

تشخیص عیب شُرّه در سطوح رنگی متالیک ماشین‌های کشاورزی با استفاده از سامانه بینایی ماشین
هادی آذرم^{۱*}، جلال الدین قضاوتی^۲، مهدی عباسقلی پور^۳ و بهزاد محمدی الستی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۰۴

چکیده

سطوح رنگی متالیک دارای عیوبی همچون لکه، شُرّه، لکه آب، پوست پرتقالی شدن و غیره می‌باشند، که تشخیص و شناسایی این عیوب به صورت خودکار در خط تولید کارخانه‌های تولید کننده ماشین‌های کشاورزی و خودروها، بازرسی سطوح رنگی را تسهیل و با دقت بالایی امکان پذیر خواهد کرد. در این تحقیق تشخیص عیب شُرّه با استفاده از سامانه بینایی ماشین مورد بررسی قرار گرفته است. در سامانه طراحی شده ابتدا تصویر با یک سامانه نورپردازی دارای ساختار و دوربین دیجیتالی تهیه شد، سپس الگوریتمی برای پردازش تصویر و تشخیص عیب شُرّه طراحی گردید. در الگوریتم تشخیص عیب شُرّه از توابع لبه‌یاب و یک الگوریتم دسته بندی کننده سطح شُرّه استفاده شده است. به طوری که بعد از پیاده سازی الگوریتم، درصد خطای آن ۴/۱۶ درصد به دست آمد.

کلمات کلیدی: بینایی ماشین، پردازش تصویر، تشخیص عیب سطوح رنگی متالیک، شُرّه، لبه‌یاب

^۱ دانش آموخته ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، گروه مکانیک بیوسیستم، بناب، ایران

^۲ دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، گروه مکانیک بیوسیستم، بناب، ایران

^۳ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، گروه مکانیک بیوسیستم، بناب، ایران

* نویسنده مسئول: hadiazarm@gmail.com

مقدمه

از سامانه‌های رنگی که جهت رنگ آمیزی سطوح متالیک استفاده می‌شود، می‌توان به قلموهای ساده رنگزنی و سامانه‌های اتاق پاشش رنگ که در کارخانجات بزرگ خودروسازی جهان قرار دارند اشاره کرد. بر حسب نوع سامانه رنگزنی عیوب مختلفی می‌تواند بر روی سطوح متالیک ایجاد گردد، که این عیوب باتوجه به نوع سامانه رنگزنی، درصد مواد حل‌کننده، فشار سامانه و غیره متفاوت می‌باشد. بدنه بعد از انجام مراحل مختلف وارد اتاقک رنگ شده و عملیات رنگ-پاشی انجام می‌گیرد، بعد از پایان عملیات و خشک شدن رنگ، خودرو وارد دالانی شده که روشنایی آن توسط لامپ‌های فلورسنت تامین می‌شود. در این قسمت کارشناسانی هستند که با دقت سطوح را بازرسی کرده و در صورتی که سطوح بدنه دارای عیب‌هایی مانند شره کردن، پوست پرتقالی شدن، خراش‌های سنباده زنی، تیره شدن، لکه و غیره باشد، عیوب را شناسایی و بدنه را از پروسه خط تولید خارج می‌کنند.

با مکانیزه‌تر شدن تولید محصولات و افزایش حجم تولیدات و در نتیجه لزوم کاهش زمان کنترل کیفیت، استفاده از روش‌های کنترل کیفیت غیر تماسی و غیر مخرب که امکان کنترل تمامی قطعات را فراهم می‌کند بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. لزوم به کارگیری روش‌های کنترل کیفی جدید، کنترل کیفیت به کمک پردازش تصویر را به دلیل توانایی‌های منحصر به فرد آن نمایان‌تر می‌گرداند.

کنترل کیفیت به کمک بینایی ماشین دارای مزیت‌هایی از جمله برخورداری از سرعت بسیار بالا نسبت به روش‌های

غیر تماسی و غیر مخرب بودن و انعطاف پذیری بسیار بالا می‌باشد (Khalili et al. 2006).

در تحقیقی یک سامانه بینایی برای تشخیص عیوب سطوح فلزی با انعکاس قوی پیشنهاد دادند. آنها از هموارسازی، حذف نویز از تصویر و سپس حد آستانه آتسو جهت بخش‌بندی کردن تصویر استفاده کردند. در این روش عیوبی از قبیل برآمدگی تیز بر اثر ماشین کاری، روزنه، لکه روغن، پوست انداختن، ایجاد سوراخ، حفره و خراش مورد مطالعه قرار گرفت (Zhang et al. 2011). یک روش طبقه بندی بر پایه اطلاعات بافتی برای سطوح متالیک (فولاد) نمونه‌های تصادفی پیشنهاد شد. آنها یک روش برپایه احتمال، با توجه به تغییرپذیری بافت و درک توابع تصادفی توصیف کردند (Cord et al. 2010). در تحقیقی دیگر بررسی خودکار سطوح متالیک با استفاده از ماشین بینایی پرداختند، که هدف تشخیص عیوب ساختاری در سطوح ناهموار متالیک بود. آنها از الگوریتم ژنتیک برای تفهیم و پردازش پارامترهای ریخت‌شناسی در عناصر ساختاری و بخش‌بندی حدآستانه عیوب استفاده کردند. با این روش عیوب ساختاری از قبیل شکاف و حفره را با استفاده از عملیات ریخت‌شناسی و بخش‌بندی تشخیص دادند (Zhang et al. 2002). در تحقیقی دیگر برای بازرسی سطوح متالیک یاتاقان نورد شده یک سامانه خودکار ارائه شد. آنها یک الگوریتم انتخاب حدآستانه جدید تطبیقی برای بخش‌بندی ارائه دادند، به طوری که با استفاده از حدآستانه و فیلتر ریخت‌شناسی به بررسی عیوبی همچون سنباده، لکه، سائیدگی و خراش پرداختند (Pernkopf and Oleary. 2002). در تحقیقی دیگر روشی جدید برای بازرسی بینایی برپایه بافت شناسی برای کنترل اطلاعات کیفیت محصول کاشی سرامیک ارائه شد. این روش توانایی تجزیه درهم (مرکب) توپوگرافی و خصوصیت سطوح رنگی را دارا بود. آنها از دو خصوصیت توپوگرافی و بازتاب برای تشخیص

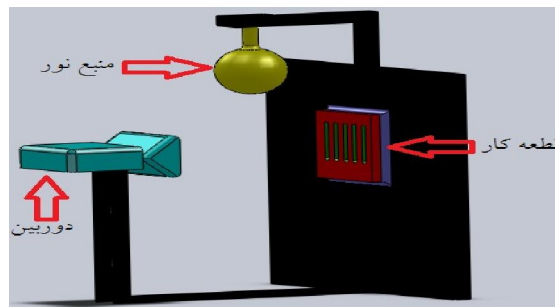
نوع دارای ساختار و توسط لامپ LED مدل G5.3 انتخاب شد. برای جلوگیری از انعکاس نور، منبع نور در بالای قطعه کار قرار داده شد.

دوربین در ارتفاع و فاصله مناسب بر روی سه پایه نصب گردید و پس از حصول اطمینان از عدم لرزش مجموعه نگه دارنده دوربین و نورپردازی مناسب محیط، تصویربرداری صورت گرفت. در تصویربرداری از سطوح رنگی، دوربین در راستای عمودی سطوح رنگی قرار داشته و فاصله بین دوربین و همچنین منبع نور با سطوح رنگی ۶۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. در شکل ۲ الگوریتم پردازش تصویر استفاده شده نمایش داده شده است.

عیوب سطوح کاشی استفاده کردند (Smith and Stamp, 2000). هدف از این تحقیق، پردازش تصاویر دیجیتالی عیوب سطوح رنگی متالیک، استخراج خصوصیات تصاویر و به کارگیری سامانه بینایی ماشین جهت تشخیص عیب شُرّه با استفاده از الگوریتم‌های پیشنهادی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای تشخیص و شناسایی عیوب رنگی سطوح متالیک یک سامانه بینایی ماشین طراحی گردید. اجزای اصلی سامانه طراحی شده شامل دوربین عکاسی، منبع نور و نرم افزار پردازش تصویر بود. در ابتدا از عیب شُرّه سطوح رنگی متالیک تصویربرداری و سپس با کمک الگوریتم پردازش تصویر طراحی شده، تصویر بررسی و پردازش گردید. تصاویر توسط دوربین دیجیتال Panasonic Lumix مدل DMC-TZ10 گرفته شد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، نورپردازی از



شکل ۱ شماتیک نورپردازی از نوع دارای ساختار

Figure 1 Structured lighting system



شکل ۲ الگوریتم پردازش تصویر استفاده شده

Figure 2 Flowchart of image processing algorithm

کنتراست تصویر، از تابع لبه‌یاب (canny) برای تشخیص لبه استفاده شد (شکل ۴). بعد از این مرحله با استفاده از الگوریتم پیشنهادی فاصله بین دو لبه شُرّه با پیکسل‌های سفید پر شد (شکل ۵).

پس از انتقال تصویر به رایانه، الگوریتم پیاده سازی شده در نرم افزار Matlab بر روی آن اجرا شد و سطوح تصویر پردازش گردید. پس از خواندن تصویر (شکل ۳) و تبدیل فضای رنگی و افزایش



شکل ۳ تصویر اصلی شُرّه دار

Figure 3 Run primary image



شکل ۴ تصویر پس از اعمال تابع لبه یاب

Figure 4 Image after edge detection function



شکل ۵ تصویر پس از اعمال الگوریتم پیشنهادی

Figure 5 Image after proposed algorithm function

پُر کرد، که با استفاده از تابع `imfill` این کار انجام گرفت. پس از انجام این مراحل، تصویر به دست آمده

بعد از حذف نویز باید محیط داخلی شُرّه‌ها را با پیکسل‌های سفید که نشان دهنده عیب شُرّه می باشند

شُرّه‌ها و درصد شُرّه می‌باشد که برنامه حاضر به صورت عددی این نتایج را استخراج می‌کند (جدول ۱).

این تحقیق عیوب شُرّه در سه رنگ قرمز، سبز، آبی ایجاد و مورد بررسی قرار گرفت، که در شکل ۶ تصاویر اصلی شُرّه‌ها نشان داده شده است.

بدون نویز است، حال خصوصیتی که از قبل برای این عیب در نظر گرفته شده است، به دست می‌آید. در مورد عیب شُرّه این خصوصیات شامل مرکز هندسی، تعداد برای آزمون الگوریتم پیشنهادی، تصاویری که توسط الگوریتم شناسایی شده‌اند، با تصاویری که توسط نرم‌افزار Paint ایجاد شده‌اند مقایسه گردید. در



(الف) شُرّه قرمز



(ب) شُرّه سبز



(ج) شُرّه آبی

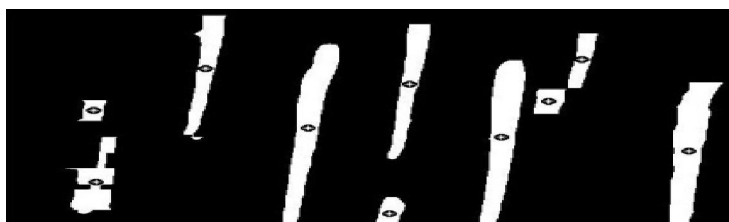
شکل ۶ تصاویر اصلی شُرّه

Figure 6 Run primary images

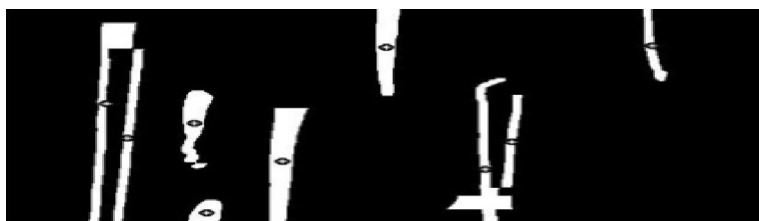
بعد از اعمال توابع مختلف مراکز سطح هر یک از شُرّه ها توسط الگوریتم پیشنهادی به دست آمد. که در شکل ۷ مراکز سطح شُرّه ها نشان داده شده است.



(الف) مراکز سطح شُرّه قرمز



(ب) مراکز سطح شُرّه سبز



(ج) مراکز سطح شُرّه آبی

شکل ۷ تشخیص مراکز سطح شُرّه ها توسط الگوریتم پیشنهادی

Figure 7 Detection of area center by proposed algorithm

جدول ۱ خصوصیات به دست آمده از تصاویر شُره ها که توسط الگوریتم پیشنهادی استخراج شده است را نشان می دهد.

جدول ۱ خصوصیات به دست آمده از تصاویر شُره توسط الگوریتم پیشنهادی

Table 1 Extracted feature of run images by proposed Algorithm

رنگ	قرمز	سبز	آبی
اندازه تصویر	۶۲۰×۹۴۰	۶۲۰×۹۴۰	۶۲۰×۹۴۰
تعداد کل پیکسل	۵۸۲۸۰۰	۵۸۲۸۰۰	۵۸۲۸۰۰
تعداد پیکسل سفید	۴۷۵۶۳	۷۴۴۳۲	۴۹۶۰۸
تعداد پیکسل سیاه	۵۳۵۲۳۷	۵۰۸۳۶۸	۵۳۳۱۹۲
بیشترین مساحت	۱۶۰۹۵	۱۴۳۷۶	۹۲۵۵
کمترین مساحت	۲۰۸۱	۱۵۸۳	۲۲۶۸
تعداد شُره ها	۷	۱۰	۹
درصد شُره	۸/۱۶۱۱	۱۲/۷۷۱۴	۸/۵۱۲۰

تصاویری که توسط نرم افزار Paint شُره های آن به صورت دستی جدا شده بود مورد پردازش قرار گرفت. شکل ۸ عیوب شُره هایی که توسط نرم افزار Paint به دست آمده و شکل ۹ مراکز سطح تصاویر Paint که توسط برنامه به دست آمده است را نشان می دهد.

همان طور که در جدول ۱ دیده می شود، خصوصیتی همچون اندازه تصویر، تعداد کل پیکسل، تعداد پیکسل سفید (نشان دهنده عیب)، تعداد پیکسل سیاه (پس زمینه)، بیشترین و کمترین مساحت، تعداد شُره ها و درصد شُره به تفکیک آمده است. بعد از این مرحله



(الف) شُرّه قرمز



(ب) شُرّه سبز



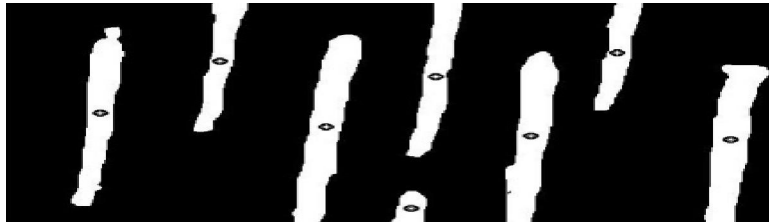
(ج) شُرّه آبی

شکل ۸ تصاویر اصلی شُرّه Paint

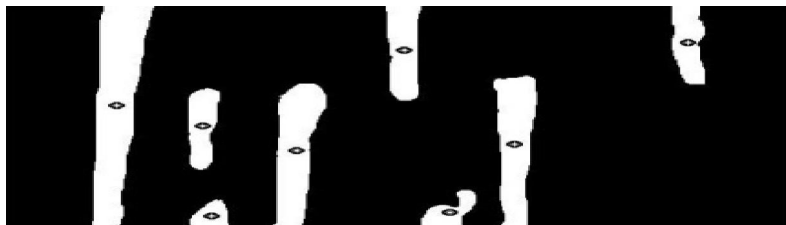
Figure 8 Run primary images by Paint



(الف) مراکز سطح شُره قرمز



(ب) مراکز سطح شُره سبز



(ج) مراکز سطح شُره آبی

شکل ۹ تشخیص مراکز سطح Paint

Figure 9 Detection of area center by Paint

جدول ۲ خصوصیات به دست آمده از تصاویر شُره توسط نرم افزار Paint را نشان می دهد.

جدول ۲ خصوصیات به دست آمده از تصاویر شُره (Paint)

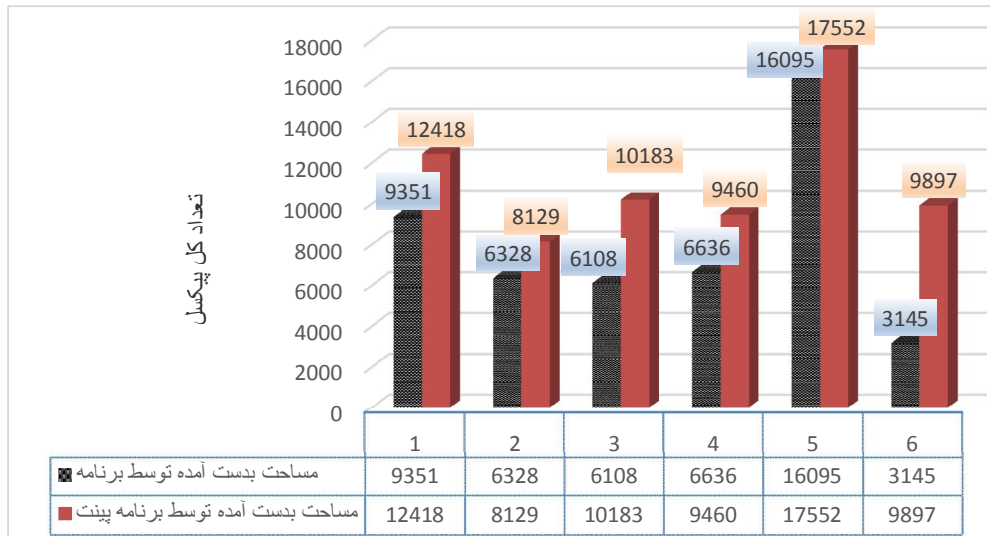
Table 2 Extracted feature of run images (by Paint)

رنگ	قرمز	سبز	آبی	قرمز
اندازه تصویر	۶۲۰×۹۴۰	۶۲۰×۹۴۰	۶۲۰×۹۴۰	۶۲۰×۹۴۰
تعداد کل پیکسل	۵۸۲۸۰۰	۵۸۲۸۰۰	۵۸۲۸۰۰	۵۸۲۸۰
تعداد پیکسل سفید	۶۷۶۳۹	۱۰۷۱۰۷	۵۸۵۸۳	۶۷۶۳۹
تعداد پیکسل سیاه	۵۱۵۱۶۱	۴۷۵۶۹۳	۴۹۵۲۱۷	۵۱۵۱۶۱
بیشترین مساحت	۱۷۵۵۲	۲۰۵۶۲	۲۷۶۱۶	۱۷۵۵۲
کمترین مساحت	۸۱۲۹	۲۸۴۹	۲۶۱۴	۸۱۲۹
تعداد شُره ها	۶	۸	۸	
درصد لکه	۱۱/۶۰۵۹	۱۸/۳۷۸۰	۱۵/۰۲۸۰	۱۸/۳۷۸۰

نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از پردازش تصاویر عیب شُره و نمودار تغییرات فراوانی مساحت برای شُره در سه رنگ قرمز، سبز و آبی ارائه شده است. نتایج پردازش از محیط Workspace نرم افزار Matlab جمع آوری شده و به کمک نرم افزار Excel شکل نمودارهای مربوط به هر عیب ترسیم گردید. این نمودارها با مقایسه دو تصویر به دست آمد، تصویری که به کمک پردازش تصویر توسط الگوریتم پردازش تصویر به دست آمده و تصویری که به

کمک نرم افزار Paint سطوح شُره آن جدا شده و به کمک برنامه حاضر مساحت هر کدام از عیوب محاسبه شده است و در نهایت با تصویر به دست آمده توسط الگوریتم پیشنهادی مقایسه گردیده است. در ابتدا نتایج به دست آمده از سطح رنگی قرمز مورد تحلیل قرار گرفته است. همانطور که در شکل (۶- الف) مشاهده می شود، تعداد شُره ها شش عدد است، اما الگوریتم پیشنهادی هفت شُره را نشان می دهد (شکل ۷- الف). شکل ۱۰ نمودار تغییرات فراوانی شُره در سطح قرمز را نشان می دهد.

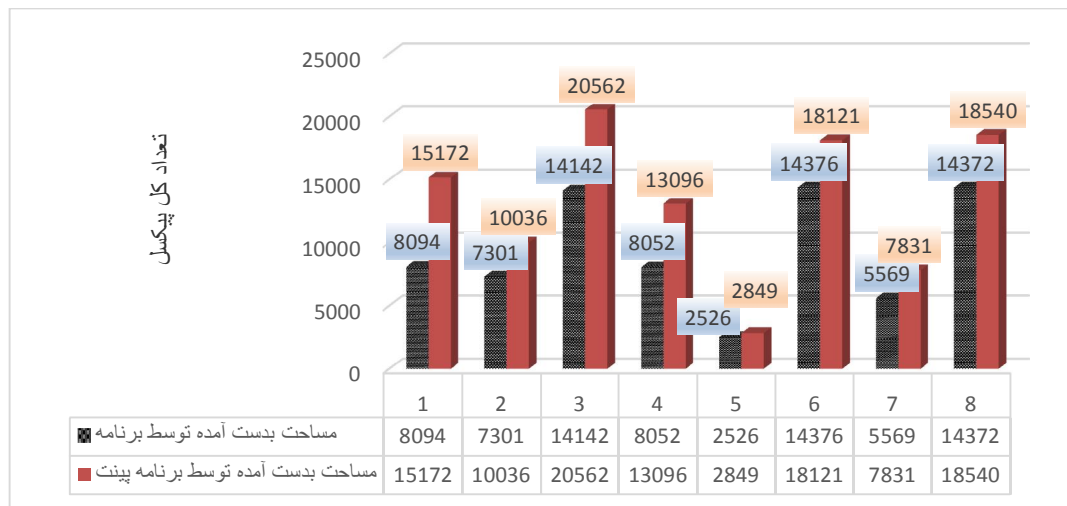


شکل ۱۰ نمودار تغییرات فراوانی شُرّه در سطح قرمز

Figure 10 Run frequency chart in red color

هدف از نمایش این نمودار، نشان دادن شُرّه‌ها در سطح سبز هشت عدد است، اما الگوریتم تغییرات در تشخیص صحیح تعداد شُرّه‌ها می‌باشد، که توازن قابل قبولی را بین دو برنامه نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۶-ب) مشاهده می‌شود، تعداد نشان می‌دهد.

شُرّه‌ها در سطح سبز هشت عدد است، اما الگوریتم پیشنهادی ۱۰ شُرّه را نشان می‌دهد (شکل ۷-ب). شکل ۱۱ نمودار تغییرات فراوانی شُرّه در سطح سبز را می‌دهد.

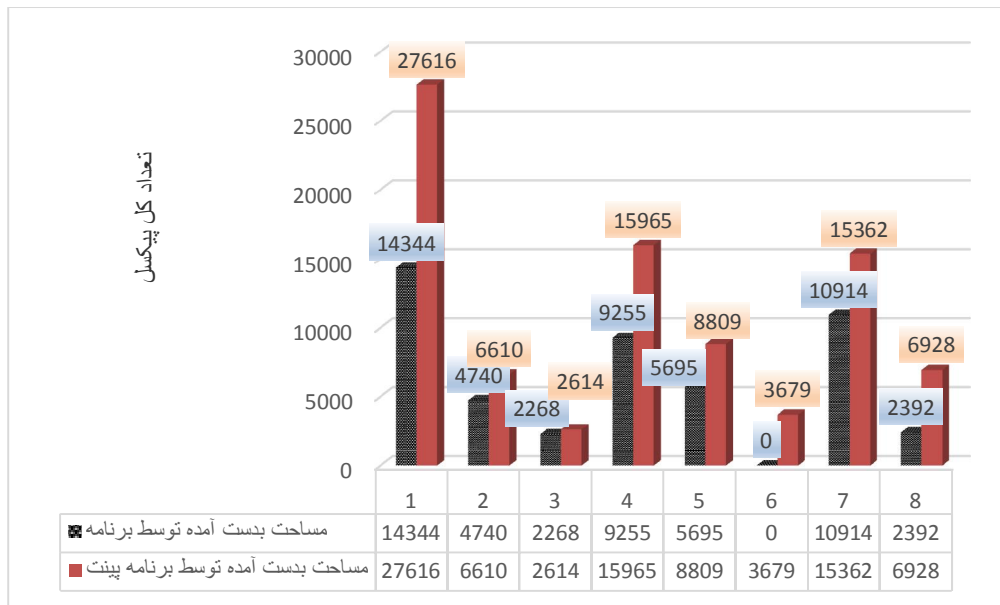


شکل ۱۱ نمودار تغییرات فراوانی شُرّه در سطح سبز

Figure 11 Run frequency chart in green color

عدد است، اما الگوریتم پیشنهادی نه شُرّه با مراکز سطح آن نشان می دهد. شکل ۱۲ نمودار تغییرات فراوانی شُرّه در سطح آبی را نشان می دهد.

همانطور که شکل (۷-ج) نشان می دهد در سطح آبی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی نه مرکز سطح تشخیص داده شده است، اما همانطور که در شکل (۶-ج) مشاهده می شود، تعداد شُرّه ها هشت

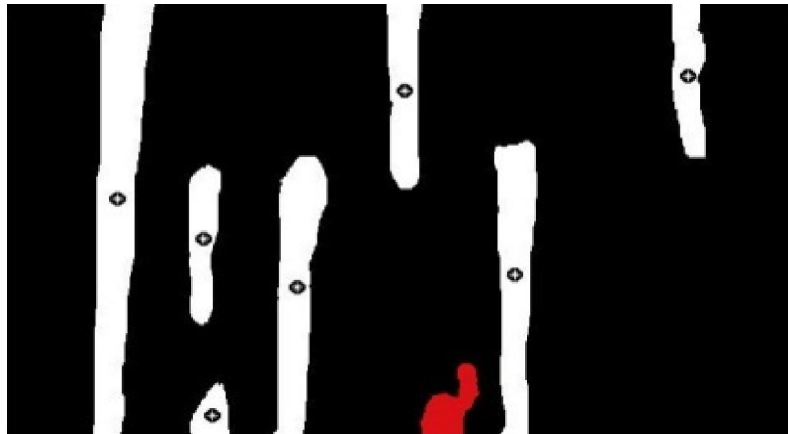


شکل ۱۲ نمودار تغییرات فراوانی شُرّه در سطح آبی

Figure 12 Run frequency chart in blue color

است، با مقایسه تصاویر (۸-ج) و (۹-ج) مشاهده می شود که الگوریتم پیشنهادی یکی از شُرّه ها را تشخیص نداده است، که این شُرّه در شکل ۱۳ با رنگ قرمز نشان داده شده است.

همانطور که مشاهده می شود تعداد مراکز سطح در نرم افزار Paint و الگوریتم پیشنهادی با هم تفاوت دارند، این تفاوت ناشی از خطای الگوریتم می باشد که شُرّه های شماره یک و شش را به دو قسمت تقسیم کرده

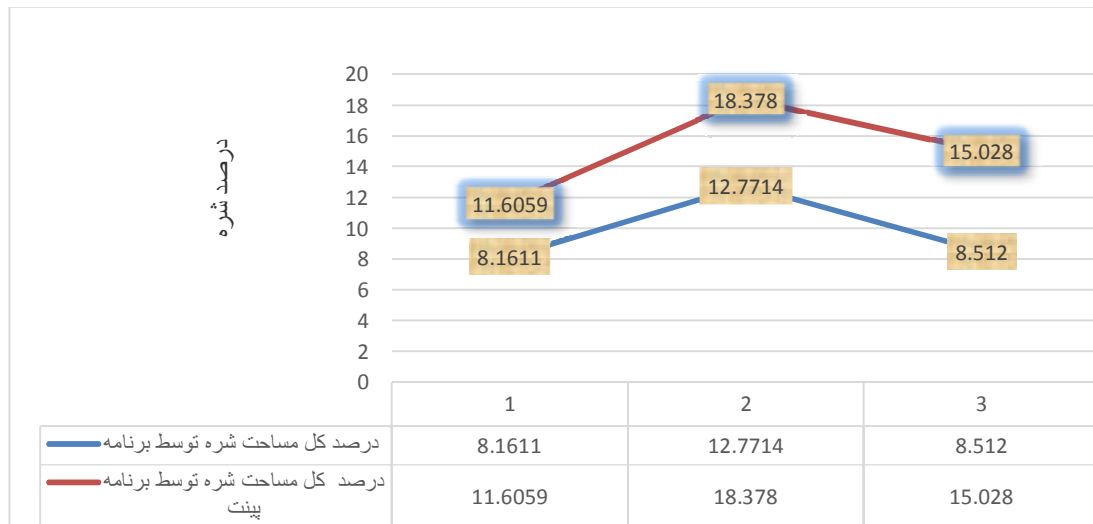


شکل ۱۳ عدم تشخیص شُره توسط الگوریتم پیشنهادی

Figure 13 Undetection run by proposed algorithm

شُره در نمودار شکل ۱۴ نمایش داده شده است. این نمودار درصد کل مساحت شُره توسط برنامه را با نمودار آبی و درصد کل مساحت شُره توسط نرم افزار Paint را با نمودار قرمز نشان می دهد.

هدف اصلی این برنامه تشخیص عیوب شُره بود که به درستی این کار توسط الگوریتم پیشنهادی صورت پذیرفت. میزان خطای الگوریتم تشخیص شُره (آبی) ۱۲/۵ درصد می باشد. تغییرات فراوانی درصد کل



شکل ۱۴ نمودار فراوانی تغییرات مساحت کل شُره

Figure 14 Frequency chart of the run total area

نمودار مشاهده می شود، تغییرات فراوانی درصد کل مساحت شُره برنامه و نرم افزار Paint هم عرض می باشند. این امر به این معنی است که الگوریتم پیشنهادی، عیوب شُره ها را به درستی تشخیص داده

در نمودار شکل ۱۴ ستون اول معرف درصد کل مساحت رنگ قرمز شُره، ستون دوم معرف درصد کل مساحت رنگ سبز شُره و ستون سوم معرف درصد کل مساحت رنگ آبی شُره می باشد. همانطور که در

سطح‌شان به طور جداگانه محاسبه می‌گردد. نتایج کلی این تحقیق به شرح زیر است:

۱- نمودار تغییرات فراوانی شره نشان می‌دهد که تطابق نسبی بین الگوریتم پیشنهادی و جداسازی دستی توسط نرم‌افزار Paint وجود دارد. میزان خطای کل الگوریتم پیشنهادی جهت تشخیص شره ۴/۱۶ درصد به دست آمد.

۲- باتوجه به نتایج به دست آمده، سامانه نورپردازی پیشنهاد شده برای تشخیص شره سطوح قرمز و سبز مفید است، زیرا دارای کمترین مقدار خطا می‌باشند.

۳- در نهایت می‌توان به این نتیجه رسید که با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر می‌توان عیوب سطوح رنگی متالیک را با دقت مناسبی تشخیص داد.

برای تکمیل تحقیقات در این زمینه پیشنهاد می‌شود برای تشخیص عیب شره در روی یک سطح از خروجی‌های این تحقیق استفاده کرده و یک سامانه هوشمند یا به عبارت دیگر الگوریتم آموزش دیده مانند شبکه عصبی طراحی گردد. همچنین الگوریتم حاضر بر روی یک سامانه بینایی ماشین در خط تولید کارخانجات ماشین‌سازی پیاده سازی شده و تست و ارزیابی گردد.

ofMicroscopy, Vol. 239, Pt 2 2010, pp. 159-166.

2. Khalili, Kh. Masroor, M and Qolipour, M. 2006. Quality control of gear by machine vision. Ferdows, University of mashhad. (in Farsi).

است. هدف اندازه واقعی شره نیست، بلکه هدف تشخیص عیب شره می‌باشد. برای به دست آوردن درصد خطای الگوریتم پیشنهادی، میزان خطا در هر یک از سطوح قرمز (صفر درصد)، سبز (صفر درصد) و آبی (۱۲/۵ درصد) را باهم جمع کرده، و میانگین این سه عدد را به دست می‌آید، که حاصل این عمل ۴/۱۶ درصد می‌باشد، این بدان معنی است که الگوریتم پیشنهادی دقت ۹۵ درصد در تشخیص عیب شره دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در تحقیق حاضر عیب شره در سطوح رنگی متالیک با استفاده از الگوریتم‌های پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه عیوب سطح رنگی متالیک هم رنگ پس زمینه می‌باشد، و نور تابیده شده به سطوح کاملاً بازتاب دارد، بنابراین جداسازی عیوب از زمینه تصویر با مشکلات فراوانی همراه می‌باشد. در این تحقیق سامانه نورپردازی ثابتی که بتواند شرایط مناسبی را جهت گرفتن تصویر مهیا کند پیشنهاد گردید. مهم‌ترین توابع بکار رفته برای تشخیص عیب شره شامل لبه‌یاب و الگوریتم پیشنهادی می‌باشد که الگوریتم پیشنهادی، بعد از تشخیص لبه، لبه‌ها را با پیکسل‌های سفید به هم متصل می‌کند. به عبارت دیگر سطوح شره را دسته‌بندی می‌کند و در ادامه مشخصات سطح شره‌ها از جمله مساحت سطح آن‌ها و مرکز

References

1. Cord, A. Bach, F and Jeulin, D. 2010, Texture classification by statistical learning from morphological image processing: application to metallic surfaces, Journal

3. Pernkopf, F. and O'Leary, P. 2002, Visual Inspection of Machined Metallic High-Precision Surfaces, Eurasip Journal on Applied Signal Processing 2002:7, 667-678.
4. Smith, M. and Stamp, R. 2000. Automated inspection of textured ceramic tiles, Computers in Industry, 43 _2000. 73-82.
5. Zhang, X. Ding, Y. Lv. Y. Shi, A. and Liang, R. 2011, A vision inspection system for the surface defects of strongly reflected metal based on multi-class SVM, elsevier, 38 (2011) 5930-5939.
6. Zheng, H. Kong, L. X. and Nahavandi, S. 2002, Automatic inspection of metallic surface defects using genetic algorithms, Journal of Materials Processing Technolgy, 125-126 (2002) 427-433.

Detection of run defect on metallic colored surfaces using machine vision system

Hadi Azarm , Jalaleddin Ghezavat , Mahdi Abbasgholipour and Behzad Mohammadi Alasti

Received: 16 October 2012

Acceptt: 25 May 2012

Abstract

Metallic color surface defects are such as dirt, run, water spotting, orange peel and etc. It is necessary to identify and inspect the colored surfaces defects into automatic producing lines such as agricultural machinery and vehicles. In this paper machine vision system is used to detect the run defect. First the designed system provides images by digital camera and the structured lighting system and then the algorithm is designed to image processing and detection of run defect. The proposed algorithm is consisted of the functions set such as edge detection, which after the implementation of algorithm, its error was estimated 4.16 percent.

Keywords: Machine vision, Image processing, Detection of color defect on metallic surfaces, Run, Edge detection