شناسایی گونه‌های گیاهی با استفاده از تصاویر برگ بر پایهٔ ویژگی‌های بافت و شبکهٔ عصبی

فاطمه مستأجر خیرخواه[1]، حبیب‌الله اصغری[2*] و داراب یزدانی[3]
[1و2]پژوهشکده فناوری اطلاعات جهاد دانشگاهی، تهران، ایران
[3]مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

چکیده

برگ گیاهان منبع اطلاعاتی مهمی برای پژوهش و شناسایی گیاهان هستند. استخراج این اطلاعات به‌طورعمومی توسط کارشناسان خبره کشاورزی انجام می‌گیرد. از آنجا که برگ‌ها ویژگی‌های مناسبی را برای تشخیص انواع گونه‌های گیاهی در سامانه‌های هوشمند فراهم می‌کنند، لذا استفاده از سامانه‌های هوشمند می‌تواند به تشخیص خودکار گونه‌های گیاهی کمک کند. این مقاله روش جدیدی را برای شناسایی برگ‌های گونه‌های گیاهی با استفاده از الگوریتم استخراج ویژگی بافت GIST ارائه می‌دهد که یک روش استخراج ویژگی عمومی برای طبقه‌بندی تصاویر است. این روش دارای دقت خوبی در تعیین شباهت‌ها بین اشیای یکسان در تصاویر مختلف است. در مرحله طبقه‌بندی داده‌ها نیز، از شبکهٔ عصبی Patternnet که برای استخراج الگو مناسب است استفاده می‌شود. برای ارزیابی روش پیشنهادی، الگوریتم حاصل بر روی داده‌های دو پایگاه داده معتبر که تنوع گیاهی زیادی دارند، اعمال شده است. مقایسه نتایج با الگوریتم‌های متداول استخراج ویژگی از تصاویر برگ‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم GIST علاوه‌بر سرعت مناسب، دارای دقت طبقه‌بندی قابل قبولی به‌ویژه در تصاویر هم‌راستا و حتی تصاویر از نوع شبه‌پویش است.

واژگان کلیدی: شناسایی گونه‌های گیاهی، بردار ویژگی GIST، شبکهٔ عصبی، فیلتر گابور

On the use of Textural Features and Neural Networks for Leaf Recognition

Fateme Mostajer Kheirkhah[1], Habibollah Asghari[2*] & Darab Yazdani[3]
ICT Research Institute, ACECR, Tehran, Iran[1,2]

Abstract

for recognizing various types of plants, so automatic image recognition algorithms can extract to classify plant species and apply these features. Fast and accurate recognition of plants can have a significant impact on biodiversity management and increasing the effectiveness of the studies in this regard.

These automatic methods have involved the development of recognition techniques and digital image processing pattern. Most of the previous studies on the classification and identification of plant species from leaf images are based on the shape, texture and color features. There were also different methods of data modeling which have been used to leave plant recognition.

In this paper, we investigate a novel approach for the recognition of plant species using texture feature GIST to extract general features. In the classification step, Patternnet feed forward neural network algorithm has been applied. Essentially, the GIST feature has been designed to be employed for image classification. In this study, GIST feature vectors are considered as the basis of the leaves' classification. The GIST descriptor of an image is computed by the first filtering of an image by a filter bank of Gabor filters, and then averaging the responses of filters in each block on a no overlapping grid.

For evaluation of our approach, we have applied the algorithm on scan and pseudo-scan images of two famous different datasets Image CLEF2012 and Leaf snap with a high various. The results show that in comparison to some widely used algorithms, our approach outperforms in the case of time and also the accuracy of classification. Substantial results can be achieved when the image of the plants are aligned with one another and when we deal with pseudo scan images.

* Corresponding author
*نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

● تاریخ ارسال: ۹۶/۰۹/۱۱ ● تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۹ ● نوع مطالعه: پژوهشی

Archive of SID
www.SID.ir

The detection of combinations of leaves that have jagged edges is an important contribution of this study. In many of the previous algorithms, the computational complexity of this detection is high. While by using the GIST feature vector, these types of images are processed simply and precisely (above 90%).
precisely (above 90%).

Keywords: Species recognition, GIST feature vector, Neural networks, Gabor filter

۱- مقدمه

تنوع زیستی در نتیجهٔ فعالیت‌های مستقیم و غیرمستقیم انسان به‌طور پیوسته در سراسر جهان در حال کاهش است [1]. گردآوری اطلاعات دقیق در رابطه با نوع و توزیع جغرافیایی گیاهان برای حفظ تنوع زیستی در آینده امری ضروری تلقی می‌شود [2]؛ بنابراین شناسایی سریع و دقیق گیاهان برای مطالعه مؤثر آنها می‌تواند تأثیر به‌سزایی در مدیریت تنوع زیستی داشته باشد.

در روند شناسایی گیاه به‌صورت دستی، گیاه‌شناس از ویژگی‌های مختلف گیاه به‌عنوان کلیدهای شناسایی برای طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی استفاده می‌کند؛ ولی این کار برای افراد عادی و حتی علاقمندان به طبیعت، کشاورزان و باغ‌داران کاری دشوار و اغلب غیرممکن است. به همین دلیل، درهمین‌اواخر از روش‌های کارآمد برای برخورد با این مشکل استفاده می‌شود که از جمله آنها توسعه روش‌های تشخیص الگو و پردازش تصویر دیجیتال برای شناسایی گیاهان است.

برگ گیاه شامل برخی از مهمترین ویژگی‌های مورد استفاده در شناسایی گیاه مانند نوع برگ (ساده یا ترکیبی)، شکل، رنگ، بافت، رگبرگ و لبه‌های برگ است. از آنجایی که بر خلاف سایر اجزای گیاه (مانند ساقه و ریشه)، تصویر برگ را می‌توان به‌راحتی با استفاده از پویش‌گر مسطح یا دوربین دیجیتال به‌دست آورد، لذا بسیاری از سامانه‌های رایانه‌ای شناسایی گونه‌های گیاهی با الگوریتم‌های پردازش تصاویر از تصاویر برگ‌ها برای این منظور استفاده می‌کند. بر این اساس نیاز به یک پایگاه داده از برگ‌های مختلف، امری ضروری تلقی می‌شود[3-5].

در این پژوهش برای استخراج ویژگی از تصاویر برگ‌ها، از بردار ویژگی عمومی GIST استفاده شده که یک روش استخراج ویژگی بافت مناسب در تشخیص مشابهت‌ها بین تصاویر مختلف بوده و همچنین دارای سرعت محاسباتی خوبی نیز در مقایسه با بسیاری از روش‌های موجود است؛ به همین دلیل می تواند گزینه مناسبی برای استخراج ویژگی از تصاویر برگ گیاهان برای تعیین نوع گیاه موردنظر باشد. در ادامه از یک شبکهٔ عصبی Patternnet که یک طبقه‌بند تخصصی برای استخراج الگو با دقت بالا است، استفاده می‌شود. ترکیب این ویژگی‌ها با این طبقه‌بند منجر به شناسایی و طبقه‌بندی تصاویر برگ‌های مربوط به انواع گونه‌های گیاهان با دقت و سرعت مناسب نسبت به بسیاری از روش‌های موجود می‌شود.

۲- پژوهش‌های پیشین

در پژوهش‌های انجام‌شدهٔ پیشین در حوزهٔ شناسایی و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی براساس تصاویر برگ، اغلب تأکید بر روی ویژگی‌های مربوط به شکل، بافت و رنگ برگ‌ها است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

در پژوهش [6] از پارامترهای هندسی برگ گیاهان مانند طول، عرض، مساحت و محیط برای طبقه‌بندی انواع گونه‌های گیاهی استفاده شده است. این پارامترها جز، ابتدایی‌ترین نوع ویژگی‌های قابل استخراج از برگ‌ها هستند که به‌شدت به الگوریتم قطعه‌بندی[1] وابستگی دارند. در این ویژگی‌ها برای کسب نتیجه بهتر به‌طورمعمول از ترکیب آنها با سایر ویژگی‌ها استفاده می‌شود. در برخی دیگر از مطالعات، از ویژگی‌های شکل استخراج‌شده بر پایهٔ کانتورها برای طبقه‌بندی استفاده شده است [7,8]. در این روش به‌دلیل اینکه اساس بر پایه استخراج ویژگی‌های لبه و گوشه‌های زاویه‌دار برگ است، لذا در برگ‌های گرد و دایروی جواب مناسبی ایجاد نمی‌کند. روش ترکیب ویژگی‌های مختلف برگ گیاهان مانند ویژگی مبتنی بر شکل و بافت [9] و یا ترکیب ویژگی مبتنی بر شکل، رنگ و بافت نیز به‌طور مشترک [10,11] باعث افزایش دقت طبقه‌بندی در برخی از مطالعات شده است.

در بعضی از مقالات نیز روش‌های مختلف مدل‌سازی داده‌ها شامل فضای مقیاس انحنا[2] [12]، منطق فازی [13]، ابعاد فراکتال [14]، تحلیل فوریه [15]، موجک [16]، منحنی‌ها[3] [17] و گشتاورهای زرنیکه[4] [18] برای استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر برگ‌ها استفاده شده‌اند. البته

[1] Segmentation
[2] Curvature Scale Space
[3] Curves
[4] Zernike moments

Archive of SID
www.SID.ir

بیشتر این مدل‌ها با مشکلاتی روبه‌رو هستند. برای مثال در مقیاس انحنا از آنجایی‌که فقط از قله‌های منحنی در قسمت بالای مقیاس تصاویر برای مقایسه خطوط برگ استفاده می‌شوند؛ لذا این مدل می‌تواند تنها ساختارهای کلی را ارائه داده و ویژگی‌های جزئی برگ را نادیده گرفته و یا در روش ابعاد فراکتال حجم محاسبات زیاد باعث پایین‌آمدن سرعت الگوریتم می‌شود. در مدل‌های فوریه نیز به دلیل حالت صاف سینوسی این مدل، برای برگ‌ها با شکل تیز مدل مناسبی استخراج نمی‌شود. همچنین مدل‌هایی مثل گشتاورهای زرنیکه دارای دقت کافی نبوده و باید با روش‌های دیگر ترکیب شوند.

از روش‌های مختلف طبقه‌بندی داده‌ها مانند شبکه‌های عصبی [19, 20, 37]، ماشین بردار پشتیبانی[1] SVM [21, 38, 39]، نزدیک‌ترین همسایگی [14, 22] و K-means [23] نیز برای طبقه‌بندی و تشخیص گونه‌های گیاهان استفاده شده است.

۳- روش پیشنهادی

روش‌های متعددی برای شناسایی گونه‌های گیاهی با استفاده از تصاویر برگ گیاهان بر پایه روش‌های پردازش تصویر ارائه شده‌اند که همگی به‌طور کلی شامل مراحل اصلی استخراج ویژگی و طبقه‌بندی ویژگی‌ها هستند. الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش را نیز می‌توان برهمین اساس به‌صورت زیر بیان کرد:

۳-۱- استخراج ویژگی

استخراج ویژگی، اشاره به مقادیر اندازه‌گیری‌شده مربوط به پارامترهای مختلف از مناطق قطعه‌بندی‌شده در تصویر دارد. این ویژگی‌ها مجموعه‌ای از بردارهای توصیف‌کنندهٔ برخی خصوصیات مربوط به برگ گیاه در تصاویر هستند. همان‌طور که درقبل یاد شد، ویژگی‌های متفاوتی از جمله ویژگی‌های مبتنی بر شکل، بافت، رنگ، لبه‌ها و رگبرگ‌ها را می‌توان از تصاویر مربوط به برگ گیاهان استخراج کرد.

در سال‌های اخیر تمایل به استفاده از ویژگی‌های عمومی برای طبقه‌بندی در تصاویر افزایش یافته است [24, 25]. در استخراج یک ویژگی عمومی، به جای تقسیم تصویر به زیربلوک‌های مختلف (اشیا) و محاسبه ویژگی‌های محلی برای هر زیر بلوک، یک نمای کلی از یک تصویر به‌صورت یک موجودیت واحد پردازش می‌شود. ثابت شده است که ویژگی‌های عمومی ابزاری قوی برای طبقه‌بندی تصاویر هستند که می‌توان برای طبقه‌بندی انواع مختلفی از تصاویر از آنها استفاده کرد. ویژگی GIST یک ویژگی عمومی است که یک بردار ویژگی براساس یک نمای کلی از تصویر را ایجاد می‌کند [26, 27].

به‌طوراساسی بردار ویژگی GIST برای طبقه‌بندی تصویر، طراحی و مورد استفاده قرار گرفته است. این بردار ویژگی با فیلترکردن تصویر در مقیاس‌ها و جهت‌های مختلف محاسبه می‌شوند. بردار ویژگی GIST یکی از ویژگی‌های پرکاربرد در تخشیص اشیای مشابه در تصاویر متفاوت است. برای مثال در یک پژوهش با استفاده از بردار ویژگی GIST و ترکیب آن با تعدادی ویژگی دیگر مانند HOG[2] و... اشیا و حالات موجود در تصاویر مختلف را تفسیر و بیان کردند [28]. از دیگر کاربردهای این بردار ویژگی می‌توان به پژوهشی اشاره کرد که در آن برای تشخیص نواحی بیمار کبد از روی تصاویر التراسوند، ویژگی GIST را از تصویر استخراج کرده و سپس با استفاده از Cubic SVM طبقه‌بندی می‌شوند [29]. نمونه دیگر از کاربردهای بردار ویژگی GIST در بازیابی اسناد از روی تصاویر است که ابتدا با اعمال تبدیل موجک و ایجاد تصاویر زیرنمونه از تصویر اصلی و سپس استخراج ویژگی GIST از تصاویر زیرنمونه و درنهایت با ترکیب یک طبقه‌بند با یک تابع میانگین نتایج بازیابی، تصویر سند حاصل می‌شود [30]. از بردار ویژگی GIST در حوزه پژوهش‌های کشاورزی نیز استفاده شده است. از آن‌جمله در مطالعه‌ای که به بیان نرم‌افزار Leafsnap که یک نرم افزار تشخیص هوشمند نوع گیاهان براساس تصاویر قسمت‌های مختلف گیاه است، می‌پردازد، در این نرم‌افزار از ترکیب بردار ویژگی GIST و طبقه‌بند SVM برای جداسازی تصاویر برگ از غیربرگ استفاده می‌شود [5]. در مطالعه‌ای دیگر، از بردار ویژگی GIST در کنار سایر ویژگی‌ها برای تشخیص نوع محصولات کشاورزی براساس تصویر گرفته‌شده از زمین کشاورزی استفاده می‌شود. طبقه‌بند مورد استفاده نیز SVM با توابع کرنل متفاوت است [32].

در پژوهش حاضر برای مسأله طبقه‌بندی تصاویر برگ گیاهان، بردار ویژگی GIST به عنوان پایه‌ای برای طبقه‌بندی در نظر گرفته شده است. بدین منظور تعدادی فیلتر گابور در جهت‌ها و مقیاس‌های مختلف تعریف می‌شوند که عمل کانوولشن بین این فیلترها با تصویر اصلی صورت می‌گیرد. از آنجایی‌که تصاویر مورد استفاده در این پژوهش از نوع تصاویر RGB و دارای سه بعد هستند، لذا این فیلترها روی تک‌تک

[1] Support Vector Machine

[2] Histogram of Oriented Gradients

Archive of SID
www.SID.ir

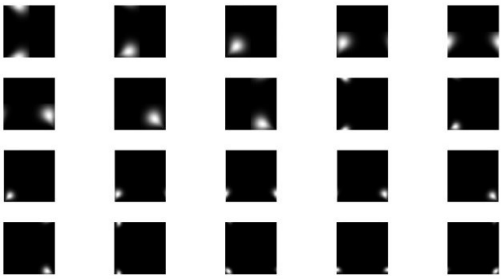
این ابعاد اعمال می‌شوند. در این مطالعه بانک فیلتر گابور مورد استفاده بر روی دامنه فوریه و حوزه فرکانس متناسب با اندازه تصاویر ۲۵۰×۲۵۰ ایجاد می‌شود. رابطه (۱) نحوه محاسبهٔ فیلتر گابور مورد استفاده را بیان می‌کند.

$$G(x,y)=\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2}+\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)}\times e^{2\pi ifx}$$
$$x'=x\cos\theta+y\sin\theta \qquad (۱)$$
$$y'=-x\sin\theta+y\cos\theta$$

که $G(x,y)$ نرمالیزه‌شدهٔ فیلتر گابور در حوزه فرکانسی، σ_x,σ_y انحراف معیار در ابعاد X و Y، θ جهت و f فرکانس هستند.

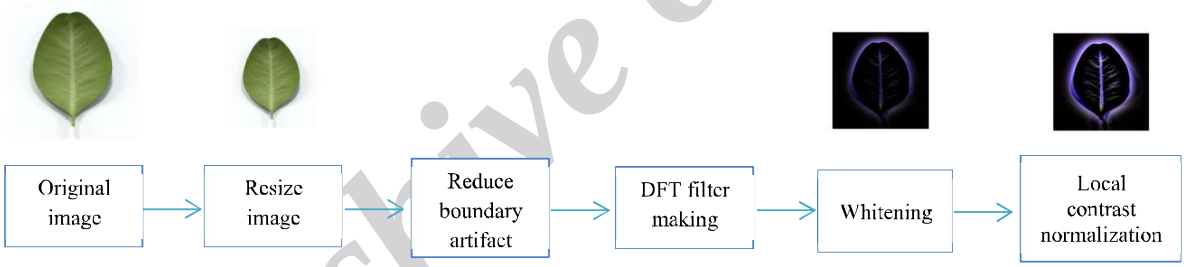
در شکل (۱) نمونه‌ای از بانک فیلتر گابور مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است که در آن از سه مقیاس مختلف استفاده می‌شود. دو مقیاس شامل هشت جهت و مقیاس بعدی شامل چهار جهت است. بانک فیلترهای مختلفی را می‌توان با ترکیبات گوناگون از مقیاس‌ها و جهت‌ها ایجاد کرد.

در مرحله بعد و قبل از اعمال فیلتر گابور بر روی تصویر برای کاهش اثرات روشنایی و جلوگیری از غلبه نواحی با طیف انرژی بالا در تصویر، باید یک سری پردازش به‌صورت پیش‌فیلتر بر روی تصویر انجام گیرد. برای این منظور مراحل نشان داده‌شده در نمودار جعبه‌ای شکل (۲) بر روی تصویر پیاده‌سازی می‌شود؛ ابتدا اندازه تمامی تصاویر به یک اندازه ثابت (۲۵۰×۲۵۰) تبدیل شده و سپس با استفاده از padarray (تابعی است که با استفاده از یک pad طراحی شده برای استخراج پیکسل‌های مرزی تصویر، پیکسل‌های اضافی موجود در مرزهای تصویر را حذف می‌کند) میزان خطاهای[1] مرزی تصویر کاهش داده می‌شود.



(شکل-۱): نمونه‌ای از بانک فیلتر گابور مورد استفاده در این تحقیق

(Figure-1): A sample of the Gabor filter bank used in this research



(شکل-۲): بلوک دیاگرام مراحل تهیه تصویر پیش‌فیلتر از تصویر اصلی

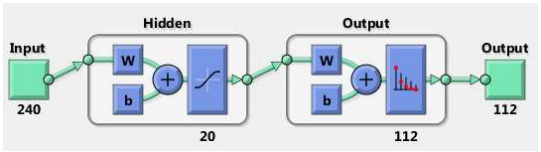
(Figure-2): Block Diagram of generating pre-filter image from the original image

Whitening در ادامه با ایجاد یک فیلتر DFT[2] که فرکانس صفر آن در مرکز آرایه قرار دارد و اعمال آن بر روی تصویر، عمل (تبدیل به سیگنال نوفه سفید) بر روی تصویر انجام می‌شود. در نهایت برای ایجاد تصویر پیش‌پردازش نهایی، عمل نرمالیزاسیون تصویر بر اساس شدت نور محلی (LCN[3]) که یک روش غیرخطی است، انجام می‌شود. در این روش به جای نرمالیزه‌کردن کل تصویر، آن را به‌صورت تکه‌تکه و با توجه به اطلاعات محلی نرمالیزه می‌کنند. با انجام تمام این مراحل، تصویر پیش‌پردازش برای اعمال در بانک فیلتر گابور آماده می‌شود.

در مرحلهٔ نهایی برای استخراج ویژگی‌های GIST، تصویر پیش‌فیلتر با فیلتر گابور کانوولشن شده و سپس تصویر حاصله با استفاده از یک شبکه به پنجره‌های کوچکتری تقسیم می‌شود. (برای مثال در این پژوهش از یک شبکه ۲×۲ دارای چهار پنجره استفاده شده است که نقشه ویژگی را به چهار منطقه تقسیم می‌کند). پس از آن مقادیر بردار ویژگی در هر منطقه به‌طور میانگین محاسبه می‌شود، که درنهایت به تعداد M×N ویژگی برای هر تصویر به‌دست می‌آید (M تعداد پنجره‌ها و N تعداد فیلترها).

[1] Artifacts
[2] Discrete Fourier Transform
[3] Local Contrast Normalization

Archive of SID
www.SID.ir



(شکل-۳): ساختار شبکه عصبی مورد استفاده

(Figure-3): The structure of the applied neural network

۲-۳- طبقه‌بندی ویژگی‌ها

شبکهٔ عصبی یک الگوریتم پیچیده در زمینه یادگیری ماشین برای تحلیل پیش‌بینی‌ها است که از ساختار مغز انسان الهام گرفته شده است. شبکهٔ عصبی دارای عملکرد خوبی در طبقه‌بندی داده‌ها، تشخیص الگو و تحلیل پیش‌بینی‌ها بوده و به همین دلیل به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده واقع می‌شود. شبکه‌های عصبی با مجموعه‌ای از ورودی‌های شناخته‌شده و خروجی‌های مربوط به آنها آموزش داده می‌شوند و ارتباطات و الگوهای ورودی-خروجی پیچیده و پنهان در داده‌های آموزشی را استخراج می‌کنند.

از این نوع شبکه برای مسایل مرتبط با تشخیص الگو و نیز در طبقه‌بندی داده‌ها با استفاده از داده‌های هدف استفاده می‌شود. شکل (۳) ساختار شبکهٔ عصبی مربوط به ویژگی‌های GIST برای تصاویر پایگاه داده ImageCLEF2012 را نشان می‌دهد.

۴- نتایج شبیه‌سازی

در این پژوهش از تصاویر موجود در دو پایگاه داده ImageCLEF2012 و Leafsnap برای بررسی و ارزیابی نتایج استفاده شده است. برای این منظور تصاویر هر کدام از پایگاه داده‌ها به‌صورت تصادفی به سه دسته آموزش (۷۰٪)، آزمون (۱۵٪) و اعتبارسنجی (۱۵٪) تقسیم می‌شوند.

۴-۱- پایگاه‌های داده تصویری مورد استفاده

یکی از مجموعه تصاویری که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته تصاویر موجود در پایگاه داده ImageCLEF2012 است که یکی از مناسب‌ترین پایگاه‌های داده در مورد برگ گیاهان است. این پایگاه داده در چارچوب طرح پژوهشی Pl@ntnetجمع‌آوری شده است [23]. یکی از دلایل انتخاب این پایگاه داده، تنوع تصاویر موجود در پایگاه داده، به‌دلیل تعداد زیاد افرادی است که در جمع‌آوری آن از مناطق مختلف دنیا حضور داشته‌اند است. این موضوع در تنوع زیاد شکل برگ‌های گیاهان موجود، قابل مشاهده است (شکل ۴). از آن جمله می‌توان به وجود برگ‌های ساده و ترکیبی، تغییر فرم موجود در قسمت انحنایی و گاهی عدم تقارن در قسمت‌های اپیکال و پایه، شکل‌های مختلف لبه‌ها (بیضوی، دوطرفه، مستطیل) اشاره کرد.

در این پژوهش از ۹۳۵۶ تصویر موجود در این پایگاه داده که متعلق به ۱۱۲ گونه گیاهی شامل ۶۶۳۰ تصویر پویش و ۲۷۲۶ تصویر شبه‌پویش (تصاویر تهیه‌شده بر روی پس‌زمینه روشن) است، برای بررسی و ارزیابی الگوریتم ارائه‌شده، استفاده شده است.

(شکل-۴): برخی از گونه‌های موجود در پایگاه داده ImageCLEF2012

(Figure-4): Some of the species of the ImageCLEF2012 database

پایگاه داده مورد استفاده دیگر تحت عنوان Leafsnap شامل مجموعه تصاویر برگ‌های ۱۸۵ گونه از درختان است که به دو صورت تهیه شده است. دستهٔ نخست، تصاویری هستند که با کیفیت خوب و در نور مناسب و شرایط آزمایشگاهی پویش و گردآوری شده‌اند. دستهٔ دوم شامل تصاویری هستند که در پس‌زمینه روشن با دستگاه تلفن همراه تصویربرداری شده و تحت شرایط محیطی مختلفی چون نورهای مختلف، تاری، نوفه و سایه هستند. این پایگاه داده در طراحی یک نرم‌افزار موبایل با همین نام برای تشخیص گیاهان از روی تصاویر برگ‌ها مورد استفاده قرار گرفته است [5]. در این بررسی از ۲۳۱۴۵ تصویر تحت عنوان Lab (پویش‌شده) و ۷۷۱۹ تصویر تحت عنوان Field (شبه‌پویش) این پایگاه داده استفاده می‌شود.

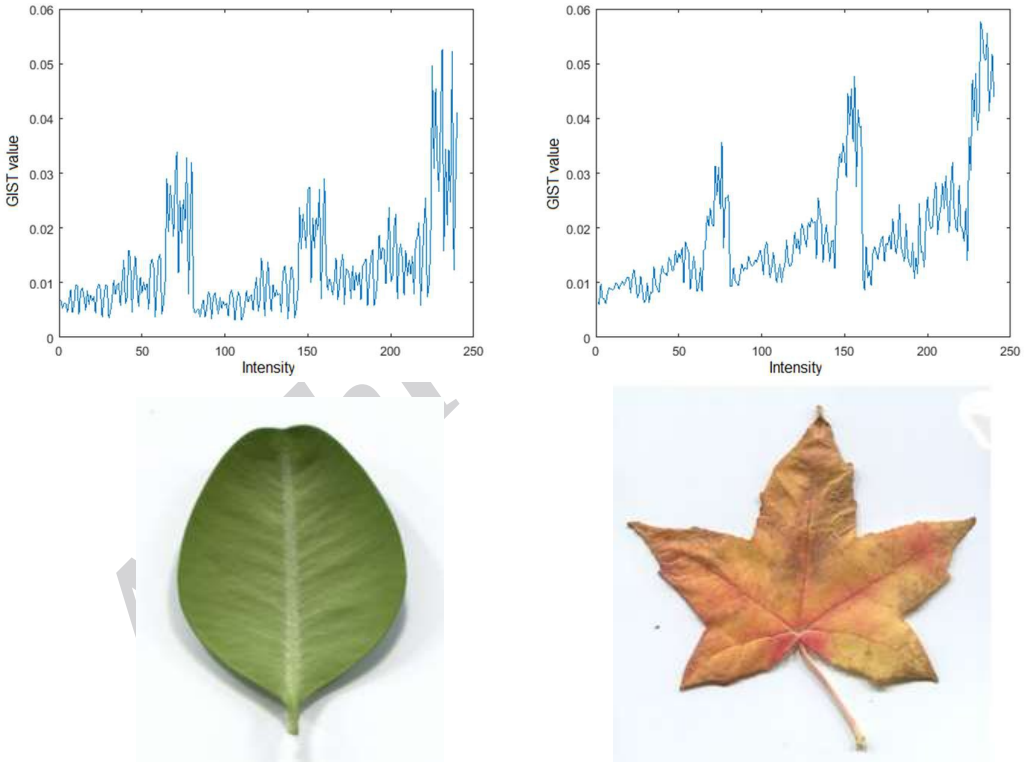
Archive of SID
www.SID.ir

۲-۴- بررسی و ارزیابی نتایج

برای استخراج ویژگی‌های مورد استفاده در این پژوهش از دو نوع بانک فیلتر گابور استفاده شده است. بانک فیلتر نخست دارای بیست فیلتر در سه مقیاس مختلف است که به‌ترتیب دارای ۸ و ۸ و ۴ جهت هستند. شبکه مورد استفاده در این فیلتر بانک از نوع ۲×۲ است که چهار پنجره دارد؛ درنهایت همه این ویژگی‌ها برای هر سه بعد تصویر RGB استخراج می‌شوند. در نتیجه تعداد کل ویژگی‌های استخراجی برابر با (۸+۸+۴)×۴×۳=۲۴۰ است. بانک فیلتر دوم نیز دارای هجده فیلتر در سه مقیاس مختلف و شش جهت است. شبکه مورد استفاده در این فیلتر بانک از نوع ۳×۳ و دارای نه پنجره است. درنتیجه تعداد کل ویژگی‌های استخراج شده توسط این فیلتر بانک نیز برابر با (۶+۶+۶)×۹×۳=۴۸۶ است. در شکل (۵) بردارهای ویژگی GIST استخراجی از دو نمونه از تصاویر برگ مربوط به دو گونه مختلف نمایش داده شده است. برای مقایسه و ارزیابی نتایج الگوریتم ارائه‌شده از مجموعه‌ای از ویژگی‌های شکل و بافت که به‌طورمعمول در بسیاری از مطالعات موجود می‌باشد، استفاده شده است.

ویژگی‌های شکلی بررسی‌شده عبارتند از [15, 21, 29, 30]:

- **Aspect Ratio** $A = \frac{L}{W}$
- **Rectangularity** $N = \frac{A}{LW}$
- **Area ratio of convexity** $A_{c2} = \frac{A}{CH}$
- **Aspect Ratio** $A = \frac{L}{W}$
- **Rectangularity** $N = \frac{A}{LW}$
- **Area ratio of convexity** $A_{c2} = \frac{A}{CH}$



(شکل-۵): بردار ویژگی‌های GIST استخراجی مربوط به دو گونه از گیاهان

(Figure-5): The features vector of the GIST of two species

- **Perimeter ratio length width** $P_{LW} = \frac{P}{L+W}$
- **Dispersion** $D = \frac{r_i}{r_c}$:

ویژگی‌های بافت بررسی شده نیز عبارتند از:

- **Eccentricity** $E = \frac{f}{a}$
- **Diameter** D
- **Roundness** $R = \frac{4\pi A}{p^2}$
- **Narrow factor** $NF = \frac{D}{L}$

www.SID.ir

- ویژگی‌هایی که با استفاده از ماتریس هم‌رخدادی سطوح خاکستری[1] (GLCM) محاسبه می‌شوند که از آن جمله می‌توان به ویژگی‌های homogeneity, contrast, Correlation, و Energy اشاره کرد [34, 35].
- ویژگی‌هایی که با استفاده از توابع زرنیکه محاسبه می‌شوند [18, 36].
- ویژگی‌های استخراج‌شده توسط گشتاور HU [7, 33, 34].

الگوریتم‌های اجراشده در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار MATLAB® 2016b بر روی یک سیستم با Pentium IV 3.30 گیگاهرتزی، هشت گیگابایت رم و سیستم عامل Windows®10 اجرا شده‌اند.

جداول (۱ و ۲) نتایج حاصل از اعمال شبکه عصبی Patternnet بر ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر پایگاه‌های دادهٔ یادشده هستند. این نتایج میانگین پنج‌بار آموزش شبکه عصبی برای هر کدام از سری تصاویر هستند.

(جدول-۱): نتایج به‌دست‌آمده بر روی تصاویر پایگاه داده ImageCLEF2012

(Table-1): Results of algorithms on ImageCLEF2012 database

	Scan		Pseudo Scan		Scan+ Pseudo Scan	
	test	validation	test	validation	test	validation
Shape & texture features(33)	59.10	59.46	55.82	58.95	57.26	57.36
GIST features(486)	69.82	70.96	77.90	78.61	73.01	73.76
GIST features(240)	70.52	71.51	72.73	74.07	70.85	71.04

(جدول-۲): نتایج به‌دست‌آمده بر روی تصاویر پایگاه داده Leafsnap

(Table-2): Results of algorithms on Leafsnap database

	Lab(Scan)		Field(Pseudo Scan)		Lab+ Field	
	test	validation	test	Validation	test	Validation
Shape & texture features(33)	61.42	60.93	32.75	39.81	58.36	58.62
GIST features(486)	58.2	57.62	44	44.33	56.10	55.84
GIST features(240)	56.24	57.47	47.19	46.45	54.25	55.54

همان‌طور که از نتایج موجود در جداول (۱ و ۲) قابل مشاهده است، در مورد تصاویر پایگاه داده ImageCLEF2012 که دارای کیفیت مناسب از لحاظ نور و نوفه و ... و همچنین تمامی تصاویر در قرارگیری برگ‌ها هم‌جهت و هم‌راستا هستند، نتایج در هر سه حالت نسبت به نتایج پایگاه داده Leafsnap که دارای این ویژگی‌ها نیستند، به‌مراتب بالاترند. همچنین در پایگاه داده ImageCLEF2012 درکل روش GIST باعث افزایش دقت تشخیص می‌شود، که این افزایش در تصاویر شبه‌پویش به‌مراتب بیشتر از تصاویر پویش‌شده است. درمجموع روش GIST با ۴۸۶ ویژگی با دقت حدود ۷۳ درصد برای مجموع تمام تصاویر (پویش و شبه‌پویش)، دقت طبقه‌بندی را تا حدود شانزده درصد نسبت به ویژگی‌های حاصل از ترکیب ویژگی‌های شکل و بافت یادشده، افزایش می‌دهد.

در نتایج پایگاه داده Leafsnap، همان‌طور که درقبل یاد شد از آنجایی‌که این تصاویر دارای کیفیت پائین‌تری هستند و در راستاهای متفاوت تهیه شده‌اند، دقت طبقه‌بندی پایین‌تر بوده و الگوریتم GIST فقط در تصاویر field و یا شبه‌پویش بهبود ۶/۶ درصدی در نتایج طبقه‌بندی ایجاد می‌کند.

براساس داده‌های موجود در جداول (۳ و ۴) که نشان‌دهنده گونه‌های دو پایگاه داده مورد بررسی از لحاظ بهترین و بدترین نتایج طبقه‌بندی براساس الگوریتم GIST هستند، می‌توان نتیجه گرفت این الگوریتم درکل در مورد تصاویر برگ غیرساده شامل برگ‌های ترکیبی و برگ‌ها با کنگره‌ها زیاد و لبه‌های غیرهموار نتایج بسیار خوبی در طبقه‌بندی برگ‌ها دارد. در مقابل برگ‌های ساده با لبه‌های هموار و بدون کنگره تفکیک‌پذیری خوبی نداشته و کمترین دقت طبقه‌بندی را ایجاد می‌کند.

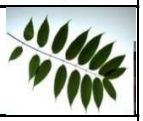
[1] Gray-Level Co-occurrence Matrix

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول-۳): گونه‌هایی که بهترین نتایج طبقه‌بندی را با توجه به الگوریتم GIST داشتند

(Table-3): The species with the best classification results according to the GIST algorithm

پایگاه داده	گونه گیاه	دقت	تصویر	پایگاه داده	گونه گیاه	دقت	تصویر
ImageCLEF2012	Robinia pseudoacacia L	100		ImageCLEF2012	Acer opalus Mill	93.5	
	Quercus pubescens Willd	100			Daphne cneorum L	93.1	
	Sorbus domestica L	100			Sorbus torminalis (L.) Crantz	92.87	
	Pistacia terebinthus L	99			Populus alba L	92.85	
	Platanus x ex hispanica Mill. Münchh	98		Leafsnap(Lab)	Toona_sinensis	100	
	Melia azedarach L	96			Quercus_muehlenbergii	98.4	
	Vitex agnus-castus L	95.92			Taxodium_distichum	98.2	
	Ginkgo biloba L	95.82			Albizia_julibrissin	92.3	
	Juglans nigra L	95.51			Cladrastis lutea	91.66	
	Pistacia lentiscus L	95.4			Metasequoia glyptostroboides	86.95	
	Sambucus nigra L	95.4		Leafsnap(Field)	Gymnocladus_dioicus	100	
	Fraxinus ornus L	95.22			Acer_campestre	98.2	
	Quercus robur L	94.21			Corylus_colurna	97.55	
	Hedera helix L	94.15			Koelreuteria_paniculata	90.90	
	Juniperus oxycedrus L	93.7					

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول-۴): گونه‌هایی که بدترین نتایج طبقه‌بندی را با توجه به الگوریتم GIST داشتند

(Table-4): The species with the worst classification results according to the GIST algorithm

پایگاه داده	گونه گیاه	دقت	تصویر	پایگاه داده	گونه گیاه	دقت	تصویر
ImageCLEF2012	Pittosporum tenuifolium Banks & Sol. ex Gaertn	55.55		Leafsnap(Lab)	Sassafras_albidum	11.11	
	Fagus sylvatica L	50.5			Catalpa_speciosa	0	
	Ilex aquifolium L	45			Celtis_occidentalis	0	
	Euonymus europaeus L	37.20			Halesia_tetraptera	0	
Leafsnap(Lab)	Malus_hupehensis	23.80		Leafsnap(Field)	Ostrya_virginiana	4.45	
	Pinus_peucea	22.22			Celtis_tenuifolia	4.15	
	Crataegus_pruinosa	20			Quercus_imbricaria	3.80	
	Quercus_nigra	20			Malus_baccata	3.54	
	Amelanchier_arborea	18.18			Magnolia_grandiflora	2.52	
	Ulmus_glabra	12.50			Maclura_pomifera	2.10	

درنهایت برای بررسی و مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی در این مطالعه با برخی از روش‌های موجود در سایر پژوهش‌ها از اعمال این روش‌ها بر روی مجموعه تصاویر Scan+ Pseudo Scan بانک داده ImageCLEF2012 استفاده شده است. برای این منظور برای هر گونه چهل نمونه برای آموزش و ده نمونه برای آزمون به‌صورت تصادفی انتخاب شده است. جدول (۵) نشان‌دهندهٔ نتایج این مقایسه است. همان‌طور که قابل مشاهده است، روش ارائه‌شده در این مقاله با دقت حدود ۷۳ درصد در بانک داده مورد استفاده در مقایسه با سایر روش‌ها دقت بهتری دارد.

یکی دیگر از برتری‌های الگوریتم استخراج ویژگی GIST کمتربودن پیچیدگی محاسباتی آن است که باعث افزایش سرعت محاسبات می‌شود؛ به‌طوری‌که محاسبات ۴۸۶ ویژگی GIST به‌طورتقریبی سه برابر سریع‌تر از محاسبات ۳۳ ویژگی یادشده در مقاله است که این نکته در حجم داده بالای موجود در پایگاه‌های داده می‌تواند بسیار چشم‌گیر باشد (جدول ۶).

جدول (۷) نیز زمان متوسط لازم برای آموزش شبکه عصبی مورد استفاده را بر روی ویژگی‌های استخراج‌شده از پایگاه داده ImageCLEF2012 نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

(جدول-۵): نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های مختلف بر روی تصاویر پایگاه داده ImageCLEF2012

(Table-5): Results of algorithms on ImageCLEF2012 database

ویژگی مورد استفاده	طبقه‌بند	% دقت
Geometrical features, Invariant moments[14]	K nearest ncighbor	69.85
Zernike moments, Shape features, mean, standard deviation, Texture features and Vein features[37]	RBPNN	59.18
Geometrical features, Vein features [21]	SVM	64.98
Geometrical features, Vein features [21]	KNN	62.42
Multiscale Distance Matrix[38]	SVM	67.30
Zernike moments, HOG [39]	SVM	71.56
GIST features (486)	Patternnet	73.38

(جدول-۶): زمان محاسبات برای هر تصویر از پایگاه داده ImageCLEF2012

(Table-6): Computational times for each images of ImageCLEF2012 database

	GIST features (486)	GIST features (240)	Shape & texture features (33)
Scan	0.23s	0.20s	0.63s
Pseudo Scan	0.25s	0.23s	0.68s

(جدول-۷): زمان متوسط آموزش برای ویژگی‌های استخراج‌شده از پایگاه داده ImageCLEF2012

(Table-7): Average training time for the features of ImageCLEF2012 database

	Number of images	GIST features (486)	GIST features (240)	Shape & texture features (33)
Scan	4823	80s	54s	30s
Pseudo Scan	1833	12s	9s	7s

۵- نتیجه‌گیری

هدف از این مقاله طبقه‌بندی و تشخیص گونه‌های گوناگون گیاهان با استفاده از تصاویر برگ‌های آنها است. برای این منظور از روش استخراج ویژگی بافت GIST و شبکه عصبی Patternnet برای استخراج ویژگی از تصاویر پویش‌شده و شبه‌پویش مربوط به دو پایگاه داده متفاوت ImageCLEF2012 و Leafsnap با تنوع گیاهی بالا استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که ویژگی‌های استخراجی توسط الگوریتم استخراج ویژگی بافت GIST به‌تنهایی نتایج قابل قبولی را در طبقه‌بندی تصاویر مربوط به برگ گونه‌های مختلف گیاهان به‌ویژه در مورد تصاویر هم راستا ایجاد می‌کند؛ زیرا در تعریف اولیه این الگوریتم جهت‌های معینی برای ایجاد بانک فیلتر گابور استفاده شده است. با درنظرگرفتن این موضوع، این الگوریتم حتی در تصاویر شبه‌پویش نتایج بهتری نسبت به تصاویر پویش‌شده دارد.

نکته مهمی که باید بدان اشاره کرد، در مورد استخراج ویژگی و طبقه‌بندی مربوط به برگ‌های ترکیبی و برگ‌های غیرساده است که دارای کنگره و لبه‌های غیرهموار هستند. پردازش این نوع تصاویر در بسیاری از الگوریتم‌های قبلی مورد استفاده، دارای پیچیدگی محاسباتی بسیاری بوده است. این در حالی است که با استفاده از بردار ویژگی‌های GIST پردازش این نوع تصاویر به‌سادگی و با دقت بالا (بالاتر از ۹۰٪) انجام می‌شود.

درمجموع از آنجایی‌که ویژگی‌های GIST از ابتدا برای استخراج شباهت‌ها در تصاویر حتی تصاویر پیچیده طراحی شده‌اند و وجود خصوصیاتی مانند تأثیر رنگ و نیز تأثیر جهت و زاویه در ویژگی‌های استخراجی و تقسیم تصویر به زیرتصویرهایی که دقت ویژگی‌های استخراجی را افزایش می‌دهد، باعث می‌شود که این ویژگی به نسبت بسیاری از روش‌های استفاده‌شده در حوزه تشخیص نوع گیاهان با استفاده از تصاویر برگ دارای دقت مناسب‌تری باشد (جدول ۵).

همچنین بردار ویژگی‌های GIST در مقایسه با بسیاری از ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر برگ، مقاوم بوده و دارای پیچیدگی محاسباتی کمتری است که این امر به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش سرعت محاسبات می‌شود. این روش برخلاف بسیاری دیگر از روش‌های استخراج ویژگی نیازی به قطعه‌بندی تصویر ندارد. این نکته نیز در افزایش سرعت محاسبات دخیل است.

Archive of SID

شبکهٔ عصبی مورد استفاده در این پژوهش نیز جزء مناسب‌ترین شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی ویژگی‌های استخراجی توسط الگوریتم GIST است زیرا دارای ساختار مناسبی در تشخیص الگو و طبقه‌بندی داده‌ها است. از جمله فعالیت‌های پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده ترکیب بردار ویژگی GIST با سایر ویژگی‌های مناسب برای افزایش دقت طبقه‌بندی در تصاویر مربوط به برگ‌های ساده است که دقت پایین‌تری دارند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در گروه پژوهشی دیجیتال و پردازش سیگنال پژوهشکده فناوری اطلاعات جهاد دانشگاهی انجام شده است. نویسندگان مراتب قدردانی خود را از اعضای این گروه پژوهشی ابراز می‌دارند.

6- References ۶- مراجع

[1] S. L. Pimm, C. N. Jenkins, R. Abell, T. M. Brooks, J. L. Gittleman, L.N. Joppa, P.H. Raven, C.M. Roberts, and J.O. Sexton, "The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection," *Science*, vol. 344(6187), 2014.

[2] A. Joly, H. Müller, H. Goëau, H. Glotin, C. Spampinato, A. Rauber, P. Bonnet, W. P. Vellinga, R. B. Fisher, and R. Planquè, "LifeCLEF: Multimedia life species identification," In *EMR@ ICMR,* pp. 7-13, April 2014.

[3] A. R. Backes, D. Casanova, and O. M. Bruno, "A complex network-based approach for boundary shape analysis," *Pattern Recognition*, vol. *42*(1), pp. 54-67, 2009.

[4] C. Caballero and M. C. Aranda, "Plant species identification using leaf image retrieval," In *Proceedings of the ACM International Conference on Image and Video Retrieval*, July 2010. pp. 327-334.

[5] N. Kumar, P. N. Belhumeur, A. Biswas, D. W. Jacobs, W. J. Kress, I. C. Lopez, and J. V. Soares, "Leafsnap: A computer vision system for automatic plant species identification." In *Computer Vision–ECCV 2012* Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 502-516.

[6] N. Sakai, S. Yonekawa, A. Matsuzaki, and H. Morishima, "Two-dimensional image analysis of the shape of rice and its application to separating varieties," *Journal of Food Engineering*, vol. 27(4), pp. 397-407, 1996.

[7] J. X. Du, X. F. Wang, and G. J. Zhang, "Leaf shape based plant species recognition," *Applied mathematics and computation*," vol. 185 (2), pp.883-893, 2007.

[8] Z. Wang, Z. Chi, D. Feng, and Q. Wang, "Leaf image retrieval with shape features," In *International Conference on Advances in Visual Information Systems*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2000. pp. 477-487.

[9] T. Beghin, J. S. Cope, P. Remagnino, and S. Barman, "Shape and texture based plant leaf classification," In *International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems* Springer, Berlin, Heidelberg, December 2010. pp. 345-353.

[10] B. S. Bama, S. M. Valli, S. Raju, and V. A. Kumar, "Content based leaf image retrieval (CBLIR) using shape, color and texture features," *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, vol. 2(2), pp.202-211, 2011.

[11] H. Kebapci, B. Yanikoglu, and G. Unal, "Plant image retrieval using color, shape and texture features," *The Computer Journal*, vol. 54(9), pp.1475-1490, 2010.

[12] S. Abbasi, F. Mokhtarian, and J. Kittler, "Reliable classification of chrysanthemum leaves through curvature scale space," *Scale-Space Theory in Computer Vision*, pp. 284-295. 1997.

[13] Z. Wang, Z. Chi, and D. Feng, "Fuzzy integral for leaf image retrieval," In *Fuzzy Systems, Proceedings of the 2002 IEEE International Conference,* Vol. 1, 2002. pp. 372-377.

[14] J. X. Du, C. M. Zhai, and Q. P. Wang, "Recognition of plant leaf image based on fractal dimension features," *Neurocomputing*, vol. *116*, pp.150-156, 2013.

[15] L. W. Yang and X. F. Wang, "Leaf image recognition using fourier transform based on ordered sequence," In *International Conference on Intelligent Computing*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. pp. 393-400.

[16] Q. P. Wang, J. X. Du, and C. M. Zhai, "Recognition of leaf image based on ring projection wavelet fractal feature," In *Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Artificial Intelligence*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. pp. 240-246.

[17] S. Prasad, P. Kumar, and R. C. Tripathi, "Plant leaf species identification using curvelet transform," In *IEEE Computer and Communication Technology (ICCCT), 2011 2nd International Conference,* September 2011. pp. 646-652.

[18] A. Kadir, L. E. Nugroho, A. Susanto, and P. I. Santosa, "Experiments of Zernike moments for leaf identification," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT)*, vol. *41*(1), pp.82-93, 2012.

Archive of SID
www.SID.ir

dissertationIndian Institute of Technology Hyderabad. 2018.

[30] F. Alaei, A. Alaei, U. Pal, and M. Blumenstein, "Evaluation of Gist Operator for Document Image Retrieval," In *2018 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS)* Apr 2018. pp. 369-374.

[31] H. Yalcin, and S. Razavi, "Plant classification using convolutional neural networks," In *Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), 2016 Fifth Inter-national Conference,* Jul 2016. pp. 1-5.

[32] A. Caglayan, O. Guclu, and A. B. Can, "A plant recognition approach using shape and color features in leaf images," In *International Conference on Image Analysis and Processing*, Springer, Berlin, Heidelberg. September 2013. pp. 161-170.

[33] E. J. Pauwels, P. M. de Zeeuw, and E. B. Ranguelova, "Computer-assisted tree taxonomy by automated image recognition," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 22(1), pp. 26-31, 2009.

[34] J. Chaki, R. Parekh, and S. Bhattacharya, "Plant leaf recognition using texture and shape features with neural classifiers," *Pattern Recognition Letters*, vol. 58, pp. 61-68, 2015.

[35] M. A. J. Ghasab, S. Khamis, F. Mohammad, and H. J. Fariman, "Feature decision-making ant colony optimization system for an automated recognition of plant species," *Expert Systems with Applications*, vol. 42(5), pp. 2361-2370, 2015.

[36] Z. Zulkifli, P. Saad, and I. A. Mohtar, "Plant leaf identification using moment invariants & general regression neural network," In *Hybrid Intelligent Systems (HIS), 2011 11th International Conference,* December 2011. pp. 430-435.

[37] A. H. Kulkarni, , H. M. Rai, , K. A. Jahagirdar, and P. S. Upparamani, "A leaf recognition technique for plant classification using RBPNN and Zernike moments," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 2(1), pp.984-988, 2013.

[38] R. X. Hu, W. Jia, , H. Ling, and D. Huang, "Multiscale distance matrix for fast plant leaf recognition," *IEEE Trans.Image Processing*, vol. 21(11), pp.4667-4672, 2012.

[39] D. G. Tsolakidis, D. I. Kosmopoulos, and G. Papadourakis, "Plant leaf recognition using Zernike moments and histogram of oriented gradients," In *Hellenic Conference on Artificial Intelligence*, 2014, pp. 406-417.

[19] J. Pan and Y. He, "Recognition of plants by leaves digital image and neural network," In *IEEE Computer Science and Software Engineering, 2008 International Conference on* Vol. 4, December 2008. pp. 906-910.

[20] S. G. Wu, F. S. Bao, E. Y. Xu, Y. X. Wang, Y. F. Chang, and Q. L. Xiang, "A leaf recognition algorithm for plant classification using probabilistic neural network," In *Signal Processing and Information Technology, 2007 IEEE International Symposium,* December 2007. pp. 11-16.

[21] C. A. Priya, T. Balasaravanan, and A. S. Thanamani, "An efficient leaf recognition algorithm for plant classification using support vector machine," In *Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (PRIME), 2012 International Conference on IEEE*, March 2012. pp. 428-432.

[22] N. Valliammal and S. N. Geethalakshmi, "A novel approach for plant leaf image segmentation using fuzzy clustering," *International Journal of Computer Applications, vol. 44*(13), pp. 10-20, 2012.

[23] H. Goëau, A. Joly, S. Selmi, P. Bonnet, E. Mouysset, L. Joyeux, J. F. Molino, P. Birnbaum, D. Bathelemy, and N. Boujemaa, "Visual-based plant species identification from crowdsourced data," In *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia*, November 2011. pp. 813-814.

[24] J. Wu and J. M. Rehg, "CENTRIST: A visual descriptor for scene categorization," *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 33(8), pp. 1489-1501, 2011.

[25] C. Li, A. Kowdle, A. Saxena, and T. Chen, "Towards holistic scene understanding: Feedback enabled cascaded classification models," In *Advances in Neural Information Processing Systems,* 2010. pp. 1351-1359.

[26] Z. Li and L. Itti, "Saliency and gist features for target detection in satellite images," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 20(7), pp. 2017-2029, 2011.

[27] A. C. Murillo, G. Singh, J. Kosecka, and J. J. Guerrero, "Localization in urban environments using a panoramic gist descriptor," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 29(1), pp. 146-160, 2013.

[28] A. Farhadi, M. Hejrati, M. A. Sadeghi, P. Young, C. Rashtchian, J. Hockenmaier, and D. Forsyth, "Every picture tells a story: Generating sentences from images," In *European conference on computer vision*, Springer, Berlin, Heidelberg. Sep 2010. pp. 15-29.

[29] R. Bharath, "Computer-Assisted Algorithms for Ultrasound Imaging Systems," *Doctoral*

Archive of SID

فاطمه مستأجر خیرخواه مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق- مخابرات و مهندسی برق- الکترونیک سیستم به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۹ از دانشگاه تبریز اخذ کرد. ایشان هم‌اکنون دانشجوی دکترا در رشته مهندسی مخابرات سیستم و همچنین به‌عنوان پژوهش‌گر در پژوهشگاه فناوری اطلاعات جهاد دانشگاهی مشغول به فعالیت هستند. زمینه‌های پژوهشی ایشان پردازش سیگنال و تصویر، بینایی ماشین و شناسایی الگو است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

fkhcirkhah@gmail.com

حبیب‌الله اصغری مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق الکترونیک از دانشگاه صنعتی خواجه نصیر اخذ کرد. حوزه تحصیلات وی در دوره دکترا، رشته مهندسی کامپیوتر در گرایش فناوری اطلاعات است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان در حال حاضر داده‌کاوی، متن‌کاوی و پردازش زبان طبیعی است. فعالیت در حوزه فن-آفرینی و مدیریت فناوری نیز از جمله علایق پژوهشی ایشان محسوب می‌شود و در این زمینه تألیفات متعددی به انجام رسانیده است. اجرای دو طرح بین‌المللی نیز در کارنامه فعالیت‌های وی قرار دارد. وی در حال حاضر رییس پژوهشکده فناوری اطلاعات جهاد دانشگاهی است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

habib.asghari@ictrc.ac.ir

داراب یزدانی مدرک کارشناسی گیاه‌پزشکی و کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی را از دانشگاه تهران اخذ کرد و دارای دکترای Bioactive compounds از دانشگاه UPM مالزی است. زمینهٔ پژوهشی مورد علاقه ایشان گیاهان دارویی، کشاورزی هوشمند، کنترل پاتوژن‌ها با ترکیبات گیاهی است. اجرای چندین طرح بین‌المللی و ملی و ریاست پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی در کارنامه فعالیت ایشان قرار دارد.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

dayazdani@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir