



تشخیص عیوب سطحی عناب و طبقه بندی آن با ویژگیهای شکلی و بافتی به کمک پردازش تصویر

سعیدرضا سبحانی پور^۱، محمد حسین عباسپور فرد^۲، حمیدرضا پوررضا^۳، محسن شاکری^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

۴- مربی گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

برخی از محصولات کشاورزی مانند عناب، سنجد و زیتون بر اثر امراض یا آفات دچار چروکیدگی یا پوکی داخلی شده، کیفیت این محصولات پایین آمده و در نتیجه نیاز به جدا کردن محصول سالم از غیر سالم و یا طبقه بندی محصول در گروه های مختلف می باشد. در این تحقیق با استفاده از تکنیک پردازش تصویر که روشی سریع، دقیق و غیر مخرب است، به طبقه بندی و تشخیص عیوب سطحی عناب بر اساس ویژگیهای شکلی و بافتی این محصول و استاندارد ملی ایران اقدام شده است. برای شناسایی و طبقه بندی عیوب سطحی عناب ۸ ویژگی شکلی و ۲۴ ویژگی بافتی جهت تشخیص چروکیدگی، آفت زدگی، شکستگی و نارس بودن میوه مورد بررسی قرار گرفت و ویژگیهای برتر مشخص شد. علاوه بر این ترکیب چند ویژگی با یکدیگر جهت طبقه بندی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ویژگیهای بافتی با دقت بسیار بهتری نسبت به ویژگیهای شکلی در تشخیص عیوب سطحی عناب مؤثر هستند. بطوریکه از طریق این ویژگی ها می توان با دقت بیش از ۹۶ درصد عناب چروکیده از سالم، که به عنوان یک ویژگی منفی در بازاریابی محصول مطرح است، را جدا نمود.

کلید واژه: طبقه بندی، عناب، پردازش تصویر، شناسایی ضایعات، چروکیدگی.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه ماشینهای کشاورزی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد - Saeedsobhanipour@Gmail.com

^۲ دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ عضو هیئت علمی گروه کامپیوتر، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ عضو هیئت علمی گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد



۱- مقدمه

امروزه استفاده از تکنیک های مختلف پردازش تصویر در علوم مختلف در حال گسترش است. علت استفاده از روش ماشین بینایی در این پژوهش نیز، دقت و سرعت عمل بیشتر این تکنیک در مقایسه با روش های عمدتاً دستی است. بطوریکه اکنون از آن در علوم مختلف از جمله کشاورزی در جهان و در کشورمان در بسیاری از امور پژوهشی مربوط به اصلاح بذر و درجه بندی محصول که نیاز به شمارش، تعیین خواص ابعادی و هندسی و دیگر کمیت های فیزیکی است مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر کارشناسان این گونه خصوصیات را در بسیاری از مراکز پژوهشی کشورمان با وسایل دستی اندازه گیری می کنند. کار با این دستگاه ها وقت گیر بوده و خستگی ذهنی کارشناس، تجربه و دیگر محدودیت های فیزیکی افراد در تعیین اندازه ها تاثیرگذار است. بنابراین با گسترش چشم گیر علوم و فناوری رایانه ای و امکان استفاده از این سیستم (ماشین بینایی) برای اندازه گیری کمیت های فیزیکی، درجه بندی، بازرسی و کنترل کیفیت تولیدات، توجه بسیاری از تولیدکنندگان و پژوهشگران معطوف به استفاده هر چه بیشتر از این فناوری شده است. برای درجه بندی محصولات کشاورزی معمولاً یکی از خصوصیات فیزیکی مثل رنگ، و یا خصوصیات هندسی مثل حجم، قطر، محیط و مساحت مورد استفاده قرار می گیرد. برای مثال در حال حاضر سیب بر اساس رنگ، شکل و اندازه؛ هلو بر اساس رنگ و گوجه فرنگی بر اساس شکل و رنگ می توانند درجه بندی شوند (۳). برخی از محصولات کشاورزی مانند عناب بر اثر امراض یا آفات دچار چروکیدگی، شکستگی، نارسی و آفت زدگی شده و کیفیت داخلی این محصولات پایین آمده و در نتیجه نیاز به جدا کردن محصول سالم از غیر سالم و یا طبقه بندی محصول در گروه های مختلف می باشد.

به طور کلی تحلیل تصویر شامل دو حیطه رنگ و ویژگی های هندسی است. در کاربردهای کشاورزی از ویژگی رنگ برای بررسی آفات و بیماریهای پوستی محصولات، رسیدگی محصول، رقم محصول و غیره استفاده می شود. ویژگی های هندسی عموماً دربرگیرنده برآورد قطر، محیط، مساحت و حجم می باشد که جهت درجه بندی محصول مورد نظر به کار برده می شود (۳). بمنظور بهبود کار و بهینه سازی کاربرد، این تکنیک همچنان مورد توجه محققین است. سوچ^۱ و همکاران با بررسی خواص شکلی ۱۵ وارته مختلف گندم هندی و بر اساس پارامترهای مختلف به نتایج خوبی جهت درجه بندی و اختلاف بین وارته ها دست یافتند (۴). در همین راستا نیتراجان^۲ و همکاران به طبقه بندی وارته های گندم با استفاده از تصاویر بدست آمده با اشعه X پرداختند. در این تحقیق، خصوصیات شکلی تصاویر بدست آمده از گندم با استفاده از ممان های شکل محاسبه شدند و خصوصیات ساختاری وارته ها را نیز با ممان های ساختاری رنگ تصاویر محاسبه کردند (۵).

استفاده از پردازش تصویر تنها به گندم محدود نمی شود بلکه کلیه محصولات دانه ای مورد علاقه محققین قرار گرفته است. برای مثال زایوان^۳ و همکاران توانستند به شناسایی و تفکیک وارته های مختلف برنج با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر و شبکه عصبی بپردازند. وارته های برنج مورد استفاده ey7954, syz3, xs11, xy5968, xy9308, z903 بودند. از تصاویر گرفته شده از این وارته ها ۷ ویژگی رنگ و ۹ ویژگی شکلی استخراج گردید. از هر وارته حدود ۲۰۰ نمونه برای آموزش شبکه عصبی انتخاب شد و بعد از آموزش از ۶۰ نمونه برای تست شبکه استفاده گردید (۶). در تحقیق حاضر کارایی تکنیک پردازش تصویر در طبقه بندی و تشخیص عیوب سطحی عناب، بر اساس ویژگیهای شکلی، ویژگی های بافتی این محصول و منطبق بر استاندارد ملی ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

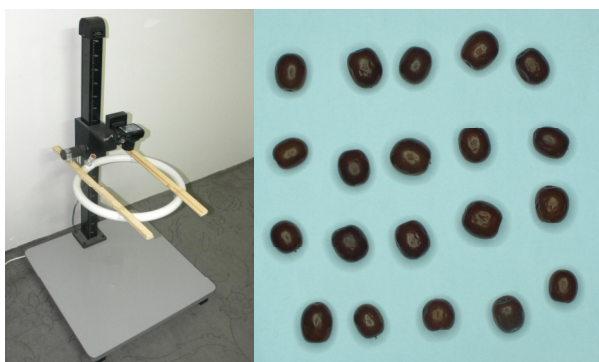
¹-Shouche

²- Neethirajan

³ - Zhao-yan

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد نظر در این تحقیق از منطقه درمیان در خراسان جنوبی که تمام درختان منطقه از آن نوع می‌باشد، تهیه گردید. در نمونه‌گیری سعی شد در جمع آوری انواع محصولات از سالم تا آفت دیده دقت گردد و پس از خشک کردن تمام نمونه‌ها و رساندن آنها به رطوبت یکسان، بر طبق تعاریف استاندارد ملی ایران دسته‌بندی گردند. دسته‌های جدا شده در این مرحله شامل عنب‌های سالم، چروکیده، آفت‌زده، شکسته و نارس می‌باشد (۲). پس از مرحله گروه بندی و جداسازی از نمونه‌ها عکس برداری شد. در این مرحله تصویر یک شیء به مجموعه ای از داده های رقمی تبدیل می شود تا از این داده ها بعداً در واحد پردازش استفاده شوند. در این مطالعه تمام تصاویر از فاصله ثابت و شرایط یکسان نورپردازی گرفته شد تا مقایسه تصاویر با یکدیگر صحیح انجام شود. دوربین مورد استفاده مدل Canon SX 120 بود و در هنگام تصویربرداری از زوم 4x استفاده شد. فاصله لنز دوربین و نمونه‌ها در تمام مراحل ثابت و برابر ۴۰ سانتیمتر بود و پس از تهیه عکس اطلاعات از طریق کابل دوربین به رایانه جهت انجام مراحل پردازش منتقل گردید. جهت نورپردازی تنها از یک لامپ فلورسنت حلقوی که بر روی سیستم عکس‌برداری نصب گردید استفاده شد که نور را از بالا بر روی نمونه‌ها می‌تاباند و نیز پس از تست انواع مختلف پس‌زمینه جهت عکس‌برداری از یک پس‌زمینه به رنگ آبی آسمانی جهت تمایز نمونه‌ها از زمینه و نیز کاهش مراحل پردازش تصویر استفاده گردید. به منظور جلوگیری از تداخل نور طبیعی و ایجاد سایه که مراحل پیش پردازش را طولانی می‌کند، تمام تصاویر در یک اتاق کاملاً تاریک گرفته شد. در شکل (۱) تصویری از سیستم عکس‌برداری و نورپردازی مورد استفاده و یکی از عکس‌های تهیه شده از نمونه‌های عنب، مشاهده می‌گردد.



شکل (۱) تصویر سیستم عکس‌برداری و نورپردازی مورد استفاده (تصویر سمت چپ) و نیز عکس گرفته شده از یک نمونه عنب (تصویر سمت راست).

پس از تهیه عکس‌ها و هنگام باینری کردن تصویر عنب‌ها و انتخاب نمونه‌ها از یکدیگر اقدام به برچسب زنی اجزاء تصویر گردید. برای برچسب‌زنی از توابع مورفولوژیکی استفاده شد. برای اصلاح نقایص داخلی نمونه‌ها از قبیل حفره‌های ریز به وجود آمده در تصویر باینری، جهت پرکردن این حفره‌ها از این توابع استفاده گردید. پس از شناسایی صحیح اجزای تصویر مورد نظر، به هر جزء شناخته شده برچسب خاصی داده شد که هر نمونه را از سایر نمونه‌ها قابل شناسایی می‌کند. هنگام تعیین ویژگی‌های شکلی در تصویر باینری و برای مشخص کردن اجزاء تصویر از روش قطعه بندی تصویر بر اساس حد آستانه استفاده گردید. در این روش بر اساس هیستوگرام عکسی که از حالت رنگی به حالت سیاه و سفید تبدیل شده است مقدار مرزی آستانه مورد نظر مشخص گشته و با اعمال مقدار آستانه، نمونه‌ها از پس‌زمینه انتخاب شده مجزا می‌گردد. سپس به پیکسل‌های متناظر پس‌زمینه مقدار صفر و به پیکسل‌های اجزاء انتخاب شده تصویر عدد یک اختصاص داده شد.

در قسمت دوم کار جهت بررسی ویژگی‌های بافتی در این تحقیق از عکس‌های گرفته شده در حالت سیاه و سفید استفاده شد (شکل ۲). البته برای بررسی کامل بر روی نمونه‌ها مقادیر مربوط به پس‌زمینه در عکس‌ها شناسایی و مقدار صفر به آنها داده شد تا پس‌زمینه به حالت کاملاً سیاه درآمده و از اجزای عکس حذف گردد. در شکل (۲) نمونه تصویر مورد استفاده جهت بررسی ویژگی‌های شکلی و بافتی مشاهده می‌گردد.



شکل (۲) تصویر سیاه و سفید استفاده شده جهت ویژگی‌های بافتی (تصویر سمت راست)، و تصویر باینری استفاده شده جهت ویژگی‌های شکلی (تصویر سمت چپ)

پس از تهیه عکس‌ها ویژگی‌های شکلی و بافتی تعریف شده مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از ۸ ویژگی شکلی و ۲۴ ویژگی بافتی جهت تشخیص عنب سالم از عنب‌های چروکیده، شکسته، آفت‌زده و نارس استفاده گردیده است. ویژگی‌های شکلی مورد استفاده عبارتند از:

۱. مساحت، (F1)
۲. محیط، (F2)
۳. بزرگترین قطر داخلی، (F3)
۴. کوچکترین قطر داخلی، (F4)
۵. خروج از مرکز بیضی: عددی که بیان‌کننده فاصله از مرکز یک بیضی می‌باشد. فاصله از مرکز یک بیضی برابر با نسبت فاصله بین مراکز بیضی به طول محور اصلی آن می‌باشد. این مقدار بین صفر و یک است (یک بیضی با فاصله از مرکز صفر یک دایره و یک بیضی با فاصله از مرکز ۱ یک خط می‌باشد)، (F5).
۶. قطر معادل^۱: عددی که بیانگر قطر یک دایره با تعداد پیکسل‌های برابر با ناحیه مورد نظر می‌باشد، (F6).
۷. نسبت نواحی^۲: برابر است با نسبت پیکسل‌های یک ناحیه به تعداد پیکسل‌های مستطیل محیطی آن ناحیه، (F7).
۸. نسبت استحکام^۳: عددی برابر با نسبت پیکسل‌های ناحیه به پیکسل‌های چند ضلعی محدب دربرگیرنده ناحیه می‌باشد، (F8).

ویژگی‌های بافتی مورد استفاده عبارتند از:

۱. میانگین مقادیر خاکستری اختصاص داده شده به پیکسل‌ها در تصویر، (F1).
۲. میانگین کنتراست^۴، (F2).
۳. نرمی^۵، (F3).
۴. ممان سوم^۱، (F4).

¹ Equivalent Diameter

² Extent

³ Solidity

⁴ contrast (measure of intensity contrast between a pixel and its neighbor over the whole image)

⁵ Measure of Smoothness



۵. یکنواختی^۲، (F۵).
۶. آنتروپی (ارزیابی آماری تصادفی بودن)^۳، (F۶).
۷. انحراف معیار مقادیر سطوح خاکستری (SD)، (F۷).
۸. بازه سطوح خاکستری^۴، (F۸).
۹. گروه‌های هیستوگرام^۵ H₁ تا H_{۱۶}، (F۹ الی F۲۴).

۳- نتایج

پس از بررسی ویژگی‌های شکلی که نتایج آن در جدول (۱) آمده است دقت تشخیص عنب سالم از انواع عنب‌های غیر سالم (چروکیده، شکسته، آفت‌زده و نارس) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول (۱) دقت تشخیص عنب سالم از عنب‌های غیر سالم (چروکیده، شکسته، آفت‌زده و نارس) با استفاده از ویژگی‌های شکلی بر حسب درصد تشخیص صحیح.

مقایسه سالم با:	F(۱)	F(۲)	F(۳)	F(۴)	F(۵)	F(۶)	F(۷)	F(۸)
چروکیده	۵۵/۵۶	<u>۶۲/۹۶</u>	۵۹/۲۶	۵۱/۸۵	۶۰	۵۵/۵۶	۶۰	<u>۶۲/۹۶</u>
آفت زده	۸۱/۸۲	۶۳/۶۴	۵۹/۰۹	۸۵	۸۱/۸۲	۶۸/۱۸	۵۴/۵۵	<u>۹۵/۴۵</u>
شکسته	۶۴/۲۹	<u>۷۱/۴۳</u>	۵۷/۱۴	<u>۷۱/۴۳</u>	۵۰	۶۴/۲۹	۵۷/۱۴	۵۷/۱۴
نارس	۶۹/۲۳	۶۹/۲۳	۶۵/۳۸	<u>۷۲/۹۲</u>	۶۰	۶۹/۲۳	۵۳/۸۵	۵۳/۸۵

جدول (۲) و (۳) نیز نشان دهنده نتایج بررسی‌های بافتی انجام شده بر روی نمونه‌های عنب می‌باشد که ویژگی‌های بافتی ۱ تا ۲۴ به صورت F(۱) تا F(۲۴) نشان داده شده است.

جدول (۲) نتایج ویژگی‌های بافتی ۱ تا ۱۲ با مبنای دقت تشخیص عنب سالم از غیر سالم بر حسب درصد تشخیص صحیح.

مقایسه سالم با:	F(۱)	F(۲)	F(۳)	F(۴)	F(۵)	F(۶)	F(۷)	F(۸)	F(۹)	F(۱۰)	F(۱۱)	F(۱۲)
چروکیده	۵۰/۰۰	۷۴/۰۷	۷۴/۰۷	۵۵/۵۶	۵۱/۸۵	۶۲/۹۶	۵۵/۰۰	۵۵/۰۰	۵۱/۸۵	۶۵/۰۰	<u>۹۶/۳۰</u>	۵۹/۲۶
آفت زده	۸۶/۳۶	۸۱/۸۲	۵۹/۰۹	<u>۸۶/۳۶</u>	۵۰/۰۰	۵۰/۰۰	۵۹/۰۹	۵۰/۰۰	۶۵/۰۰	۶۳/۶۴	۸۵/۰۰	۸۰/۰۰
شکسته	<u>۹۲/۸۶</u>	۵۷/۱۴	۸۵/۷۱	۷۸/۵۷	۵۰/۰۰	۶۰/۰۰	۷۸/۵۷	۶۴/۲۹	۵۷/۱۴	۵۵/۰۰	۸۵/۰۰	۶۵/۰۰
نارس	۶۵/۰۰	۵۲/۰۰	۵۲/۰۰	۹۰/۰۰	۵۵/۰۰	۵۶/۰۰	۵۲/۰۰	۶۸/۰۰	۶۰/۰۰	۶۴/۰۰	<u>۹۶/۰۰</u>	۸۰/۰۰

¹ Third Moment

² Measure of Uniformity

³ entropy (statistical measure of randomness)

⁴ Gray level range

⁵ Histogram groups (number of pixels in each histogram groups, 256 gray values were grouped into 25 histogram groups and first 16 groups are used in this study)



جدول (۳) نتایج ویژگی‌های بافتی ۱۳ تا ۲۲ با مبنای دقت تشخیص عنب سالم از غیر سالم بر حسب درصد تشخیص صحیح.

مقایسه سالم با:	F(۱۳)	F(۱۴)	F(۱۵)	F(۱۶)	F(۱۷)	F(۱۸)	F(۱۹)	F(۲۰)	F(۲۱)	F(۲۲)	F(۲۳)	F(۲۴)
چروکیده	۶۶/۶۷	۶۲/۹۶	۶۲/۹۶	۵۵/۵۶	۷۷/۷۸	۷۰/۰۰	۸۰/۰۰	۶۰/۰۰	۹۲/۵۹	۶۶/۶۷	۸۵/۱۹	۵۰/۰۰
آفت زده	۶۸/۱۸	۵۰/۰۰	۸۱/۸۲	۸۱/۸۲	۶۸/۱۸	۷۰/۰۰	۶۰/۰۰	۸۱/۸۲	۸۰/۰۰	۷۵/۰۰	۶۳/۶۴	۵۰/۰۰
شکسته	۷۰/۰۰	۶۴/۲۹	۵۷/۱۴	۶۴/۲۹	۵۵/۰۰	۵۷/۱۴	۶۴/۲۹	۷۸/۵۷	۷۸/۵۷	۸۵/۷۱	۸۵/۷۱	۸۵/۷۱
نارس	۵۶/۰۰	۶۴/۰۰	۵۲/۰۰	۵۲/۰۰	۵۶/۰۰	۷۰/۰۰	۸۰/۰۰	۸۵/۰۰	۸۴/۰۰	۷۵/۰۰	۶۰/۰۰	۵۰/۰۰

باتوجه به این شکل‌ها و همان‌طور که در نتایج بدست آمده از ویژگی‌های شکلی و بافتی مشخص است دقت تشخیص عنب سالم از غیر سالم با استفاده از ویژگی‌های بافتی بالاتر از ویژگی‌های شکلی می‌باشد به جز در گروه آفت زده که ویژگی‌های شکلی در آن با درصد بالاتری قادر به جداسازی می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان F11 (این ویژگی جزو گروه‌های هیستوگرامی است که تعداد پیکسل‌های موجود در دسته سوم هیستوگرام را نشان می‌دهد) را به عنوان برترین ویژگی بافتی و F8 (بازه سطوح خاکستری) را به عنوان برترین ویژگی شکلی در طبقه بندی عنب نام برد.

۴- منابع

۱. پردازش تصویر رقمی (ترجمه)، ۱۳۸۳، خادمی، م و جعفری، د، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۲. استاندارد ملی ایران، عنب و ویژگیها و روشهای آزمون، به شماره ۳۷۵۰
3. Leemas, V., Magein, H., and Destain, M.F. 2002. Online fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystem Engineering* 83(4): 397-404.
4. Shouche, S. P., Rastogi, R., and Bhagwat, S. G. 2001. Shape analysis of grains of Indian wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33: 55-76.
5. Neethirajan, S., and Karunakaran, C. 2006. Classification of vitreousness in durum wheat using soft X-rays and transmitted light images. *Computers and Electronics in Agriculture* 53: 71-78.
6. Zhao-yan, L., and Fang, C. 2005. Identification of rice seed varieties using neural network. *Journal of Zhejiang University Science*, 6:1095-10100

Abstract

Quality evaluation of agricultural and food products is important for processing, inventory control, and marketing. Fruit size and degree of skin wrinkling are two important quality factors for the Iranian jujube marketing. This paper presents the development and test results of a machine vision system for automatic evaluation of Iranian jujube quality for commercial purpose. The evaluation based on Iranian national standards using eight shape features and 24 texture features for detection of visible defects and classification of jujube. In general, the accuracy of wrinkle detection, as one of important marketing quality factors was about 96 percent. It is concluded that this system is suitable for classification and identification of the top grouping features and detection of visible defects of Iranian jujube.

Keywords: Image analysis; wrinkled; jujube; detection of visible defects