درجه بندی اتوماتیک سیب زمینی با استفاده از سیستم شبکه‌های عصبی مصنوعی RBF (۶۸)

داود روح اله طیبی[۱] ، سید کاظم شهیدی[۲] ، علاء الدین رحمانی دیدار[۳] ، بهبود مشعوفی[۴]

چکیده

در این تحقیق یک سیستم درجه بندی اتوماتیک برمبنای ماشین بینایی و استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی توسعه داده شد. این سیستم سیب زمینی‌ها را بر اساس عیوب خارجی مانند آسیب‌های فیزیکی و لکه‌ها درجه بندی کرد. از یک دوربین رنگی 3-CCD برای تصویربرداری از سیب زمینی‌هایی که در داخل محفظه تصویربرداری بودند استفاده شد. همچنین با استفاده از دو آینه نمایی ۳۶۰ درجه از تصویر سیب زمینی بدست آمد. در قسمت طبقه بندی از سیستم شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده گردید. خصوصیت مورد استفاده برای تعیین عیوب، مساحت بود. در این تحقیق، شبکه RBF دو لایه با ۷۰ نرون در لایه مخفی و یک نرون در لایه خروجی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که طبقه بندی سیب زمینی با این روش دارای دقتی معادل ۹۴٪ می‌باشد.

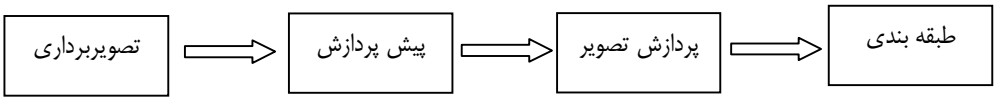
کلیدواژه: درجه بندی اتوماتیک، ماشین بینایی، پردازش تصویر، شبکه‌های عصبی مصنوعی

مقدمه

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه، پست الکترونیک: davidrat2007@yahoo.com
۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه
۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه
۴- استادیار گروه الکترونیک دانشگاه ارومیه

درجه بندی و دسته بندی محصولات کشاورزی یکی از عوامل موثر بر بازار پسندی و رضایت مشتری است. با توجه بـه اینکـه، در جهان بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لازم است که درجه بندی بر اساس کیفیت محـصولات کـشاورزی بـرای جلب رضایت خریدار، بالا رفتن کیفیت و کاهش ضایعات پس از برداشت انجام گیرد. امروزه درجه بندی و بازرسی اتوماتیـک بـ ای محصولات متعددی در جهان انجام می‌شود که یکی از این محصولات که در ایران کمتر به آن توجه شده است سیب زمینی است. سیب زمینی یکی از مهمترین محصولات گیاهی در تغذیه انسان است. در جهان این محصول از نظر اهمیت در مقام پنجم و بعد از محصولاتی چون گندم، برنج، ذرت و جو قرار دارد [۱]. در حال حاضر هر ساله در حدود ۳۰۰ میلیون تـن سـیب زمینـی در سراسـر جهان تولید می‌شود که روسیه و آلمان بزرگترین تولیدکنندگان سیب زمینی هستند. همچنین بر اساس آمار جهاد کـشاورزی تولیـد سیب زمینی در سال زراعی ۸۵-۸۴، ۴۲۱۸ تن بوده است. با توجه به نقش مهم سیب زمینی در تغذیه مردم جهـان و نقـش دسـته بندی در صنعت کشاورزی نیاز به بازرسی اتوماتیک در کشور ما نیز احساس می‌شود.

به منظور بازرسی اتوماتیک محصولات کشاورزی از سیستم بینایی ماشین استفاده می‌شود. مراحل استفاده از سیستم بینایی ماشـین در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱- مراحل طی شده برای پروژه‌های ماشین بینایی

مرحله اول در پروژه‌های ماشین بینایی تصویر برداری است. تصویر برداری به عملیاتی گفته می‌شودکه بوسیله آن تصاویر مطلـوبی از شیئ مورد نظر بدست می‌آید. تصویر برداری شامل تصویربرداری با دوربین CCD، ماورای صوت، MRI، CT و ET هـستند که در زمینه محصولات کشاورزی کاربردهایی از تکنیک‌های تصویر برداری بالا گزارش شده است. معمولاً برای بازرسی اتوماتیک محصولات کشاورزی از دوربین‌های CCD استفاده می‌کنند. لیمن[1] و همکاران در سال ۱۹۹۹ برای بازرسی اتوماتیک سـیب، ون[2] و همکاران در سال ۲۰۰۲ برای طبقه بندی برنج و اوتکو[3] و کوکسل[4] در سال ۱۹۹۸ برای طبقه بندی گندم، از دوربین‌های CCD استفاده کردند [۴].

مرحله بعدی در پروژه‌های ماشین بینایی پیش پردازش است. پیش پردازش به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود کـه باعـث بهبـود کیفیت تصویر مورد نظر برای استفاده‌های بعدی می‌شود. این عملیات می‌تواند شامل فیلتر کردن، حذف نویز و ... باشد [۲].

مرحله بعدی در ماشین بینایی، پردازش تصویر است. این مرحله از اهمیت ویژه‌ای برخـوردار مـی‌باشـد. در ایـن مرحلـه اسـت کـه اطلاعات بدست آمده برای مرحله تصمیم گیری و کاربردهای دسته بندی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحلـه پـردازش تـصویر معمولاً از الگوریتم‌های جداسازی تصویر استفاده می‌شود. بطور کلی جداسازی تصویر به عملیاتی گفته می‌شود که تصویر را به زیـر مجموعه‌هایش جدا و تقسیم می‌کند. در این مرحله است که معلوم می‌شود که عملیات پردازش تصویر برای کـاربرد مـورد نظـر بـا موفقیت انجام می‌گیرد یاخیر [۲].

مرحله پایانی در پروژه‌های ماشین بینایی مرحله تصمیم گیری یا طبقه بندی است. از الگوریتم‌های موجود برای این قسمت می‌توان به طبقه بندی آماری، طبقه بندی فازی و طبقه بندی توسط شبکه‌های عصبی اشاره نمود. از هر کدام از روش‌های اشـاره شـده در بالا در طبقه بندی محصولات کشاورزی استفاده شده است. از طبقه بندی آماری برای دسته بندی محصولات کشاورزی مانند: سیب و دانه غلات استفاده شده است. همچنین جان[5] و همکاران در سال ۲۰۰۱، برای درجه بندی گوجه فرنگی از دسـته بنـدهای فازی استفاده کردند [۴]. روش طبقه بندی دیگری که در جهان بطور گسترده‌ای رواج پیدا کرده اسـت روش طبقـه بنـدی بوسـیله شبکه‌های عصبی مصنوعی است. شبکه‌های عصبی مصنوعی بدلیل ساختار موازی که دارند دارای قدرت تشخیص و تعمیم بالا و

1 Leeman
2 Wan
3 Utku
4 Koksel
5 Jahn

سرعت زیاد در حل مسائل پیچیده و طبقه بندی هستند [۳]. به همین دلیل از این روش در طبقه بندی محصولات کشاورزی استفاده شده است. از کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی در طبقه بندی محصولات کشاورزی می‌توان به طبقه بندی محصولات مختلف مانند: سیب و پرتقال، گندم، جو، چاودارو ... و سبزیجات اشاره کرد. در طبقه بندی محصولات کشاورزی توسط شبکه‌های عصبی از الگوریتم RBF گزارش‌هایی داده شده است [۴].

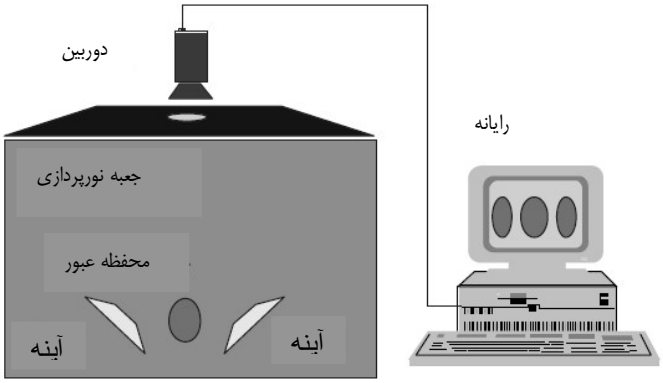
به منظور دسته بندی و بازرسی اتوماتیک سیب زمینی، مک کلور[1] و مارو[2] در سال ۱۹۸۷ یک سیستم ماشین بینایی تک رنگ را برای دسته بندی سیب زمینی های سفید توسعه دادند. مارچانت[3] و همکاران در سال ۱۹۹۸، دسته بندی سیب زمینی را بر اساس اندازه توسط ماشین بینایی گزارش کرده‌اند. تائو[4] و همکاران در سال ۱۹۹۵ یک تکنیک آنالیز شکل سیب زمینی توسط ماشین بینایی را گسترش دادند [۵]. همچنین توسط هینمن[5] و همکاران در سال ۱۹۹۶، پاتار[6] و همکاران در سال ۱۹۹۳، تائو و همکاران در سال ۱۹۹۰ و ۱۹۹۵ یک دستگاه بازرسی اتوماتیک برای درجه بندی سیب زمینی بر اساس اندازه و شکل گزارش داده‌اند. همچنین توسط نوردام[7] و همکاران در سال ۲۰۰۰ یک دستگاه بازرسی اتوماتیک، با سرعت بالا و توان عملیاتی زیاد برای درجه بندی سیب زمینی بر اساس شکل، اندازه و عیوب ایجاد شده بر روی آن، گسترش داده شد. در این ماشین قبل از مرحله تصویر برداری، سیب زمینی‌ها شسته می‌شوند تا خاک و گل‌های چسبیده به آن تمیز شوند [۶].

پس از مروری اجمالی بر روش‌های موجود مشاهده می‌شود که کار در زمینه ارزیابی اتوماتیک سیب زمینی مهم است و باید به دنبال این هدف بود که سیب زمینی‌های آسیب دیده را از سیب زمینی‌های سالم جدا نمود تا طول عمر انبارداری و حفاظت سیب زمینی و بازار پسندی آن بیشتر شود.

مواد و روش‌ها

الف) تصویربرداری: برای تصویربرداری در این تحقیق از دوربین 3-CCD[8] استفاده شد. بدین منظور از یک محفظه تصویربرداری که شامل دو آینه در طرفین برای پوشش دادن نماهای جانبی و یک دوربین برای تصویر برداری از بالا می‌باشد، ساخته و استفاده شد. نمایی شماتیک از این جعبه تصویربرداری در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

1 McClure
2 Morrow
3 Marchant
4 Tao
5 Heinemann
6 Pathare
7 Noordam
8 Sony DSC-W200



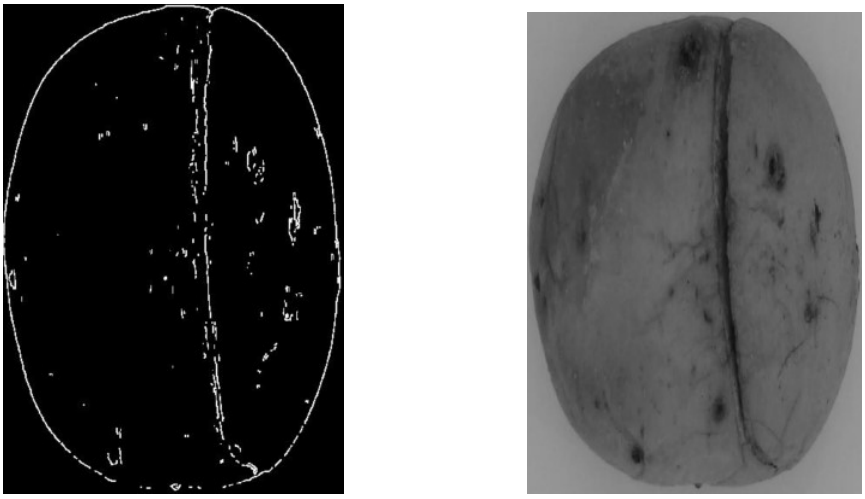
شکل ۲- محفظه تصویربرداری

برای نورپردازی از روش نورپردازی ساختاری از چهار طرف استفاده شد . در این قسمت از چهار طرف جعبه توسط لامپ‌های هالوژن نورپردازی صورت گرفت. در این تحقیق نورپردازی از بالا نیز انجام گرفت که تصاویر مطلوبی بدست نیامد.

ب)پیش پردازش: پس از اینکه تصاویر مورد نظر توسط روش ذکر شده در بالا تهیه گردیدند، با استفاده از روش‌های پیش پردازش اصلاحات ضروری روی آنها انجام گرفت. در این مرحله ابتدا تصاویر گرفته شده به سه تصویر که شامل تصویر میانی که تصویر حقیقی است و دو تصویر جانبی که تصاویر مجازی هستند تقسیم شدند. سپس تصاویر جدا شده برای انجام عملیات بعدی، از فضای رنگی RGB به فضای رنگی Gray Level منتقل شدند. این کار با تبدیل تصاویر گرفته شده به تصاویر دارای سطح خاکستری در نرم افزار متلب انجام می‌شود. مرحله بعدی از کار پیش پردازش انجام عملیات فیلترینگ است. با توجه به اینکه این تحقیق برای مرحله پس از برداشت محصول بوده و مربوط به مرحله انبارداری و فرستادن محصول به بازار می‌باشد، قبل از مرحله تصویربرداری، سیب زمینی‌ها شست و شو داده می‌شوند تا خاک و گل‌های چسبیده به آن تمیز شوند. به خاطر اینکه پوست سیب زمینی خود دارای خال‌های سیاه رنگ و دانه‌های ریز و محل‌های جوانه است پس برای اینکه تاثیر این شرایط را که ناخواسته و بالاجبار در تصویر موجودند کم شود از عملیات فیلترینگ یا نویز زدایی استفاده گردید. در این قسمت با استفاده از عملیات متوسط گیری و فیلترهای مات کننده، عملیات بلورینگ بر روی تصاویر تبدیل شده انجام گرفت. با مات کردن تصاویر مقداری از جزئیات ریز تصویر که به صورت نویز عمل می‌کردند و مورد نیاز نبودند حذف شدند. پس از حذف جزئیات ریز تصاویر و به اصطلاح نویزها، تصاویر آماده پردازش گردیدند.

ج) پردازش تصویر: تصاویر آماده شده در بخش قبل، در این قسمت پردازش شدند. در این مرحله ابتدا تصاویر توسط الگوریتم سوبل[1]، لبه یابی شدند. همانطور که در شکل (۳- ب) مشاهده می‌شود بر روی این تصاویر تعداد زیادی نقاط اضافه وجود دارند و در قسمتی از تصویر لبه‌ها منفصل هستند. برای کاهش نقاط ریز و متصل کردن لبه‌ها از عملگرهای شکل شناسی استفاده شد. تصویر (۳ – الف) یک تصویر از سیب زمینی آسیب دیده را نشان می‌دهد و تصویر (۳ – ب) تصویر الف را که توسط لبه یاب سوبل لبه یابی شده است، نشان می‌دهد. مرحله بعدی تحقیق بدست آوردن مساحت نواحی درون تصویر و مقایسه آنها با یک مقدار آستانه در یک همسایگی چهار گانه از پیکسل‌ها بود. در این مرحله پس از حذف بزرگترین مساحت که مربوط به کل سیب زمینی است مساحت‌های باقی مانده با یک مقدار آستانه مقایسه گردید. سپس تعداد نواحی که مساحتی بیش از مقدار آستانه دارند به عنوان ویژگی، از تصاویر استخراج شدند. این ویژگی‌های استخراج شده به عنوان ورودی برای مرحله تعبیر و تفسیر تصاویر یا همان مرحله طبقه بندی استفاده شدند.

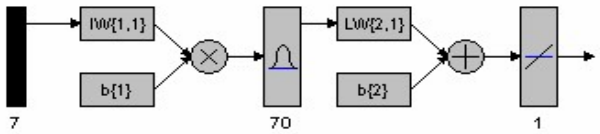
[1] Sobel



الف ب

شکل ۳: الف) تصویر اصلی سیب زمینی و ب) تصویر لبه یابی شده آن

د) طبقه بندی: در این تحقیق برای مرحله طبقه بندی و دسته بندی از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. با توجه به اینکه برای دسته بندی محصولات کشاورزی استفاده از الگوریتم RBF گزارش شده است و قابلیت بالای این الگوریتم برای ارزیابی ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر و توانایی بالای این الگوریتم در تقریب توابع، از این الگوریتم برای طبقه بندی استفاده شد. ویژگی‌های استخراج شده به عنوان ورودی‌های شبکه در جعبه ابزار nntool، نرم افزار متلب ۷/۵ مورد استفاده قرار گرفت. ویژگی-های استخراج شده به عنوان ورودی به شبکه عصبی استفاده شد. در این تحقیق از شبکه عصبی RBF دو لایه با ۷۰ نرون در لایه مخفی و یک نرون در لایه خروجی استفاده شد. تابع تبدیل در لایه مخفی تابع با پایه شعاعی و در لایه خروجی تابع خطی استفاده شده است. برای یانک اطلاعاتی[1] از ۱۰۰ تصویر استفاده شد که ۷۰ تصویر مجموعه آموزش را تشکیل می‌دادند و از ۳۰ تصویر برای مجموعه آزمایش استفاده شد.ثابت گسترش الگوریتم برابر با مقدار پیش فرض و یک در نظر گرفته شد.. در شکل ۴ نمایی شماتیک از شبکه مورد استفاده نمایش داده شده است



شکل ۴- نمایی شماتیک از شبکه مورد استفاده

نتایج و بحث

پس از آموزش شبکه عصبی و در انتهای کار نتیجه بدین صورت حاصل شد که دقت شبکه برای کاربرد مورد نظر ۹۴٪ بدست آمد. هنگامی‌که ورودی شبکه به صورت ویژگی استخراج شده از تصاویر که همان تعداد نواحی با مساحت بیشتر از مقدار آستانه بود حافظه کمی برای آموزش نیاز دارد و همچنین تعداد لایه‌ها را به راحتی و بدون محدودیتی می‌توان افزایش داد. همچنین در قسمت انتخاب آستانه بهینه برای آموزش شبکه عصبی دو لایه مطابق جدول ۱ مقادیر آستانه از ۵۰۰ تا ۲۵۰۰ اندازه‌گیری شد. دقت شبکه در مقدار آستانه ۲۵۰۰ بهترین بود. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار آستانه دقت شبکه افزایش می‌یابد و این

1 Datebase

بدین دلیل است که نواحی که مساحت کمتری دارند شمرده نمی‌شوند که این نواحی معمولاً نویز هستند یا به عبارتی همان نقاط مربوط به پوست سیب زمینی هستند.

جدول ۱: دقت شبکه بر اساس تغییر آستانه

مقدار آستانه	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
دقت شبکه	٪۴۳	٪۴۳	٪۸۷	٪۹۰	٪۹۴

در پایان این تحقیق مشاهده می‌شود که می‌توان از شبکه عصبی مصنوعی RBF برای بازرسی اتوماتیک سیب زمینی استفاده کرد. دقت شبکه مورد استفاده برای این منظور ۹۴٪ است. این دقت بدست آمده برای منظورهای بازرسی اتوماتیک قابل قبول و در زمره دقت‌های بالا قرار دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای دسته بندی و درجه بندی محصولات کشاورزی مفید هستند و اگر ورودی‌های خوبی داشته باشند بسیار با دقت و سریع عمل می‌کنند. همان طور که در این تحقیق مشخص شد دقت جداسازی محصول سالم از محصول معیوب حدود ۹۴٪ بود که دقت بالایی است که می‌توان برای دیگر محصولات امتحان شود. در پایان برای برای ادامه تحقیق در زمینه بازرسی اتوماتیک محصولات کشاورزی و علی‌الخصوص سیب زمینی پیشنهاد داده می‌شود که همین تحقیق با استفاده از شبکه‌های عصبی LVQ و روش‌های فازی و آماری انجام گیرد و نتایج آنها با نتایج این تحقیق مقایسه شود.

منابع

۱- جعفرپور، ب. ۱۳۷۰. بیماری‌های سیب‌زمینی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد
۲- منهاج، محمد باقر، ۱۳۸۴، مبانی شبکه‌های عصبی، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
۳-گونزالز، رافائل ی، ۱۳۸۵، پردازش تصویر رقمی، مترجم خادمی، مرتضی، چاپ دوم، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
4- Du, C., Sun, D. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. Trendds in Food Science & Technology, 15, 230-249.
5- Paul, H, et al. 1996. Anautomated inspection station for machine-vision grading of potato. Machine vision and Aplications, 9, 14-19
6- Noordamm, J, et al. 2000. High speed potato grading and quality inspection based on a color vision system, http://www.ato.wageningen-ur.nl