده است که، هر برگ می‌تواند در قالب مجموعه‌ای از مشخصات توصیف گردد به طوری که آن مجموعه مشخصات بتواند به بهترین نحو ممکن بین برگ‌های متمایز تفاوت قائل گردد و همچنین تا حد امکان حداقل تعداد را داشته باشد تا در زمان اجرا صرفه‌جویی گردد. بدین منظور مدل خود را بر مبنای تشخیص دستی گیاه‌شناسان بنا می‌داریم آنها نیز برای یافتن نوع گونه به تعدادی از مشخصات برگ نگریسته و با ارزیابی آنها گونه را تشخیص می‌دهند. این فاز از سیستم، بخش استخراج مشخصه از برگ را در سیستم ما شامل می‌شود. برای محتوای این فاز ما چندین مجموعه ویژگی انتخاب کرده‌ایم که مجموعه آنها در کنار هم پاسخ مناسب را در بردارد.

اولین گروه، مشخصات عمومی برگ است که در اولین نظر، جلب‌توجه خواهد نمود نظیر مساحت برگ، اندازه و حفره ها.

دومین گروه، مشخصات محلی برگ را در بردارد زیرا ممکن است گونه‌هایی باشند که از نظر ظاهر و مشخصات عمومی بسیار شبیه بوده ولی بافت و ساختار رگبرگ‌ها در آنها بسیار متفاوت باشد لذا باید این مجموعه نیز به بردار مشخصه افزوده گردد. برای بدست‌آوردن مقدار برای رگبرگ‌ها، از الگوریتمی که گنزالز در کتاب خود جهت معرفی بافت در هر تصویر ارائه کرده است استفاده می‌نماییم، وی آن را برای هر بافت ارائه داده است و ما پس از بررسی ساختار برگ به این نتیجه رسیدیم که بهترین عامل برای تبدیل ساختار رگبرگ به مقدارهای دقیق، استفاده از آن الگوریتم برای برگ است.



شکل۴-۱. الف) شباهت ظاهری یکسان ولی بافت متفاوت ب) شباهت بافت ولی ظاهر متفاوت

سومین گروه، مربوط به مشخصات لبه‌های برگ یا همان دندانه‌ها می‌شود. البته نسبت به دو گروه قبل از اهمیت کمتری برخوردار است ولی جهت تکمیل مجموعه بسیار مفید و کارساز است.

لازم به ذکر است که هر یک از سه گروه فوق که در هر کدام می‌توان تعداد زیادی مشخصه تعریف نمود، در پژوهش‌های قبلی و سایر مقالات به طور جداگانه آزموده شده و جواب‌هایی گزارش شده است ولی مسلّماعمال جداگانه آنها موجب خطای سیستم و یا محدودیت آن خواهد شد به عنوان نمونه اگر فقط از مشخصات عمومی استفاده شود، نمی‌توانیم بین گونه‌های مختلف که شباهت ظاهری زیادی دارند تفاوت قائل شویم و یا بالعکس گونه‌هایی وجود دارند که ساختار رگبرگ در آنها بسیار ساده و ریز است ولی از نظر کلی بسیار متفاوتند لذا این تحقیق پس از ارائه مشخصات مناسب در هر گروه، آنها را ترکیب نموده است. این فاز مهمترین بخش از سیستم را تشکیل می‌دهد. از فاز نهایی، با استفاده از الگوریتم کلاس‌بندی نزدیکترین همسایه، داده ها را دسته‌بندی کرده و سیستم تکمیل می-گردد. البته در بخش نتایج، پاسخ مربوط به سایر الگوریتم‌های کلاس‌بندی به همراه زمان و نرخ خطا گزارش شده است. پاسخ مناسب، نشان‌دهنده صحت پاسخگویی این روش می‌باشد.

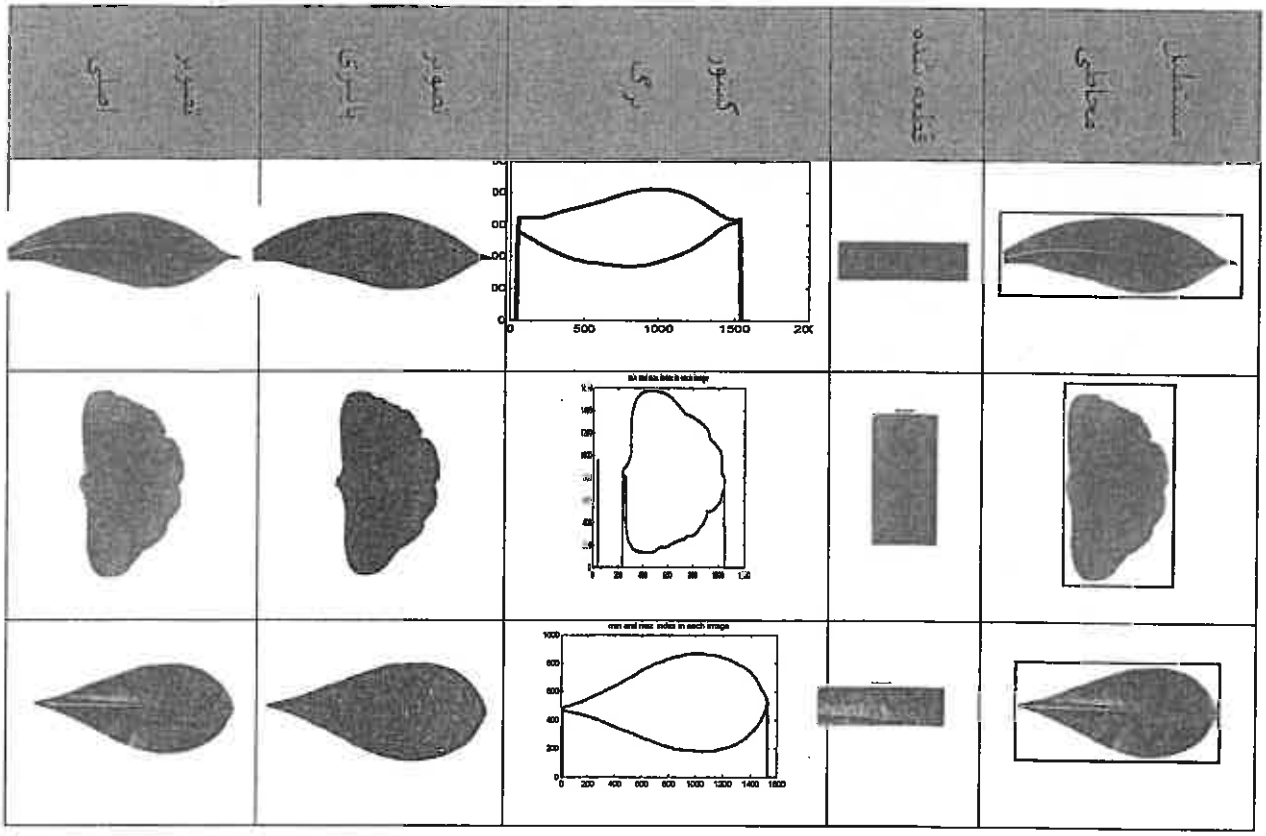
۴-۲- معماری سیستم

مراحل لازم برای سیستم جاری مشابه سایر سیستم‌های ماشین بینایی است که شامل فازهای زیر می‌باشد :

بانک اطلاعاتی، سه تصویر دیگر استخراج گردد، این تصاویر در فاز استخراج مشخصه به کار می‌روند و هر یک مربوط به یکی از مجموعه مشخصات می‌گردد.

در شکل زیر این چهار تصویر را برای تعدادی از کلاس‌های بانک اطلاعاتی مشاهده می‌نماییم. همانطور که مشخص است این مرحله برای استخراج مشخصات محلی، عمومی و کنتور برگ موردنیاز می‌باشد.

جدول ۴-۱. نمونه ای از تولیدات فاز پیش پردازش



شیوه تولید هر تصویر به همراه کاربردش را در زیر آورده‌ایم:

الف) تصویر دودویی: برای تولید این تصویر، به ازای هر تصویر باید هسیتوگرام آن ترسیم شده و سپس مقدار آستانه موردنظر برای تصویر را یافت به گونه‌ای که پس از اعمال آن آستانه، پیکسل‌های پس‌زمینه مقدار ۱ و پیکسل‌های سطح برگ مقدار ۰ را اتخاذ نمایند. این تصویر در بخش استخراج مشخصات عمومی استفاده خواهد شد. نمونه تولیدی برای تعدادی برگ در شکل فوق آورده شده است.

ب) تصویر محاطی برگ: تصویر محاطی تصویری است که در آن برگ را درون یک مستطیل به گونه‌ای محدود کنیم که از بالا و پایین و راست و چپ به اضلاع آن مماس گردد. برای یافتن مستطیل محاطی برگ، بایستی ابتدا هرستون تصویر، تغییرات سطح پیکسلی را به صورت یک دیاگرام بدست

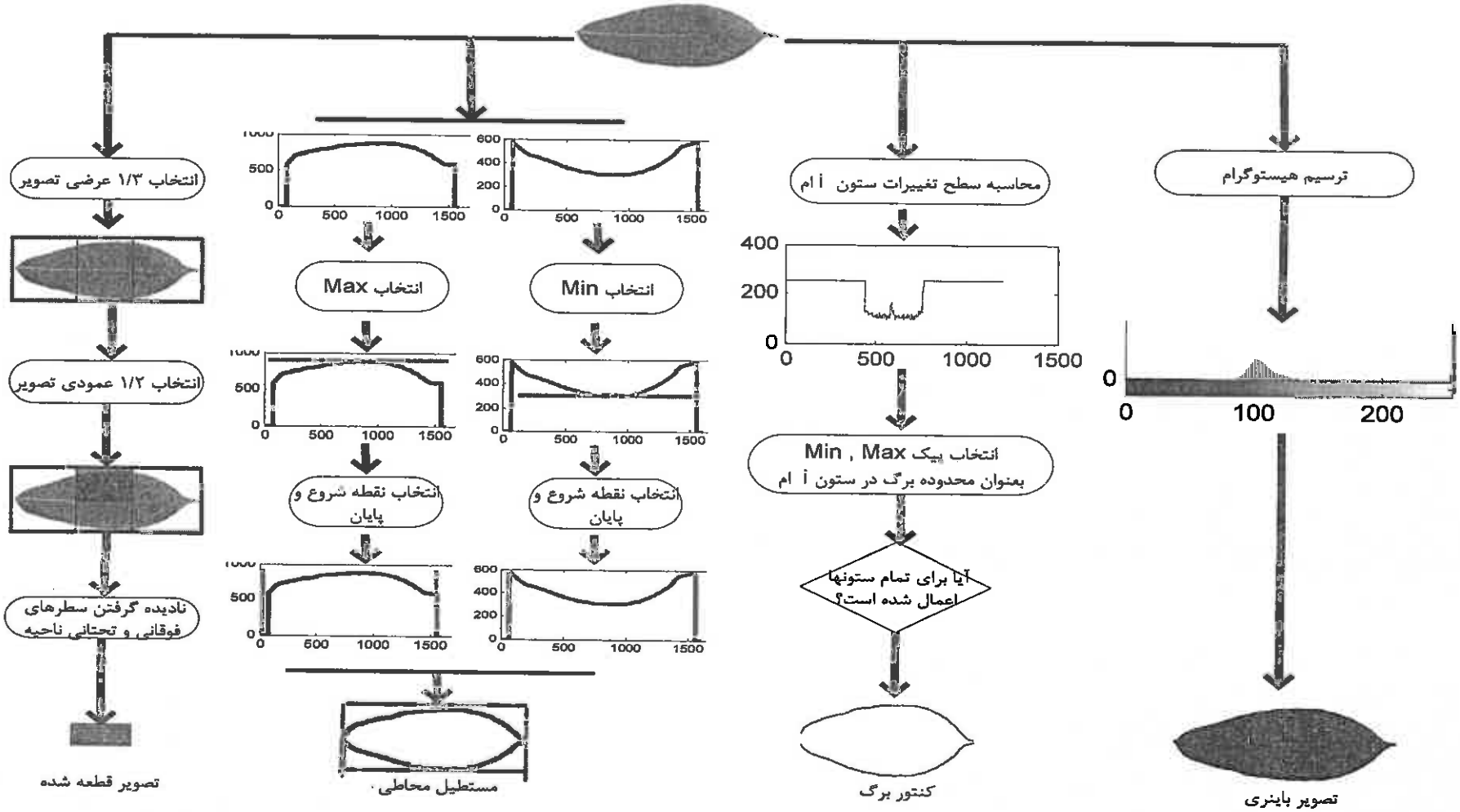
آورده (شکل۴) و سپس اولین پیک و آخرین پیک را بعنوان شروع و پایان محدودهٔ سطح برگ درنظربگیریم. سپس این عملیات به ازای هر ستون تصویر تکرار شده و مقادیر پیکسلها بطور مجزا بدست می‌آیند. (پیکسلهای بالایی در یک آرایه ذخیره شده و پیکلسلهای پایینی در آرایه ای دیگر) حال اگرآرایه‌های مربوط به پیکسلها را در یک شکل ترسیم نماییم، شکل بدست آمده نشاندهندهٔ کنتوربرگ یا به عبارتی ساختار دندانه ها در برگ است که می‌توان مشخصه‌های مبتنی بر دندانه را از این شکل استخراج نمود.

درمرحله بعد، بایستی مستطیل محاطی برگ را از روی کنتور برگ بدست آید، برای این منظور از آرایه پیک بالایی و آرایهٔ پیک پایینی کمک می‌گیریم. در هر آرایه به ترتیب ماکزیمم و مینیمم را بدست آورده و خطی افقی درآن مقدار ترسیم می‌نماییم. این خط، همان دو ضلع افقی مستطیل محاطی‌اند. برای بدست‌آوردن اضلاع عمودی مستطیل محاطی، کافی است ستونهایی از تصویر را بیابیم که تمام پیکسلها در آن ستون سفید باشند ولی در ستون مجاور مقادیر پیک وجود داشته باشند.

ترکیب تمام این مراحل، در شکل۴-۱ نشان داده شده است. این تصویر برای محاسبه مشخصه‌های عمومی برگ و مبتنی بردندانه کاربرد دارد. (همینطور در تصویر قطعه‌بندی شده).

ج) تصویر قطعه‌بندی شده: منظور از تصویر قطعه‌بندی شده، محدوده‌ای از برگ است که در آن هیچ رگبرگ اصلی، دندانه و پیکسلهای پس‌زمینه مشاهده نگردد. این تصویر جهت استخراج مشخصه-های محلی یا بافت برگ در بخشهای بعدی نیاز می‌باشد. همانطور که می‌دانیم تمام برگها نسبت به رگبرگ اصلی متقارن بوده و بخش بالایی رگبرگ و پایینی آن، ساختار آینه‌ای متقارن دارند، پس برای استخراج مشخصه‌های نیاز است تا ابتدا یک بخش انتخاب گردد. (دراینجا بخش بالایی انتخاب شده است) پس آن بخش را سگمنت کرده و به نتیجه دلخواه برسیم.

برای جدا کردن بخش بالایی از پایینی برگ، ازمستطیل محاطی برگ که در بخش قبل تشریح شد، استفاده کرده و از جهت افقی آن را به دو نیم تقسیم می‌کنیم. پیکسلهای بالای آن خط مقم بعنوان محدودهٔ موردنظر برگ درنظرگرفته می‌شوند (شکل۴-۳). حال باید قسمتی ازآن محدوده را جدا نماییم. بدین منظور این بخش ازجهت عمودی به سه بخش تقسیم نموده و بخش میانی را بعنوان محدودهٔ موردنظر انتخاب می‌نماییم، زیرا معمولاًتر رگبرگ‌ها درمیانهٔ برگ قوی‌تر بوده و در نتیجه اهمیت بیشتری دارد. اگر دقت شود مشاهده می‌گردد که در این بخش تعدادی از دندانه‌ها در بالای تصویر و همچنین اثر کمی از رگبرگ‌اصلی در پایین آن وجود دارد که باید حذف گردد، وگرنه منجربه تغییر زیادی در پارامترهای مشخصه‌های محلی خواهند شد. لذا تعدادی از سطرهای بالا و پایین این بخش تصویر را نادیده می‌گیریم، همانطورکه در تصویر نهایی مشاهده می‌گردد، تصویری ازبرگ خواهیم داشت که در آن ساختار رگبرگ به تنهایی وجود دارد و آمادهٔ استخراج مشخصه‌های محلی می‌باشد. در اینجا لازم به ذکر است که در استخراج مشخصه‌های محلی از ماترسیم هم رخ داد استفاده خواهد شد که آن مستقل از ابعاد تصویر می‌باشد، لذا نیازی نیست که در تمام برگهای یک کلاس ابعاد تصویر قطعه‌شده یکسان باشد.



شکل۴-۳. مراحل الگوریتم پیشنهادی در فاز پیش پردازش

۴-۲-۲- فاز استخراج مشخصه ها

پایه اصلی تشخیص برگ حتی در شیوه‌های سنتی و دستی مربوط به مشخصه‌های ظاهری خاص هر برگ می‌گردد که ما همین روال را در سیستم خود استفاده نمودیم. باید به این نکته توجه نمود که ویژگی‌های انتخابی باید شرایط یک مشخصه را برای سیستم تشخیصی دارا باشند. ازآن موارد می‌توان به جداکنندگی هرکلاس از سایرین، عدم همپوشانی آنها و تا حد امکان مینیمال بودن اشاره نمود. برای نیل به این هدف، مشخصه‌هایی که دارای شرایط ذکر شده باشند و بتوانند نتیجه مطلوبی برای ما دربرداشته باشند، بدست آمد که آنها را می‌توان در دو دسته کلی تقسیم نمود: مشخصه‌های عمومی و محلی. در دستهٔ مشخصه‌های عمومی هر برگ مواردی چون مساحت، اندازه، میزان حفره‌دار بودن وکشیده یا مدوربودن برگ قرارمی‌گیرند و مشخصه‌های محلی شامل پارامترهای ریاضی است که مقادیر آنها توصیف‌کننده ساختار و بافت رگبرگ می‌باشد.

برای بدست‌آوردن هرمقدار مشخصه نیاز به محاسبات مجزایی است که در زیربخش آتی آورده شده است.

- **محاسبه مشخصه‌های محلی:**

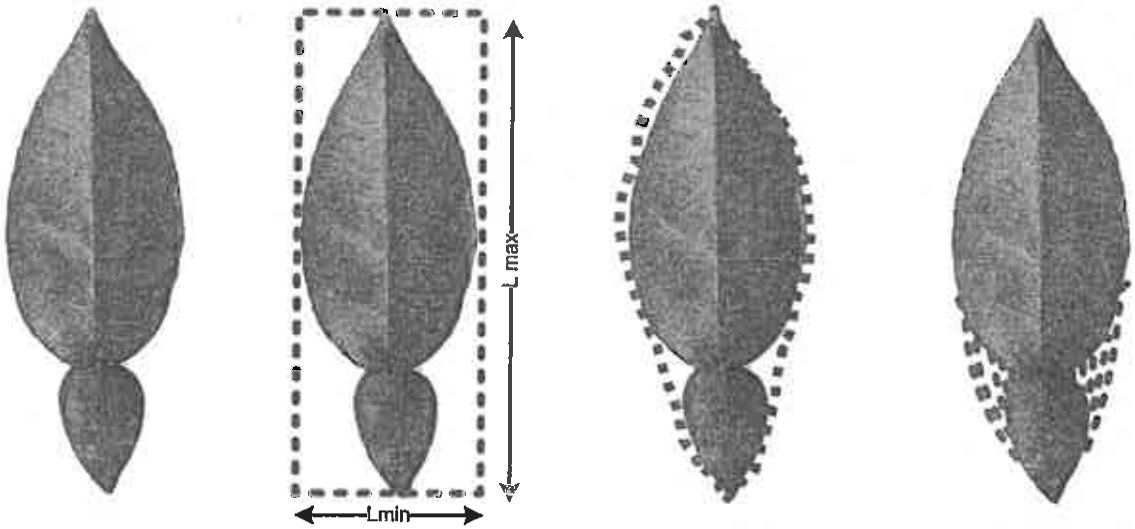
این بخش برروی جزییات بافت سطح برگ تمرکز داشته و سعی دراستخراج مشخصه‌های مؤثر از آن دارد که برای محاسبهٔ آنها از روش آماری مبتنی بر بافت که توسط کتاب پردازش تصویر دیجیتال [۲] ارائه گشته است، استفاده می‌کند. وی پارامترهای ریاضی برای توصیف بافت‌های گوناگون ارائه داده است و ما دراین بخش بر مبنای کارهای وی، همان محاسبات را بر روی تصویر برگ اعمال می‌کنیم. پیش‌بینی می‌شود که این مقادیر بتواند ملاک مناسبی برای تمییز بین رگبرگ‌های کلاس‌های مختلف باشد. جزییات مربوط به محاسبات پارمتریک درفصل۲ و قسمت تئوری‌های مرتبط به تفصیل آورده شده است. ما در اینجا تنها مشخصه‌های محلی مورد نیاز را برمبنای آن محاسبات بیان می‌داریم. این مقادیر مشخصه‌ها شامل ۶ مقدار هستند که از F_1 تا F_6 نامگذاری شده‌اند.

شرح مختصری از هر مشخصه در مقابل آنها آورده شده است:

- کنتراست (F_1): معیاری برای سنجش کنتراست بین هر پیکسل و پیکسل همسایگی‌اش می‌باشد که باید در تمام تصویر محاسبه گردد.
- همبستگی (F_2): نمایش‌دهندهٔ میزان همبستگی بین هر پیکسل و همسایگانش است.
- انرژی (F_3): عبارت است از مجموع عناصر G
- همگنی (F_4):میزان شباهت ماتریس G را به ماتریس قطری نشان می‌دهد.
- بیشترین احتمال (F_5): قوی ترین پاسخی که به O داده می‌شود را محاسبه می‌کند.
- آنتروپی (F_6): نرخ تصادفی درتصویر را محاسبه می‌کند.

- **محاسبه مشخصه های عمومی:**

بخش بعدی بردار مشخصه توسط مشخصه‌های عمومی برگ تامین می‌گردد. برای بدست آوردن و محاسبهٔ آنها ابتدا بایستی تصویر باینری برگ را بدست آورد (که در بخش پیش پردازش آماده گشته است) حال تصویری داریم که پیکسل‌های سطح برگ دارای مقدار ۰ و پیکسل‌های پس‌زمینه مقدار ۱ دارند از این رو باید مشخصه‌هایی را بر مبنای آن تعریف نماییم بطوری که مستقل از مقیاس، اندازه و انتقال در تصویر باشد. بعنوان نمونه طول یا عرض یک برگ به تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی باشند. زیرا با تغییر فاصله عکسبرداری، مقادیر متفاوتی گزارش خواهد شد ولی معیار نسبت طول به عرض برگ شرط استقلال نسبت به مقیاس و انتقال را برآورده می‌سازد. پس از بررسی‌های انجام شده پارامترهای زیر بعنوان معیاری برای تشخیص عمومی برگ انتخاب و معرفی گشته است.



شکل۴-۴. (چپ به راست)- برگ اصلی، مستطیل محاطی، مساحت موردعلاقه (A_{ROI})، مساحت حفره ها (A_C)

- نسبت اندازه ($F_۷$): نسبت طول به عرض برگ در تصویر، که از روی مستطیل محاطی برگ محاسبه می‌گردد.
- نسبت مفید ($F_۸$): نسبت بین مساحت مورد علاقه (A_{ROI}) به مشخصه نسبت اندازه
- نسبت حفره ($F_۹$): نسبت بین A_{ROI} و مساحت حفره‌ها در برگ (A_C)
- نرخ مدور ($F_{۱۰}$): نسبت میانگین و واریانس ROI

چهار مقدار فوق بردار مشخصه تشخیص را تکمیل می‌نمایند و بردار مشخصه با ۱۰ عنصر تکمیل‌تر می‌گردد.

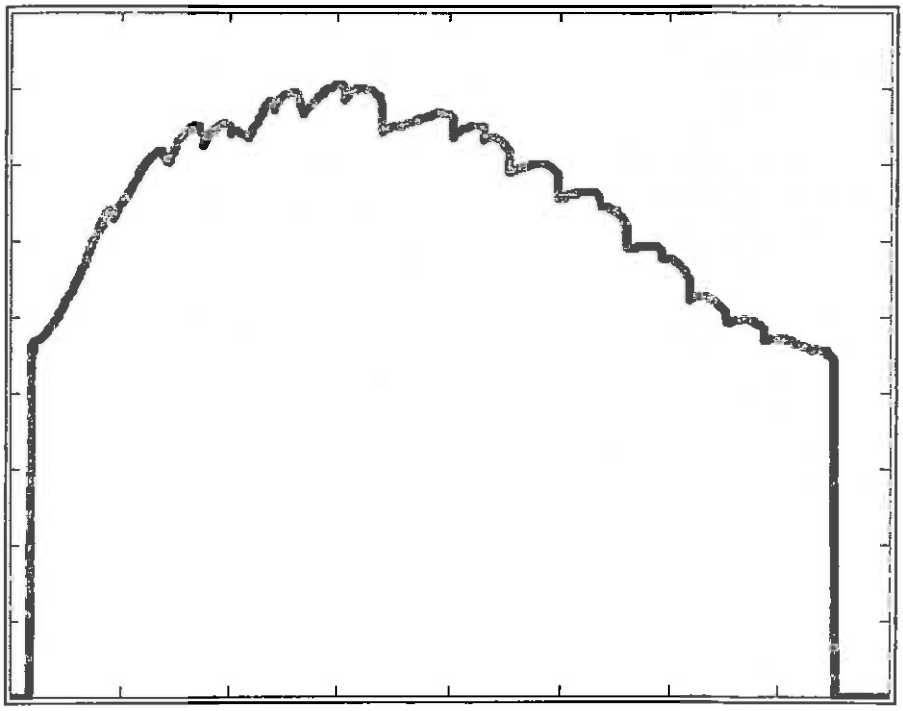
- **محاسبه مشخصه مبتنی بر کنتور برگ**

کنتور یا دندانه یک برگ از دیگر مولفه‌های مهم در تشخیص نوع گونه برگ می‌باشد. درصورتی که بتوانیم از آن مشخصه‌ای محاسباتی استخراج نماییم و به بردار مشخصه خود بیافزاییم، بردار تکمیل شده و تمام جنبه‌های کلیدی و اساسی را دربرگرفته است.

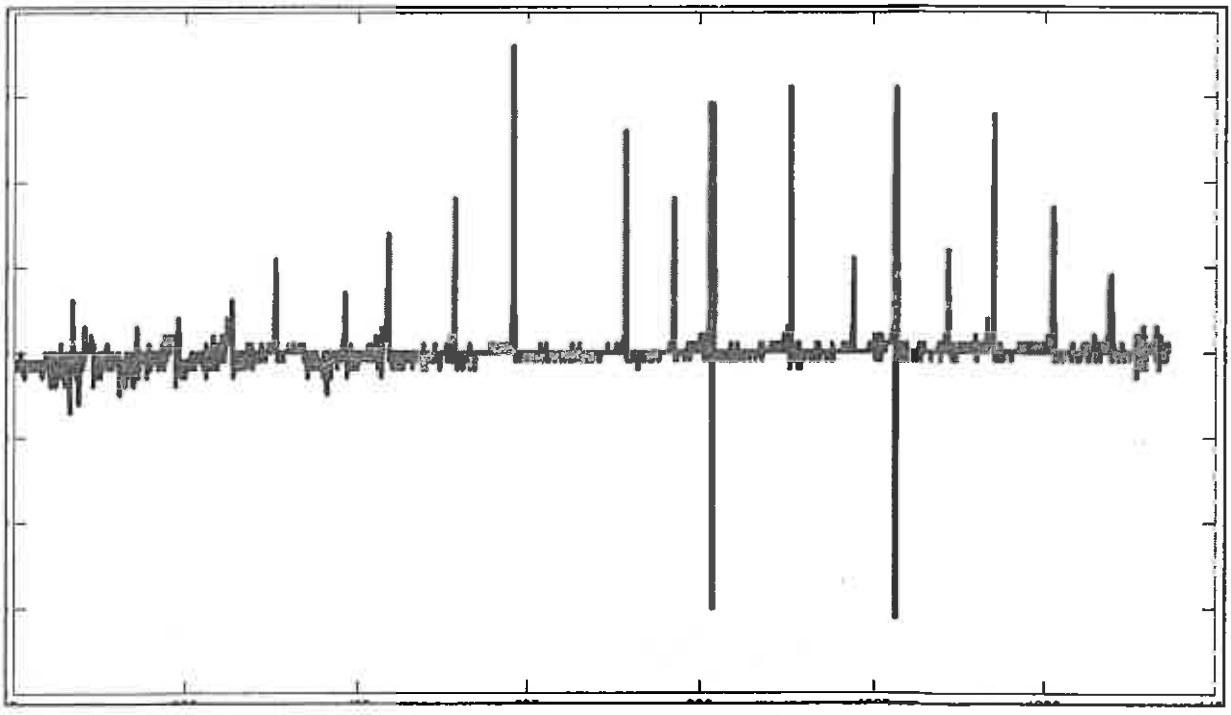
زیرا بسیاری از برگها در طبیعت موجودند که شباهت ظاهری بسیاری به یکدیگر دارند ولی اندکی در زمینه دندانه متفاوت می‌باشند.

به منظور استخراج مشخصه دندانه‌ها، در ابتدا کنتور برگ موردنیاز است که در فاز پیش‌پردازش بدست آمده است حال ما نیاز به انجام عملیات استخراج مشخصه را بر مبنای این نمودار داریم. روشی که ما در پژوهش جاری پیشنهاد می دهیم، استفاده از تبدیل موجک می باشد زیرا همانطور که در شکل اولیه ماحصل از دندانه مشخص است، هر نمودار در ابتدا اعوجاجات ظریف و فراوانی دارد که محاسبات را دچار تغییر می‌کند لذا با اعمال چند مرحله تبدیل موجک، میتوانیم به ازای هر نمودار شکلی کلی که تغییرات اساسی در آن لحاظ شده است را بیابیم. سپس چندین مشخصه را از آن نمودار استخراج خواهیم نمود.

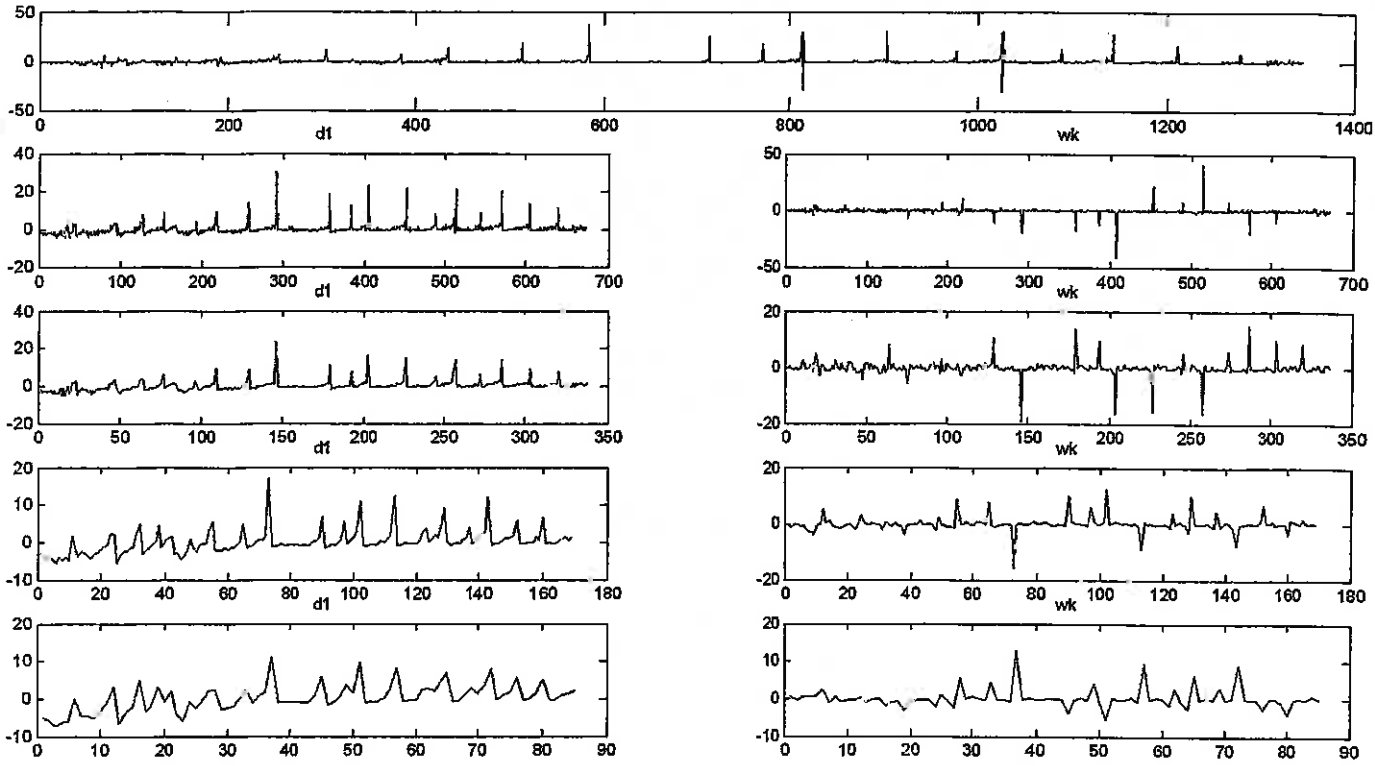
برای شروع این گام، ابتدا بایستی برگها نرمال شوند زیرا ابعاد برگها در تصاویر مختلف متفاوت است و در این فاز بر روی شکل دندانه و الگوریتم پیشنهادی تاثیرگذار خواهد بود. به منظور نرمال‌سازی برگها، مستطیل محاطی هر برگ را به اندازه مستطیل محاطی کوچکترین برگ بانک‌اطلاعاتی تبدیل می‌کنیم تا تمامی برگها نرمال شده و دارای ابعاد یکسانی باشند. حال بر مبنای شکل کنتور برگ (که در فاز پیش‌پردازش استخراج گشته است) نمودار تفاوت دو پیکسل مجاور ترسیم می‌گردد. پس از انجام این مرحله از الگوریتم، مشاهده شد که نمودارهای بدست آمده از نمونه‌های یک کلاس بسیار به یکدیگر شبیه بوده و با نمودارهای سایر کلاسها تفاوت‌های بسیار زیادی دارند که این برای سیستم بسیار چاره‌ساز می‌باشد. تنها موردی که در این نمودارها مشاهده می‌گردد اعوجاجات ظریف و فراوانی است که بر روی نمودار وجود دارد و موجب تاثیر در مقادیر مشخصه‌های بدست آمده از نمودار خواهد بود. برای رفع این مشکل، از تبدیل موجک استفاده می‌نماییم. بمنظور روشن کردن سیر محاسبه، در زیر کنتور یک برگ به همراه نمودار تفاوت پیکسلی و موجک‌های آن آورده شده است:



شکل۴-۵. نمودار دندانه فوقانی استخراج شده از برگ نمونه

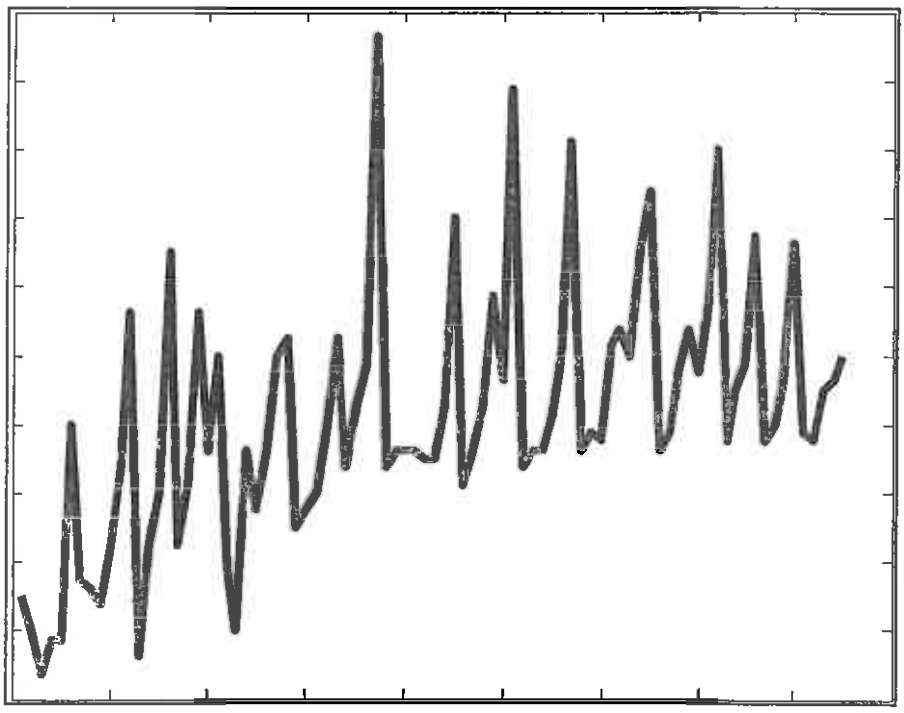


شکل۴-۶. نمودار تفاوت مقدار دو پیکسل مجاور برای نمودار دندانه



شکل۴-۷. تبدیل موجک متوالی از نمودارتغییرات پیکسلی

اکنون می‌توان نمودار نهایی بدست آمده از تبدیل موجک که حاوی ویژگی‌های اصلی نمودار اولیه است را مشاهده نمود:



شکل۴-۸. نمودار نهایی بدست آمده از موجک

حال که اعوجاجات نمودار اولیه کاهش پیداکرده و میتوان نقاط کلیدی و مهم در نمودار را بصورت بارز مشاهده نمود، زمان آن است تا از هر نمودار مشخصه‌هایی استخراج نماییم تا بتوانیم بین نمودارهای مختلف در این زمینه تفاوت قائل شویم. جهت یافتن مشخصه مناسب، تبدیل موجک را به ازای تمام برگهای بانک‌اطلاعاتی انجام دادیم و نتیجه بدست آمده نشان داد که نمودارهای کلاس‌های مختلف بسیار با یکدیگر متفاوت و نمودارهای هرکلاس بسیار مشابه می‌باشند بنابراین میتوان با چندین مشخصه ساده که توصیفگر کلی نمودار باشد بین آن ها عمل جداسازی را به انجام رسانید.

نمودارهای بدست آمده به ازای برگهای مختلف نشان داد که تفاوت آنها در تعداد قله‌ها و نیز میزان ارتفاع هر صعود و نزول با یکدیگر است، لذا مشخصه‌های زیر برای تمایز بین آنها پیشنهاد می‌شود:

- آنتروپی (F_{11}):

$$E = -\sum_{i=0}^{n-1} X_i \ log_2 \ (X_i)$$

- واریانس (F_{12}):

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2$$

- مجموع تغییرات صعود (F_{13}):

$$S = \sum_{i=1}^{n} |X_i - X_{i-1}| \qquad \forall X_{i-1} < X_i$$

- تعداد قله‌ها (F_{14}):

$$C=count(X_i) \qquad \forall X_{i-1}<Xi \cap X_i>X_{i+1}$$

۴-۲-۳- کلاس بندی

کلاس‌بندی عبارتست از تخصیص رکوردها و یا هر مجموعه‌ای از اشیا به مجموعه مشخصی از طبقه-ها. هدف کلاس‌بندی این است که یک مورد را بر پایه مقادیر متغیرهای صفات گوناگون به یک کلاس

نسبت دهد. بسیاری از روشهای کلاس‌بندی تلاش می‌کنند تابع روشنی از مجموعه وابسته به مقادیر صفات به یک برچسب کلاس بسازند. از این موارد میتوان به درختهای تصمیم، قواعد تصمیم، شبکه های بیزین و شبکه‌های عصبی اشاره نمود.

برای سیستم جاری اعداد بدست آمده در بخش قبل، داده‌های سیستم را تشکیل می‌دهند که باید به نحو مناسب کلاس‌بندی شده و بتوان برای تست سیستم از آنها استفاده نمود.

به منظور عملیات دسته‌بندی داده‌ها از روش k-نزدیکترین‌همسایه کمک می‌گیریم. همانطور که می-دانیم، این روش فاصله داده جاری را با K مرکز مجاور می‌سنجد و در مورد کلاس نتیجه، تصمیم‌گیری می‌کند.

از شواهد فوق و نمودارهای بدست آمده مشاهده می‌گردد که مشخصه‌های انتخابی بر روی تصاویر برگ موجود به خوبی پاسخگو هستند. زیرا مشخصه‌ای مناسب است که مقدار آن برای کلاس‌های مختلف در رنج متفاوتی باشد و این موضوع در شکلهای آتی به خوبی قابل مشاهده است.

فصل پنجم-آزمون الگوریتم و تحلیل نتایج

۵-۱- مقدمه

برای آزمودن صحت الگوریتم پیشنهادی که در فصل پیشین ارائه گشت، نیاز است تا بر روی مجموعه-ای از تصاویر برگ با جامعیت کافی و شامل کلاس‌های متنوعی از برگ، آزموده شده و نتایج ماحصل بررسی گردد. سپس به تحلیل و بررسی مقادیر بدست آمده و صحت عملکرد آنها می‌پردازیم زیرا پرواضح است که تجزیه و تحلیل نتایج، مهمترین گام در ارزیابی و ارتقای سیستم محسوب می گردد. در زیر بخشهای آتی ابتدا نتایج بدست آمده در طی فازهای مختلف سیستم ذکر گشته و سپس ارزیابی های موردنیاز آورده شده است.

۵-۲- مجموعه تصاویر انتخابی (بانک اطلاعاتی)

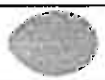
مجموعه تصاویر انتخابی جهت آزمودن سیستم، باید حالت جامعیت و تنوع را دربر داشته‌باشد، به گونه‌ای که بایستی در آن انواع کلاس برگ‌ها نظیر پنجه‌ای، سوزنی و ... وجود داشته که حتی شامل کلاس‌های متشابه نیز گردد. زیرا انتخاب مجموعه‌ای از تصاویر که محدودیت خاصی داشته‌باشد، مسلّماً نتایج مقبولی را درپی خواهد داشت ولی جامعیت سیستم در گرو همین عدم محدودیت‌ها می-باشد.

به پیرو آنچه گفته شد، ما بانک اطلاعاتی Flavia[1] که در چین تهیه و گردآوری گشته است را انتخاب نمودیم. این بانک شامل ۲۰ کلاس برگ است که در هر یک تعداد ۶۰ نمونه تصویر قرار داده شده است. تمامی تصاویر رنگی بوده و در ابعاد ۱۲۰۰ × ۱۶۰۰ در یک پس‌زمینه سفید ذخیره گشته‌اند. لازم به ذکر است که به دلیل اینکه بانک شامل تنوع بسیار زیادی از برگ‌ها می‌باشند تاکنون توسط بسیاری از محققان جهت آزمایش سیستم مورد کاربرد قرار گرفته است. این خود مهمترین ملاک و معیار برای مقایسه کارایی الگوریتم پیشنهادی با کارهای سایرین می‌باشد. زیرا نتیجه یک مقایسه در

[1] http://www.Flavia.sourceforge.net

صورتی صحیح است که همه الگوریتم‌ها بر روی یک مرجع تست شده باشند. برای معرفی بانک، در جدول زیر نمونه‌ای از برگ هر کلاس به همراه نام علمی آنها آورده شده است:

جدول۵-۱. نمونه ای از تصاویر کلاس های مختلف بانک اطلاعاتی به همراه نام علمی آنها

نمونه برگ	نام علمی	نمونه برگ	نام علمی
	Pubescent bamboo		Deodar
	Chinese horse chestnut		Ginkgo
	Anhui Barberry		Crape myrtle
	Chinese redbud		Oleander
	True indigo		Big-fruited Holly
	Japanese maple		Japanese cheesewood
	Nanmu		Wintersweet
	Castor aralia		Camphor tree
	Chinese cinnamon		Japan Arrowwood
	Goldenrain tree		Sweet osmanthus

نکته قابل توجه دیگر در آن است که در هر کلاس شرایط تمامی برگ‌ها یکسان نبوده که این امری رایج در برگ‌ها می‌باشد و الگوریتم سیستم باید به گونه طراحی شده باشد که برای پذیرش آنها، راه‌کاری داشته باشد.

تمامی تغییرات و شرایطی که ذکر شد، در بانک انتخابی موجود است که باعث آزمودن الگوریتم پیشنهادی از جنبه‌های متفاوت می‌گردد. پیش‌بینی می‌شود که سیستم ما بتواند در قبال این شرایط، انعطاف لازم را نشان دهد و منجر به ارائه پاسخ مقبول شود.

۵-۳- اعمال الگوریتم پیشنهادی

در این مرحله بایستی طبق روال آنچه در فصل قبل به عنوان معماری سیستم پیشنهادی ارائه گشت، گام به گام پیش رفته و مراحل خود را بر روی بانک اطلاعاتی اعمال نماییم. در اینجا مراحل هر گام را در یک زیربخش عنوان کرده و شرح مختصری از نتایج به دست آمده آورده شده است. لازم به ذکر است که برنامه مربوط به الگوریتم توسط MATLAB 2010 نوشته و آزموده شده است و نتایج مندرج در جداول مربوط به همین برنامه‌ها می‌باشد. البته در بخش بررسی نتایج جهت ترسیم بهتر نتایج، از بخش ترسیم نرم‌افزار Weka[1] استفاده شده است. نرم‌افزار weka در دانشگاه Waikato واقع در نیوزلند توسعه یافته است که به زبان جاوا نوشته شده و بر اساس مجوز عمومی GNU انتشار یافته است. این نرم افزار یک واسط برای الگوریتم های یادگیری، پیش پردازش، و ارزیابی نتایج بر روی مجموعه داده ها می باشد که به آسانی میتوان روشهای مختلف راروی مجموعه داده تست و بررسی نمود.

۵-۳-۱- پیش پردازش

جهت آمادگی تصاویر برای بخش‌های بعدی پردازش، بایستی ابتدا این گام را طی نماییم که در بخش معماری سیستم اولین مرحله محسوب می‌گردد. همانطور که در جزئیات پیش‌پردازش بحث شد، بایستی در خروجی این مرحله چهار نوع تصویر داشته باشیم: تصویر باینری، تصویر محاطی برگ، تصویر قطعه‌بندی شده و تصویری از کنتور برگ.

به دلیل عمومیتی که الگوریتم در این بخش داراست می‌تواند با انواع مختلف برگ یکسان عمل نموده و خروجی‌های مدنظر را تولید نماید چه در گونه سوزنی، پنجه‌ای و یا دندانه‌ای. برای به دست آوردن هر یک از این خروجی‌ها باید مراحلی داخلی انجام گیرد که در شکل فوق فقط به نتایج ماحصل بسنده کردیم.

---

[1] Waikato Environment for Knowledge Analysis

۵-۳-۲- تحلیل فاز استخراج مشخصه ها

استخراج مشخصه‌های محلی و عمومی از روی تصاویر تولیدی در فاز پیش‌پردازش، صورت می‌پذیرد بدین منظور، بایستی محاسبات ریاضی گفته شده بر روی هر تصویر اعمال گردد و به ازای هر تصویر، چهارده مقدار محاسبه گردد. این مقادیر در این گزارش با نام‌های F_1و ...و F_{14} نامگذاری شده‌اند. حال جهت اطلاع از اینکه یک برگ خاص دارای چه مجموعه مقادیری از مشخصه‌های محلی و عمومی می‌باشد، در جدول زیر به ازای چند برگ متفاوت که از بانک انتخاب شده‌اند، بردار مشخصه‌های آنها پیش از نرمالسازی ذکر شده است:

جدول۵-۲. مقادیر بردار مشخصه تعدادی از تصاویر بانک اطلاعاتی

	مقادیر مشخصه‌های محلی	مقادیر مشخصه‌های عمومی
	0.02,30.26,0.96,0.00, 0.33, 9.94	0.42,0.62,0.84,0.04
	0.00,31.88,0.84,0.00,0.32,9.76	1.33,0.85,0.80,0.03
	0.01,16.77,0.83,0.00, 0.36,8.58	0.05,0.41,0.79,0.04
	0.01,15.54,0.76,0.00, 0.38, 8.38	0.67,0.86,0.68,0.05

نتایج فوق با آنچه انتظار داشتیم هم‌خوانی دارد. برای مثال در ستون بیشترین احتمال (F_1) در جدول فوق، کوچکترین عدد مربوط به برگ دوم می‌باشد و بیان می‌کند که هرچه مناطق پیوسته دارای تغییرات شدت کم در جهت افقی بیشتر باشد، مقدار بیشترین احتمال بیشتر می‌گردد. بعلت اینکه در

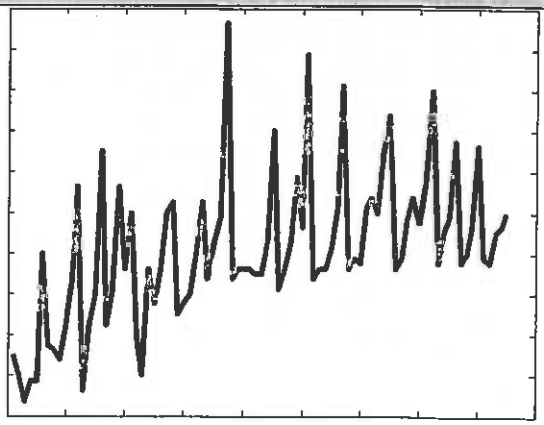
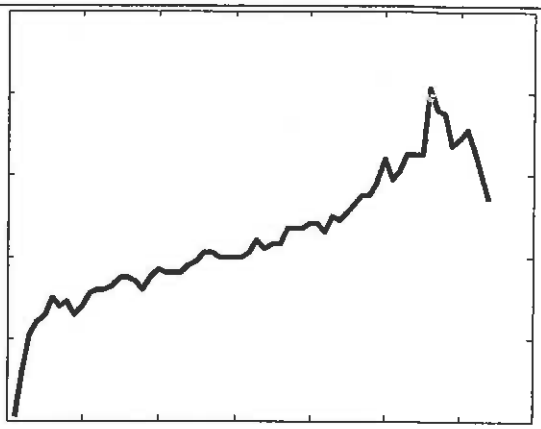
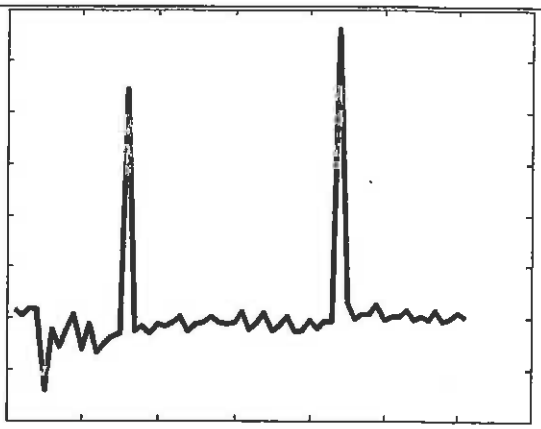
برگ دوم ناهمواری‌های سطحی بسیار ی وجود دارد موجب می‌شود تا نتوان سطح پیوسته‌ای در جهت افقی یافت که تغییرت شدت در ان منطقه ناچیز باشد لذا موجب می‌گردد مقدار F_1 برای این کلاس کمتر از سایرین در جدول باشد.

مقدار F_3 (همبستگی) برای برگ اول بیشتر از سایر برگها می‌باشد (۰.۹۶) و بدین معنی است که سطوح شدت تصویر اول با یکدیگر همبستگی زیادی دارند. این مطلب بخاطر رگبرگهای مشخص و نزدیک به یکدیگری می‌باشد که در این شکل وجود دارد. هم چنین همبستگی برگ‌های دوم و چهارم صفر است و نشان می‌دهد که بین پیکسلهای همسایه در شکل متناظر وجود ندارد زیرا رگبرگهای آنها بطور منظم نبوده و هم چنین تغییر بافت کمی در برگ ایجاد کرده‌اند.

کنتراست که در مشخصه F_2 گنجانده شده است نشاندهنده میزان تغییرات شدت بین دو پیکسل مجاور است. لذا اگر در تصویر تغییرات محلی زیاد داشته باشیم میزان کنتراست افزایش می‌یابد. در جدول مقادیر مشاهده می‌شود که برگ دوم بیشترین کنتراست را دارد زیرا همانطور که گفته شد سطح ناصاف آن در افزایش کنتراست بیشترین اثر را دارد و سپس برگ اول کنتراست زیادی را دارد زیرا تغییر شدت بین پیکسلهای رگبرگ و سطح برگ بسیار زیاد است و بر حسب فاصله تکرار آنها در مقام دوم قرار می‌گیرد ولی از برگهای سوم و چهارم کنتراست بیشتری دارد.

حال برای گذری بر مشخصه های مبتنی بر کنتور، در زیر برای نمونه‌هایی از بانک، نتایج درج شده است:

جدول ۵-۳. نمونه ای از نتیجه نمودار فاز استخراج مشخصه های دندانه

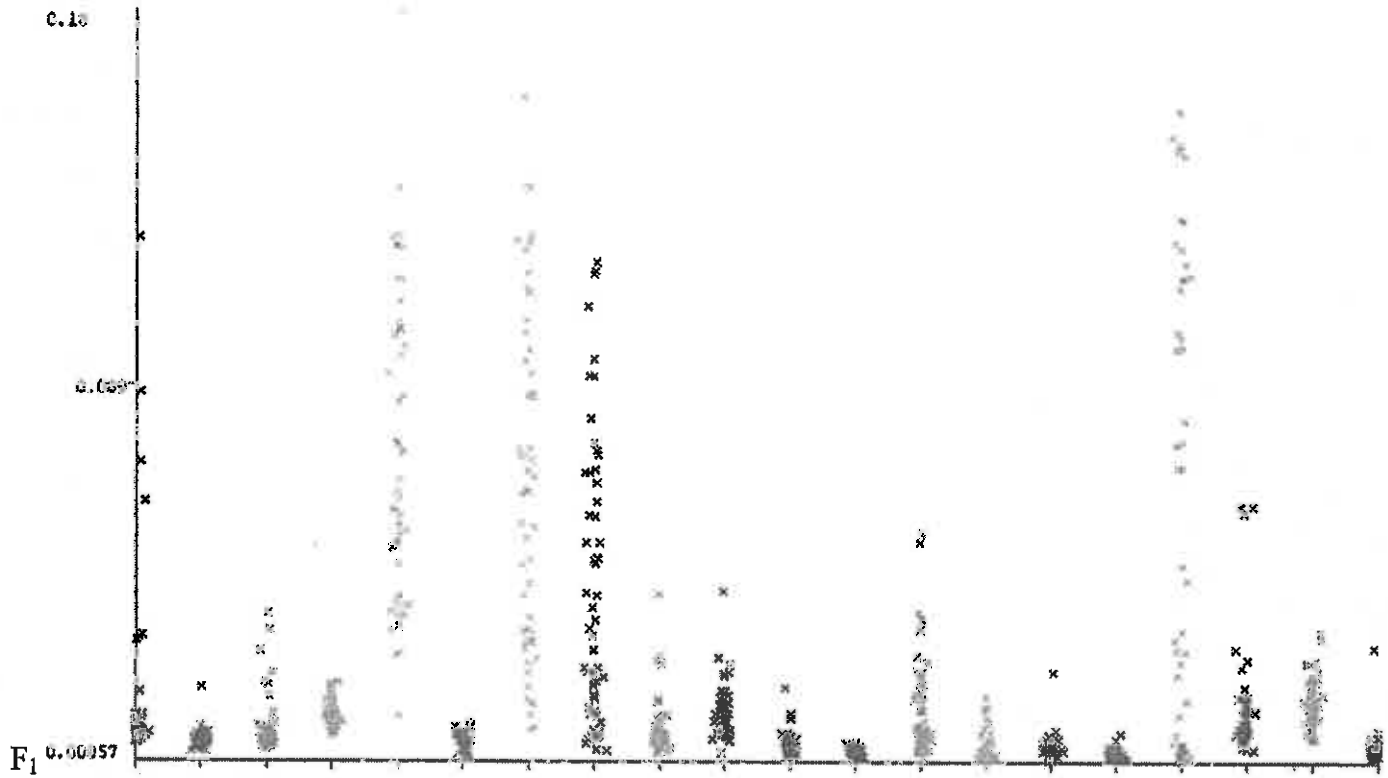
برگ اصلی	نمودار تبدیل موجک بس ار ۴ سطح
	
	
	

همانطور که از نمودار فوق پیداست، در نمودارهای تولیدی توسط موجک، میتوان وجود و نوع دندانه برگها را مشاهده نمود. برگی نظیر برگ پنجه‌ای که دو دندانه خیلی بزرگ به همراه دندانه‌های

کوچکتر در بخش فوقانی خود دارد، در نمودار نیز دو اوج زیاد و تعدادی کوچک را شامل می‌شود. همچنین برگی که در سراسر کنتور خود، دارای دندانه‌های متعددی است در نمودار مرتبط نیز اوج-های فراوانی ترسیم می‌گردد. برگهایی که از نظر دندانه ساده‌ترند نظیر برگ دوم و سوم، افت و خیزهای ناگهانی کمتری دارند ولی به نوبه خود دارای تفاوتهای ظاهری متعددی در نمودارهای مربوط به خود می‌باشند. لذا این نمودارها نشان می‌دهند که استفاده از آنها برای تمییز کنتور برگها میتواند بسیار مفید و موثر باشد.

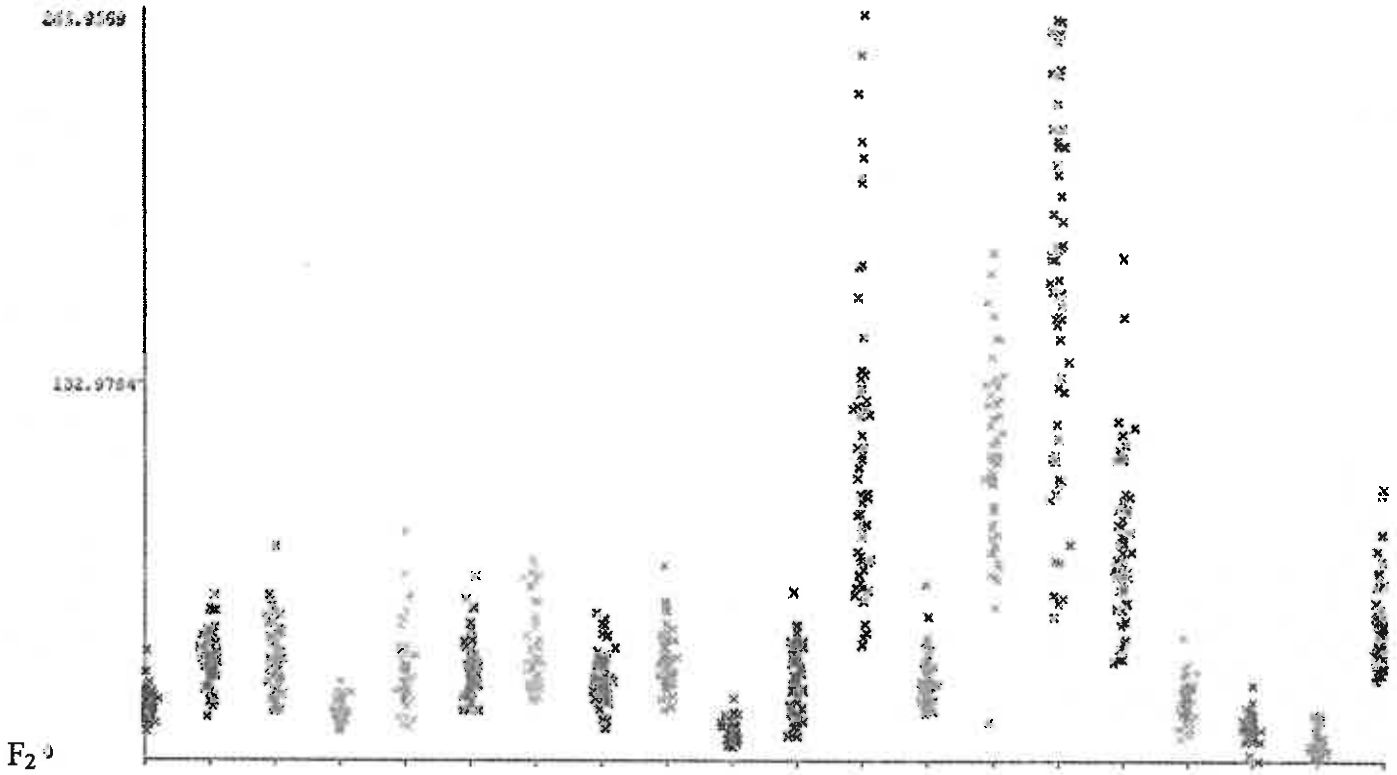
پس از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی بانک اطلاعاتی مورد نظر، به ازای هر نمونه موجود در بانک، مشخصه های مذبور استخراج می‌گردد. برای تعیین و بررسی کارایی هر مشخصه نیاز به تحلیل نتایج آنها برای بانک موردنظر می‌باشد، لذا در این بخش دسته‌ای از نمودارها بدین منظور آورده شده است که در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

اکنون در نمودارهای زیر به ازای هر مشخصه نموداری جداگانه آماده گشته است. در هریک از آنها محور افقی نشاندهنده کلاس‌های داده‌ای است که شامل ۲۰ گزینه می‌باشد. محور عمودی در هر نمودار نشاندهنده مشخصه‌ای است که در کنار آن درج شده است. در این نمودارها به ازای هر برگ از بانک اطلاعاتی مشخصه مورد نظر را محاسبه کرده و به شکل یک × در نمودار درج می‌شود. برای مشخص شدن محدوده هر کلاس، نمونه‌های هر کلاس را با رنگی متفاوت نشان داده‌ایم. لذا میتوان تغییرات هر کلاس را به ازای مشخصه مذبور مشاهده نمود.



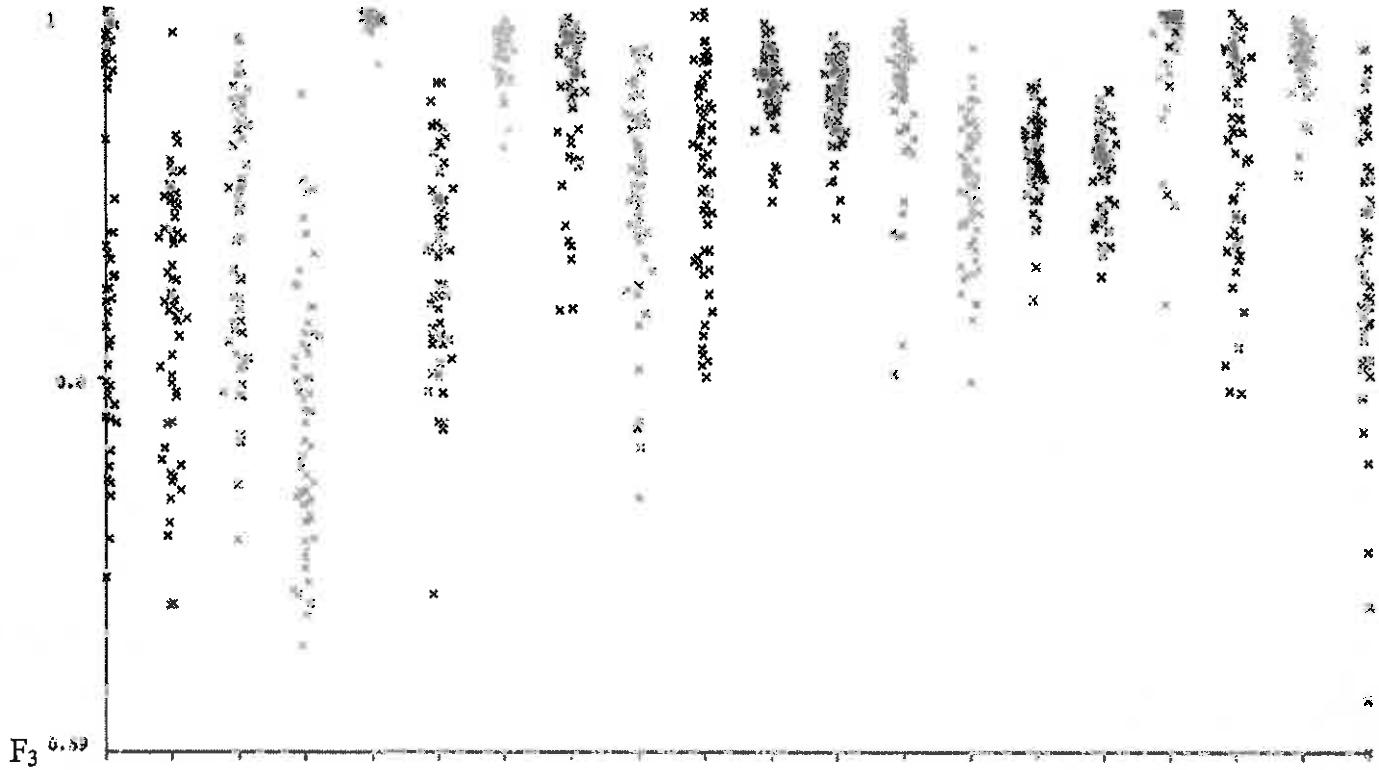
شکل۵-۱. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_1 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



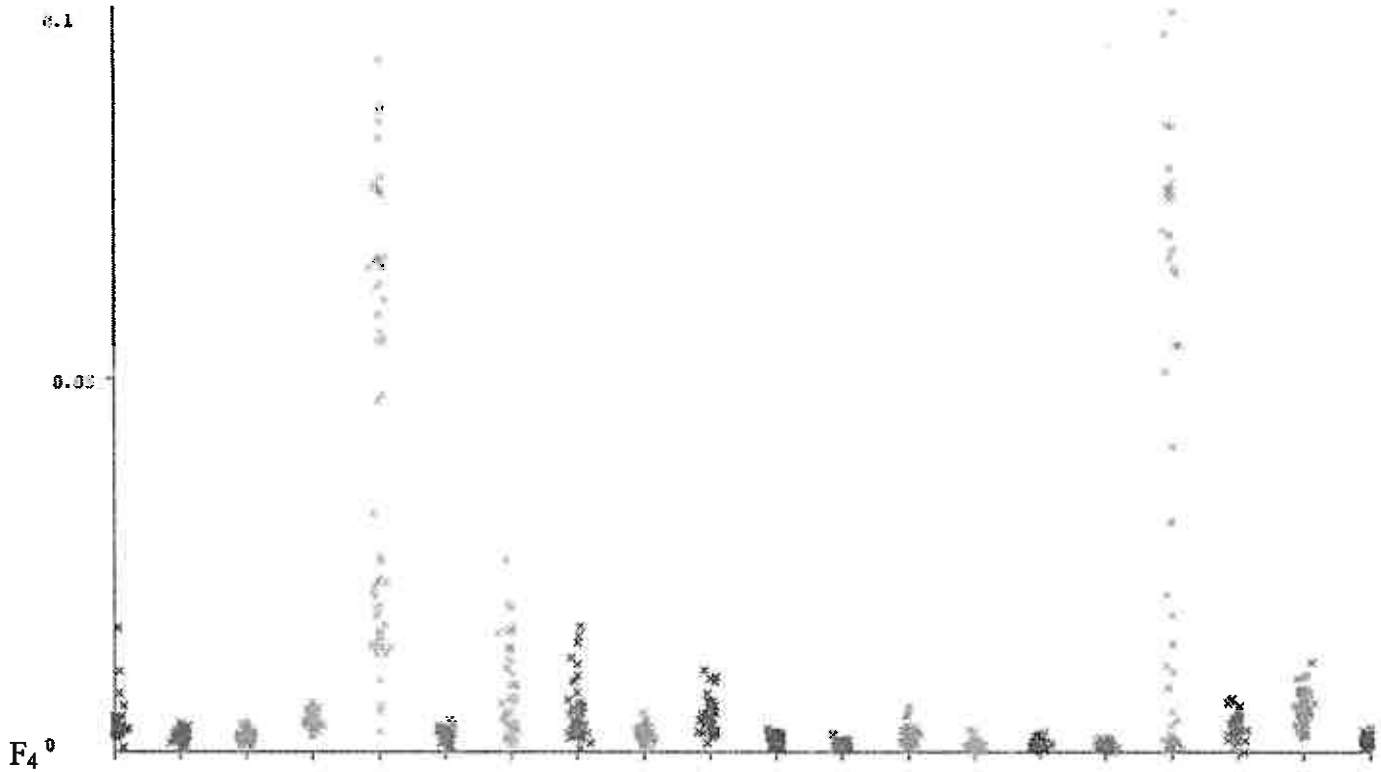
شکل۵-۲. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_2 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



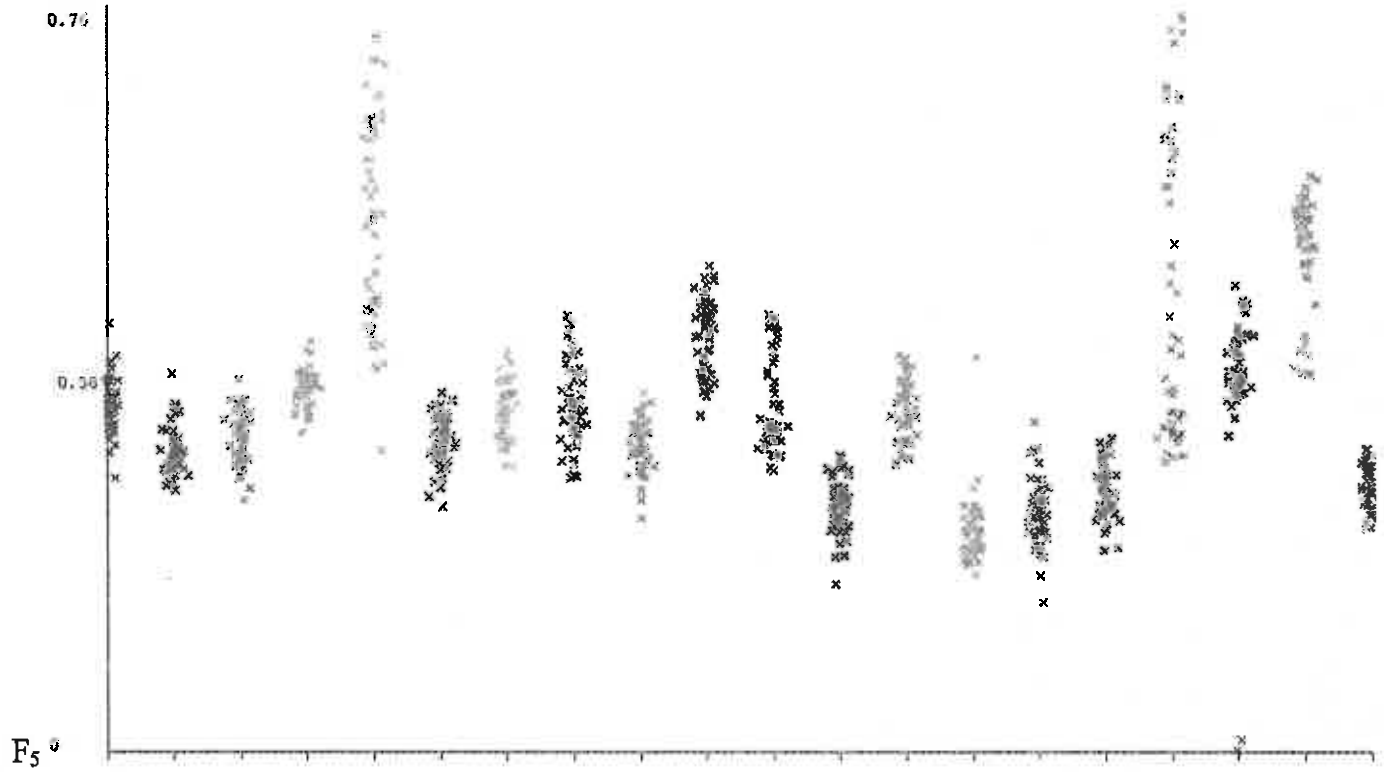
شکل۵-۳. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_3 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



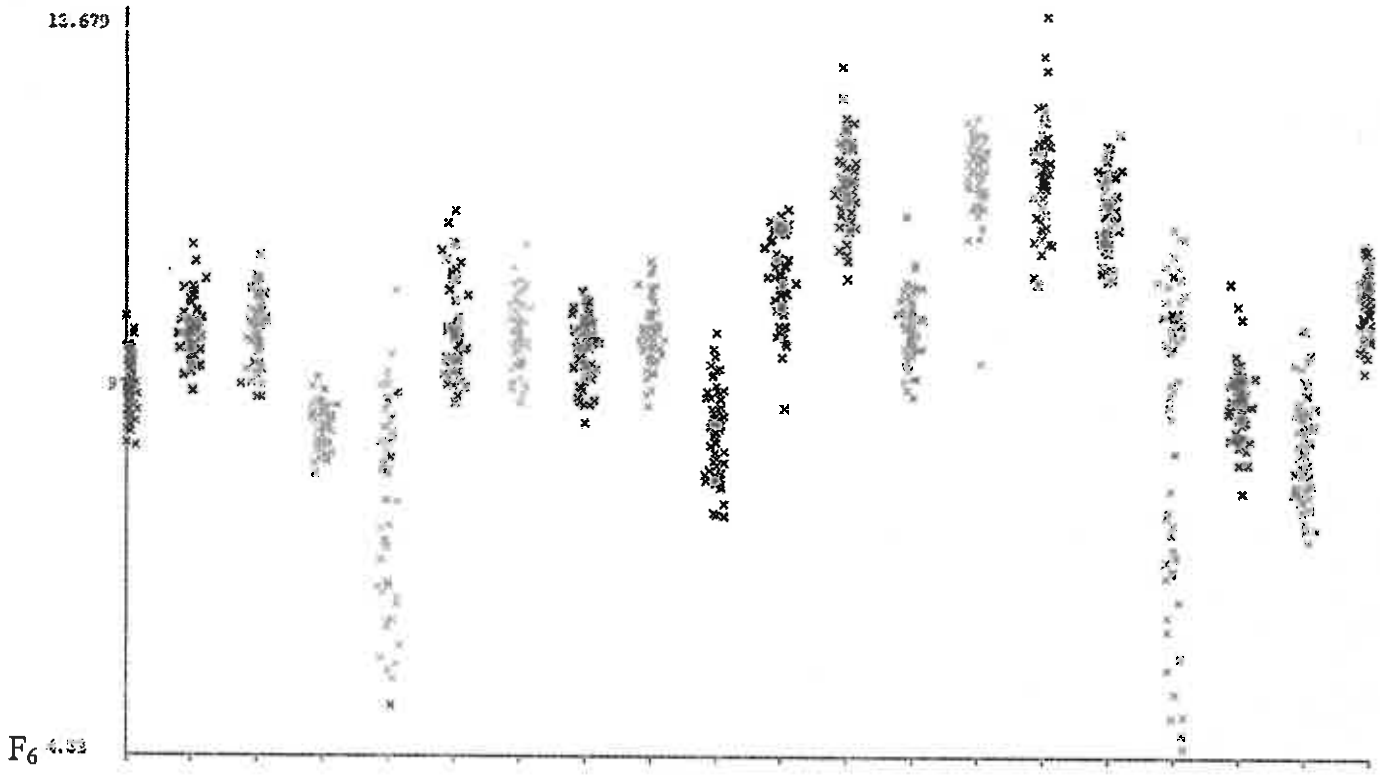
شکل۵-۴. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_4 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



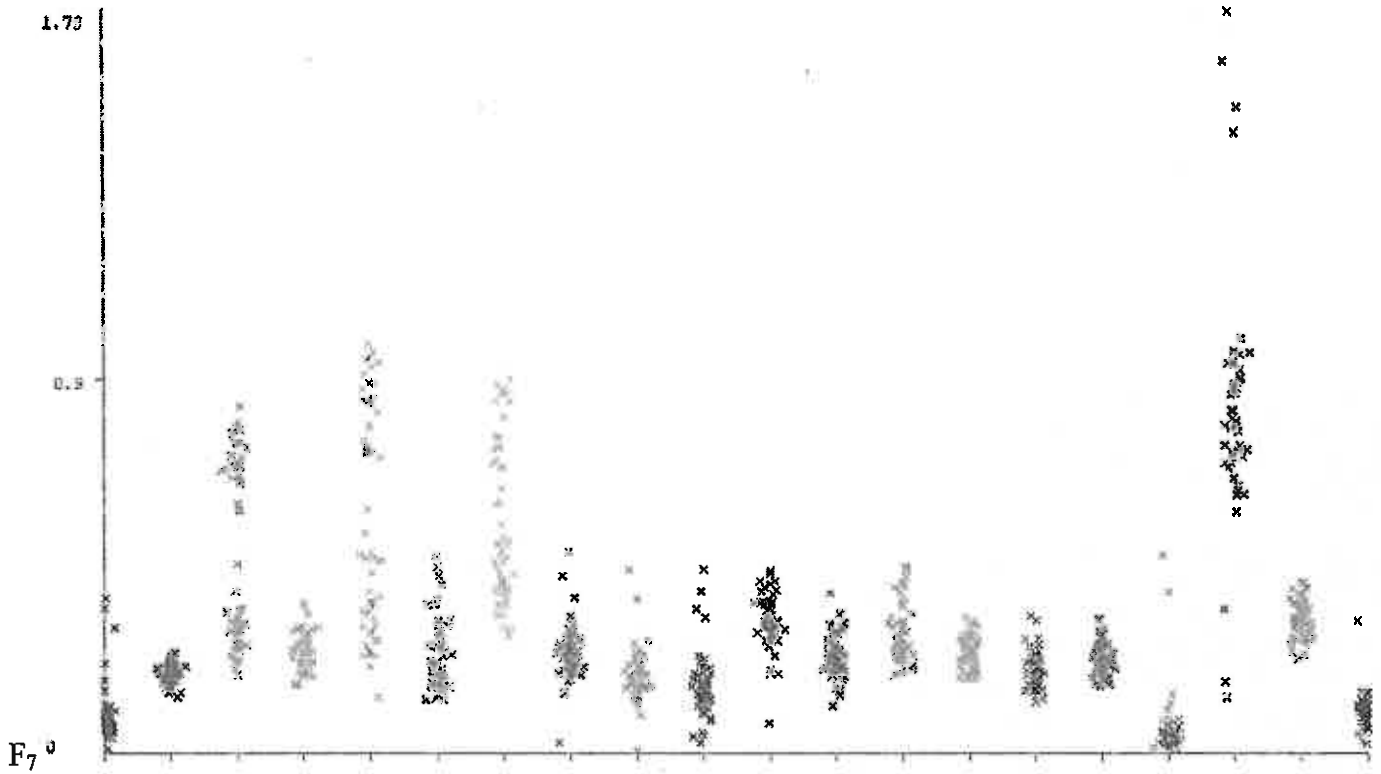
شکل۵-۵. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_5 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



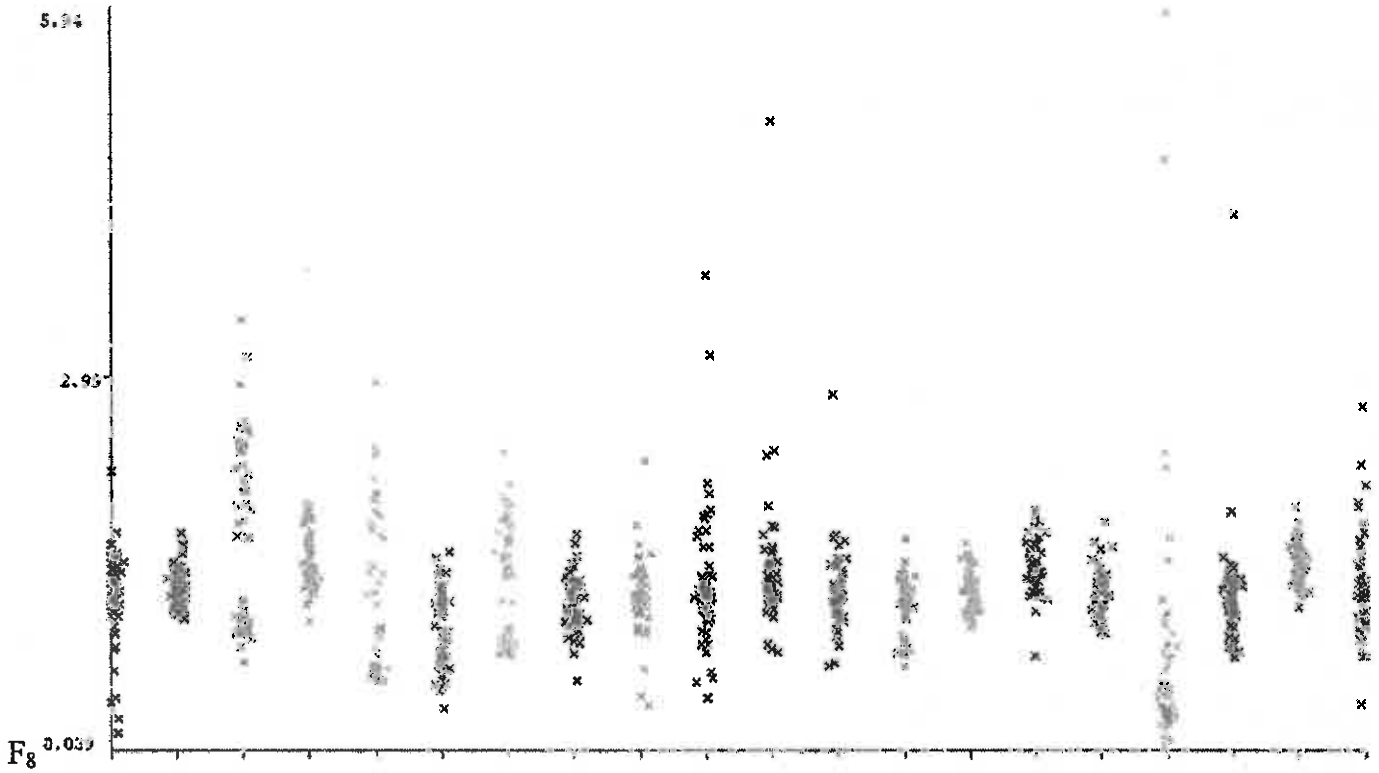
شکل۵-۶. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_6 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



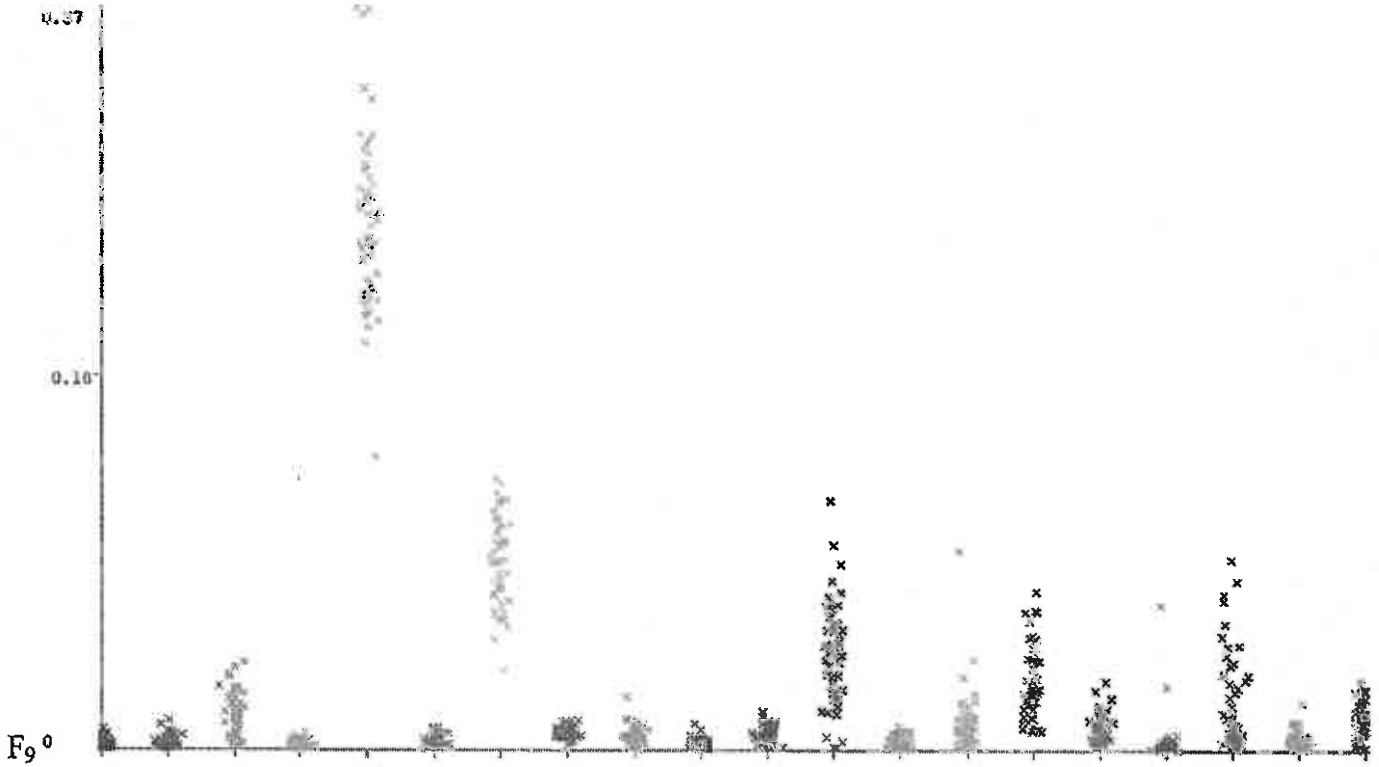
شکل۵-۷. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_7 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



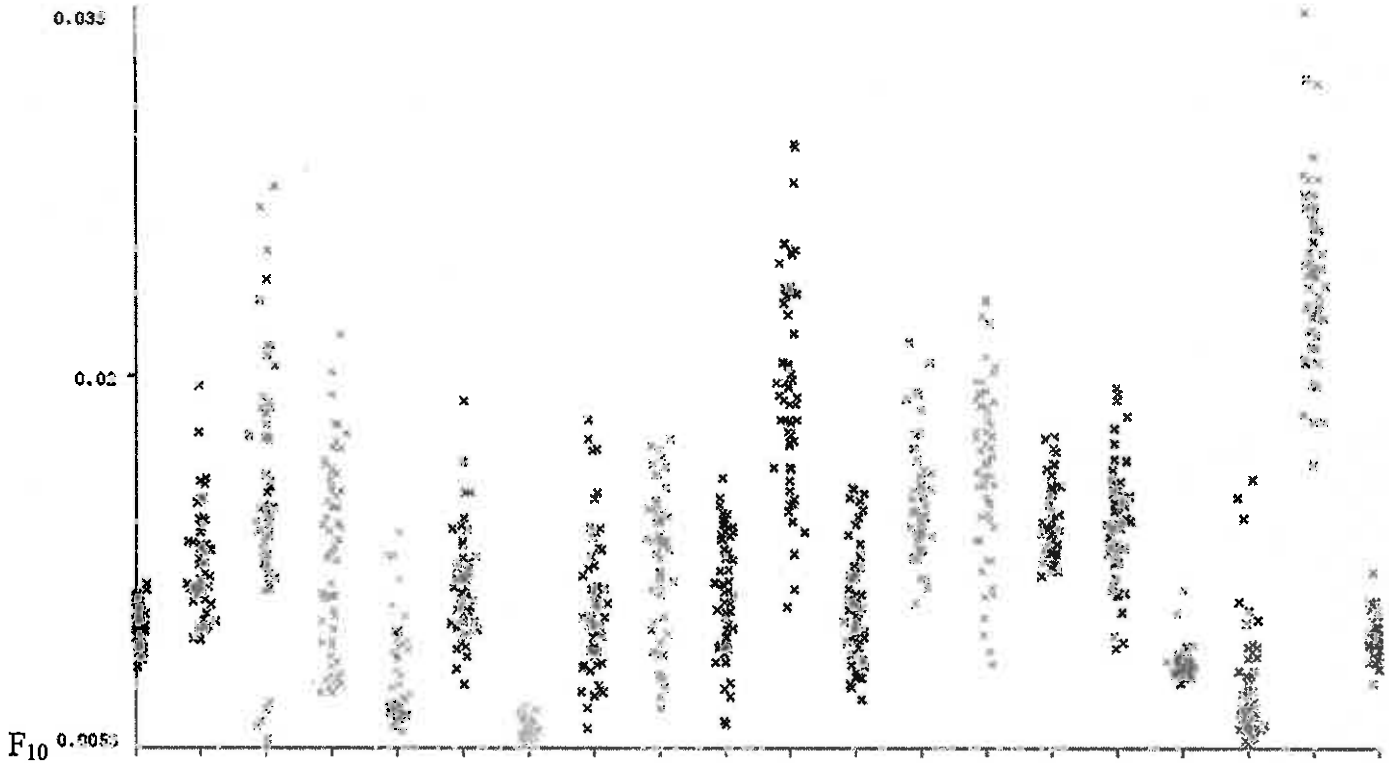
شکل۵-۸. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_8 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				



شکل۵-۹. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F9 بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				

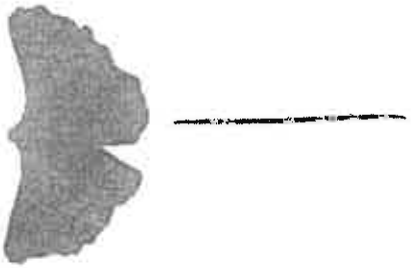


شکل۵-۱۰. ترسیم محدوده تغییرات مشخصه F_{10} بر حسب هر کلاس

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
رنگ																				

در نمودارهای فوق می‌بینیم که پراکندگی مقادیر به ازای هر مشخصه در هر کلاس نشان داده شده است. به کمک این نمودارها میتوان مشاهده نمود که کدام مشخصه برای نمونه‌های سیستم مناسب‌تر است و بین کلاسهای مختلف کدام مشخصه جداسازتر خواهدبود. بعنوان نمونه در نمودار اول که مربوط به ترسیم مشخصه F_9 بر حسب کلاسها می‌باشد، می‌بینیم که داده‌های کلاس ۱۹و۲۰ که به ترتیب با رنگ سبز و قهوه‌ای ترسیم گشته‌اند دارای محدوده تغییرات یکسانی بر روی نمودار عمودی هستند بنابراین این مشخصه به تنهایی نمیتواند بین این دو مجموعه تفاوت قائل شود لذا نیاز به تعریف مشخصه دیگری برای جداسازی مقادیر کلاس ۱۹و۲۰ می‌باشیم. همانطور که در نمودارهای مشخصه‌های F_4، F_8، F_1 قابل مشاهده می‌باشد می‌بینیم که همچنان نمیتوان بین دو کلاس ۱۹ و ۲۰ تمایز قائل شد ولی در نمودارهای F_{10}، F_7، F_6، F_5، F_3، F_2 تمایز به صورت کاملا مشخص به تصویر درآمده است. لذا در مورد این دو کلاس خاص می‌توانیم با این سه مشخصه تشخیص مناسبی داشته باشیم. به همین ترتیب میتوان بین سایر کلاسها ارزیابی فوق را اعمال نموده و کارایی هر مشخصه یافت شود.

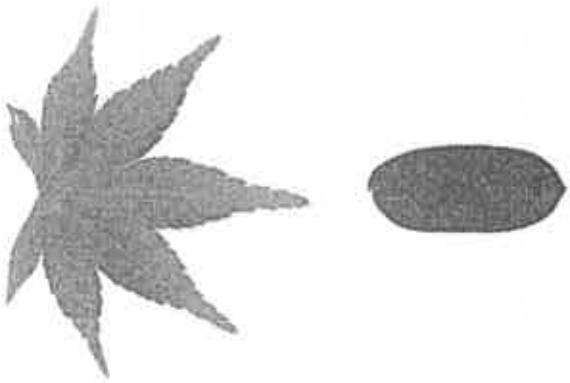
نکته قابل تامل دیگری که از نمودارهای فوق برداشت می‌شود، همخوانی نوع برگ با مقادیر هر مشخصه است. بعنوان مثال، نمونه‌ای از برگهای کلاس ۱۷ و کلاس ۱۸ در شکل زیر آورده شده است:



شکل۵-۱۱. (راست به چپ) کلاس ۱۷و کلاس ۱۸

حال اگر در نمودار مشخصه F_7 که مربوط به نسبت ارتفاع برگ به عرض برگ می‌باشد، دقت نماییم، مشاهده میگردد که مجموعه مقادیر کلاس ۱۷ و ۱۸ با هم فاصله دارند زیرا همانطور که در شکل فوق مشخص است، اگر برای هر کدام مستطیل محاطی برگ را محاسبه نماییم، هر چه ارتفاع برگ بیشتر بوده و عرض آن کمتر باشد این مشخصه مقدار بیشتری خواهد داشت، لذا برای کلاس ۱۸ که ارتفاع آن زیادتر از عرض آن می‌باشد در نمودار مشخصه F_7، فاصله آنها کاملا نمایان می‌باشد.

نمودار F_9 مربوط به ترسیم مشخصه *نسبت‌حفره* می‌باشد، این مشخصه میزان حفره‌دار بودن برگ را مشخص می‌سازد زیرا مساحت حفره‌های برگ را بر مساحت AROI تقسیم می‌نماید. در برگهای غیرحفره‌دار نظیر شکل زیر (کلاس ۴) مساحت حفره‌ها بسیار ناچیز و نزدیک به صفر می‌باشد بنابراین این مشخصه نزدیک به صفر می‌شود ولی در کلاس‌های پنجه‌ای نظیر شکل زیر بعلت آنکه حفره‌ها بخشی از برگ را اشغال نموده‌اند، مقدار بیشتری بدست خواهد آمد، این مسئله در نمودار F_9 برای کلاس‌های ۴ و ۵ به سادگی قابل مشاهده می‌باشد.



شکل۵-۱۲. (راست به چپ) کلاس ۴ و کلاس ۵

۵-۳-۳- تحلیل فاز کلاس بندی

جهت اطمینان از مناسب‌بودن مشخصه‌ها برای سیستم جاری، بایستی مقادیر بدست آمده را با انواع الگوریتم‌های کلاس‌بندی دسته‌بندی کرد تا بتوان صحت مشخصه‌ها را تایید نموده و به این نتیجه برسیم که روش پیشنهادی می‌تواند برای تشخیص برگ گیاهان مختلف، مفید واقع گردد.

لازم بذکر است که تمرکز اصلی تحقیق جاری بر روی انتخاب و محاسبه مشخصه‌های مناسب برای برگ‌ها بوده و دسته‌بندی تنها جهت آزمودن آنها بکارگرفته خواهد شد. در واقع استفاده از روشهای متداول و معمول دسته‌بندی و مجموعه نتایج آنها، این دید را برای ما فراهم می‌سازد که امکان دسته‌بندی این مشخصه‌ها با نرخ مقبول (نسبتا متفاوت در روشهای مختلف) میسر خواهد بود یا خیر. لذا در اینجا بر روی

سرعت اجرا، کارایی و پیچیدگی روشهای مختلف کلاس‌بندی بحث تفضیلی نخواهیم داشت. بعلاوه آنکه هریک از روشهای دسته‌بندی برای خود مزایا و سیر مراحلی دارند که در ادامه خواهیم دید که با این وجود باز هم مجموعه مشخصه‌های پیشنهادی، می‌تواند با درصد بسیار مناسبی دسته‌بندی گردد که این برای ما بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

بعنوان مقایسه بین الگوریتم‌های متفاوت کلاس‌بندی، درجدول زیر روشهای گوناگون به همراه نرخ پاسخگویی آورده شده است. از آنجا که روشهای بسیار زیادی برای کلاس‌بندی وجود دارد و امکان درج همگی آنها در این بخش میسر نیست، سعی بر آن گشت تا از هر مجموعه رده‌بندی، تعدادی بعنوان نمونه آورده شود تا امکان مقایسه بین رده‌بندی‌ها نیز فراهم گردد.

جدول۵-۴. مقایسه بین الگوریتم های مختلف کلاس بندی

نام الگوریتم کلاس‌بند	رده‌بندی الگوریتم	نتیجه تشخیص (٪)
Bayes Network Classifier	Bayes	۸۸.۵۸۳۳
Naive Bayes Classifier	Bayes	۸۷.۹۱
Naive Bayes (simple)	Bayes	۸۶.۵
Naive Bayes update table	Bayes	۸۷.۹۱
SMO	Function	۸۸.۳۳
Multilayer Perceptron	Function	۸۲.۴۱
K star	Lazy	۹۲.۴۱
KNN	Lazy	۹۳.۷۵
Decorate base	Meta	۸۹
EnsembleSelection	Meta	۸۷.۵
BFtree	Tree	۸۸.۱۶
NBTree	Tree	۸۵.۳۳
SimpleCart	Tree	۸۷.۹۱
DecisionTable	Rule	۷۶.۷۵
DTNB	Rule	۸۸.۹۱
NNGE	Rule	۸۶.۰۸

همانطور که از جدول فوق مشاهده می‌گردد روش KNN بالاترین نرخ پاسخگویی را نشان می‌دهد علاوه بر آنکه معمولا در زمانیکه تعداد کلاس و نمونه زیاد باشد بهترین جواب متعلق به این روش است و روشهایی چون ماشین‌بردارپشتیبان قادر به کلاس‌بندی این حجم وسیع از داده‌ها نمی‌باشند. همانطور که از جدول فوق پیداست تمامی روشها نشان از دسته‌بندی مقبول را ارائه می‌دهند ولی بعلت آنکه روش KNN الگوریتمی پایه در زمینه کلاس‌بندی محسوب می‌گردد ما آن را بعنوان الگوریتم دسته‌بندی مشخصه‌های پیشنهادی خود لحاظ می‌نماییم.

حال که روش k-نزدیکترین همسایه بعنوان الگوریتم کلاس‌بندی انتخاب گردید، زمان آن فرا رسیده است تا بر روی نتایج ماحصل کلاس‌بندی آن تحلیل بیشتری نماییم. به همین منظور در جدول زیر تعداد تشخیص‌های هر کلاس به ازای کلاس‌های دیگر درج گشته است بطوریکه میتوان مشاهده نمود که از ۶۰ نمونه‌ای که در هر کلاس موجود بوده است، چه تعدادی از آنها بدرستی در همان کلاس و چه تعداد از آنها به اشتباه در کلاس‌های دیگر کلاس‌بندی شده است. پرواضح است که هر چه اعداد روی قطر جدول بیشتر (نزدیکتر به ۶۰) باشد، سیستم توانسته است با نرخ بهتری عملیات کلاس‌بندی را انجام دهد، زیرا آن بدان معناست که نمونه‌های هر کلاس پس از دسته‌بندی در همان کلاس تشخیص داده شده‌اند.

همچنین با استفاده از این جدول می‌توانیم نرخ کلاس‌بندی را محاسبه نماییم:

$$Correct\ Rate = \left(\frac{\sum_{i,j,i=j} data_{i,j}}{1200} \times 100 \right)$$

منظور از data در فرمول فوق، داده‌های موجود در جدول زیر می‌باشد که پس از اعمال فرمول فوق و جمع نمودن عناصر قطر اصلی، میتوانیم نرخ ۹۳.۷۵٪ را بدست آوریم.

جدول۵-۵. **تعداد** تشخیص نمونه های هر کلاس به ازای سایر کلاس ها

کلاس	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۴	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۸	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۶	۰	۰	۰	۰	۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۷	۰	۰	۰	۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۸	۰	۰	۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۹	۰	۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰	۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

از جدول فوق می توانیم اطلاعات مفید دیگری نیز استخراج نماییم، بعنوان نمونه مشاهده می‌گردد که در سطر ابتدایی جدول، از ۶۰ نمونه برگ کلاس اول به اشتباه یک نمونه را عضو کلاس ۱۷ و دو نمونه را عضو کلاس ۱۰ تشخیص داده‌ایم. این مشکل بدلیل ماهیت نزدیکی تصاویر بین این سه کلاس می‌باشد. در شکل زیر نمونه‌ای از تصاویر این سه کلاس آورده شده است، همانطور که مشخص است این سه کلاس از نظر

مشخصات عمومی، مشخصات بافت و دندانه خارجی بسیار شبیه به یکدیگرند لذا اشتباه رخ داده شده، قابل پیش‌بینی بود.

کلاس۱ کلاس ۱۰ کلاس۱۷

شکل۵-۱۳. نمونه ای از کلاس های مشابه که تعدادی از آنها با یکدیگر اشتباه تشخیص داده شده اند

از سویی دیگر مشاهده می‌گردد که در ستونهای مربوط به کلاس ۱، ۱۰ و ۱۷ نیز تشخیص‌های غلط منوط به این سه کلاس می‌باشد بعبارت دیگر در تشخیص این سه کلاس اندکی اشتباه رخ داده است ولی بعلت آنکه مجموع اشتباهات این سه کلاس در مقابل تعداد کل نمونه‌ها بسیار ناچیز است میتوان از آن صرف‌نظر نمود و آن را ملاک ناکارآمدی سیستم تلقی نکرد. زیرا با تمام تشابهتی که بین این سه کلاس وجود دارد باز هم توانسته ایم از تمام ۶۰ داده هر کلاس قریب به اتفاق آنها را بدرستی کلاس‌بندی نماییم.

فصل ششم – جمع بندی و پیشنهادات

۶-۱- جمع بندی

گیاهان از مهمترین و پرکاربردترین منابع برای انسان‌ها بر روی زمین هستند که در زمینه‌های متفاوتی نظیر گیاه‌شناسی و درمانی از آنها بهره می‌گیرند. لذا اولین نیازی که در این زمینه احساس خواهد شد، نیاز به تشخیص و تمایز بین گونه‌های مختلف گیاهان خواهد بود که در بسیاری از موارد شباهت بسیار زیادی بین آنها وجود دارد، از این سیستم به عنوان سیستم تشخیص گیاه یاد می‌شود که کاربردهای فراوانی در گیاه-شناسی، زندگی انسانی، باغبانی و... دارد. تاکنون پاسخ به این نیاز توسط گیاه‌شناسان و افراد خبره در این زمینه انجام می‌گردید که آنها به بررسی دستی گیاه پرداخته و طبق تجربیات و محفوظات خود گونه آن را تشخیص می‌دادند، این کار به علت صرف زمان فراوان، دارای خطا بودن و نقصان حافظه انسان روش کارآمدی نبود. از این‌رو محققان کوشیدند عملکرد و تشخیص گیاه‌شناس را توسط الگوریتم‌های هوش-مصنوعی شبیه‌سازی نموده و معایب ذکر شده را بهبود و رفع نمایند و برای این منظور برگ گیاه را ملاک تشخیص خود قرار دادند.

جهت آشنایی با کارهای موجود در این زمینه و نیز زوایای نگریسته شده به آن تاکنون، در فصل دوم به بررسی پژوهش‌های مرتبط با این موضوع که در مقالات و ژورنالهای مختلف ارائه شده است پرداخته شد. در مجموع میتوان یک تقسیم‌بندی شامل سه گروه موضوعی تشکیل داد که تمامی پژوهش‌ها در این سه گروه جای می‌گیرند. این گروه ها شامل روشهای مبتنی بر ویژگی‌های سطح برگ، مبتنی بر مشخصات عمومی برگ و روشهای مربوط به دندانه و لبه‌های برگ می‌باشد که هریک از این تحقیقات از الگوریتم‌ها و روشهای متفاوتی برای دستیابی به نتایج استفاده کرده‌اند. در فصل مذبور در هر یک از این زمینه‌ها، تعدادی از پژوهش‌های صورت گرفته را بطور مختصر بیان نمودیم تا توانسته باشیم زمینه لازم برای معرفی طرح پیشنهادی خود را فراهم سازیم زیرا روش پیشنهادی این پژوهش بر مبنای کار آنها و توسعه‌ای بر آنها محسوب می‌گردد.

از آنجا که در روش پیشنهادی این تحقیق، از الگوریتمهای مختلف هوش‌مصنوعی و ریاضیات استفاده شده است که بسیار رایج بوده و مروری بر مفاهیم آنها لازم می‌باشد، در فصل سوم اشاراتی مختصر بر روشهای

استفاده شده در این پایان‌نامه آورده شده است تا خواننده بتواند در صورت آگاه‌بودن به این روشها فصل مربوطه را رها کند و همچنین درصورت تمایل به مرور، هر لحظه میتواند به آن مراجعه نماید. لازم بذکر است که جداکردن تعاریف الگوریتم از روش‌پیشنهادی موجب میشود تا بتوان تمرکز بیشتری بر روی اصل روش پیشنهادی داشت.

پس از طی مراحل فوق، خواننده با آمادگی کامل ذهنی میتواند به سراغ روش پیشنهادی رفته و آن را مورد بررسی قرار دهد. بنیان فصل چهارم بر روی روش پیشنهادی بنا گشته و معماری آن را بطور کامل که شامل پیش‌پردازش، استخراج مشخصه‌ها و کلاس‌بندی است تشریح می‌کند. در بخش پیش‌پردازش به ازای هر تصویر برگ، تصویر باینری، تصویر قطعه‌بندی شده از مرکز برگ، تصویر محاطی و شکل دندانه‌های برگ استخراج گشت که تمام آنها برای فاز بعدی یعنی استخراج مشخصه‌ها بکار می‌روند. در فاز بعدی یا همان استخراج مشخصه‌ها سه مجموعه ویژگی استخراج گشت: مشخصات محلی، عمومی و کنتوربرگ. برای بدست آوردن مشخصه‌های محلی ماتریس هم‌رخداد را برای تصویر قطعه‌شده برگ بدست آورده و بر مبنای آن ۶ مشخصه آماری نظیر وابستگی، همگنی، کنتراست و... بدست آوردیم. برای محاسبه مشخصات عمومی برگ از تصاویر باینری و مستطیل محاطی برگ کمک گرفته و مشخصاتی چون مساحت، نرخ مدور بودن برگ و ... که شامل ۴ مشخصه می‌شود را محاسبه نمودیم. مجموعه آخر مشخصه‌ها مربوط به مشخصه‌های مبتنی بر کنتور برگ است که بدین منظور از شکل دندانه استخراج شده در فاز پیش‌پردازش شروع نموده و بر مبنای آن سطح تغییرات بین هر دو پیکسل مجاور را بدست آوردیم. سپس بدلیل وجود اعوجاجات فراوان، چندین مرحله تبدیل موجک را بر روی آن اعمال نمودیم تا سیگنالی با ابعاد کمتر که شکل کلی اولیه راحفظ نماید یافت شود. حال بعلت وجود تفاوت بسیار زیاد بین نمودارهای بدست‌آمده برای تمام کلاسها، فقط نیاز به استخراج ۴ مشخصه ساده از هر سیگنال می‌باشد که به دو مجموعه مشخصه قبلی افزوده گردد. این مشخصه‌ها شامل تعداد قله‌های سیگنال، مجموع سطح تغییرات، آنتروپی و واریانس می‌باشد. حال با تکمیل-شدن بردار مشخصه ۱۴ عنصری الگوریتم k-نزدیکترین همسایه رابرای کلاس‌بندی پیشنهاد نمودیم.

در فصل بعدی نتایج ماحصل روش پیشنهادی را بر روی بانک اطلاعاتی خود ذکر کردیم که خود شامل ذکر نتایج در هر یک از مراحل پیش‌پردازش، استخراج مشخصه‌ها و کلاس‌بندی است. سعی بر آن شد تا نتایج هر مرحله بطور جداگانه آورده شود تا خواننده بتواند با تاثیر الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویر آشنایی بیشتری بدست آورد. نتایج بدست آمده نشان داد که با وجود تعداد کلاس بسیار زیادی که در آزمایش بکار بسته شده و شامل تعداد متنوعی از برگهای متشابه و غیرمتشابه می‌باشد، الگوریتم پیشنهادی توانسته است به خوبی عمل نموده و با نرخ بالایی پاسخگو باشد. بنابراین معایب گفته شده برای سایر روشها را رفع نموده و محدودیتهایی که دیگر پژوهش‌ها در تشخیص داشته‌اند را بهبود داده است.

۶-۲- نتیجه گیری

پس از مطالعات صورت گرفته بر روی سایر کارهای مشابه با موضوع تشخیص برگ و نقاط قوت و ضعف هریک و نیز بررسی تصویر گونه‌های مختلف گیاهان به نتایج زیر دست یافتیم:

- بعلت ماهیت ساختاری و وجودی برگها (وجود کلروفیل) بیشتر گونه‌های گیاهی دارای برگ سبز رنگ هستند لذا استفاده از مشخصه رنگ نمی‌تواند به تنهایی بین تصاویر کلاس‌های مختلف جداساز خوبی باشد. هم‌چنین رنگ برگ گیاهان در شرایط مختلف نظیر تغییر فصل، تغییر روشنایی، و یا افزایش سن تغییر فراوانی می‌کند که منجر به اشتباهات فراوانی در نرخ تشخیص خواهد شد.
- مشخصات ظاهری و شکلی برگ از دیگر موارد توصیفگر برگ است ولی بعلت آنکه معمولا شکل تمامی برگها به چند دسته کلی و محدود تقسیم‌بندی می‌شود، تمایز بین آنها فقط با استفاده از شکل میسر نیست. همچنین ممکن است عواملی چون برش برگ، خورده‌شدن برگ توسط موجودات و یا آفت، شکل برگ دچار آسیب شده و تشخیص غیرممکن شود.
- ساختار رگبندی سطح برگ در گونه‌های مختلف تفاوت چشمگیری دارد ولی فقط استفاده از مشخصه‌های مبتنی بر رگبرگ در مواردی که برگها دارای ساختار ساده و چه بسا خالی از رگبرگ

در تصویر هستند مقادیر مشخصه‌ها مقادیر یکسانی را برای کلاس‌های مختلف گزارش می‌دهد. هم-چنین اگر برگ دچار سوراخ و یا آفت شود در تصویر، رگبرگ‌های آن بخوبی مشاهده نشده و مقادیر بدست آمده تغییر زیادی خواهند نمود.

- نوع دندانه هر برگ دارای شکل خاصی است که با استخراج مشخصه مبتنی بر آن میتوان به هدف تشخیص دست یافت ولی همانطور که مشخص است این مجموعه مشخصه به تنهایی راه‌حل مناسبی نخواهد بود ولی انتخاب مشخصه مناسب در این دسته میتواند در کنار سایرین مفید واقع شود.
- با استناد به نتایج فوق و بررسی هایی که بر روی بانک اطلاعاتی انتخابی صورت گرفت، به این نتیجه دست یافتیم که اگر بتوان به ازای هر برگ ترکیب مشخصه‌های شکل، رگبرگ و دندانه را در نظر بگیریم و در انتخاب مشخصه‌های هر دسته دقت لازم صرف شود، می‌توانیم سیستمی با قابلیت تشخیص گونه‌های فراوان و در شرایط مختلف محیطی داشته باشیم. لذا در پژوهش جاری سعی شد تا ۴ مشخصه مفید برای توصیف شکل، ۶ مشخصه مناسب برای توصیف رگبرگ‌ها و ۴ مشخصه بدیع برای دندانه تعریف و آزموده شود که نتایج بدست آمده نشان از انتخاب صحیح آنها می‌دهد.

۶-۳- پیشنهادات

گمان می‌رود در راستای تکمیل هر چه بهتر سیستم تشخیص برگ بتوان موارد بسیاری را افزود که بر روی سرعت و کارایی نتایج، تاثیر فراوانی داشته باشد و سیستم عملکرد بهتری را از خود نشان دهد. لذا در این بخش مواردی که به نظر می‌رسد می‌تواند برای تحقیقات آینده در نظر گرفته شود، پیشنهاد می‌گردد.

- تحقیق حاضر با توجه به نوع تصاویر موجود در بانک‌اطلاعاتی، تمامی برگها را در جهت افق و در پس‌زمینه‌ای سفید در اختیار داشته و لذا هیچ روشی برای تشخیص زاویه چرخش، جهت برگ و سپس چرخش آنها لحاظ نکرده است. بعنوان اولین پیشنهاد میتوان روی این مورد کار نموده و با

محاسبات ریاضی جهت و زاویه برگ را پیدا نموده و راهکارهایی نیز برای جدا کردن برگ از پس-زمینه‌های طبیعی ارائه داد.

- با توجه به ساختار رگبرگهای برگ که نظیر خطوطی با اندازه‌ها و تقاطع‌های مختلف است، به نظر می‌رسد که بتوان از روش هاف در شناسایی خط کمک گرفت و روشی برای رگبرگهای گوناگون ارائه داد.
- از دیگر زمینه‌های موضوعی این مبحث این است که ابتدا بتوانیم رسته کلی برگ را تشخیص داده (نظیر سوزنی، پنجه‌ای و ...) و سپس با روشهای جزئی‌تر از بین کلاس‌های موجود در آن رسته به نتیجه مطلوب دست یابیم.
- از آنجا که ساختار رگبرگ در برگهای مختلف بسیار پیچیده و در برگهای یک کلاس بسیار مشابه می‌باشد شاید بتوان روشهای شناسایی اثر انگشت انسان را بر روی آنها اعمال نموده و به نتایجی دست یافت.
- مبحث سیستم تشخیص برگ را میتوان کمی گسترده‌تر نموده و پس از تشخیص نوع برگ، آنرا از جهت آفات متداول بررسی نمود تا کاربرد دیگری نیز داشته باشد. برای این منظور میتوان از سایر روشهای استخراج مشخصه مبتنی بر بافت استفاده نموده و در صورت کارایی بکاربرده شود.
- اگر بتوان روش پیشنهادی را برای محیط تلفن‌های همراه آماده نمود، بر کارایی این سیستم افزوده خواهد گشت.

منابع و مراجع

[۱] ویکی‌پدیا، دانشنامه آزاد، "برگ ها"، [آنلاین]، لینک: http://fa.wikipedia.org

[2] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, (2004) "Digital Image Processing Using MATLAB", Prentice Hall.

[3] Gloria Dıaz, Eduardo Romero, Juan R. Boyero, Norberto Malpica, (2009) "Recognition and Quantification of Area Damaged by Oligonychus Perseae in Avocado Leaves", CIARP 2009, LNCS 5856, pp. 677–684, Springer-Verlag Berlin.

[4] Nam, Y., Hwang, E., Kim, D., (2008) "A Similarity-Based Leaf Image Retrieval Scheme: Joining Shape And Venation Features", Computer Vision and Image Understanding 110, 245-259.

[5] Boese, B. L. Clinton, P.J., Dennis, D., Golden, R.C., Kim, B., (2008) "Digital Image Analysis Of Zostera Marina Leaf Injury", Aqutic Botany 88,87-90.

[6] Clark, J., Barman, S., Remagnino, P., Bailey, K., Kirkup, D., Mayo, S., Wikin, P., (2006) "Venation Pattern Analysis of Leaf Images", LNCS, Vol. 4292, pp. 427-436, Springer, Heidelberg.

[7] Hong Fu, Zheru Chi, (2003) "A Two-Stage Approach For Leaf Vein Extraction", IEEE Int. Conf. Neural Networks And Signal Processing Nanjing, China.

[8] H. Fu and Z. Chi, (2006) "Combined Thresholding And Neural Network Approach For Vein Pattern Extraction From Leaf Images", IEEE Proc.-Vis. Image Signal Process., Vol. 153, No. 6.

[9] Hong Fu., Zheru Chil, Dagan Feng, Jiatao Song, (2004) "Machine Learning Techniques for Ontology-based Leaf Classification", International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision Kunming, China.

[10] Qing-Kui Man, Chun-Hou Zheng, Xiao-Feng Wang, Feng-Yan Lin, (2008) "Recognition of Plant Leaves Using Support Vector Machine", ICIC 2008, CCIS 15, pp. 192–199, Springer-Verlag.

[11] B.Sathya Bama, S.Mohana Valli, S.Raju, V.Abhai Kumar, (2010) "Content Based Leaf Image Retrieval (Cblir) Using Shape, Color And Texture Features", Indian Journal Of Computer Science And Engineering (Ijcse), Vol. 2 No. 2.

[12] Xiao Gu, Ji-Xiang Du, and Xiao-Feng Wang, (2005) "Leaf Recognition Based on the Combination of Wavelet Transform and Gaussian Interpolation", ICIC, Part I, LNCS 3644, pp. 253 – 262, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[13] Jiandu Liu, Shanwen Zhang, Shengli Deng, (2009) "A Method of Plant Classification Based on Wavelet Transforms and Support Vector Machines", LNCS 5754, pp. 253-260, Springer-verlag berlin Heidelberg.

[14] Esma Bendiab and Mohamed Kheirreddine Kholladi, (2011) "A Method for Plant Classification Based on Artificial Immune System and Wavelet Transform", DICTAP,Part 1, CCIS 166, pp.199-208, Springer-verlag berlin Heidelberg.

[15] Zhang L., Kong J., Zeng X., Ren J., (2008) "Plant Species Identification Based on Neural Network", Fourth International Conference on Natural Computation, ICNC 08.

[16] Casanova, D., De Mesquita Sia Junior, J.J., Bruno, O.M., (2009) "Plant Leaf Identification Using Gabor Wavelets", International Journal Of Imaging Systems And Technology 19, 236-243.

[17] N. Valliammal, S. N. Geethalakshmi, (2010) "Performance Analysis Of Various Leaf Boundary Edge Detection Algorithms", A2CWiC '10 Proceedings of the 1st Amrita ACM-W Celebration on Women in Computing in India.

[18] Qingfeng Wu, Changle Zhou, Chaonan Wang, (2006) "Feature Extraction and XML Representation of Plant Leaf for Image Retrieval", APWeb Workshops, LNCS 3842, pp. 127–131, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[19] Wang X.F., Huang D.S., Du J.X., Xu H., Heutte L., (2008) "Classification Of Plant Leaf Images With Complicated Background", Appl. Math. Comput. 205(2): 916–926.

[20] M. Mercimek, K. Gulez, T.V. Mumce, (2005) "Real Object Recognition Using Moment Invariants," Sadhana, Vol. 30 Part 6, India, Pp. 765-775.

[21] Gotlieb, Calvin C. & Kreyszig, H.E., (1990) "Texture Descriptors Based On Cooccurrence Matrices", Computer Vision, Graphics, And Image Processing 51, 70-86.

[22] Partio, M., Cramariuc, B., Gabbouj, M., (2007) "An Ordinal Co-Occurrence Matrix Frame-Work for Texture Retrieval", Image and Video Processing.

[23] Ramos, E., Fernandez, D.S., (2009) "Classification Of Leaf Epidermis Microphotographs Using Texture Features", Ecological Informatics 4, 177-181.

[24] Jing Liu, Shanwen Zhang, and Jiandu Liu, (2009) "A Method of Plant Leaf Recognition Based on Locally Linear Embedding and Moving Center Hypersphere Classifier", ICIC, LNAI 5755, pp. 645–651, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[25] Rossatto D., Casanova D., Kolb R., Bruno O., (2011) "Fractal Analysis Of Leaf-Texture Properties As A Tool For Taxonomic And Identification Purposes: A Case Study With Species From Neotropical Melastomataceae (Miconieae Tribe", Plant Systematics and Evolution 291(1): 103-116.

[26] Xiao-Feng Wang, Ji-Xiang Du, and Guo-Jun Zhang, (2005) "Recognition of Leaf Images Based on Shape Features Using a Hypersphere Classifier", ICIC 2005, Part I, LNCS 3644, pp. 87–96, Springer-Verlag Berlin.

[27] Stephen Gang Wu, Forrest Sheng Bao, Eric You Xu, Yu-Xuan Wang, Yi-Fan Chang and Qiao-Liang Xiang, (2007) "A Leaf Recognition Algorithm for Plant Classification Using Probabilistic Neural Network", arXiv:0707.4289v1 [cs.AI].

[28] Krishna Singh, Indra Gupta, Sangeeta Gupta, (2010) "SVM-BDT PNN and Fourier Moment Technique for Classification of Leaf Shape", International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, Vol. 3, No. 4.

[29] A. Kadir, L.E. Nugroho, A. Susanto And P.I. Santosa, (2011) "A Comparative Experiment Of Several Shape Methods In Recognizing Plants", International Journal Of Computer Science & Information Technology (Ijcsit), Vol. 3, No 3.

[30] J.-X. Du, X.-F. Wang, G.-J. Zhang, (2007) "Leaf Shape Based Plant Species Recognition", Applied Mathematics And Computation, vol. 185.

[31] R. de Oliveira Plotze, M. Falvo, J. G. Pdua, L. C. Bernacci, M. L. C. Vieira, G. C. X. Oliveira, and O. M. Bruno, (2005) "Leaf Shape Analysis Using The Multiscale Minkowski Fractal Dimension, A New Morphometric Method: A Study With Passifliora (Passifloraceae)", Canada Journal of Botany, vol. 83.

[32] Z. Wang, Z. Chi, and D. Feng, (2003) "Shape Based Leaf Image Retrieval" IEEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing, Vol. 150, No. 1.

[33] S. M. Hong, B. Simpson, and G. V. G. Baranoski, (2005) "Interactive Venation Based Leaf Shape Modeling", Computer Animation and Virtual Worlds, Vol. 16.

[34] Shi-Zhong Liao, Wen-Gang Liu, Wei Guo, (2006) "Composite Sketch Shape Recognition Based On Dagsvm And Decision Tree", International Conference On Machine Learning And Cybernetics, Dalian.

[35] Yanhua Ye, Chun Chen, Chun-Tak Li, Hong Fu, and Zheru Chi, (2004) "A Computerized Plant Species Recognition System", International Symposium on Intelligent Multimedia,Video and Speech Processing, Hong Kong.

[36] Yunyoung Nam, Eenjun Hwang, Kwangjun Byeon, (2005) "ELIS: An Efficient Leaf Image Retrieval System", S. Singh et al. (Eds.): ICAPR 2005, LNCS 3687, pp. 589 – 597, Springer-Verlag Berlin.

[37] Jacqueline Gomes Mertes, Norian Marranghello, and Aledir Silveira Pereira, (2008) "Implementation of Filters for Image Pre-processing for Leaf Analyses in Plantations" ,ICCS, Part II, LNCS 5102, pp. 153 – 162, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[38] Andreas Backhaus, Asuka Kuwabara, Marion Bauch1, Nick Monk, Guido Sanguinetti, Andrew Fleming1, (2010) "A New Leaf Phenotyping Tool Using Contour Bending Energy And Shape Cluster Analysis", Journal compilation of New Phytologist Trust.

[39] Minggang Du, Shanwen Zhang, and Hong Wang, (2009) "Supervised Isomap for Plant Leaf Image Classification", ICIC, LNAI 5755, pp. 627–634, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[40] Jixiang Du, Deshuang Huang, Xiaofeng Wang, and Xiao Gu, (2005) "Shape Recognition Based on Radial Basis Probabilistic Neural Network and Application to Plant Species Identification", ISNN, LNCS 3497, pp. 281–285, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[41] H. Sahbi, (2005) "Affine Invariant Shape Description Using The Triangular Kernel And Its Application To Leaf Recognition", Proceedings of The 4th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing, June 21-23, Riga, Latvia.

[42] Belhumeur P.N., Chen D., Feiner S., Jacobs D.W., Kress W.J., Ling H., Lopez I., Ramamoorthi R., Sheorey S., White S., Zhang L., (2008) "A System for Visual Identification of Plant Species", In European Conf. on Computer Vision, LNCS vol. 5305: 116–129, Springer.

[43] Neto, J., Meyer, G., Jones, D., Samal, A., (2006) "Plant Species Identification Using Elliptic Fourier Leaf Shape Analysis", Computers And Electronics In Agriculture 50, 121-134.

[44] Oide, M., Ninomiya, S., (2000) "Discrimination of Soybean Leaf Shape By Neural Networks With Image Input", Computers And Electronics In Agriculture 29, 59-72.

[45] Z. Wang, Z. Chi and D. Feng, (2003) "Shape Based Leaf Image Retrieval", IEEE Proc.-Vis. Image Signal Process., Vol. 150, No. 1.

[46] Peleg, S., Rosenfeld, A., (1981) "A Min-Max Medial Axis Transformation", IEEE Trans. Pattern Anal. Match. Intell., pp. 208-210.

[47] Wallace, T.p., Wintz, P.A., (1980) "An Efficient Three-Dimensional Aircraft Recognition Algorithm Using Normalized Fourier Descriptors", Comput. Graph. Image Process., pp. 99-126.

[48] Heng-Nian Qi, Jian-Gang Yang, (2003) "Sawtooth Feature Extraction Of Leaf Edge Based On Support Vector Machine", Proceedings of the IEEE International Conference on Machine Learning and Cybernetics.

[49] Wang Dai-lin, Zhang Xiu-mei, Liu Ya-qiu, (2006) "Recognition System Of Leaf Images Based on Neuronal Network", Journal of Forestry Research, 17(3): 243–246.

[50] Ji-Xiang Du, De-Shuang Huang, Xiao-Feng Wang, Xiao Gu, (2006) "Computer-aided Plant Species Identification (CAPSI) Based On Leaf Shape Matching Technique", Transactions of the Institute of Measurement and Control 28, 3, pp. 275_284.

[51] C. Valens, (2003) "A Really Friendly Guide to Wavelets", [Online], Available: http://polyvalens.com.

[52] Wikimedia Foundation, Inc., (June 2011) "k-nearest Neighbor Algorithm", [Online], Available: http://en.wikipedia.org.

[53] "Naive-Bayes Classification Algorithm", [Online], Available: http://software.ucv.ro

پیوست الف – مورفولوژی برگها در طبیعت

در این پیوست اطلاعات گیاه‌شناسی موردنیاز برای بحث جاری آورده شده است تا خواننده در صورت تمایل به کسب اطلاعات گیاه‌شناسی و مرتبط با موضوع سیستم جاری به این بخش مراجعه نماید. این بخش شامل شرحی بر برگها، انواع آنها در طبیعت، کاربرد و وظایف هر یک خلاصه شده است.

یکی از اندام‌های مهم هر گیاه، برگ آن می‌باشد که متنوع‌ترین عضو آن نیز محسوب شده و به همین دلیل در تمایز بین گونه‌های مختلف گیاهی اهمیت ویژه‌ای برای گیاه‌شناسان دارد. از وظایف اصلی برگ‌ها می‌توان به فتوسنتز و تعریق اشاره نمود که این عملیات نیازمند وجود سطح وسیع برگ در مقایسه با سایر اندام‌های دیگر است. اگر بخواهیم تعریفی از برگها ارائه دهیم، می‌توان آنها را زوائد جانبی ساقه تعریف کرد که از بخش انتهایی نوک ساقه پدید می‌آیند همچنین آنها اندام‌های پهن و سبزرنگی هستند که با نظم مخصوصی بر روی ساقه چیده شده‌اند [۱]. هربرگ خود شامل دو قسمت اصلی پهنک و دمبرگ است که وظایف اصلی معمولا بر عهده پهنک می‌باشد، زیرا پهنک بعلت دارا بودن سطح تماس زیاد موجب می‌شود تماس برگ با محیط بیشتر شده و به علت نازک‌بودن میتواند دو نقش فتوسنتز و تعرق را بخوبی عهده‌دار شود. بعلاوه این عضو فعال برگ غالبا به علت دارا بودن کلروفیل سبز رنگ است و معمولا به شکل سطحی مشاهده می‌شود که رگبرگها از آن عبور می‌کنند (رگبرگها ادامه رشته‌های آوندی دمبرگ می‌باشند). در برگهای مختلف چگونگی پراکندگی رگبرگها متفاوت می‌باشد که آن را رگ‌بندی یا شبکه رگبرگها می‌نامند.

از اعضای مهم و کلیدی هر برگ میتوان به رگبرگ اشاره نمود که همان دسته‌های آوندی می‌باشند. آنها در انواع مختلفی مشاهده می‌شوند نظیر نوع نرده‌ای و حفره‌ای که پرکننده فضای بین بخش زبرین و زیرین برگ هستند. رگبرگها علاوه بر هدایت مواد، نگاهدارنده بافتهای برگ نیز محسوب می‌شوند.

عضو دیگر هر برگ دمبرگ می باشد که همان میله کوتاهی است که پهنک را به ساقه متصل می‌کند و از بافتهای چوبی و آبکشی تشکیل شده است. این عضو معمولا به لبه پایه پهنک متصل است البته برگهای فاقد دمبرگ را که پهنک آنها مستقیما به ساقه متصل است بی‌دمبرگ یا چسبنده می‌نامند.

از آنجا که رگبرگ از اندام‌های مهم هر برگ محسوب شده و در گونه‌های مختلف انواع متفاوتی از آن دیده شده است در اینجا انواع رگبندی‌های موجود را لیست نموده‌ایم:

۱- رگبندی موازی: در این ساختار تمامی رگبرگ‌های اصلی تقریبا به شکل موازی بر روی سطح برگ قرار گرفته‌اند که معمولا در تک‌لپه‌ای‌ها نظیر گرس‌ها و شاخ‌بزی دیده می‌شود.

۲- رگبندی مشبک: شامل یک رگبرگ بزرگ به همراه تعدادی رگبرگ فرعی منشعب شده از آن می‌باشد که در برگهای شانه‌ای و پنجه‌ای مشاهده می‌شود.

۳- تک‌رگبرگی: مثل کاج، سروکوهی، برگ‌های درخت گاز

البته لازم به ذکر است که برگ هر گیاه ویژگیهای ظاهری مخصوص به خود را دارا است که آنها معمولا مربوط به خصوصیات ارثی گیاه و یا عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و دما می‌شود.

وظایف برگ ها

- تعرق: بخارشدن آب از سطح برگ را تعریق می‌نامند که موجب جریان یافتن آب در گیاه می‌شود و به شیوه‌های مختلف روزنه‌ای، پوستکی و عدسکی صورت می‌گیرد.
- فتوسنتز: ساخت گلوکز توسط برگهای سبز که موجب آزادسازی اکسیژن می‌شود، فتوسنتز نامیده می‌شود. برای این فرآیند برگها دی‌اکسیدکربن هوا و آب را بکار می‌گیرند.
- تنفس: عملیات آزادسازی انرژی شیمیایی موادغذایی به کمک اکسیژن، تنفس نام دارد.

فواید برگها

برگها نقش بسیار مهمی در چرخه غذایی جانوران و انسانها ایفا می‌کنند. بسیاری جانوران گیاه‌خوار مانند گاو، گوسفند و بز، از گیاهان تغذیه می‌کنند و همچنین سایر جانوران گوشتخوار نیز با تغذیه از جانوران گیاه‌خوار به طور غیرمستقیم به گیاهان نیاز دارند.

گیاهان برای انسانها نیز همیشه منبع مهمی محسوب گشته‌اند زیرا انواع استفاده‌های خوراکی و غیرخوراکی فراوانی از آنها ممکن می‌باشد. از کاربردهای خوراکی آنها میتوان به استفاده از انواع سبزیها در وعده غذایی، خشک‌کردن بوته چای و تهیه نوشیدنی، تهیه روغن از گیاهان روغنی و خوش طعم ساختن غذا با استفاده از گیاهان معطر اشاره نمود. همچنین گیاهان انواع ویژگی‌های درمانی دارند که در طب سنتی به وفور گزارش شده است نظیر درخت اکالیپتوس. از کاربردهای غیرخوراکی گیاهان میتوان الهام‌بخش‌بودن آنها در نقاشی و عکاسی را نام برد که همواره در سرلوحه کار هنروران قرار داشته است.

انواع برگ

تمامی برگها را میتوان در سه دسته کلی دو لپه‌ای، تک‌لپه‌ای و بازدانگان قرار داد که خود شامل زیردسته-هایی می‌شوند:

- برگ گیاهان دولپه‌ای

برگ گیاهان دولپه‌ای ممکن است ساده یا مرکب باشد.

- برگ ساده

برگ‌های ساده برگ‌هایی هستند که که پهنک واحدی داشته و ممکن است پهنک آنها کامل بوده، یا به علت بریدگی‌ها یا فرورفتگی‌ها اشکال مختلف پیدا کنند. شیوه نامگذاری انواع برگهای ساده از روی پهنک و کناره آنها صورت می‌گیرد که برحسب وجود دندانه و کنگره و یا بر حسب نوع و عمق بریدگی حاشیه امکان‌پذیر است.

- برگ مرکب

پهنک این برگها بر خلاف برگ‌های ساده دارای برگچه‌های متعددی می‌باشد، که میتوانند در طرفین رگبرگ مشترک و یا یک طرف آن قرار گیرند. در صورت قرارگیری تمامی برگچه ها در طرفین یک رگبرگ

مشترک، آن را برگ مرکب شانه‌ای یا پرمانند گویند. در جنگل‌های اطراف دریای خزر برگ‌های مرکب فراوانی نظیر کرات یا لیکلی مشاهده می‌شود. البته عده‌ای از گیاه‌شناسان تکامل برگ‌ها را از حالت مرکب به سوی سادگی تعریف می‌کنند و برای اثبات نظریه خود نیز به ذکر دلایلی از فسیل‌شناسی و تاریخ‌شناسی گیاهی پرداخته‌اند.

- برگ گیاهان تک‌لپه‌ای

غالبا در برگ گیاهان تک‌لپه‌ای نوع گسترش رگبرگ به شیوه موازی می‌باشد. در محل اتصال نیام به پهنک زبانک مشاهده می‌گردد.

- برگ بازدانگان

معمولا شامل یک رگبرگ شده و به نوک تیزی ختم می‌شوند که در اشکال سوزنی و پولکی دیده شده‌اند نظیر برگ سوزنی در کاج و پولک مانند درسرو.

شکل ظاهری برگها

تنوع شکلی در گونه‌های مختلف برگ بسیار زیاد می‌باشد نظیر شکل‌های دایره، بیضی، نیزه، پر، پنجه، قلب و بسیاری شکلهای دیگر اما در مجموع می‌توان آنها را به سه گروه کلی تقسیم‌بندی نمود: برگهای پهن، برگهای باریک و برگهای سوزنی. البته بعضی گیاهان هستند که برگ آنها دقیقا در یکی از این سه دسته قرار نمی‌گیرند نظیر سروکوهی که برگهای پولک‌مانند دارد. این تنوع شکل ظاهری برگ‌ها از راه‌های مهم تشخیص نوع گیاهان شمرده می‌شود.

از جنبه اندازه نیز برگهای گوناگون تفاوتهای بسیاری با یکدیگر دارند. طول بیشتر برگها میان ۲/۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. اما برگ بعضی از گیاهان بسیار بزرگ است. مثلا طول بعضی از برگهای نوعی نخل افریقایی به ۲۰ متر هم می‌رسد ولی از طرف دیگر گونه ای از برگ بعضی از گیاهان بسیار کوچک می‌باشد.

تعداد برگهای گیاهان نیز نشان از تفاوت گونه‌های مختلف دارد بعنوان مثال گندم و ذرت دارای چند برگ هستند ولی درختان کهنسال نارون صدها هزار برگ دارند.

آرایش‌های بسیاری در گیاهان مشاهده می‌شود. در آرایش نوع پر، برگها شبیه شانه‌ای دو طرف رگبرگ اصلی جای می‌گیرند، مانند برگ درخت گردو و زبان گنجشک. بچه‌های برگهای مرکب پنجه‌ای از انتهای دمبرگ می‌رویند مانند برگ شبدر در بعضی از گیاهان، برگچه‌ها به برگچه‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شوند. این برگها را برگ مرکب دوگانه می‌نامند مانند برگ هویج و شبت (شوید).

از دیگر موارد کلیدی در گونه‌های مختلف که در بسیاری از موارد چاره‌ساز تشخیص می‌گردد دندانه‌ها و لبه خارجی برگ می‌باشد. برخی برگ‌ها دارای لبه صاف، دانه‌دار و بعضی کنگره‌دار هستند. لبه بیشتر برگهای باریک و سوزنی صاف است. لبه پهنک بیشتر گیاهانی که در منطقه اقلیمی استوایی و نیمه‌استوایی می‌رویند نیز صاف است. لبه پهنک درختانی مانند پرتقال، نارون و گیلاس دانه‌دار است و روی آنها روزنه‌هایی وجود دارد. بخشی از آب اضافی گیاه از راه این روزنه‌ها خارج می‌شوند. لبه برگ بعضی از گیاهان، مانند توت سفید و بلوط جنگلی، کنگره‌دار است.

تاریخچه رده بندی گیاهی

رده‌بندی تمام اطلاعات موجود در مورد علوم گیاهی را علم رده‌بندی گیاهان نامگذاری کرده‌اند. مطالعه خیل عظیم گیاهان که امروزه نزدیک به ۳۰۰ هزار گونه دارند، بدون رده‌بندی آنها امری امکان‌ناپذیر است. از کاربردهای این علم همین بس که شناخت گیاهان و تعیین نام آنها در حد گونه که ارزش کلیدی برای انجام هر نوع مطالعات در علوم گیاهی دارد، بدون علم رده‌بندی امری غیرقابل‌تصور است. دانش رده‌بندی سابقه‌ای به قدمت تاریخ انسان دارد، ولی رده‌بندی عملی که اخیرا بکار بسته شده است، هر روز با پیشرفت تکامل بیشتری پیدا می‌کند. رده‌بندی گونه، یکی از شاخه‌های بسیار قدیمی و مهم علم گیاه‌شناسی است. انسانهای اولیه به گیاهان خوراکی و دارویی اطراف خود توجه خاصی داشتند و صدها نوع از آنها را می‌شناختند و به این ترتیب نخستین گروههای تاکسونومیک گیاهی بر اساس چنین شناختی شکل گرفت. نام هرگیاه در واقع

کلیدی است که با آن دریچه‌ای بر زیست‌شناسی آن گیاه و اطلاعات دقیق آن گشوده می‌شود. سیستماتیک گیاهی با شناخت و نامگذاری گیاهان و به نظم کشیدن آنها در گروه‌های خویشاوند و بسیار نزدیکی همچون جنس، خانواده و ... سروکار دارد. بطور کلی این علم شامل مجموعه فعالیتهایی است که به منظور سازماندهی و ثبت تنوع گیاهان انجام می‌شود.

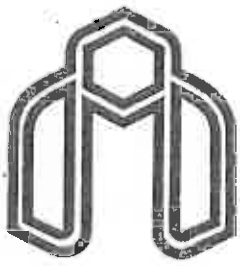
تا سده هجدهم میلادی، بیشترین توجه به شناخت و طبقه‌بندی گیاهان زراعی و دارویی معطوف می‌گردید و طبعا سیستم رده‌بندی مصنوعی، که غالبا بر اساس مشخصات کاربردی گیاهان استوار بود مورد استفاده قرار می‌گرفت از اواسط این سده سیستم نامگذاری و طبقه بندی پیشنهاد توسط لینه تحولی در علم طبقه بندی گیاهان پدید آورد. در اواخر سده هجدهم میلادی نظر غالب گیاه‌شناسان به سیستم‌های طبقه‌بندی طبیعی که بر پایه صفات ریخت‌شناسی گیاهان استوار بود جلب گردید. در سده نوزدهم میلادی با ارائه نظریه تکاملی داروین و توجه به توالی تکاملی در طبقه‌بندی گیاهان، مبنای طبقه‌بندی فیلوژنتیک پایه-گذاری شد و در سده بیستم میلادی به سیستم‌های فیلوژنتیک واقعی رسید که اساس رده‌بندی نوین معاصر را تشکیل می‌دهد.

در دنیای امروز دانش مربوط به شناسایی، نامگذاری و رده‌بندی گیاهان زمینه مطالعاتی مهیجی است. کاربردهای بالقوه اقتصادی گیاهان شاید بلافاصله مشهود نباشد، اما ناگزیریم گیاهان خویشاوند را بشناسیم. خویشاوندهای وحشی گیاهان زراعی معمولا حاوی ژنهایی هستند که خصوصیت مطلوبی چون مقاومت در برابر بیماریها را که برای اصلاح محصولات زراعی موردنیاز متخصصین اصلاح‌نژاد است فراهم می‌کنند. بعلاوه سیستماتیک گیاهی یکی از علوم پرکاربردی است که با بسیاری از رشته‌ها ارتباط نزدیک دارد. که می‌توان به گیاه‌شناسی، مورفولوژی گیاهی، فیزیولوژی گیاهی، بیوشیمی گیاهی و ژنتیک گیاهی و اکولوژی گیاهی اشاره کرد.

Abstract

Plants play an important role in human life that has many different kinds where recognition of them can be very useful and called Leaf Recognition System. To now, this process is examined with expert botanists manually, where this acts is a time-consuming, exhausting, errorable and human memory-based case with low-efficiency result. Hence, researches try to implement this process with artificial intelligence algorithms and improve accuracy. According to study, each plant can be identificate with leaves properties, so we collect and divide helpful leaves features into three categories: First category called global features and contains leaf-dimensional, convex area, etc. second category or local features contains texture information and vein structures. Finally third category consists of counter-based features about leaf image. These feature sets experiment in many approaches and report different results in attached papers, but efficiency of these works depended on special conditions and limited leaf-types. Therefore, proposed method defines novel features in each category and then combines above three feature sets. It leads to attain a general leaf recognition system. In order to feature extraction step, proposed local features contain 6 features based on texture mathematical theory that certainly should apply on segmented part of leaf without any teeth and primary vein. Proposed global features take away from recent researches and aggregate in 4 features. Finally, counter-based category consists of novel method for feature extraction using Wavelet transform that produce 4 features. Altogether, features vector with 14 elements has been classify with K-Nearest Neighbour algorithm. Results show that proposed method can successfully answer for total leaf-types and various environment conditions.

Keywords: Leaf recognition system, classification and recognition system, feature extraction methods, wavelet transform, K-nearest neighbor



Shahrood University of Technology
Faculty of Computer and IT Engineering

Leaf Recognition System Using Artificial Intelligence Algorithms

Malihch Shabanzadeh

Supervisor:
Dr Morteza Zahedi

Date:
18 Sep 2011