تشخیص محدوده اسپادیکس در تصاویر گل آنتوریوم با استفاده از الگوریتم ویولا- جونز

علیرضا سلیمانی پور[1*]، غلامرضا چگینی[2]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

* ایمیل نویسنده مسئول: asoleimani@ut.ac.ir

چکیده

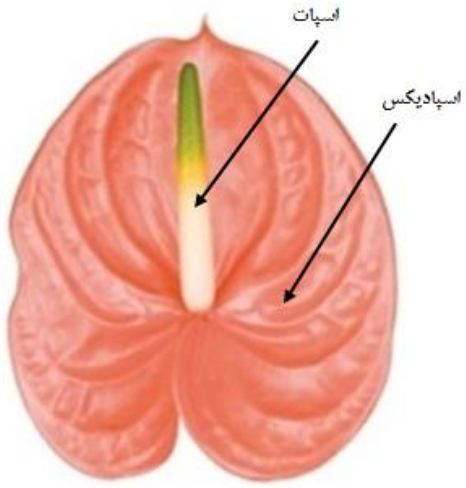
گل ها و گیاهان زینتی از جمله محصولات کشاورزی هستند که از تنوع واریته بسیار بالایی برخوردار هستند. شناسایی واریته یک محصول خاص نیازمند تعیین نواحی متمایز کننده آن در واریته های مختلف است. بخش اسپادیکس گل آنتوریوم در واریته های مختلف از لحاظ اندازه و رنگ بندی متفاوت است و می تواند مبنای شناسایی واریته های مختلف باشد. در این تحقیق از الگوریتم تشخیص گر ویولا- جونز در پیدا کردن محدوده اسپادیکس گل آنتوریوم استفاده شده است. این الگوریتم با استفاده از تصاویر گرفته شده از ۱۰ واریته مختلف گل آنتوریوم به عنوان تصاویر مثبت، و پایگاه داده تصاویر گل آکسفورد ۱۷ (Oxford flowers 17 database) به عنوان تصاویر منفی آموزش داده شد. ارزیابی های انجام شده نشان داد که کاربرد الگوریتم ویولا- جونز در تشخیص محدوده اسپادیکس گل آنتوریوم بسیار کارامد بوده و درصد موفقیت آن در واریته های مختلف حدود ۹۶,۵ درصد است. سرعت و دقت بالای این روش شرایطی را فراهم می کند که بتوان از آن در سامانه های بلادرنگ ارزیابی کیفی و درجه بندی گل، به عنوان بخشی از الگوریتم تشخیص واریته برخط، استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آنتوریوم، اسپادیکس، الگوریتم ویولا- جونز، تشخیص واریته.

۱. مقدمه

در بازارهای رقابتی امروزی، کیفیت تولید و کیفیت ارائه محصول مهمترین عوامل تاثیر گذار بر بازار پسندی هر محصولی هستند. کیفیت گل های شاخه بریده به مرحله برداشت، فاکتورهای پیش از برداشت و جابجایی پس از برداشت بستگی دارد. مدیریت پس از برداشت شامل مراحلی است که هدف آنها بهبود در حفظ کیفیت گل برای مصرف کننده می باشد. عوامل مؤثر در کیفیت پس از برداشت گل به دو بخش تقسیم می شود؛ فاکتورهای پیش از برداشت که شامل مواردی از قبیل عوامل ژنتیکی، محیطی (دما، رطوبت نسبی، نور)، نیتروژن، آبیاری و دیگر عملیات های زراعی می شود، که سهم ۷۰ درصدی در کیفیت پس از برداشت دارند. ۳۰ درصد باقیمانده با مدیریت پس از برداشت رقم می خورد که شامل مواردی همچون مرحله، زمان و روش برداشت، پیش خنک سازی، دسته کردن، درجه بندی، بسته بندی، انبار و استفاده از مواد نگهدارنده می باشد.

آنتوریوم (*Anthurium andernum*) یک گیاه همیشه سبز، گرمسیری، چند ساله و خوش جلوه است که عمدتاً برای استفاده به عنوان گل شاخه بریده پرورش داده می شود و به دلیل ظاهر رنگارنگ، دیر پایی، اسپادیکس[1] استوانه ای قرار گرفته در بالای اسپات[2] قلبی شکل بزرگ (بخش گلبرگ مانند گل با رنگ براق)، و شاخ و برگ با جذابیت خاص ارزشمند است (شکل ۱). به طور معمول، گل فلامینگو یا زنبق فلامینگو نامیده می شود، و برای کاشت در بستر کشت، حاشیه و گلدان ایده آل است و تطبیق خیلی خوبی در چیدمان گل پیدا می کند. قسمت های اسپات و اسپادیکس رنگ بندی برجسته و درخشانی دارند که رنگ های قرمز مایل به زرد، سرخ، نارنجی مایل به صورتی کم رنگ، نارنجی، صورتی، سبز و سفید را شامل می شود (Higaki *et al*. 1995). در بازارهای جهانی میزان فروش گل آنتوریوم در بین گلهای شاخه بریده گرمسیری در رتبه دوم قرار دارد (Rikken, 2010; Hua, 2014).



شکل ۱. گل آنتوریوم (واریته سانته).

[1] Spadix
[2] Spathe

ارائه یک محصول بی نقص به بازار، همراه با یکنواختی در کیفیت، مستلزم بررسی و درجه بندی آن، قبل از بسته بندی است. به گونه ای که ارزیابی یک محصول خاص با در نظر داشتن واریته آن، می‌تواند اطلاعات تکمیل‌تری از درجه کیفی آن بدست دهد. بخش اسپادیکس گل آنتوریوم در واریته های مختلف از لحاظ اندازه و رنگ بندی متفاوت است و می تواند مبنای شناسایی واریته های مختلف باشد. تکنیک های پردازش تصویر به وفور در ارزیابی کیفی محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته اند. این کاربردها از قطعه بندی تصویر گرفته تا در برخی موارد روش های نوین پردازش تصویر، الگوریتم های یادگیری ماشین و تشخیص الگو را شامل می شود.

در سال ۱۹۸۶ تحقیقی در مورد درجه بندی گیاه ازالیه براساس سیگنال های تک رنگی از یک دوربین تصویر برداری انجام شد. این سیستم قادر بود تخمین خوبی از اندازه گیاه و وزن قسمت بالای آن بدست دهد، اما نمی توانست شکل گیاه را به خوبی توصیف کند. در این تحقیق پیشنهاد شد که یک سیستم درجه بندی بهتر را می توان با تعریف مجموعه ای از داده های آماری، با اندازه گیری آنها و با پرسش از افراد خبره، و انتصاب فاکتورهای وزنی به هر یک از این داده ها توسعه داد (Hines *et al*., 1986; 1987). در سال ۱۹۸۸ الگوریتم هایی توسعه داده شد که با وجود دقت ۸۳ درصدی، نسبت به کارگرها از خطای کمتری برخوردار بود. هر چند کامپیوترهای سریع تر یا الگوریتم های پردازش تصویر بهتر نیاز بود تا سرعت انجام عملیات درجه بندی سیستم آنها را ارتقاء دهد (Cardenas-Weber *et al*., 1988). همچنین ارزیابی کیفیت جوانه زنی گل میخک را با کمک پردازش تصویر دیجیتال گزارش شده است. در این تحقیق مشخصه ها را از تصاویری که از نمای بالا و نمای جانبی با دو دوربین CCD گرفته می شد استخراج می شد، و برای مشخص کردن تفاوت های بین جوانه زنی خوب و جوانه زنی ضعیف از تکنیک های منطق فازی استفاده شد (Fujiwara, 1991)

در سال های اخیر، یک سیستم برای درجه بندی گل شاخه بریده آنتوریوم پیشنهاد شد که از الگوریم ماشین بینایی استفاده می کرد. در این سیستم از تکنیک های قطعه بندی رنگی و تحلیل لکه برای اندازه گیری عرض اسپات گل آنتوریوم استفاده شد و سپس این اندازه گیری ها را به منظور درجه بندی گل مطابق با استاندارد درجه بندی رسمی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق همچنین از الگوریتم هایی برای تسهیل در کشف قسمت های بریده گل و عیوب سطح اسپات استفاده شد (Lin, 2008). از تکنیک ماشین بینایی برای یافتن گل های آسیب دیده نیز استفاده شده است (Reddy and Samanta, 2013). در این تحقیق به منظور شناسایی گل های آسیب دیده (تحت تاثیر بیماری) از گل های سالم، از هیستوگرام تصویر استفاده شده است که از آن، اختلاف شدت رنگ بین تصویر گل سالم و گل آسیب دیده قابل کشف است.

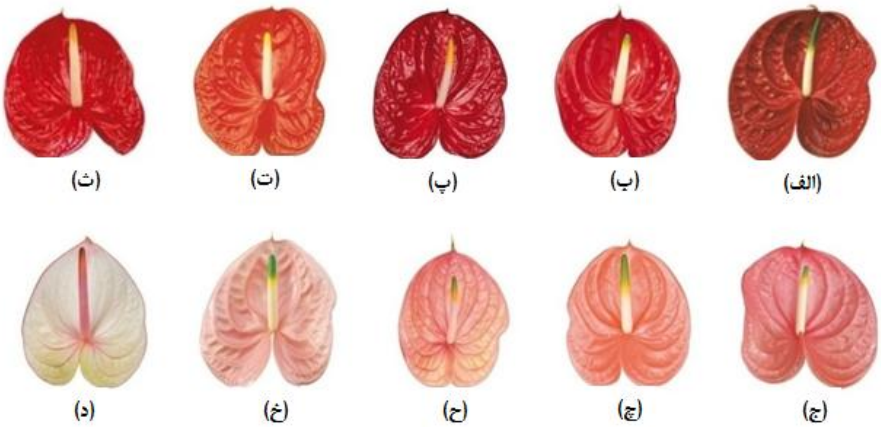
الگوریتم ویولا– جونز[1] برای تشخیص صورت انسان، اجزای صورت انسان از قبیل چشم ها، بینی، دهان، بالا تنه بدن انسان و همچنین تشخیص اشیاء در تصویر مانند شناسایی علائم راهنمایی و رانندگی، و تشخیص محدوده پلاک خودرو توسط محققان

1 - Viola-Jones algorithm

مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. طبق بررسی ما، این مطالعه اولین کار تحقیقاتی است که در آن از تکنیک های یادگیری ماشین به منظور شناسایی تصویر گل آنتوریوم استفاده می شود. هدف کلی تحقیق ما طراحی و پیاده سازی یک دستگاه درجه بندی گل با کاربرد بینایی کامپیوتر است که مجهز به سامانه تشخیص واریته نیز خواهد بود. برای دستیابی به این هدف، توسعه و پیاده سازی الگوریتم های مختلف پردازش تصویر و یادگیری ماشین ضروری می نماید. از این رو، در این مقاله به توصیف و ارزیابی عملکرد الگوریتم ویولا- جونز در تشخیص محدوده اسپادیکس گل آنتوریوم پرداخته شده است.

۲. مواد و روش ها

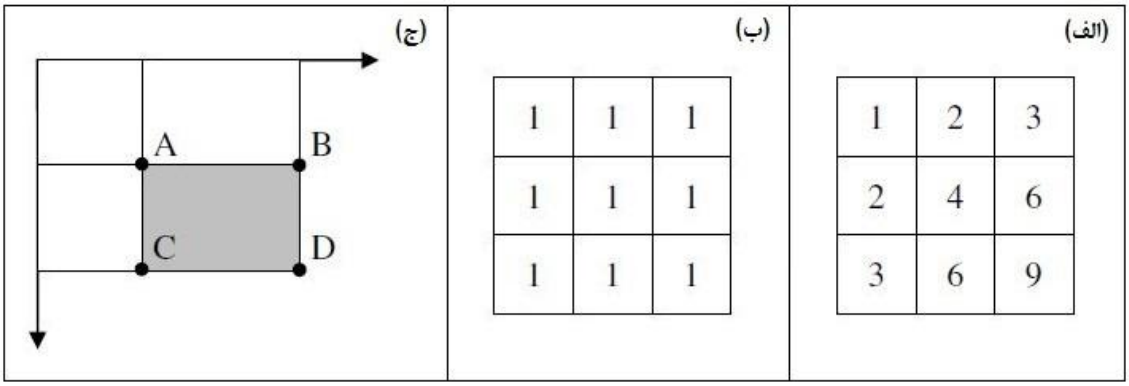
به طور کلی، تصویر گلبرگ گل آنتوریوم شامل تصویر گل و پس زمینه است که همانگونه که قبلا اشاره شد، تصویر گل از دو بخش اسپات و اسپادیکس تشکیل می شود. هر کدام از این دو بخش اطلاعات مفیدی برای تشخیص درجه کیفی و همچنین واریته گل مورد نظر دارند. با توجه به اینکه بخش اسپادیکس محدوده کمی را از لحاظ حجم تصویر، نسبت به بخش اسپات، به خود اختصاص می دهد و به نوبه خود حجم محاسباتی الگوریتم های پیاده سازی شده را به طور چشمگیری کاهش می دهد، می تواند هدف خوبی برای انجام پردازش های شناسایی واریته باشد. این بخش از لحاظ اندازه و رنگ بندی در واریته های مختلف گل آنتوریوم متغیر بوده و مبنای مناسبی برای تشخیص است. در این تحقیق، الگوریتم ویولا- جونز با استفاده از ۱۰ واریته مختلف گل آنتوریوم آموزش داده شد که تصویر هر واریته در ۱۰ حالت زاویه چرخش مختلف مورد استفاده قرار گرفت. به این صورت که تصاویر تهیه شده ابتدا از لحاظ هندسه و زاویه قرار گیری گل در تصویر اصلاح و از لحاظ نور پردازی بالانس شدند. سپس تصویر هر کدام از نمونه واریته ها در جهت ها و زاویه های مختلف (مجموعا ۱۰ حالت) چرخانده شده و به عنوان تصویر آموزشی برای الگوریتم استفاده شدند. شکل (۲) تصویر واریته های مختلف (پس از انجام اصلاحات اولیه) را نشان می دهد. قابل ذکر است برای پیاده سازی الگوریتم ویولا- جونز، علاوه بر تصاویر هدف (تصاویر مثبت) به مجموعه دیگری از تصاویر به عنوان تصاویر منفی نیز نیاز است که در این تحقیق از پایگاه داده تصاویر گل آکسفورد ۱۷ (Oxford flowers 17 database) بدین منظور استفاده شد.



شکل ۲. تصاویر واریته های مختلف گل آنتوریوم؛ (الف) کالیستون، (ب) تروپیکال، (پ) فایر XL، (ت) کاسینو، (ث) کالوره، (ج) روزا، (چ) سانته، (ح) نانزیا، (خ) چیزر، (د) فانتسیا.

۲-۱. تئوری تحقیق

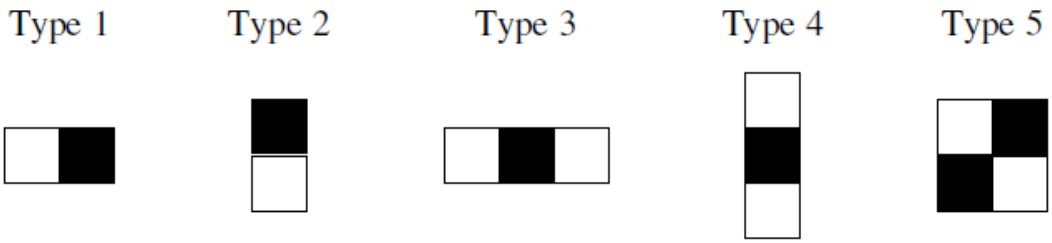
اصول مقدماتی الگوریتم ویولا- جونز بر اساس اسکن کردن یک زیر پنجره[1] است که می تواند اشیاء مورد نظر را در یک تصویر ورودی معین تشخیص دهد. اولین مرحله الگوریتم تشخیص اشیاء ویولا- جونز برگردان کردن تصویر ورودی به تصویر انتگرالی[2] است (شکل ۳- الف و ب). بدین ترتیب که مجموع پیکسل های درون هر مستطیل معین تنها با داشتن چهار مقدار مربوط به گوشه های آن مستطیل در تصویر انتگرالی قابل محاسبه خواهد بود (شکل ۳- ج).



شکل ۳. الف) تصویر ورودی، ب) تصویر انتگرالی ، ج) محاسبه مجموع مقادیر پیکسل های هر مستطیل.

$$\text{مجموع مقادیر پیکسل های مستطیل خاکستری} = D - (B+C) + A \quad (۱)$$

با این روش می توان مجموع پیکسل های درون مستطیل های با ابعاد دلخواه را در یک زمان کوتاه محاسبه کرد. تشخیص گر اشیاء ویولا- جونز یک زیر پنجره معین را با استفاده از مشخصه های حاوی دو یا چند مستطیل تحلیل می کند. انواع مختلف مشخصه ها در شکل (۴) نشان داده شده اند.



شکل ٤. انواع مختلف مشخصه ها.

ویولا و جونز به طور تجربی دریافتند که یک تشخیص گر با رزولیشن پایه ۲۴×۲۴ نتایج رضایت بخشی بدست می دهد. وقتی همه اندازه ها و موقعیت های ممکن برای مشخصه های شکل ۴ در نظر گرفته شود به طور تقریبی ۱۶۰،۰۰۰ مشخصه مختلف ایجاد می شود. از بین همه ۱۶۰،۰۰۰ مشخصه مربوط به یک تشخیص گر با رزولیشن پایه انتظار می رود که تعداد کمی از آنها همواره مقادیر بالایی بدهند آن هم وقتی که در بالای شیء مورد نظر باشند. به منظور پیدا کردن این مشخصه ها، ویولا- جونز از یک

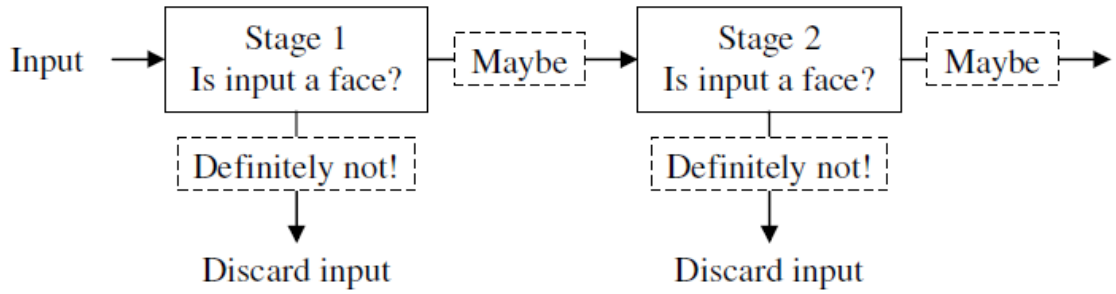
[1] Sub-window
[2] Integral image

ویرایش اصلاح شده الگوریتم آدابوست[1] استفاده می شود. آدابوست یک الگوریتم تقویت کننده یادگیری ماشین است که ایجاد یک طبقه بند قوی از طریق ترکیب وزن دار طبقه بندهای ضعیف را ممکن می کند. یک طبقه بند ضعیف به طور ریاضی به صورت زیر توصیف می شود:

$$h(x,f,p,\theta) = \begin{cases} 1 & if\ pf(x) > p\theta \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۲)$$

که در آن x یک زیر پنجره با ابعاد ۲۴×۲۴ پیکسل، f مشخصه به کار رفته، p قطبیت و θ آستانه ای است که معین می کند که آیا x می بایست به عنوان یک تصویر مثبت یا یک تصویر منفی طبقه بندی شود.

در نهایت الگوریتم بجای یافتن تصویر شیء مورد نظر، بر مبنای کنار گذاشتن مواردی است که حاوی تصویر شیء مورد نظر نیستند. چرا که کنار گذاشتن تصویر بدون شیء مورد نظر سریع تر از یافتن تصویر شیء مورد نظر خواهد بود. با توجه به این مطلب، از آنجایی که زمان ارزیابی برای همه تصاویر ورودی یکسان است، یک تشخیص گر حاوی تنها یک طبقه بند (قوی) ناکارآمد به نظر می رسد. از این رو نیاز به یک طبقه بند آبشاری[2] پدید می آید. در طبقه بند آبشاری، وقتی یک زیر پنجره چنین طبقه بندی شد که حاوی تصویر شیء مدنظر نیست سریعا کنار گذاشته می شود. در مقابل وقتی یک زیر پنجره به عنوان موردی که ممکن است حاوی تصویر شیء مورد نظر باشد طبقه بندی شد، به مرحله بعدی در آبشار منتقل می شود. در شکل (۵) یک طبقه بند آبشاری دو مرحله ای نشان داده شده است (Jensen, 2008).



شکل ۵. طبقه بند آبشاری

۳. نتایج و بحث

به منظور تشخیص محدوده اسپادیکس گل آنتوریوم، الگوریتم ویولا- جونز با استفاده از ۱۰۰ تصویر از این گل با واریته های مختلف (به عنوان تصاویر مثبت) و تصاویر گرفته شده از پایگاه داده تصاویر گل آکسفورد (به عنوان تصاویر منفی) آموزش داده شد. عملیات آموزش در محیط نرم افزار متلب (MATLAB R2015a) و با استفاده از جعبه ابزار پردازش تصویر و بینایی کامپیوتر (Image Processing and Computer Vision Toolbox) و بخش (Training Image Labeler) انجام شد. در این مرحله

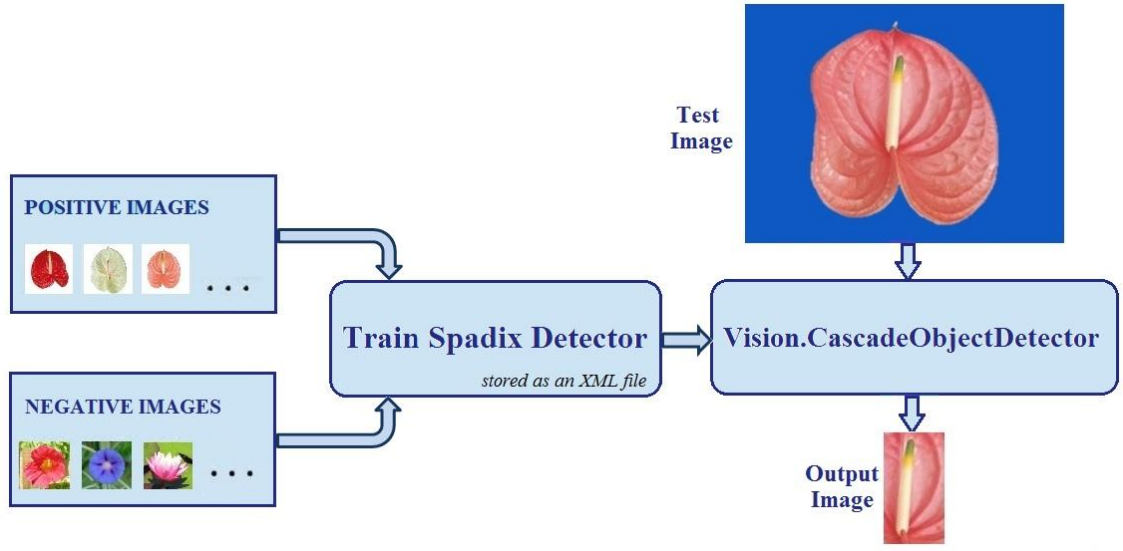
[1] AdaBoost algirithm
[2] Cascaded classifier

محدوده اسپادیکس در تصاویر آموزشی مثبت تعیین شد. به تعداد اسپادیکس های موجود در تصویر می توان ناحیه مورد نظر[1] (ROI) انتخاب کرد. البته تصاویر آموزشی در این تحقیق حاوی تنها یک تصویر از گل آنتوریوم بودند، بنابراین تمام تصاویر آموزش یک ناحیه مورد نظر داشتند که با ترسیم یک مستطیل مشخص می‌شدند. برای تکمیل فرایند آموزش، از تابع (trainCascadeObjectDetector) استفاده شد. این تابع در نرم افزار متلب به فرم زیر نوشته و اجرا شد؛

trainCascadeObjectDetector('SpadixDetector.xml',PIm,NIm,'FalseAlarmRate',0.2,'NumCascadeStages',7);

که در آن، ('SpadixDetector.xml') فایل خروجی با فرمت (xml) است که در فولدر اجرای برنامه ذخیره می شود و در انجام تست و راه اندازی الگوریتم استفاده می شود، (PIm) تصاویر آموزشی مثبت است که در آنها ناحیه مورد نظر مشخص شده است، (NIm) نام فولدر تصاویر آموزشی منفی است، ('FalseAlarmRate') نرخ هشدار غلط است که برابر ۰,۲ در نظر گرفته شده است، و ('NumCascadeStages') تعداد مراحل آموزش است که برابر با ۷ در نظر گرفته شد.

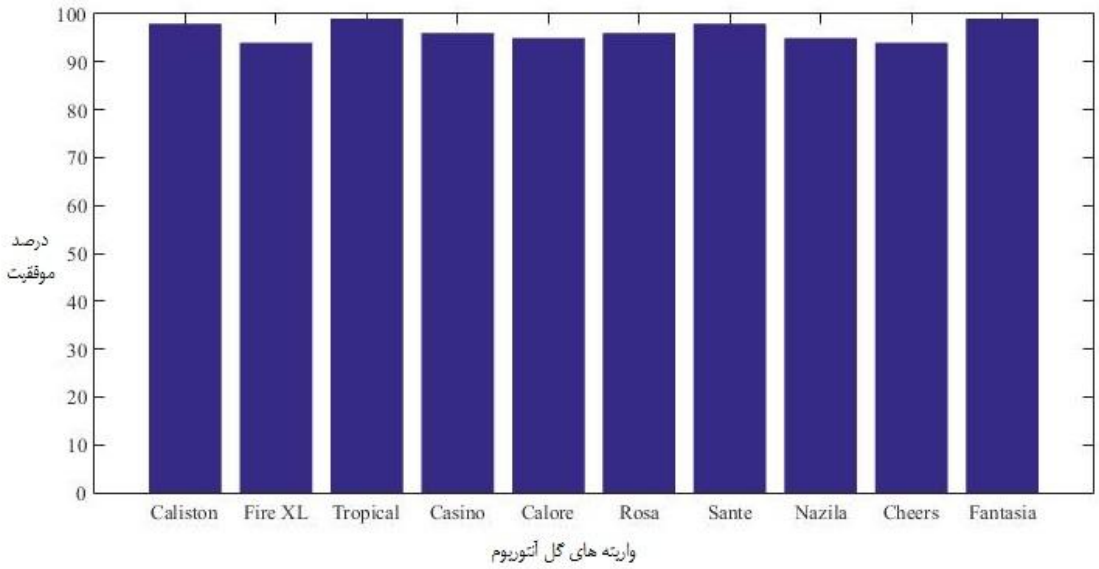
در شکل (۶) شیوه آموزش تشخیص گر اشیاء ویولا- جونز به صورت شماتیک نمایش داده شده است.



شکل ٦. نمایش شماتیک پیاده سازی الگوریتم ویولا- جونز

پس از پیاده سازی الگوریتم ویولا- جونز بر روی تصاویر گل آنتوریوم، از یک سری تصاویر دیگر به عنوان تصاویر تست و ارزیابی عملکرد الگوریتم استفاده شد. تصاویر تست از لحاظ روشنایی، زاویه قرارگیری گل در تصویر با تصاویر استفاده شده برای آموزش تفاوت داشتند. از فاکتور «درصد موفقیت» برای بیان کارایی الگوریتم استفاده شد. نتایج مربوط به درصد موفقیت الگوریتم در تعیین محدوده اسپادیکس گل آنتوریوم برای واریته های مختلف در شکل (۷) نشان داده شده است.

[1] Region Of Interest



شکل ۷. درصد موفقیت در تعیین صحیح محدوده اسپادیکس در واریته های مختلف گل آنتوریوم

با توجه به نتایج بدست آمده، درصد موفقیت الگوریتم ویولا- جونز در تشخیص صحیح محدوده اسپادیکس در واریته های مختلف گل آنتوریوم به طور میانگین ۹۶٫۵٪ بود. بهترین حالت تشخیص برای واریته های تروپیکال و فانتسیا با ۹۹٪ تشخیص صحیح و ضعیف ترین حالت برای واریته های فایر و چیرز با ۹۴٪ تشخیص صحیح بود.

از کارهای تحقیقاتی دیگری که از الگوریتم ویولا- جونز استفاده شده است می توان به کار راجی و محسنی (۱۳۹۴) اشاره کرد که از این الگوریتم برای پیدا کردن محل پلاک خودروها در تصاویر استفاده کردند. آنها از پایگاه داده ای مشتمل بر ۲۰۰ تصویر متنوع از نظر کیفیت، میزان روشنایی، زاویه دید، فاصله و پس زمینه استفاده کردند. آنها درصد موفقیت الگوریتم ویولا- جونز در تشخیص محدوده پلاک خودرو را ۹۴٫۵٪ عنوان کردند که نشان از کارآمد بودن این روش در تشخیص پلاک خودرو نیز داشت.

٤. نتیجه گیری کلی

ارائه یک محصول بی نقص به بازار، همراه با یکنواختی در کیفیت، مستلزم بررسی و درجه بندی آن، قبل از بسته بندی است. به گونه ای که ارزیابی یک محصول خاص با در نظر داشتن واریته آن، می‌تواند اطلاعات تکمیل‌تری از درجه کیفی آن بدست دهد. بخش اسپادیکس گل آنتوریوم در واریته های مختلف از لحاظ اندازه و رنگ بندی متفاوت است و می تواند مبنای شناسایی واریته های مختلف باشد. در تحقیق از یک الگوریتم معروف در یادگیری ماشین تحت عنوان الگوریتم تشخیص اشیاء ویولا- جونز به منظور تعیین محدوده اسپادیکس گل آنتوریوم استفاده شد. الگوریتم مذکور، از تصویر انتگرالی برای محاسبه ویژگی، الگوریتم آدابوست برای انتخاب ویژگی، و طبقه بند آبشاری برای تخصیص منابع محاسباتی کارآمد استفاده می کند. نتایج نشان داد که این الگوریتم قابلیت بالایی در تعیین محدوده مدنظر در تصاویر دارد. به طور میانگین درصد موفقیت اجرای الگوریتم روی تصاویر تست

۹۶٫۵٪ بود. پیاده سازی این الگوریتم می تواند با قابلیت اعتماد بالایی، به عنوان بخشی از سامانه هـای درجـه بنـدی و تشـخیص واریته برخط باشد.

منابع

راجی، نرگس، و محسنی، سید صالح، ۱۳۹۴. رویکردی نوین در پردازش تصویر (ارزیابی عملکرد الگوریتم ویولا- جونز در تشخیص محدوده پلاک خودرو)، سومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در علوم، مهندسی و تکنولوژی، دبی.

Cardenas-Weber, M.C., Lee, F., Guyer, D.E., Miles, G.E., 1988. Plant feature measurements with machine vision and image processing. Paper No. 88-1541. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph. 10 pp.

Fujiwara, H., 1991. Discriminating robot system for carnation seedling with fuzzy logic. In: Y. Hashimoto and W. Day (Eds.), IFAC Mathematical and Control Applications in Agriculture and Horticulture. International Federation of Automatic Control, Matsuyama, pp. 231–235.

Higaki, T., Lichty, J.S. and Moniz, D., 1995. Anthurium culture in Hawaii. HITAHR Res. Extension Ser. 152, University of Hawaii, Honolulu, pp. 28.

Hines, R.L., Sistler, F.E., Wright, M.E., 1986. Establishing grading standards for container-grown plants. Paper no. 87–6053. American Society of Agricultural Engineers. St Joseph, 8 pp.

Hines, R.L., Sistler, F.E., Wright, M.E., 1987. A vision system for grading container-grown plants. Paper no. 86-3043 American Society of Agricultural Engineers. St Joseph, 13 pp.

Hua, X., 2014. Flower market research report in Chinese New Year in 2013. China Flowers Hortic. 13, 24–28.

Jensen, O. H., 2008. Implementing the Viola-Jones Face Detection Algorithm. IMM-M.Sc. Technical University of Denmark, Informatics and Mathematical Modelling.

Lin, H.S., 2008. A study of Automatic Anthurium cut-flower grading system with machine vision. Department of Computer Science and Information Engineering, Asia University. <http://asiair.asia.edu.tw/ir/handle/310904400/4214> (accessed 12.1.2015).

Reddy, K.R., Samanta, D., 2013. Application of digital image processing for horticulture. International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies, 6(2), 228-232.

Rikken, M., 2010. The European Market for Fair and Sustainable Flowers and Plants. Trade for Development Centre, Belgian Development Agency, Belgium, pp. 63.